



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

---

Laboratorio de Ecología de Peces

Mantenimiento de *Girardinichthys multiradiatus*  
(Goodeidae) del embalse la Goleta San José Deguedo  
Estado de México en condiciones de laboratorio.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

IVONNE ANEL RIVAS LORENZO

DIRECTORA: BIOL. ASELA RODRÍGUEZ VARELA  
CODIRECTOR: M. EN C. ADOLFO CRUZ GÓMEZ



Ecología  
de Peces

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla 2004.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 se realizó en el laboratorio de Ecología de Peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, a cargo de la Biol. Asela Rodríguez Varela y el M. en C. Adolfo Cruz Gómez, institución a la que le agradezco su colaboración y apoyo.



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi directora de tesis Biol. Asela Rodríguez Varela y al M. en C. Adolfo Cruz Gómez por todo el apoyo y las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A los sinodales de tesis por las recomendaciones para mejorar este trabajo.

Dr. Sergio Cházaro Olvera  
M. en C. Rafael Chávez López  
M. en C. Adolfo Cruz Gómez  
M. en C. Alba Márquez Espinoza

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

## DEDICATORIAS

A mis padres Reyna y Juan Ernesto por su cariño y por todo lo que me han enseñado.

A mi tío Tomás por todo el apoyo que siempre me ha brindado.

A mis hermanos Ernesto y Miriam.

A mi abuelita Lolita y a mi abuelito Delfino.

A mis tíos Silvia Rivas, Silvia Lorenzo, Martha, y Víctor.

A mis primos Fernando, Erick, Leonardo, Carlos, Juan, Arturo, Eduardo, Karla, Brenda, Pamela, Valeria y Karina.

Gracias a todos ellos por los momentos felices y maravillosos que hemos pasado.

A mi directora de tesis Biol. Asela Rodríguez Varela por todo su apoyo, el tiempo que siempre me dedicó desde el inicio hasta la conclusión.

## A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS :

En especial a los *chuperamigos* gracias por todo el apoyo, consejos y por todo los momentos y aventuras que hemos vivido esperando que sean muchísimas más. Almendra, Elisa, Nicté-Há, Liz, Paola, Alberto, Arturo, Alfredo, Mauricio y Aníbal.

A Ricardo por estar conmigo en los momentos difíciles, por todas las tardes tomando café recordando momentos que hemos pasado te quiero mucho.

A Carlitos por tus consejos, comentarios que me han servido te quiero mucho.

A Nacho por ser como eres y por tu amistad que siempre me has brindado te quiero mucho.

A Leti, Elisa, Claudia, Nicté-Há, Paola, Rocío, Martha, Lulù y Raquel por su amistad por tener siempre un comentario y consejos tan acertados por apoyarme en todos los momentos y la paciencia que me han brindado.

A Sergio (Checo), Andrés, Raúl, Wanda, Clemente, Sara, Israel, Julius, Macarena, Lupita, Víctor, Lulú, Eunice, Lalo, Angeles, Benji, Jorge, Yes, Miriam, Chunga, Jorge (Pocahontas), César, Roberto y Agustín.

A Miguelito ya que siempre tuvieron alimento mis peces.

A Gina y Aristóteles gracias por su amistad recuerden que los queremos en México.

A Martha, Raquel, Maybel, Alejandro, Carlos y Raúl por todos los momentos especiales y maravillosos que hemos vivido en el vivario y ajolotario y sobre todo por su amistad.

A ti, por esas pequeñas cosas y esos momentos maravillosos, eres un amigo muy especial, recuerda que siempre te querré.



## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN  | 1  |
| INTRODUCCIÓN   | 2  |
| OBJETIVOS  | 4  |
| ANTECEDENTES   | 5  |
| SISTEMÁTICA  | 9  |
| ÁREA DE ESTUDIO  | 10 |
| MATERIAL Y MÉTODO  | 12 |
| Colecta e información de campo                               |    |
| Trabajo de laboratorio y aspectos morfológicos y taxonómicos |    |
| Manutención y Aclimatación                                   |    |
| Aspectos reproductivos                                       |    |
| Aspectos alimentarios  |    |
| Procesamiento de datos                                       |    |
| RESULTADOS   | 18 |
| Características específicas                                  |    |
| Relaciones morfométricas                                     |    |
| Condiciones físico-químicas de su hábitat                    |    |
| Mantenimiento de la especie                                  |    |
| Aspectos reproductivos                                       |    |
| Crecimiento de crías en laboratorio                          |    |
| DISCUSIÓN  | 46 |
| CONCLUSIONES   | 64 |
| LITERATURA CITADA  | 66 |

## RESUMEN

La familia Goodeidae tiene su origen en la cuenca del río Lerma. Se compone de 17 géneros y 36 especies. *Girardinichthys* es un género con dos especies: *G. viviparus* y *G. multiradiatus*. Algunos integrantes de esta familia están amenazadas y entre los principales factores que contribuyen a la pérdida de la diversidad son las actividades humanas ya que provocan una destrucción física del hábitat, desplazamiento de especies introducidas, alteraciones de hábitat por contaminantes químicos, hibridación de otras especies y subespecies e investigaciones experimentales. Estos eventos han traído como consecuencia el desplazamiento de especies nativas, las cuales han disminuido drásticamente su distribución, tal es el caso de *G. multiradiatus*. Por ello la finalidad del presente trabajo fue contribuir a la obtención de características de su hábitat natural, mantenerla y aclimatarla en laboratorio para su reproducción y así obtener información biológica de nuestra biodiversidad endémica y evitar su desaparición en los sistemas naturales. Se llevaron a cabo tres colectas al embalse La Goleta de Abril a Junio del 2001. Se identificó a la especie y se registraron los datos merísticos y morfométricos, tanto de hembras como de machos. La investigación duró 667 días y para su mantenimiento en laboratorio se alimentaron con pulga de agua comercial y/o congelada posteriormente con alimento seco (Wardley) y para complementar la dieta se les administraron preparaciones caseras de vegetales: lechuga, betabel y espinacas. Las características fisicoquímicas promedio presentes en las peceras fueron: oxígeno disuelto de 6.59 ppm, temperatura de 23.71 °C, pH de 8.70, amonio de 0.13 mg/L y los nitritos con 0.13 mg/L. Una vez aclimatados, se formaron los grupos de reproducción con una proporción de 1:1 y se registró el comportamiento sexual. Se logró la reproducción en el laboratorio y se obtuvieron seis nacimientos, con un promedio de 17.4 cría/hembra de 1.18 cm al nacer y que incrementaron su peso y longitud a una velocidad de 0.0029 cm y 0.0056 g durante el cual el crecimiento fue alométrico, siendo en las tallas más pequeñas mayor el incremento en longitud que en peso, y hacia su fase adulta se presentó mayor incremento en peso que en longitud.

## INTRODUCCIÓN

Nuestro país cuenta con riquezas naturales muy diversas, entre ellas la flora y la fauna tanto terrestres como acuáticas. Dentro de esta variedad, los peces son el grupo de vertebrados más abundante en el planeta, además los más diversos en cuanto a número de especies, formas y hábitos (Espinosa, 1993).

Los peces son animales de sangre fría, caracterizados por poseer vértebras, branquias, aletas y depender primordialmente del agua, que es el medio donde viven (Lagler, 1984). La fauna de peces de México se compone de casi 41 órdenes, que representan 206 familias, 799 géneros y casi 2122 especies, cerca de 500 especies se consideran peces dulceacuícolas (Espinosa *et al.*, 1998).

Esta notable diversidad refleja la variedad de los ecosistemas acuáticos del país, que van desde los arrecifes de coral y los arroyos de los desiertos, pasando por ríos mayores, cenotes, lagos y lagunas costeras, golfos, islas, bahías y penínsulas, más la vasta área oceánica comprendida dentro de los límites de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) (Espinosa *et al.*, 1998).

Debido a las características topográficas y fisiográficas del territorio, se presentan una serie de cuencas hidrológicas bien definidas. Las distintas cuencas fluviales son notables por tener una composición variable de especies de peces y muchas de ellas sustentan ictiofauna exclusiva y de ellas, en la cuenca del Lerma-Santiago, el endemismo es alto para la familia Goodeidae (Contreras-MacBeath, 2002 ; Espinosa *et al.*, 1998).

La familia Goodeidae agrupa peces dulceacuícolas, con marcado dimorfismo sexual; (en donde la aleta anal de los machos se encuentra modificada para funciones de fecundación, ya que los primeros seis o siete radios son de menor longitud que los demás de la misma aleta y actúan como órgano conductor del esperma); cortejo prenupcial y viviparidad, fenómeno que conllevan a una serie de adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas propias del grupo (Álvarez del Villar, 1970; Díaz- Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986).

Algunos integrantes de esta familia están amenazados y entre

los principales factores que contribuyen a la pérdida de la diversidad son las actividades humanas, ya que provocan una destrucción física del hábitat, desplazamiento de especies introducidas, alteraciones de hábitat por contaminantes químicos, hibridación de otras especies y subespecies e investigaciones experimentales (Espinosa *et al.*, 1998). El agua de muchos ríos y cuencas se ha bombeado para satisfacer las necesidades humanas, lo que ha ocasionado la extinción local de especies, algunas de las cuales posiblemente ni siquiera se llegaron a conocer (Wilson, 1992).

Los peces de la familia Goodeidae tienen su origen en la cuenca del río Lerma. Esta familia se compone de 17 géneros y 36 especies. *Girardinichthys* es un género con dos especies: *G. viviparus* y *G. multiradiatus*. La primera especie se localiza en la cuenca del río Tula (Hurtado *et al.*, 1999; Domínguez *et al.*, 2000), y que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-2001 se encuentra en peligro de extinción (Diario Oficial de la Federación, 2001).

Mientras que la segunda, con un intervalo más amplio de distribución, se localiza en lagunas, presas y arroyos de la parte alta de la cuenca del río Lerma. *G. multiradiatus* es un pez vivíparo que rara vez alcanza más de 4 cm de longitud total. Los machos son más chicos que las hembras y sus aletas dorsal y ventral presentan una coloración amarilla más intensa, con algunas manchas naranjas. Una característica diagnóstica de esta especie es la presencia de un par de manchas negras en la parte ventral cerca del gonoporo (Hurtado *et al.*, 1999).

A pesar de la importancia que pueda tener esta especie en su hábitat natural y aunque sus poblaciones estén severamente amenazadas de desaparecer debido a la contaminación, fragmentación y desaparición de su hábitat, los estudios encaminados a conocer su biología, etología y/o ecología son muy escasos (García *et al.*, 1999).

Es por esto que se debe tener el interés por mantener peces en peligro de amenaza en laboratorio, para poder conocer las características necesarias para su reproducción y así obtener la información biológica de nuestra biodiversidad endémica y evitar su desaparición de los sistemas naturales.

**OBJETIVO GENERAL:**

- ↪ Mantenimiento y aclimatación de *Girardinichthys multiradiatus* para su reproducción en condiciones de laboratorio proveniente del embalse La Goleta, San José Deguedo, Edomex.

**OBJETIVOS PARTICULARES:**

- ↪ Describir las características específicas de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, San José Deguedo, Edomex. y hacer una comparación con la especie *G. viviparus*.
- ↪ De las relaciones morfométricas de *G. multiradiatus*, determinar las que tengan un significado estadístico.
- ↪ Registrar las condiciones fisicoquímicas de hábitat natural donde se colectó a *G. multiradiatus*, como base de la manutención y aclimatación en laboratorio.
- ↪ Aclimatar a *G. multiradiatus* en peceras en condiciones ambientales iniciales a las del embalse La Goleta, y su modificación paulatina a las condiciones del laboratorio para su aclimatación.
- ↪ Mantener a *G. multiradiatus* en peceras en condiciones del laboratorio.
- ↪ Describir los aspectos reproductivos de *G. multiradiatus* en laboratorio.
- ↪ Conocer aspectos generales de la relación número de crías/nacimiento de *G. multiradiatus*, así como del tamaño de las crías según el número de éstas y establecer el modelo de crecimiento en longitud y peso de las crías obtenidas en el laboratorio y su relación peso-longitud.

## ANTECEDENTES

- ↪ Álvarez del Villar (1963), ictiólogo mexicano ha colaborado enormemente en el conocimiento científico de los goodeidos aportando la descripción de varias especies.
- ↪ Salazar (1981) realizó el trabajo de contribución al conocimiento de la biología de *Girardinichthys innominatus* (Pisces: Goodeidae), en donde se estudiaron diferentes aspectos ecológicos de la especie durante un año en el embalse "Requena" Edo. de Hidalgo.
- ↪ Ojendis (1985) realizó la contribución al conocimiento de la biología del mexclapique (*Girardinichthys viviparus*); con algunos aspectos ecológicos de la parte norte del ex-lago de Texcoco, donde llevó a cabo muestreos hidrológicos, ictiológicos y bentónicos para la determinación de parámetros físicos y químicos, hábitos alimenticios, comunidad bentónica, proporción de sexos, fecundidad, edad y crecimiento.
- ↪ Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) establecieron los estadíos de desarrollo ovárico, la relación entre el tamaño de la madre y número de crías, así como desarrollo embrionario, además proporcionaron información sobre algunos aspectos del comportamiento prenupcial de *Girardinichthys viviparus* del lago de Xochimilco.
- ↪ Jiménez (1993) realizó el trabajo de efectos del sexo y la conducta social del pez *Girardinichthys multiradiatus* en la frecuencia de respuestas de depredatorias evocadas en la culebra semiacuática *Thamnophis melanogaster*.
- ↪ Terrón (1994) realizó un estudio biológico de *Girardinichthys viviparus* en el embalse "La Goleta", Estado de México, donde estudió la dinámica ambiental de dicho embalse y determinó madurez gonádica, relación peso-longitud, fecundidad-longitud, así como la proporción sexual de la especie.

- Cedillo (1997) realizó un trabajo sobre crecimiento, reproducción, supervivencia y ontogenia de *G. viviparus* Bleeker, 1860 (Goodeidae), en el embalse los Arcos, Estado de México.
- Feria (1998) realizó el trabajo de historias de vida del pez amarillo (*Girardinichthys multiradiatus*).
- Valero (1998) realizó el trabajo de acoso sexual y competencia entre hembras del pez amarillo, *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae).
- Hurtado *et al.* (1999) realizaron el trabajo de los aspectos de la ecología de poblaciones de un pez endémico del altiplano mexicano, *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae), en la presa San Martín Querétaro, realizando colectas con el objeto de conocer algunos aspectos de la dinámica poblacional de esta especie.
- García-Trejo *et al.* (1999) realizaron el trabajo sobre la ecología trófica de *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae), un pez endémico de la meseta central de México, en la presa San Martín, Querétaro.
- Ávila (2000) realizó la composición actual de la ictiofauna del lago de Xochimilco, encontrando a *Girardinichthys viviparus*; proporciona una descripción de la especie, registros morfométricos y merísticos y menciona algunas condiciones ambientales como temperatura, pH y oxígeno encontradas en el lago de Xochimilco que le permiten la vida a esta especie.
- Blanco (2000), trabajó con aspectos de mantenimiento, alimentación y reproducción de *Characodon audax* Miller & Smith, Familia de Goodeidae.
- Domínguez *et al.* (2000) realizaron el manejo de la colección viva de goodeidos mexicanos de la U.M.S.N.H con fines de conservación.

- ↪ Godínez (2001) realizó un estudio de las condiciones ambientales que favorezcan el mantenimiento y reproducción del mexclapique *Girardinichthys viviparus* (Goodeidae), en condiciones de laboratorio provenientes del Lago de Xochimilco.
- ↪ García-Trejo *et al.* (2001a) realizaron la influencia de los factores ambientales en la ecofisiología de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae). Este trabajo tuvo como objetivo conocer los factores ambientales que influyen en el metabolismo aerobio de un pez endémico de la parte alta de la cuenca del río Lerma (Presa San Martín, Amealco, Querétaro), con fines de domesticación para reproducirlo artificialmente y repoblar los embalses donde ya ha desaparecido o está por desaparecer.
- ↪ García-Trejo *et al.* (2001b) realizaron la ecología poblacional de un pez vivíparo endémico de la parte alta de la cuenca del río Lerma, *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae).
- ↪ Gutiérrez-Yurrita y García-Trejo. (2001) realizaron un análisis comparativo de tres métodos matemáticos para estimar la producción poblacional de crías de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae).
- ↪ Sánchez *et al.* (2001) trabajaron con helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae) en la subcuenca alta del Lerma realizando un inventario helmintológico.
- ↪ Caspeta y Martínez (2002) reportan a helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) en la laguna de Tonatiahua Zempoala, Morelos.
- ↪ García-Trejo y Gutiérrez-Yurrita (2002) trabajó la ecología trófica y análisis bioenergético del mexclapique *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en la presa San Martín, Amealco, Querétaro.

- └ De la Rosa *et al.* (2003) realizaron un estudio para la determinación de la relación de los espermatozoides con el ovario y el gonoducto en cinco especies de teleósteos vivíparos, siendo una de las especies estudiadas *G. multiradiatus*, y observaron que esta especie, es la única que presentó una gran cantidad de espermatozoides que llenan la luz del ovario en gestaciones tempranas, pero en gestaciones intermedias los espermatozoides se encuentran rodeados por abundantes macrófagos en el gonoducto y en gestaciones avanzadas no hay evidencias de espermatozoides, por lo que se concluye de manera general en éstos goodeidos, que el gonoducto es la zona de eliminación de espermatozoides y no hay almacén de esperma en estas especies.

**SISTEMÁTICA**

Phyllum: Chordata  
Subphyllum: vertebrata  
Superclase: Pisces  
Clase: Teleostomi  
Subclase: Actinopterygii  
Infraclase: Teleostei  
Grupo: Acanthopterygii  
Orden: Cyprinodontiformes  
Suborden: Cyprinodontioidei  
Familia: Goodeidae  
Subfamilia: Goodeinae  
Género: *Girardinichthys*  
Especie: *G. multiradiatus* Meek, 1904

Según Álvarez del Villar (1970) hasta nivel familiar. Género y especie según Meek (1904).



**Figura 1. *Girardinichthys multiradiatus* (Fotografía de un ejemplar macho mantenido en el Laboratorio de Ecología de Peces, FES Iztacala, UNAM).**

## ÁREA DE ESTUDIO

Comunidad: San José Deguedo

Municipio: Soyaniquilpan de Juárez

Estado de México

Embalse: La Goleta

### Localización

La comunidad de San José Deguedo se ubica en la porción norte del Estado de México, al Noreste de la cabecera municipal de Soyaniquilpan de Juárez, a una altitud de 2490 metros sobre el nivel del mar. Se sitúa entre las coordenadas 20°04'40' latitud norte y 99°31'44' de longitud oeste. Limita al norte con las comunidades Daxthí y Santiago Oxthoc, al Sur con Palos Altos y San Miguel de la Victoria, al Este con La Goleta y Héroes Carranza y al Oeste con San Juan Acazuchitlán (CETENAL, 1988) (Figura 2).

En la comunidad San José Deguedo se encuentra el embalse "La Goleta". Se emplaza en el eje Neovolcánico que pertenece a la subcuenca del alto Pánuco. Colinda al norte, sureste y oeste con el Municipio de Jilotepec y al este con el estado de Hidalgo y geográficamente se encuentra a los 99°33'14' de longitud oeste y a los 20°04'16' de latitud norte (Angulo, 1994).

El embalse La Goleta fue construido por la S.A.R.H. con fines de riego y con una capacidad de almacenamiento de 1 800 000 m<sup>3</sup> que se utilizan principalmente para riego y abrevadero de animales. El aporte de agua se da por los arroyos El Paye y Las Cruces, los cuales dependen de las lluvias (García, 2001).

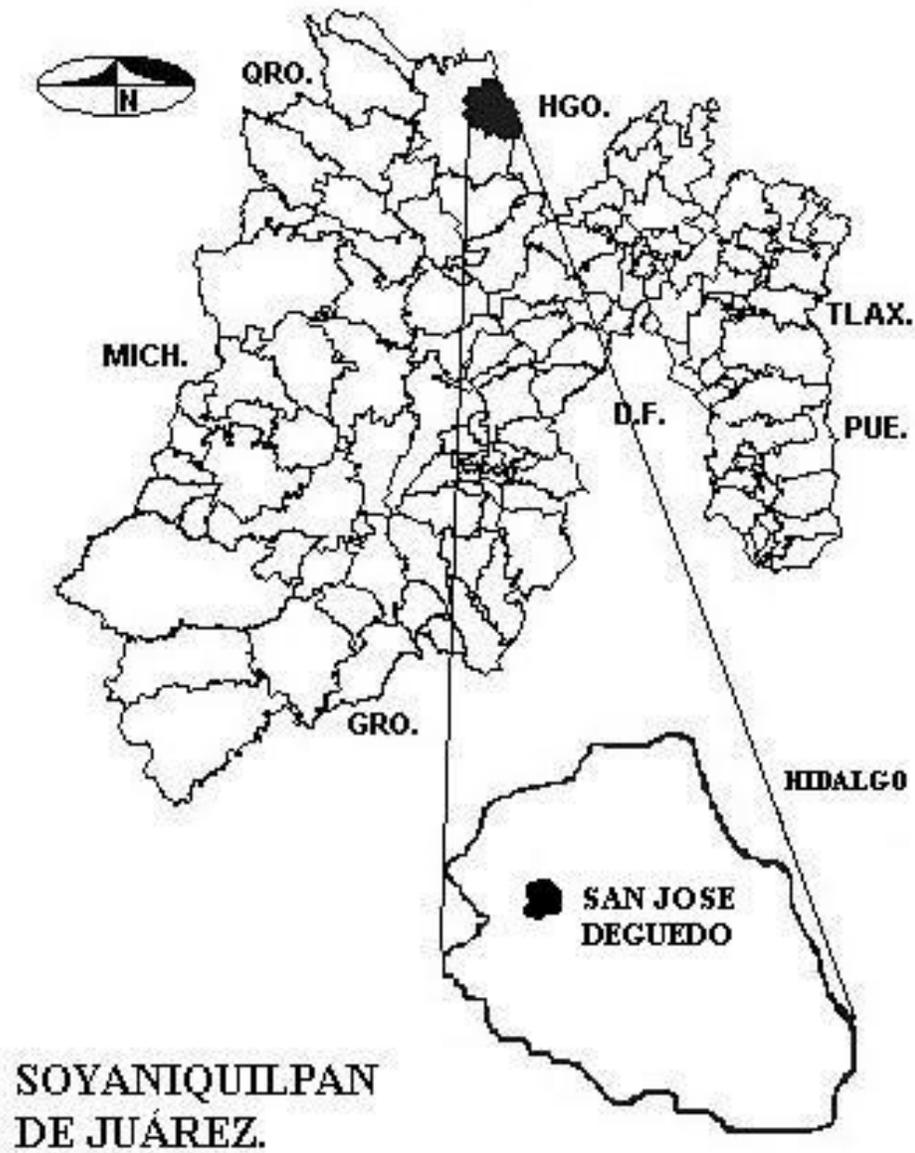


Figura 2. Localización geográfica de San José Deguedo, donde se ubica el embalse La Goleta, Estado de México (Tomado de Gob. del Edomex., 2000).

## MATERIAL Y MÉTODO

### COLECTA E INFORMACIÓN DE CAMPO.

Se llevaron a cabo tres colectas de *Girardinichthys multiradiatus* al embalse San José Deguedo de Abril a Junio del 2001.

La colecta de los peces se realizó mediante un chinchorro con las siguientes características: 40mts. de largo, 1m de caída y ½' de abertura de malla.

En cada sitio de colecta se registraron los siguientes parámetros físicos químicos (De la Lanza, 1998 y De la Lanza y Hernández, 1998).

- Temperatura del agua con termómetro de cubeta marca Branam y con una graduación de -30 °C a +50 °C.
- Oxígeno disuelto del agua con un oxímetro modelo YSI 51B y calibrado mediante la técnica de titulación de Winckler.
- pH con un potenciómetro digital marca oakton® waterproof, pHtestr™ modelo WD-35624-74.
- Amonio presente en el agua por medio de técnicas colorimétricas marca Merck.
- Nitritos presentes en el agua por medio de técnicas colorimétricas marca Merck.

Los peces se transportaron hasta el Laboratorio de Ecología de Peces de la FES Iztacala, utilizando bidones llenos con agua de la FES Iztacala, incluyendo un sistema de aireación por medio de una bomba de campo.

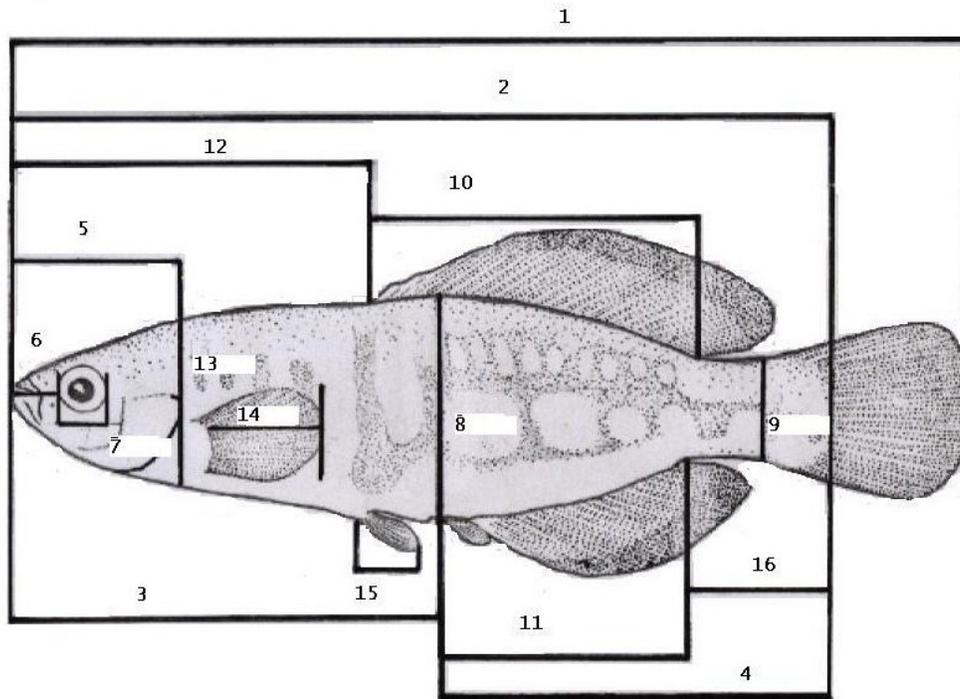
### TRABAJO DE LABORATORIO Y ASPECTOS MORFOMÉTRICOS Y TAXONÓMICOS.

Parte de la colecta obtenida en campo, así como los organismos que llegaron a morir durante el traslado, fueron fijados en formol al 10%.

Los ejemplares fijados se identificaron a nivel de especie con las claves de Álvarez del Villar (1970) y se registró por medio de la

utilización de un vernier marca Scala con precisión de 0.05 sus características morfométricas tales como:

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Longitud total (TL)       | 10. Base de la aleta dorsal (BD)  |
| 2. Longitud estándar (LE)    | 11. Base de la aleta anal (BA)    |
| 3. Longitud preanal (Lpre)   | 12. Longitud predorsal            |
| 4. Longitud posanal (Lpos)   | 13. Altura de la cabeza           |
| 5. Longitud cefálica (LC)    | 14. Longitud de la aleta pectoral |
| 6. Longitud del hocico LH    | 15. Longitud de la aleta pélvica  |
| 7. Diámetro del ojo (DO)     | 16. Longitud del pedúnculo caudal |
| 8. Altura del cuerpo (AC)    |                                   |
| 9. Altura del pedúnculo (AP) |                                   |



**Figura 3. Características morfométricas de *Girardinichthys multiradiatus* utilizadas en el presente trabajo (Imagen tomada de Torres-Orozco, 1981).**

A dichos organismos también se les registró sus características morfológicas utilizando la técnica de tinción y transparentación para cuantificación merística con base a la propuesta de Potthoff (1984) como:

1. Radios de la aleta dorsal
2. Radios de la aleta anal
3. Radios de la aleta pectoral
4. Radios de la aleta caudal

El peso se registró con una balanza electrónica digital marca OHAUS modelo scout con capacidad de 200 g y con una precisión de 0.01g.

## **MANUTENCIÓN Y ACLIMATACIÓN**

Los peces sobrevivientes se colocaron en cuarentena, siendo depositados en tres peceras de vidrio de 40 litros aproximadamente previamente preparadas con: acondicionador de agua, con la finalidad de neutralizar el agua, precipitar metales pesados, anticloro y reductor del estrés, aireación, termostato de 100 °C y filtro de caja con carbón activado y fibra de vidrio, a una temperatura de 21 °C (Scott, 1987), dichas peceras estuvieron cubiertas por la parte superior con una tapa de vidrio, teniendo a los peces en un aislamiento casi total durante los primeros quince días, esto para reducir el estrés de los peces y en lo que se habitúan al contacto humano.

La cantidad de peces por pecera colocados, dependió de la recomendación de que por cada centímetro de longitud estándar del pez se necesita de un litro de agua, esto con el fin de no sobrepasar la capacidad de carga de la pecera (Wardley, 1992).

Al término de la cuarentena, los peces fueron cambiados a una pecera con capacidad de 40L a la cual también se le agregó acondicionador y se le colocó:

- ↪ Filtro de plataforma
- ↪ Grava
- ↪ Calentador con termostato

- ↪ Bomba de aire
- ↪ Termómetro
- ↪ Vegetación artificial y mechudos de rafia con la finalidad de proporcionar escondites a los organismos y reducir los problemas ocasionados por estrés.

## ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Para la reproducción, una vez aclimatados los peces sobrevivientes se sexaron y se colocaron en peceras antes mencionadas y así se pudieron formar grupos de reproducción con una proporción sexual en promedio según Terrón (1994) para *G. viviparus* de 2:1.

Se realizaron disecciones y se les determinó la madurez gonádica a las hembras con las claves de Díaz- Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) y se realizó el conteo de los embriones.

Las crías de *G. multiradiatus* obtenidas en laboratorio se trasladaron a peceras de crianza con las siguientes características: peceras de vidrio de 10 litros de capacidad, conteniendo agua de la misma pecera donde nacieron, ya que en *G. viviparus* según Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) se observa canibalismo.

Las crías desde el primer día de nacidas se midieron y se pesaron para así establecer el modelo de crecimiento en longitud y peso y su relación peso-longitud.

En las peceras de cuarentena, aclimatación y reproducción, se determinaron las características fisicoquímicas prevalecientes realizando registros de: pH, temperatura, oxígeno disuelto, y amonio con aparatos antes descritos (De la Lanza, 1998 y De la Lanza y Hernández, 1998).

Todos los días se procedió a una revisión de las peceras que consistió de: Revisión de temperatura, contar el número de peces, proporcionarles alimento y con una red se eliminaron los desechos sólido, excesos de alimento y peces muertos si hubiera.

Se procedió mensualmente al registro del peso y longitud de los peces con una balanza y vernier ya descritas y se realizó la limpieza de los accesorios de las peceras. Cada semana se llevó a cabo un sifoneo y un cambio parcial del 50% del volumen del agua de las peceras y limpiar vidrios, tapas y alrededor.

## ASPECTOS ALIMENTARIOS

Con la experiencia de Blanco (2000) y Domínguez *et al.*(2000), el tipo de alimentación que se les proporcionó en laboratorio fue inicialmente con pulga de agua comercial viva y/o congelada, posteriormente se procedió con alimento seco comercial marca (Wardley) y para complementar su dieta se les administró preparaciones caseras de vegetales de acuerdo a la experiencia de Godínez (2001) y modificación personal con base en los siguientes vegetales: lechuga, betabel y espinaca que se lavaron y desinfectaron previamente para realizar un licuado. Esto con el fin de observar que alimento o combinación de estos resultó efectiva para la manutención en el laboratorio.

Al nacer las crías fueron alimentadas con alimento comercial marca Azoo 9 in 1 artificial rotífera y Azoo 9 in 1 artificial artemia y posteriormente con pulga de agua comercial y con alimento seco comercial marca Wardley.

## PROCESAMIENTO DE DATOS.

Las principales relaciones morfométricas se obtuvieron mediante análisis de regresión.

Para determinar la velocidad de incremento en longitud (cm) durante el tiempo en el cual se mantuvieron los peces en laboratorio se aplicó el modelo de crecimiento exponencial individual según lo propuesto por Ricker (1975) y Bojórquez (1998):

$$l = l_0 \lambda^{rt}$$

Donde:

$l$  = Longitud del pez al tiempo  $t$   
 $l_0$  = Longitud del pez al tiempo  
 $e$  = Base de los logaritmos naturales  
 $r$  = Velocidad de incremento en longitud  
 $t$  = Tiempo

Para determinar la velocidad de incremento en peso (g) durante el tiempo que estuvieron los peces en el laboratorio se aplicó el modelo de crecimiento exponencial individual según lo propuesto por Ricker (1975) y Bojórquez (1998):

$$w = w_0 \lambda^{rt}$$

Donde:

$w$  = Peso del pez al tiempo  $t$   
 $w_0$  = Peso del pez al tiempo  
 $e$  = Base de los logaritmos naturales  
 $r$  = Velocidad de incremento en peso  
 $t$  = Tiempo

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 del pez  
 $a$  = Factor de condición  
 $l$  = Longitud del pez  
 $b$  = Tipo de crecimiento  
 Si  $b = 3$  el crecimiento es de tipo isométrico  
 Si  $b \neq 3$  el crecimiento es de tipo alométrico

## RESULTADOS

### CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

*Girardinichthys* es un género con dos especies: *Girardinichthys viviparus* y *Girardinichthys multiradiatus*, para identificar ambas especies aún existe gran confusión para su correcta determinación, por lo anterior, en este trabajo se proporcionan los datos merísticos y morfométricos de estas dos especies.

Esta comparación se llevó a cabo con los registros obtenidos de la especie *G. viviparus* provenientes de Xochimilco, ya que a pesar de lo reportado por Terrón (1994) y Godínez (2001) no se identificó en el embalse La Goleta a *Girardinichthys viviparus* el mexcalpique.

En las figuras 4 a 6, se presentan las imágenes de las aletas correspondientes después de utilizar la técnica de tinción y transparentación.

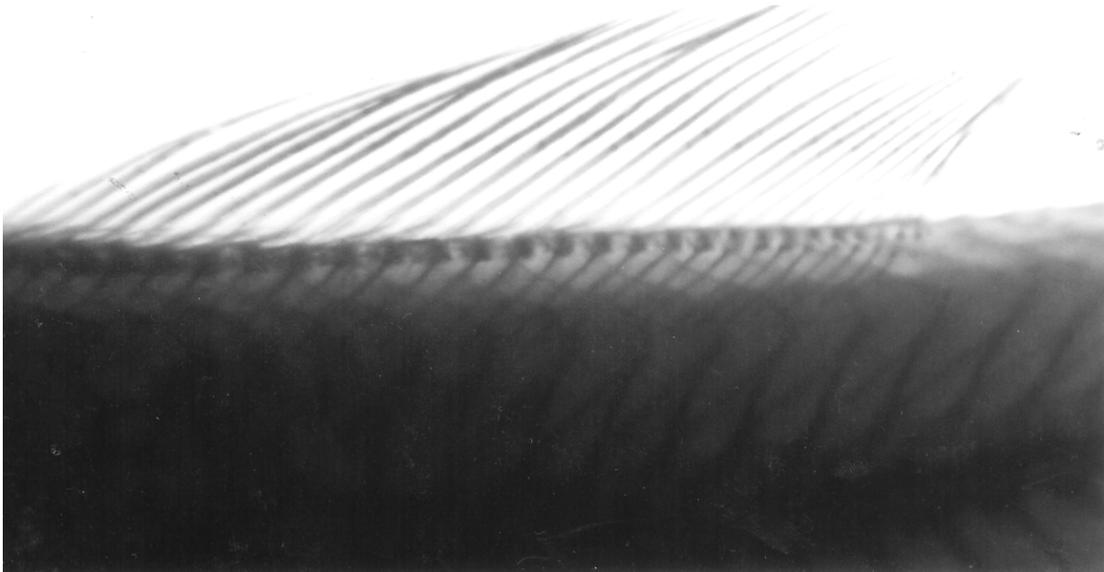


Figura 4. Imagen de *Girardinichthys multiradiatus* donde se observan los radios de la aleta dorsal. (Foto tomada de un ejemplar colectado del embalse La Goleta, Edomex.).

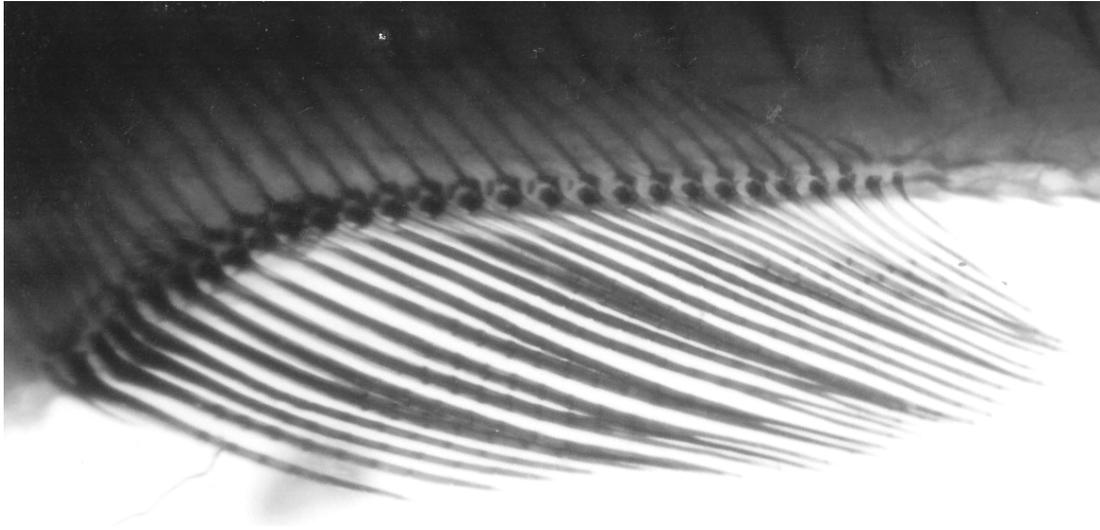


Figura 5. Imagen de *Girardinichthys multiradiatus* donde se observan los radios de la anal. (Foto tomada de un ejemplar colectado del embalse La Goleta, Edomex.).

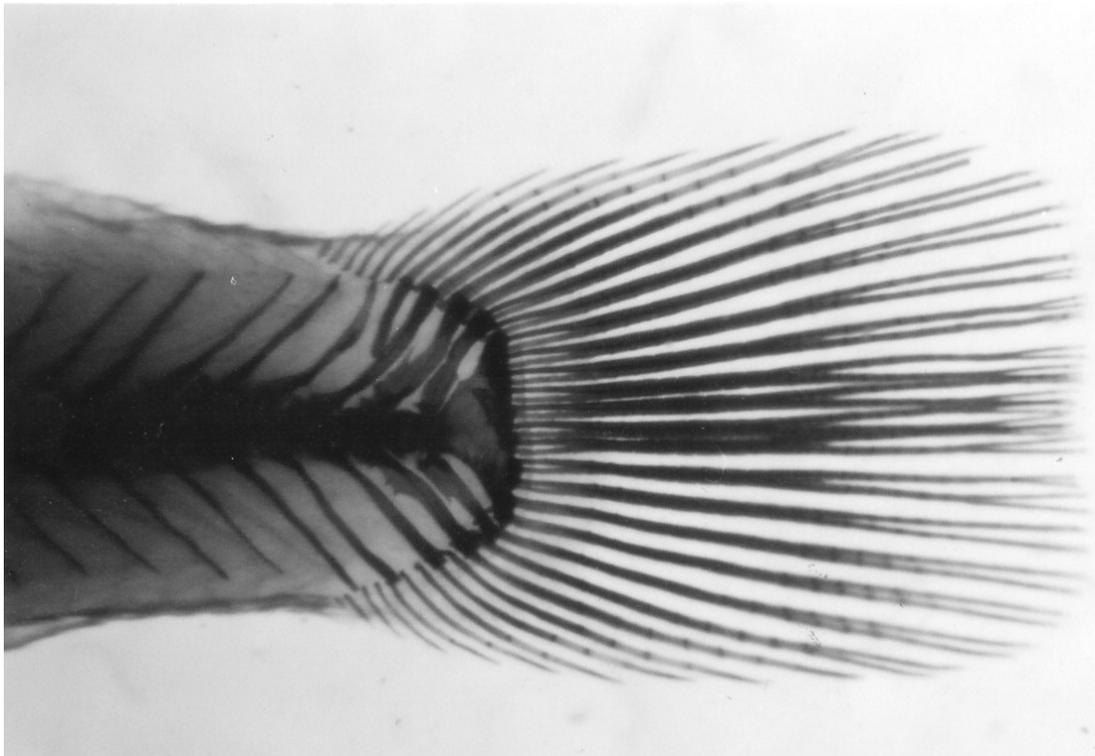


Figura 6. Imagen de *Girardinichthys multiradiatus* donde se observan los radios de la aleta caudal. (Foto tomada de un ejemplar colectado del embalse La Goleta, Edomex.).

En la tabla 1 y 2 se presentan los datos merísticos de ambas especies, resaltando que en el pez amarillo *Girardinichthys multiradiatus*, la aleta dorsal, anal y pectoral, son más anchos que en *G. viviparus* debido a su mayor contenido de elementos, en cambio la aleta caudal es más corta por el menor número de elementos caudales.

**Tabla 1. Datos merísticos de mexcalpique *Girardinichthys viviparus* provenientes de Xochimilco, D.F.**

| <b><i>G. viviparus</i></b>   |    |
|------------------------------|----|
| Radios de la aleta dorsal:   | 22 |
| Radios de la aleta anal:     | 25 |
| Radios de la aleta pectoral: | 14 |
| Radios de la aleta caudal:   | 41 |

**Tabla 2. Datos merísticos del pez amarillo *Girardinichthys multiradiatus* provenientes del embalse La Goleta, Edomex.**

| <b><i>G. multiradiatus</i></b> |       |
|--------------------------------|-------|
| Radios de la aleta dorsal:     | 28-30 |
| Radios de la aleta anal:       | 29-31 |
| Radios de la aleta pectoral:   | 15-16 |
| Radios de la aleta caudal:     | 36    |

En la tabla 3 y 4 se observan las diferencias morfológicas de machos y hembras de *Girardinichthys multiradiatus* y de manera general se puede decir que en promedio, las hembras son más grandes en longitud y altura que los machos.

**Tabla 3. Registros morfométricos de hembras de *Girardinichthys multiradiatus* provenientes de La Goleta, Edomex.**

| <b>CARACTERÍSTICAS</b>             | <b>PROMEDIO</b> | <b>MIN.</b> | <b>MAX.</b> |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Longitud total (TL)(cm):           | 3.88            | 3           | 5.23        |
| Longitud estándar (LE)(cm):        | 3.39            | 2.3         | 4.5         |
| Longitud preanal (Lpre)(cm):       | 2.00            | 1.1         | 3           |
| Longitud posanal (Lpos)(cm):       | 1.36            | 0.9         | 2.86        |
| Longitud cefálica (LC)(cm):        | 0.88            | 0.63        | 1.17        |
| Longitud del hocico (LH)(cm):      | 0.24            | 0.14        | 0.85        |
| Diámetro del ojo (DO)(cm):         | 0.26            | 0.2         | 0.35        |
| Altura del cuerpo (AC)(cm):        | 0.86            | 0.6         | 1.23        |
| Altura del pedúnculo (AP)(cm):     | 0.40            | 0.3         | 0.5         |
| Base de la dorsal (BD)(cm):        | 0.86            | 0.37        | 1.65        |
| Base anal (BA)(cm):                | 0.59            | 0.4         | 1.54        |
| Longitud predorsal(cm):            | 1.73            | 1           | 2.35        |
| Altura de la cabeza(cm):           | 0.70            | 0.5         | 1           |
| Longitud aleta pectoral(cm):       | 0.49            | 0.3         | 0.95        |
| Longitud aleta pélvica(cm):        | 0.28            | 0.2         | 0.43        |
| Longitud del pedúnculo caudal(cm): | 0.71            | 0.4         | 1           |

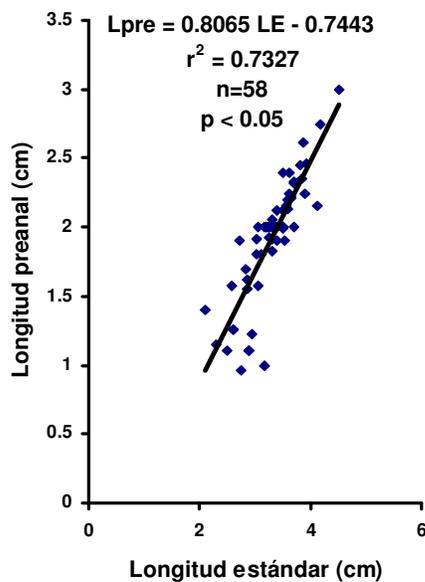
**Tabla 4 . Registros morfométricos de machos *Girardinichthys multiradiatus* provenientes de La Goleta, Edomex.**

| <b>CARACTERÍSTICAS</b>             | <b>PROMEDIO</b> | <b>MIN.</b> | <b>MAX.</b> |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Longitud total (TL)(cm):           | 3.23            | 3           | 3.61        |
| Longitud estándar (LE)(cm):        | 2.73            | 2.11        | 3.17        |
| Longitud preanal (Lpre)(cm):       | 1.36            | 0.96        | 1.9         |
| Longitud posanal (Lpos)(cm):       | 1.28            | 1.2         | 1.4         |
| Longitud cefálica (LC)(cm):        | 0.69            | 0.6         | 0.8         |
| Longitud del hocico (LH)(cm):      | 0.40            | 0.12        | 1.05        |
| Diámetro del ojo (DO)(cm):         | 0.21            | 0.2         | 0.3         |
| Altura del cuerpo (AC)(cm):        | 0.75            | 0.63        | 0.86        |
| Altura del pedúnculo (AP)(cm):     | 0.30            | 0.3         | 0.34        |
| Base de la dorsal (BD)(cm):        | 0.93            | 0.77        | 1.11        |
| Base anal (BA)(cm):                | 0.74            | 0.5         | 0.96        |
| Longitud predorsal(cm):            | 1.20            | 1.13        | 1.3         |
| Altura de la cabeza(cm):           | 0.58            | 0.46        | 1           |
| Longitud aleta pectoral(cm):       | 0.42            | 0.4         | 0.5         |
| Longitud aleta pélvica(cm):        | 0.27            | 0.2         | 0.4         |
| Longitud del pedúnculo caudal(cm): | 0.51            | 0.5         | 0.6         |

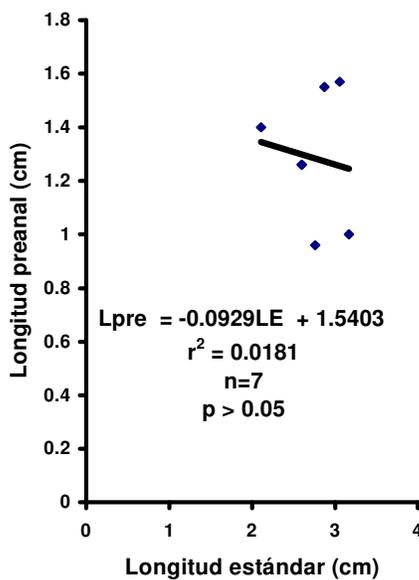
## RELACIONES MORFOMÉTRICAS

Las relaciones morfométricas que presentó *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae) del embalse La Goleta, Edomex., fueron las siguientes:

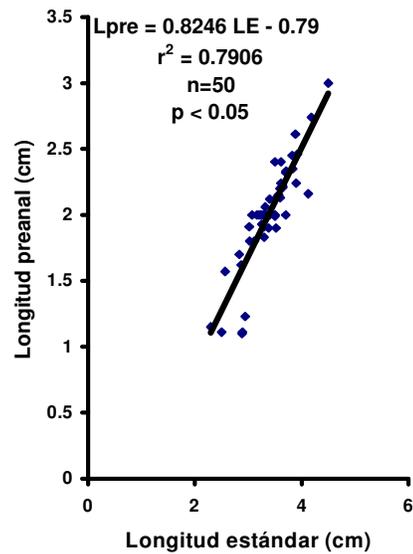
Con relación a la longitud preanal (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 7), sólo la población de machos (Figura 8) y la de hembras (Figura 9). No existió correlación entre las variables en los machos.



**Figura 7. Relación entre la longitud preanal (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.**

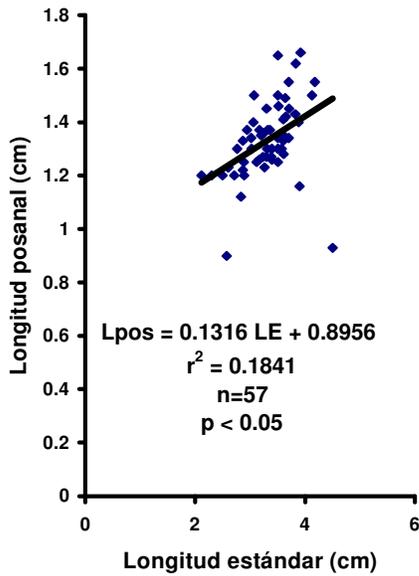


**Figura 8. Población de machos**

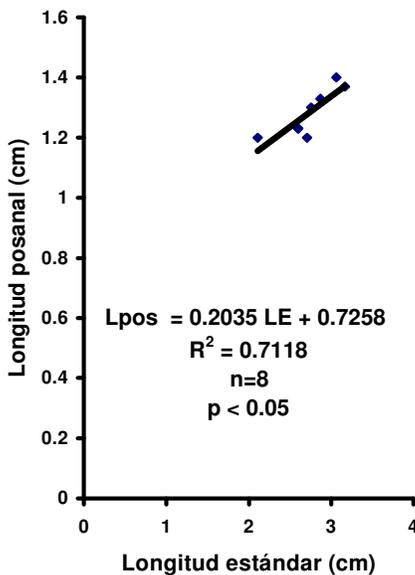


**Figura 9. Población de hembras**

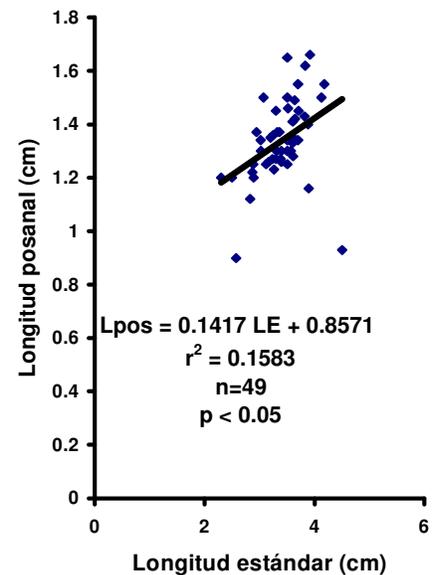
Con relación a la longitud posanal (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 10), la población de machos (Figura 11) y la de hembras (Figura 12). Si existió correlación entre el modelo general y en ambos sexos.



**Figura 10. Relación entre la longitud posanal (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.**

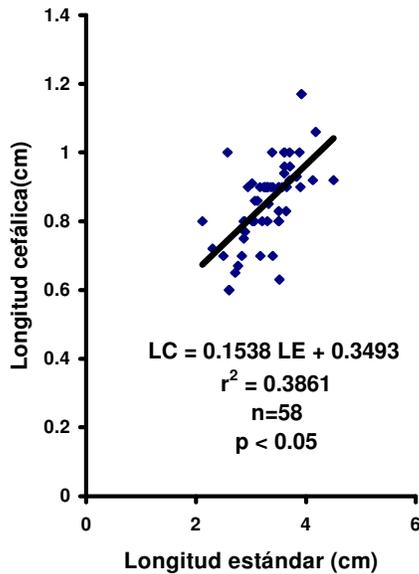


**Figura 11. Población de machos**

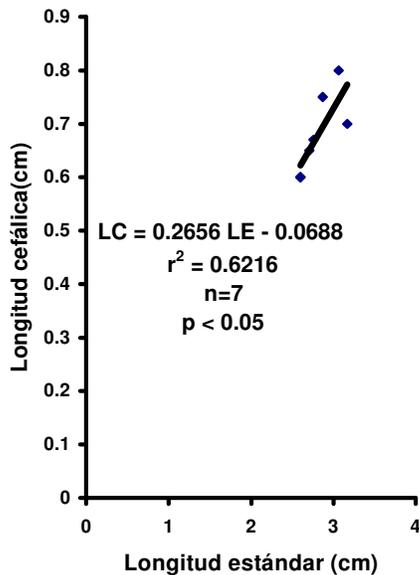


**Figura 12. Población de hembras**

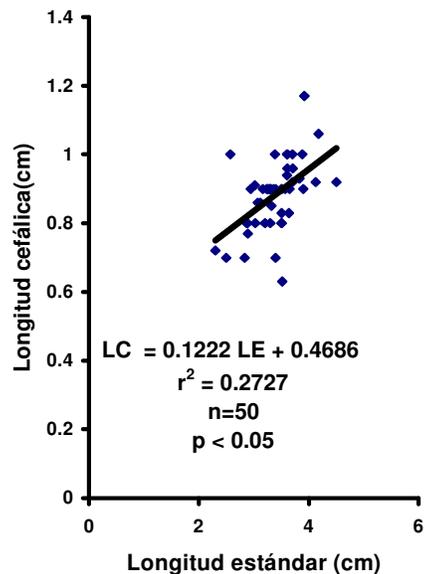
Con relación a la longitud cefálica (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 13), la población de machos (Figura 14) y la de hembras (Figura 15). Si existió correlación entre el modelo general y en ambos sexos.



**Figura 13. Relación de la longitud cefálica (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.**



**Figura 14. Población de machos**



**Figura 15. Población de hembras**

Con relación a la altura del cuerpo (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 16), la población de machos (Figura 17) y la de hembras (Figura 18). Si existió correlación entre el modelo general y en ambos sexos.

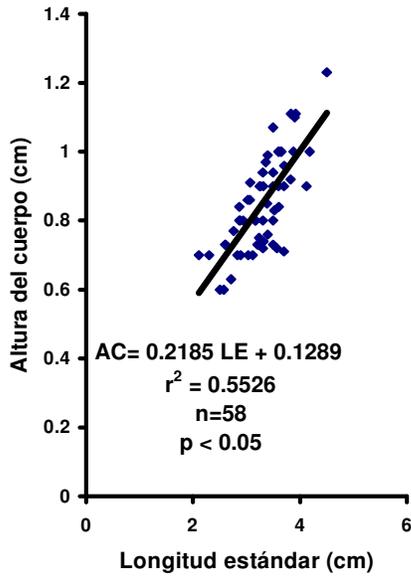


Figura 16. Relación entre la altura del cuerpo (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.

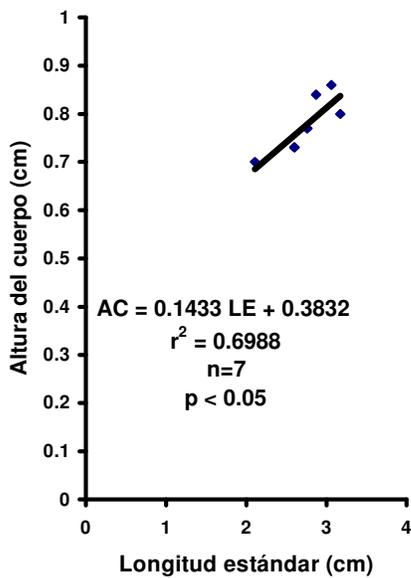


Figura 17. Población de machos

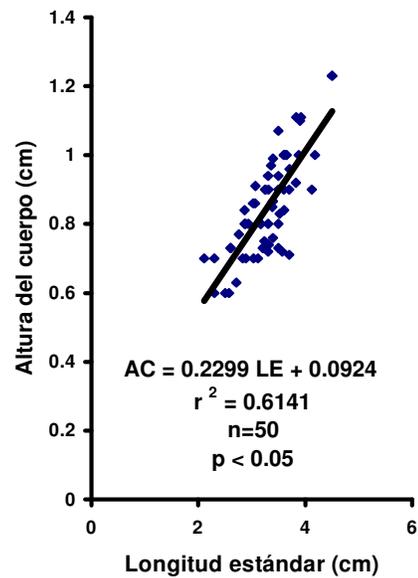


Figura 18. Población de hembras

Con relación a la longitud predorsal (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 19), la población de machos (Figura 20) y la de hembras (Figura 21). No existió correlación entre las variables en los machos.

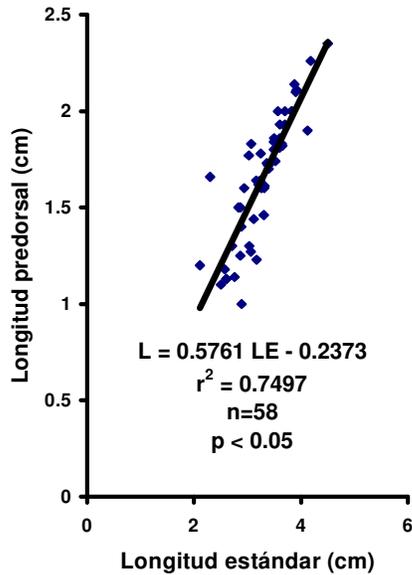


Figura 19. Relación entre longitud predorsal (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.

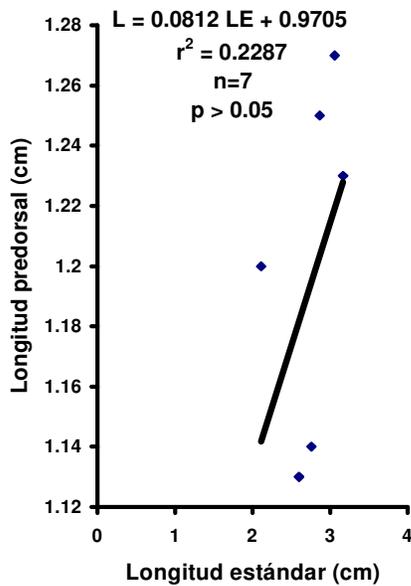


Figura 20. Población de machos

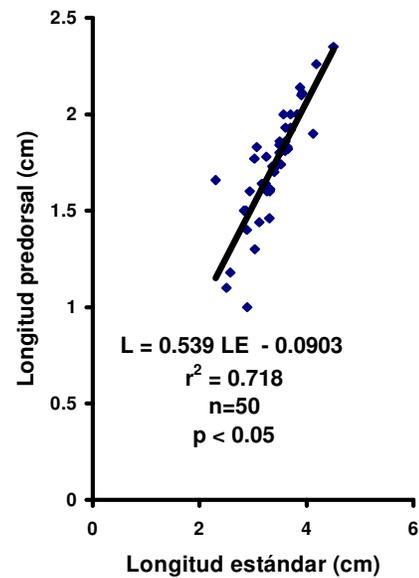


Figura 21. Población de hembras

Con relación a la altura de la cabeza (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 22), la población de machos (Figura 23) y para las hembras (Figura 24). Si existió correlación entre el modelo general y en ambos sexos.

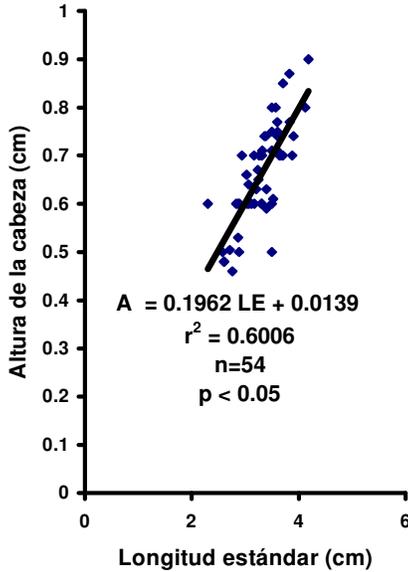


Figura 22. Relación entre altura de la cabeza (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.

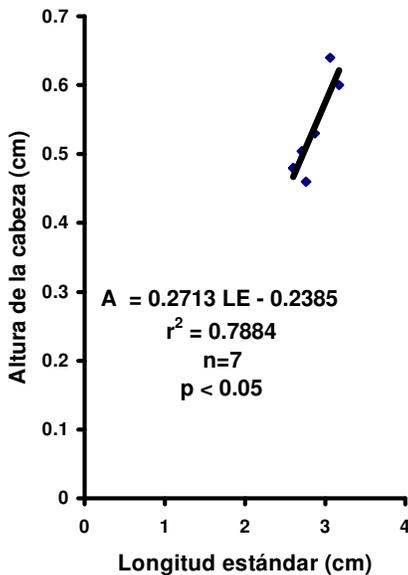


Figura 23. Población de machos

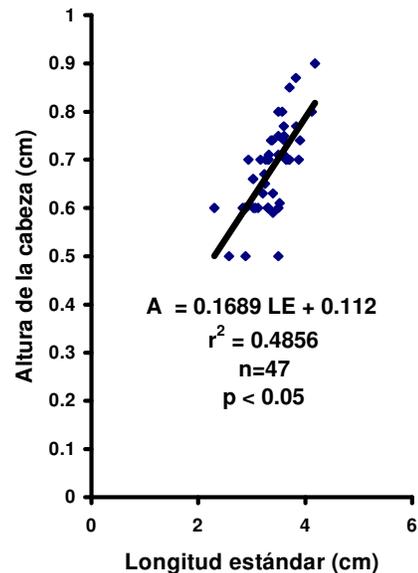


Figura 24. Población de hembras

Con relación a la base de la aleta dorsal (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 25), la población de machos (Figura 26) y la de hembras (Figura 27). No existió correlación entre las variables en los machos.

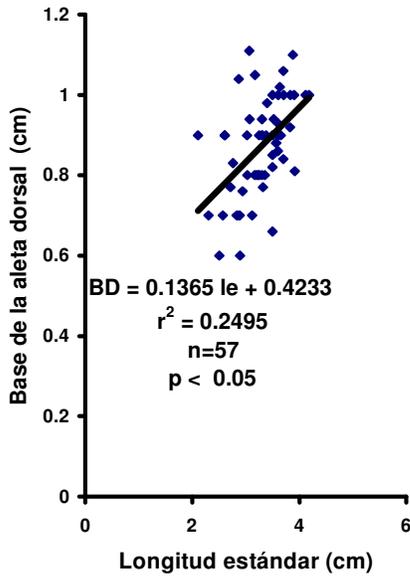


Figura 25. Relación entre la base de la aleta dorsal (cm) con respecto a la longitud estándar de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.

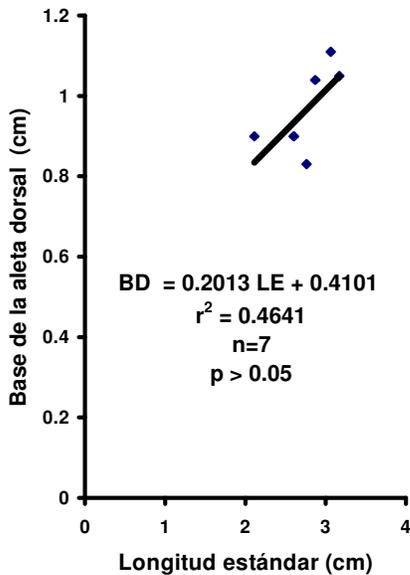


Figura 26. Población de machos

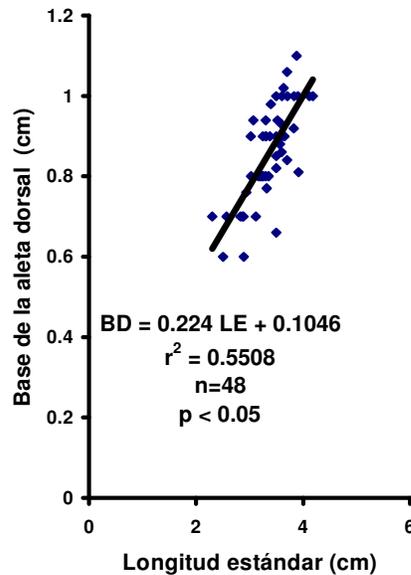
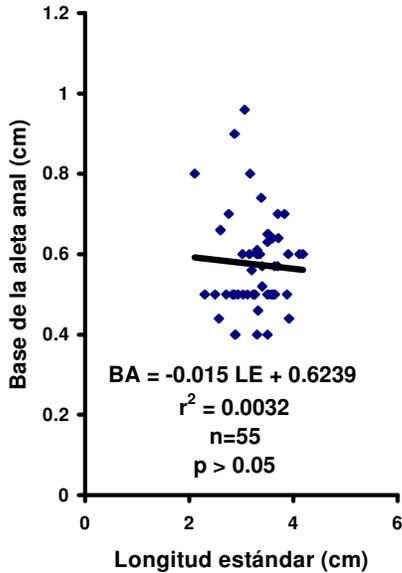
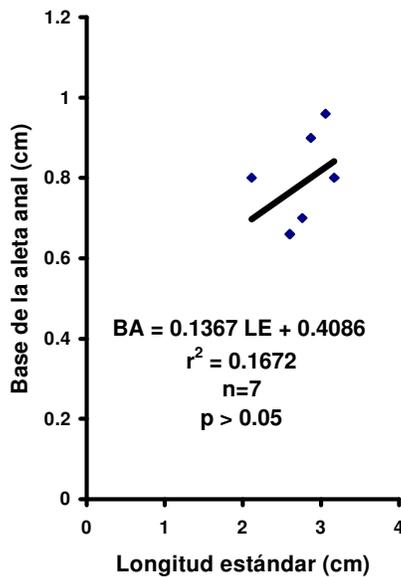


Figura 27. Población de hembras

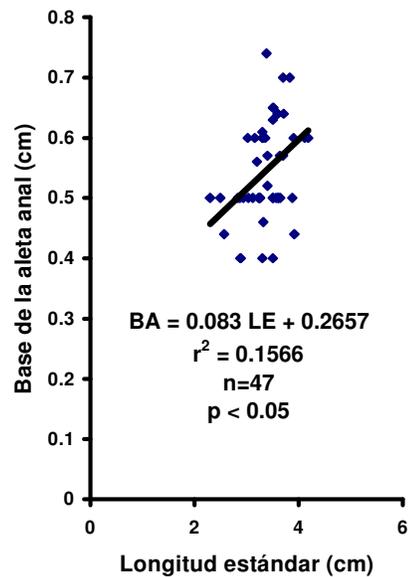
Con relación a la base de la aleta anal (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 28), la población de machos (Figura 29) y la de hembras (Figura 30). No existió correlación entre el modelo general que involucra ambos sexos y en los machos.



**Figura 28.** Relación entre la base de la aleta anal (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.



**Figura 29.** Población de machos



**Figura 30.** Población de hembras

Con relación a la longitud del pedúnculo caudal (cm) contra la longitud estándar (cm) se determinó el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 31), la población de machos (Figura 32) y la de hembras (Figura 33). No existió correlación entre las variables en los machos.

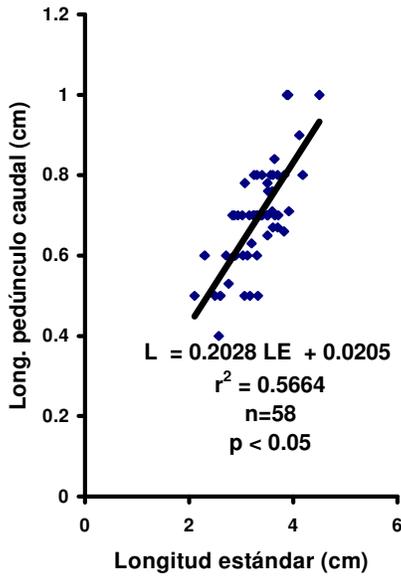


Figura 31. Relación entre la longitud del pedúnculo caudal (cm) con respecto a la longitud estándar (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.

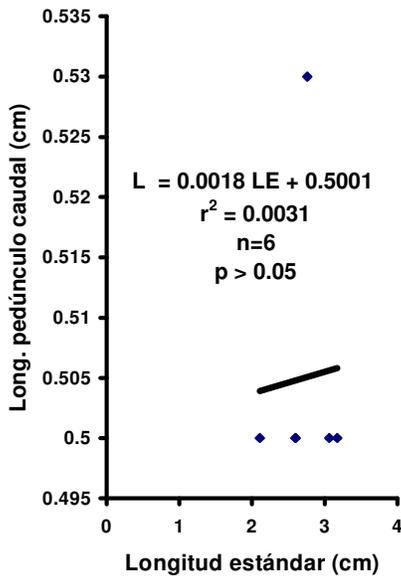


Figura 32. Población de machos

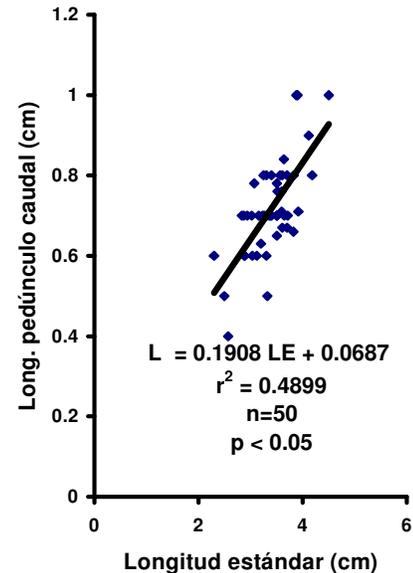
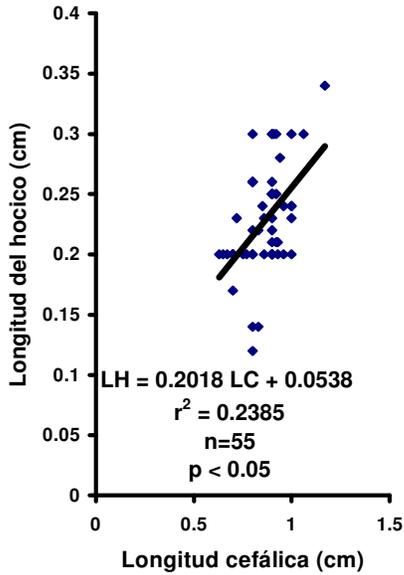
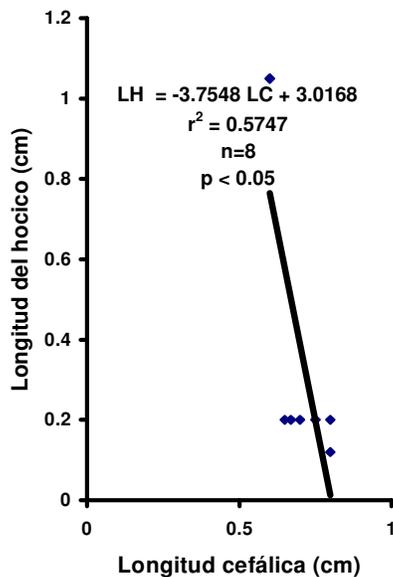


Figura 33. Población de hembras

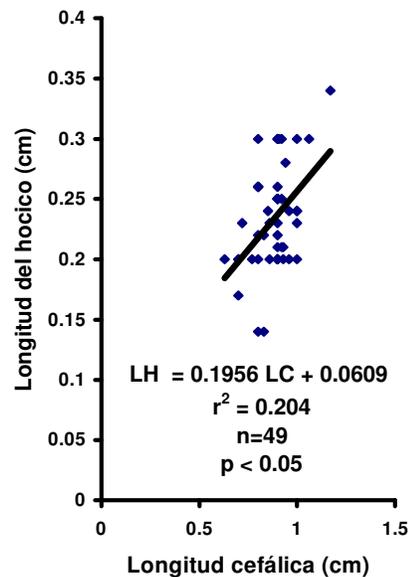
Con relación entre la longitud del hocico (cm) contra la longitud cefálica (cm) así lo demuestra el modelo general que involucró ambos sexos (Figura 34), el modelo para la población de machos (Figura 35) y el modelo de hembras (Figura 36). Si existió correlación entre el modelo general y en ambos sexos.



**Figura 34. Relación entre la longitud del hocico (cm) con respecto a la longitud cefálica (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.**



**Figura 35. Población de machos**



**Figura 36. Población de hembras**

No se evidenció una correlación entre el diámetro del ojo (cm) contra la longitud cefálica (cm) en ambos sexos (Figura 37) en los machos (Figura 38) y en las hembras (Figura 39).

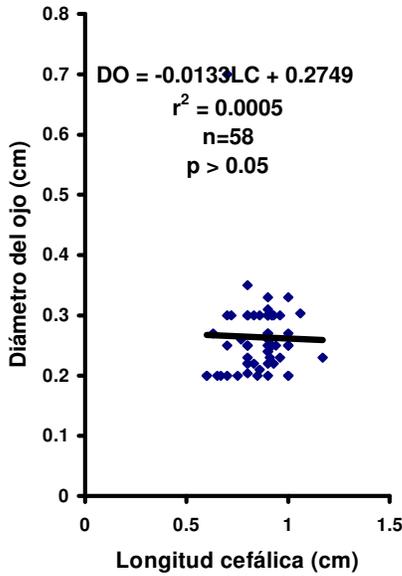


Figura 37. Relación entre el diámetro del ojo (cm) con respecto a la longitud cefálica (cm) de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex.

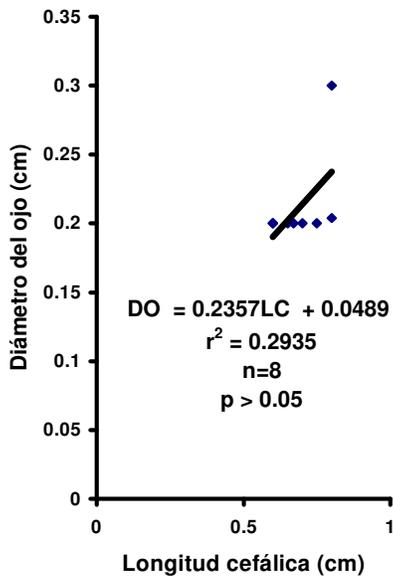


Figura 38. Población de machos

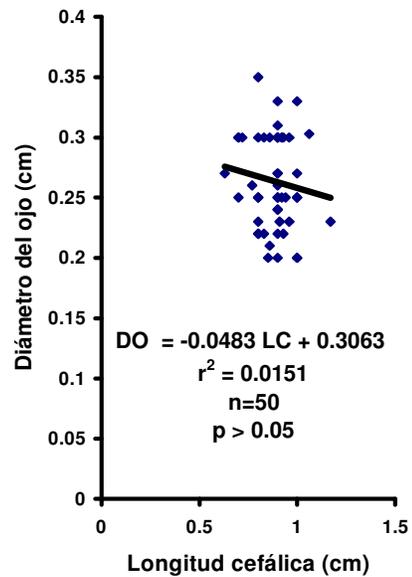
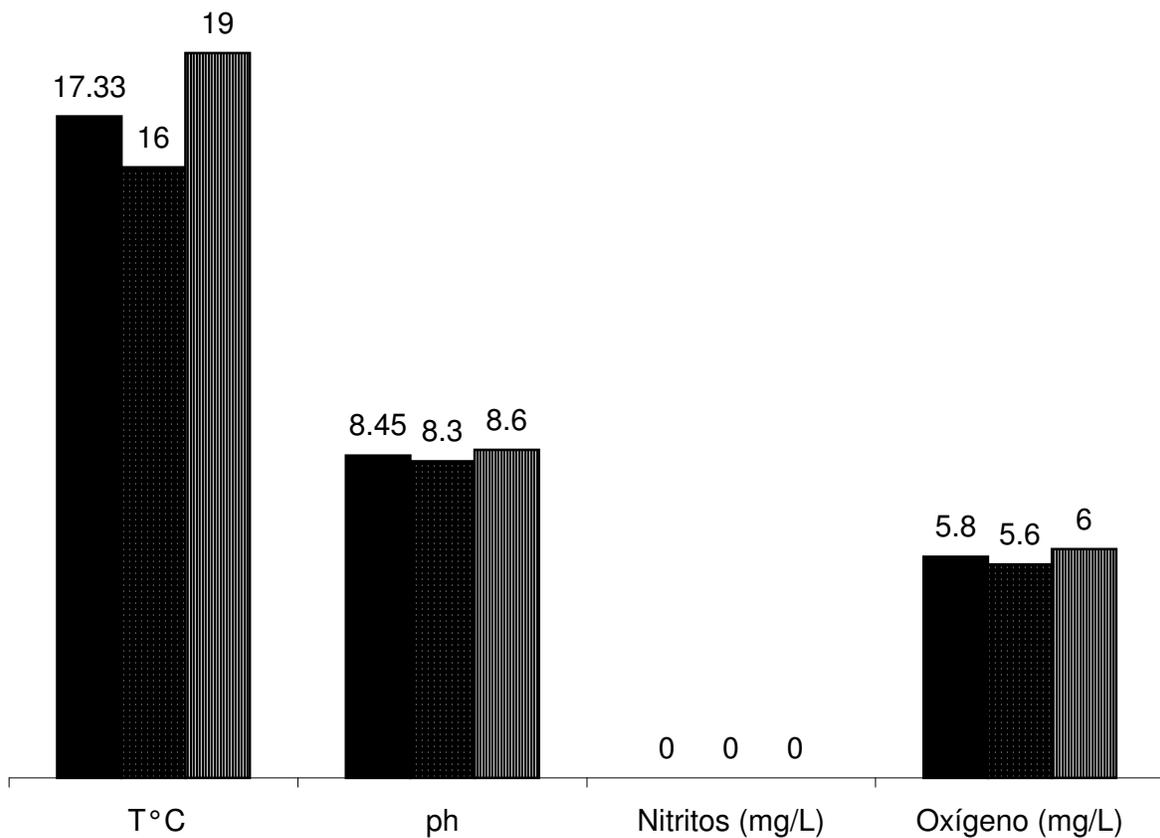


Figura 39. Población de hembras

## CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DE SU HÁBITAT

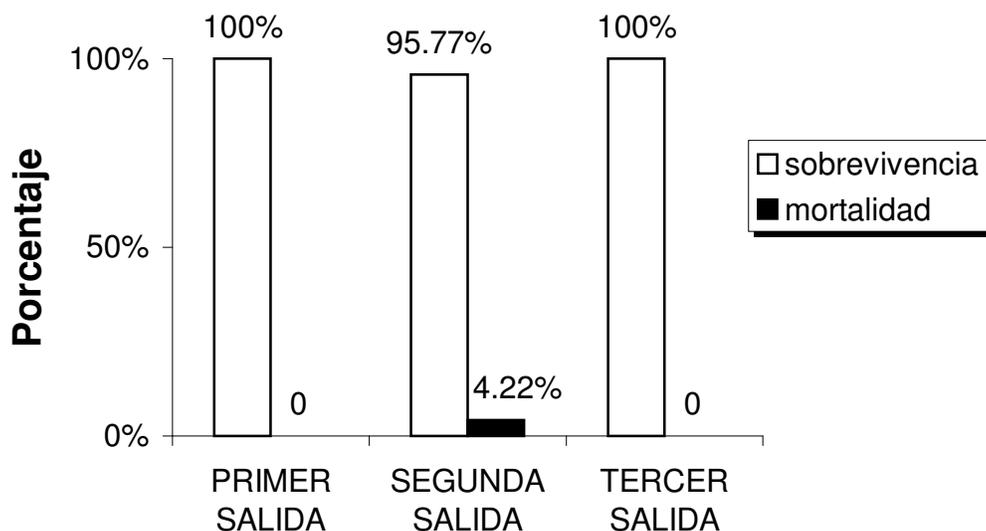
Los peces en su ambiente natural se colectaron bajo las siguientes características fisicoquímicas en promedio: temperatura 17.3 °C con un máximo de 19 °C y un mínimo de 16 °C, pH de 8.45 con un mínimo de 8.3 y un máximo de 8.6, nitritos y amonio de 0 y oxígeno de 5.8 ppm con un mínimo de 5.6 ppm y un máximo de 6 ppm (Figura 40).



**Figura 40. Registros fisicoquímicos donde se colectó el pez amarillo *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse La Goleta, Edomex.**

## MANTENIMIENTO DE LA ESPECIE

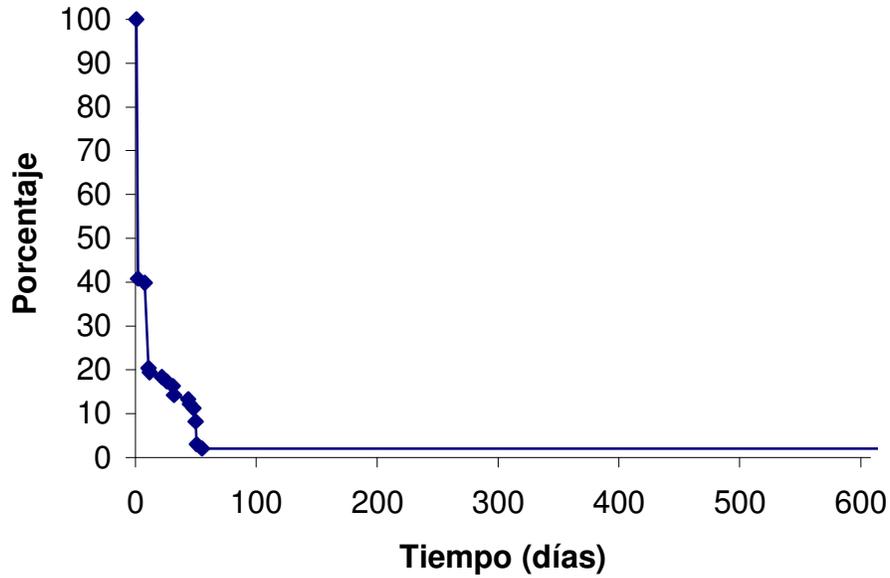
La sobrevivencia y mortalidad durante el traslado al laboratorio de las tres colectas realizadas se observa en la figura 41. La segunda colecta fue la única que presentó una mortalidad del 4.22% debido probablemente al estrés del viaje y a daños físicos por la captura.



**Figura 41. Porcentajes de sobrevivencia y mortalidad durante el traslado.**

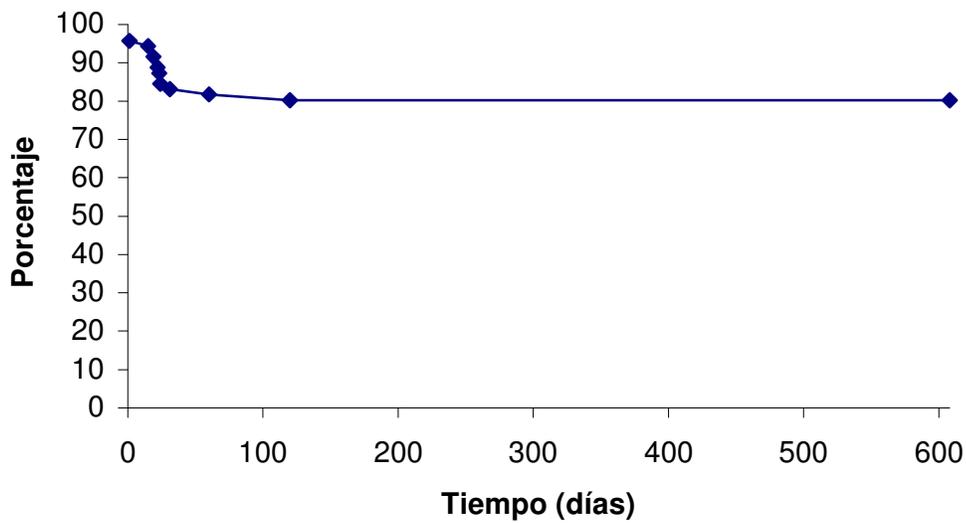
Durante el tiempo que duró el estudio (667 días), se evaluó la mortalidad y sobrevivencia de los peces que estuvieron en mantenimiento. De los peces obtenidos en la primer colecta, se observó un alto índice de mortalidad, debido a que en el segundo día se murieron 58 peces totales, 50 hembras y 8 machos, es decir, se registró un 40.82% de sobrevivencia y un 59.18% de mortalidad (figura 42).

La razón probable fue la gran cantidad de ectoparásitos que presentaban en las aletas dorsales y anales, siendo las hembras las que registraron un número mayor de ectoparásitos.



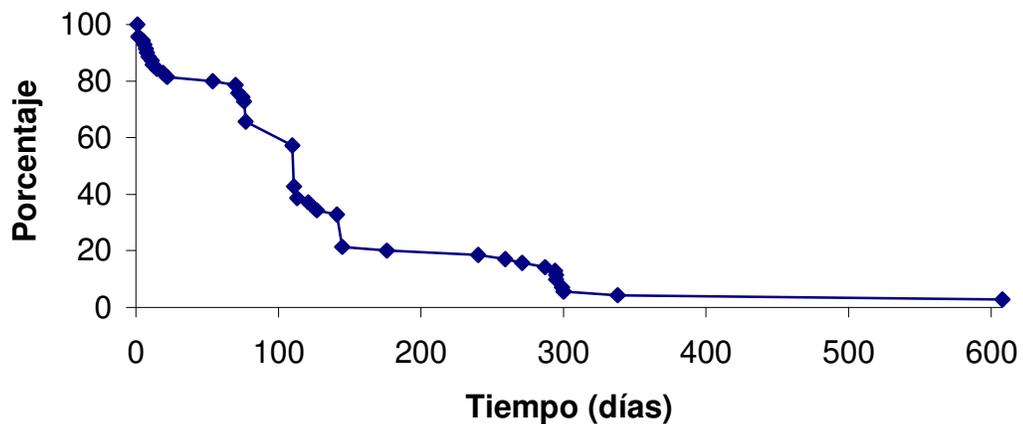
**Figura 42. Supervivencia durante el mantenimiento y aclimatación de los peces en el laboratorio.**

De los peces provenientes de la segunda colecta, en comparación con la primera, disminuyó la mortalidad a un 19.71%. (Figura 43).



**Figura 43. Supervivencia durante el mantenimiento y aclimatación de los peces en laboratorio.**

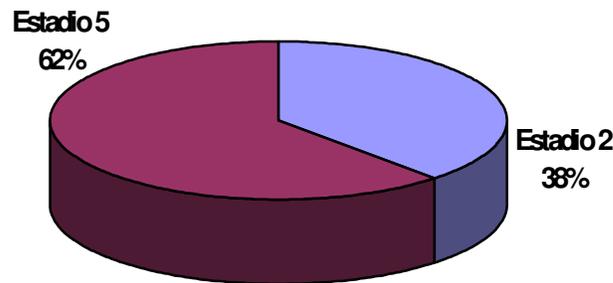
De los peces obtenidos en la tercer colecta se presentó un 97.14% de mortalidad y como consecuencia un 2.86% de supervivencia. Cabe mencionar que tanto hembras y machos fueron atacados por hongos, bacterias y ectoparásitos durante el tiempo de estudio. Las hembras por lo general se les observó con saprolegniasis, que fueron tratados en el laboratorio a base de sales, aumento de temperatura, cambios de agua y verde de malaquita. Algunos de estos infectados se recuperaron, pero la gran mayoría se murieron al poco tiempo de detectarse la enfermedad (Figura 44).



**Figura 44. Supervivencia durante el mantenimiento y aclimatación de los peces en laboratorio.**

## ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Se realizó un análisis a las hembras provenientes del embalse La Goleta para determinar el estado gonádico y se registró que el 38% de las hembras se encontraron en estadio 2 y un 62% de las hembras en estadio 5 (Figura 45). Mientras que las hembras mantenidas en el laboratorio se identificaron en estadio 2.



**Figura 45. Muestra el porcentaje de las hembras en estadio gonádico 2 y en estadio gonádico 5, según la clasificación de Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986).**

De las hembras analizadas del embalse, el 19% se observaron embriones en diferentes estadios de desarrollo, posiblemente debido a un incompleto desarrollo embrionario, más que al proceso denominado superfetación y en la discusión se explicará esta situación.

El número máximo de embriones que presentaron éstas hembras fue de 35 embriones por hembra y un mínimo de un embrión por hembra. La hembra de talla más pequeña con embriones se presentó a los 3.26 cm con 14 de ellos.

Una vez aclimatados los peces, se formaron dos parejas de peces para los grupos de reproducción y se observó una gran agresividad entre los machos, consistiendo en persecuciones y cuando se aproximaban entre ellos, con la boca rápidamente trataban de lastimarse para arrancarse parte de las aletas, debido a lo cual se mantuvieron por pecera solo una pareja de peces modificando lo citado por Terrón (1994) de manejar una proporción de 2:1 como se presenta en ambientes naturales.

El cortejo duró aproximadamente de dos a tres días y consistió cuando el macho se presentaba frente de la hembra y éste extendía su aleta dorsal y anal, se aproximaba a la hembra tomando una posición lateral y éste empezaba a vibrar con movimientos rápidos, siempre con las aletas desplegadas, se observaba como se retiraba de la hembra y volvía a tomar la posición lateral. La cópula duraba segundos mientras ambos nadaban.

La hembra grávida presentaba movimientos lentos de nado, después de 20 días se observaba un aumento voluminoso del vientre, en ese momento se aislaba a la hembra y se colocaba en las maternidades, dos días antes del parto se observaba en el vientre movimientos de las crías.

Aproximadamente 40 días después de la cópula, la hembra iniciaba el parto observando que las crías nacen por la aleta caudal obteniendo en el laboratorio los siguientes nacimientos y crías:

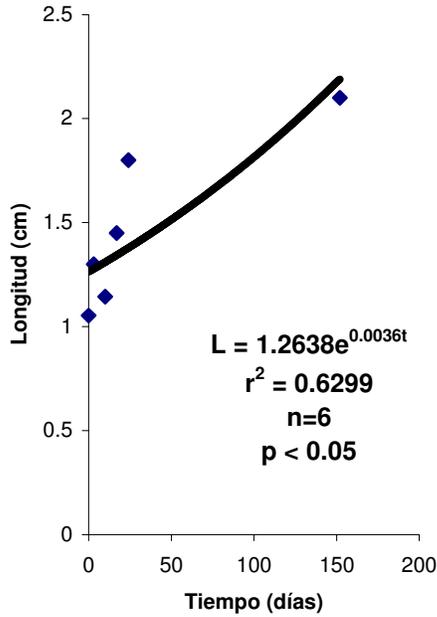
**Tabla 5. Registros de los nacimientos y el número de crías de *G. multiradiatus* nacidos en laboratorio.**

| N. de nacimientos | 1  | 2 | 3 | 4  | 5  | 6              |
|-------------------|----|---|---|----|----|----------------|
| N. de crías       | 28 | 9 | 6 | 22 | 22 | no se registró |

El primer nacimiento producto de una hembra grávida colectada del embalse La Goleta, consistió de 28 crías con una talla promedio de 1.05 cm, obteniendo así la primera generación de crías aclimatadas y mantenidas en laboratorio. Las crías al nacer se fueron al fondo de la pecera sin moverse, hasta después de unos minutos (máximo 2) empezaron a presentar movimientos lentos.

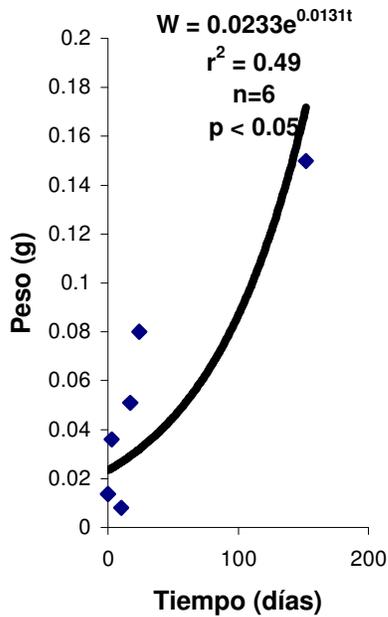
Del segundo nacimiento solo se obtuvieron nueve crías con una talla de 1.23 cm en promedio. El tercer nacimiento fue un nacimiento "prematuro" y todos murieron el primer día ya que no estaban completamente formados y con tallas promedio de 0.004 cm, más pequeñas de lo que normalmente nacen. Del nacimiento cuarto y quinto nacieron 22 crías cada uno con tallas de 1.22 cm en promedio. Se obtuvo un sexto nacimiento del cual no se siguió registro.

### CRECIMIENTO DE CRÍAS EN LABORATORIO



El crecimiento exponencial en longitud de las crías del primer nacimiento de *G. multiradiatus* presentó una velocidad de 0.0036 durante 152 días (Figura 46).

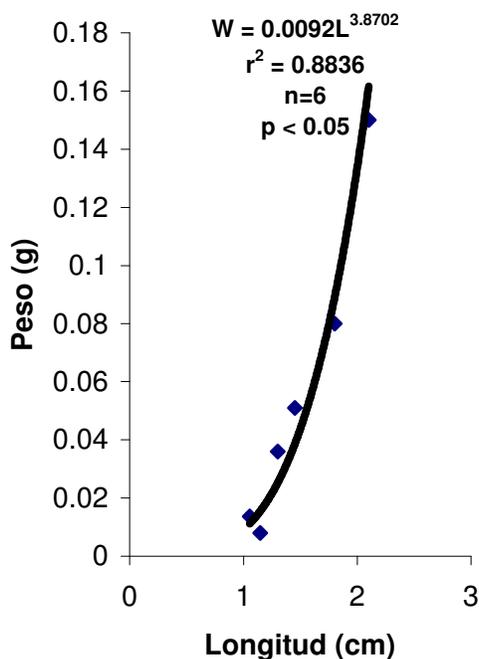
**Figura 46. Incremento en longitud (cm) de crías de *G. multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**



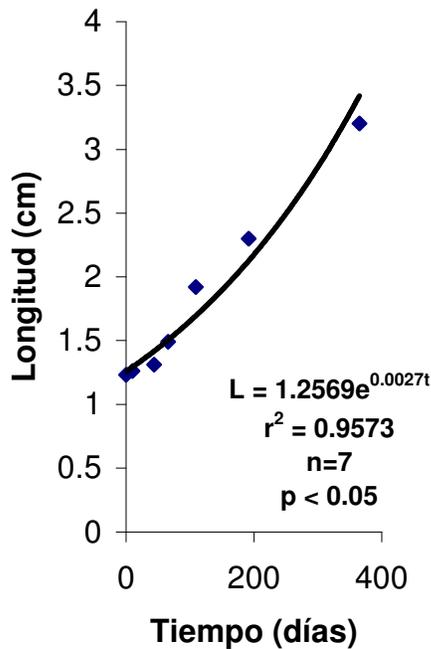
El crecimiento exponencial en peso durante 152 días presentó una velocidad o tasa de crecimiento de 0.0131 (Figura 47).

**Figura 47. Crecimiento exponencial en peso (g) de las crías de *G. multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**

De la relación peso-longitud se obtuvo un factor de condición de 0.0092 y una pendiente de 3.8702 por lo que el crecimiento fue de tipo alométrico (Figura 48).

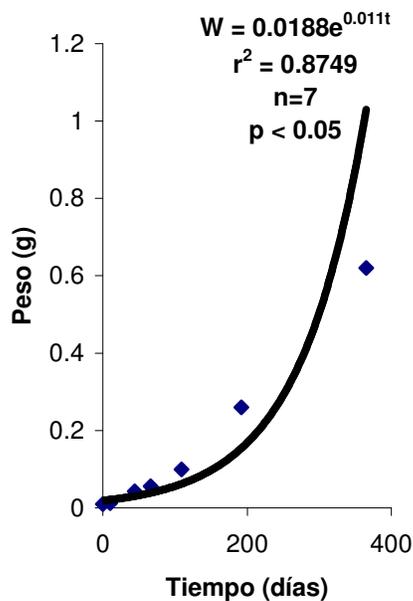


**Figura 48. Relación del peso (g) con la longitud (cm) de las crías de *Girardinichthys multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**



El crecimiento exponencial en longitud de las crías del segundo nacimiento mostró una velocidad de 0.0027 durante los 365 días, siendo menor la velocidad al presentado por las crías del primer nacimiento (Figura 49).

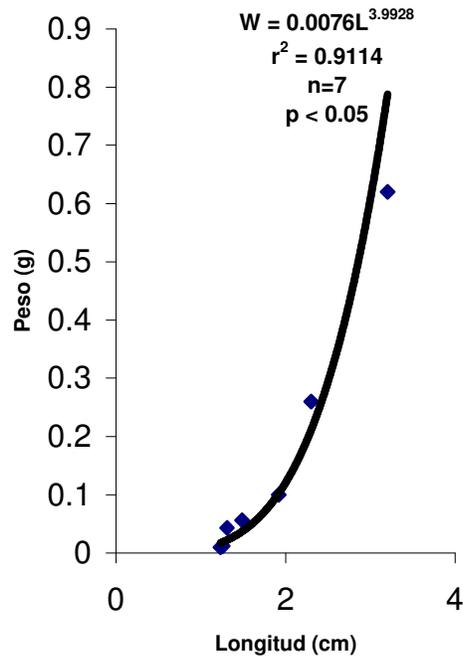
**Figura 49. Incremento en longitud (cm) de crías del segundo nacimiento de *G. multiradiatus* nacidas en laboratorio.**



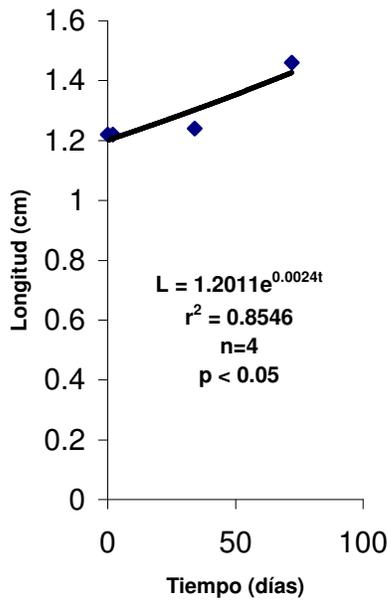
El crecimiento exponencial en peso durante 365 días presentó una velocidad o tasa de incremento de 0.011, siendo menor al presentado por las crías del primer nacimiento (Figura 50).

**Figura 50. Crecimiento exponencial en peso (g) de las crías del segundo nacimiento de *G. multiradiatus* nacidos en el laboratorio.**

De la relación peso-longitud se obtuvo un factor de condición de 0.0076 y una pendiente de 3.9928 por lo que el crecimiento fue de tipo alométrico, siendo mayor al presentado por las crías del primer nacimiento (Figura 51).

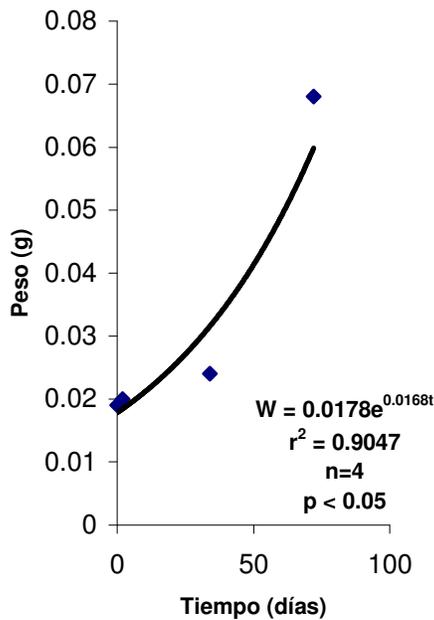


**Figura 51. Relación del peso (g) con la longitud (cm) de las crías del segundo nacimiento de *Girardinichthys multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**



El crecimiento exponencial en longitud de las crías del cuarto nacimiento mostró una velocidad de incremento de 0.0024 en 72 días, siendo menor la velocidad al presentado por el primer y segundo nacimiento (Figura 52).

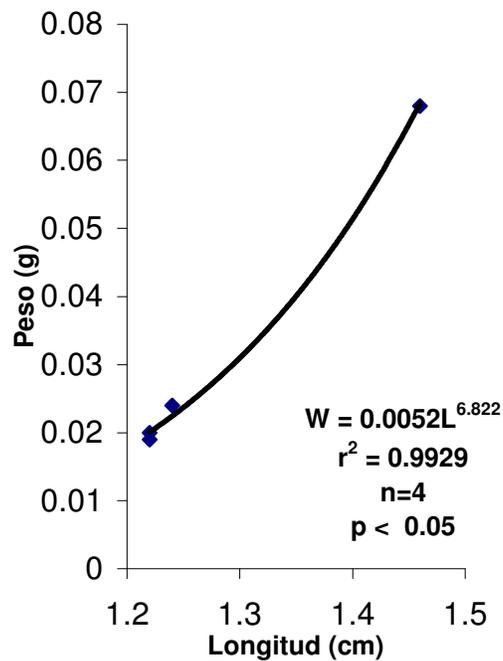
**Figura 52. Incremento en longitud (cm) de crías del cuarto nacimiento de *G. multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**



El crecimiento exponencial en peso durante 72 días presentó una velocidad o tasa de incremento de 0.0168, siendo mayor al presentado por la crías del primero y segundo nacimiento (Figura 53).

**Figura 53. Crecimiento exponencial en peso (g) de las crías del cuarto nacimiento de *G. multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**

De la relación peso-longitud se obtuvo un factor de condición de 0.0052 y una pendiente de 6.822 por lo que el crecimiento fue de tipo alométrico, siendo mayor al presentado por las crías del primer y segundo nacimiento (Figura 54).



**Figura 54. Relación del peso (g) con la longitud (cm) de las crías del cuarto nacimiento de *Girardinichthys multiradiatus* nacidas en el laboratorio.**

El crecimiento exponencial en longitud de las crías del quinto nacimiento mostró una velocidad de incremento de 0.0031 en 18 días, siendo menor la velocidad al presentado por el primer nacimiento y mayor al segundo y cuarto nacimiento.

El crecimiento exponencial en peso de las crías del quinto nacimiento durante 18 días presentó una velocidad o tasa de incremento de 0.0106, siendo menor al presentado por la crías del cuarto nacimiento y mayor al primero y segundo nacimiento.

De la relación peso-longitud se obtuvo un factor de condición de 0.0007 y una pendiente de 2.7294 por lo que el crecimiento fue de tipo alométrico, siendo menor al presentado por las crías del primero, segundo y cuarto nacimiento.

## DISCUSIÓN

La identificación de los peces, como de cualquier especie es fundamental, ya que antes de comenzar cualquier estudio se debe conocer exactamente la especie con la que se está trabajando, ya que de no ser así se pueden dar conclusiones erróneas y afectar el trabajo realizado. Esta situación fue prioritaria en el presente trabajo, ya que al inicio del mismo, se consultaron los reportes de distribución de estas especies y fueron visitadas dichas localidades. Con las aportaciones del presente trabajo, se concluye que en algunos casos, las especies estuvieron mal determinadas o confundidas o en caso extremo, desaparecidas de dichas localidades ya que no se encontró a *Girardinichthys viviparus* como lo reporta Terrón (1994) y Godínez (2001).

Esto es debido a que el género *Girardinichthys* en México, está representado por dos especies: *Girardinichthys viviparus* y *Girardinichthys multiradiatus*, ambas, morfológicamente a simple vista son muy parecidas, principalmente en la forma de las aletas dorsal y caudal, lo que ocasiona, si el investigador o estudiante no está familiarizado con la familia, que exista confusión en la identificación de ellas, ya sea a nivel género o especie. Esta situación no es de extrañarse, ya que Serva (2001) menciona que ambas aletas de las especies están correlacionadas evolutivamente y por lo tanto las características merísticas y morfométricas de dichas aletas, son elementos significativos y taxonómicos a considerar en la correcta determinación de las especies.

Con base en lo anterior, se utilizaron los elementos taxonómicos merísticos y morfométricos de *G. viviparus* colectado en Xochimilco, D. F. y de *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, Edomex. certificados por expertos en el grupo (Edmundo Díaz-Pardo y Eduardo Soto-Galera de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, INP) para asegurar, que no exista aun más confusión en la identificación de las especies.

Los resultados evidencian que *G. multiradiatus* del embalse La Goleta, San José Deguedo, Edomex. presenta un número mayor de radios en las aletas anal y dorsal, así como también en la aleta pectoral, en comparación con *G. viviparus* proveniente de Xochimilco,

D. F. donde se observa que en las aletas dorsal, anal, pectoral los elementos son en menor cantidad.

Estas observaciones y conteos coinciden con lo reportado en Álvarez del Villar (1970), Ávila (2000), <http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/multiradiatus/multiradiatus/.html>, y <http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/viviparus/viviparus.html>.

Dichos valores se pueden apreciar en la tabla 6 que demuestra las diferencias:

**Tabla 6. Diferencias merísticas en las aletas dorsal y anal de *Girardinichthys multiradiatus* y *Girardinichthys viviparus*.**

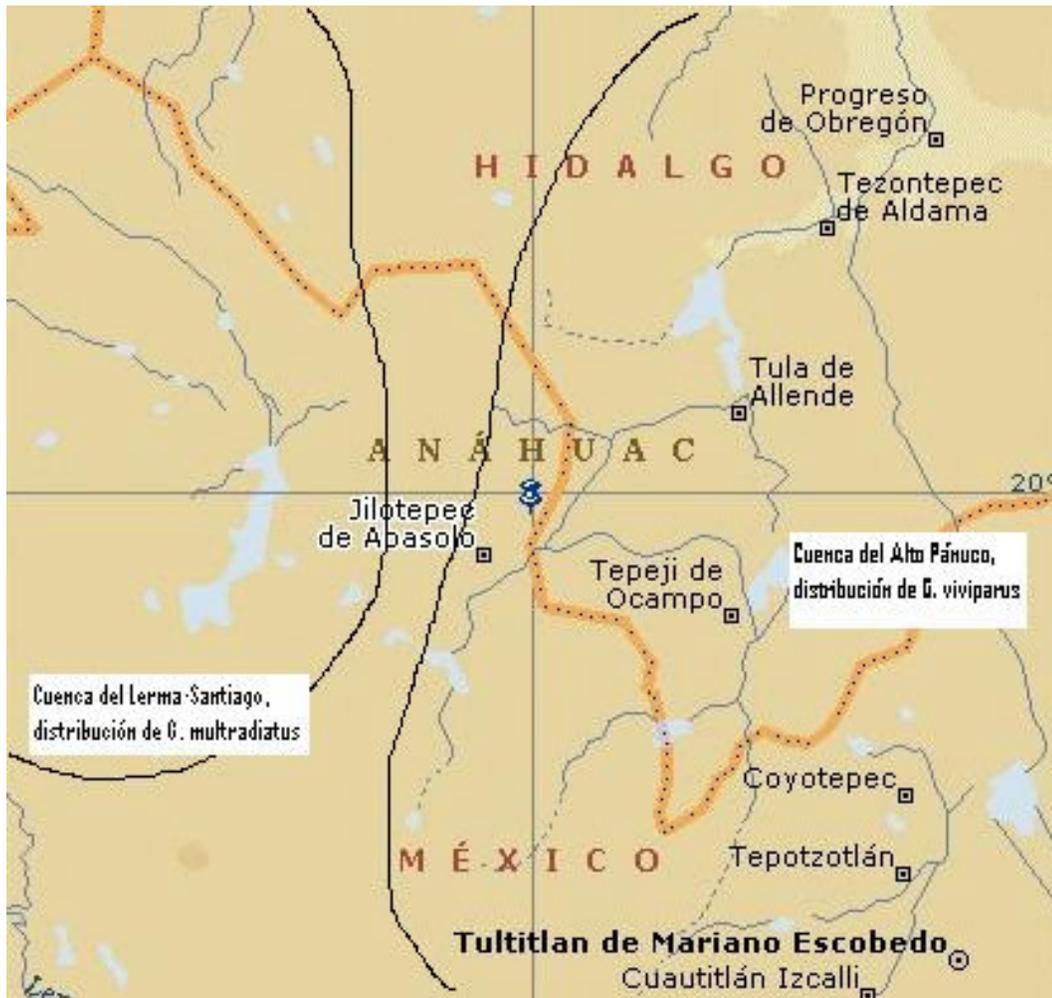
| Fuente                    | <i>Girardinichthys multiradiatus</i> |              | <i>Girardinichthys viviparus</i> |           |
|---------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------------------------|-----------|
|                           | Dorsal                               | Anal         | Dorsal                           | Anal      |
| Álvarez del Villar (1970) | 26-34                                | 26-34        | 18-26                            | 20-27     |
| Ávila (2000)              |                                      |              | 14-23                            | 7-21      |
| Internet *                | 28                                   | 28           | 18-23                            | 20-26     |
| <b>Rivas (2004)</b>       | <b>28-30</b>                         | <b>29-31</b> | <b>22</b>                        | <b>25</b> |

\* (<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/multiradiatus/multiradiatus/.html>), (<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/viviparus/viviparus.html>).

Por lo tanto, estos intervalos indican evidentes diferencias merísticas en las aletas que no deberían crear confusión, y solo con una buena experiencia del investigador interesado en ellas y apegándose a dicho conteo no deberán de darse datos erróneos.

Otra consideración que puede ocasionar confusiones, es la distribución de cada especie citada en literatura, ya que se menciona que *G. viviparus* es característica del Valle de México, aunque por el canal del desagüe ha pasado a la cuenca alta del Pánuco, en el río Tula y que es el único goodeido existente en las cercanías de la capital mexicana. Mientras que *G. multiradiatus* se encuentra en la cuenca del alto Lerma, desde el nacimiento hasta Maravatío,

Michoacán incluyendo Lagunas de Zempoala, Mor., como se puede apreciar en la figura 55 (Álvarez del Villar, 1970; Feria, 1998; Hurtado *et al.*, 1999; Domínguez *et al.*, 2000; García-Trejo *et al.*, 2001a; García-Trejo *et al.*, 2001b; Sánchez *et al.*, 2001; Caspeta y Martínez, 2002; García-Trejo y Gutiérrez-Yurrita, 2002).



**Figura 55. Ubicación aproximada de las cuencas Lerma-Santiago y del alto Pánuco donde se distribuyen *Girardinichthys multiradiatus* y *Girardinichthys viviparus*, respectivamente (Tomado de Enciclopedia Encarta 2003).**

Como se puede apreciar en la imagen anterior, el embalse La Goleta pertenece a la cuenca del Pánuco, por esto, debería de colectarse ahí a *G. viviparus* y no a *G. multiradiatus*, tal y como Terrón (1994) y Godínez (2001) lo reportan, mientras que en el presente trabajo, se **asegura** que la especie colectada es *Girardinichthys multiradiatus* y por comunicación personal de ictiólogos especialistas

en peces dulceacuícolas (Contreras-Macbeth, 2002, Díaz-Pardo, 2000 y Maya, 2003), nunca se encuentran ambas especies en un mismo lugar o comparten la misma distribución y hasta la fecha no hay un reporte oficial donde se citen las dos especies en el mismo muestreo. Esto parece indicar que los peces trabajados por Terrón (1994) y Godínez (2001) sí corresponden a *G. viviparus*, pero en la actualidad se colecta a *G. multiradiatus*, donde cabría preguntarse: ¿Cómo llegó al embalse La Goleta el pez amarillo, si éste pertenece a la Cuenca del Lerma-Santiago y no hay una comunicación fluvial evidente o superficial entre ambas cuencas? Como evidentemente si está en el embalse, lo primero que debe explicarse es como desapareció *G. viviparus* para después darse una sustitución e invasión por *G. multiradiatus*, y después como se aclimató y adaptó exitosamente en un tiempo tan corto, a pesar de que el embalse emplaza en el eje Neovolcánico y pertenece a la subcuenca del alto Pánuco y no a su original cuenca del Lerma.

Méndez-Sánchez *et al.* (2001) realizaron una compilación y análisis de las investigaciones ictiológicas por cuenca en el Estado de México (tabla 7) consultando entre otros aspectos a la Colección de Peces Dulceacuícolas Mexicanas de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, listados de peces depositados en el Zoology Museum of Michigan University, Field Museum of Natural History, Zoology Museum of Tulane University y del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México y se compararon con los listados propuestos por la Sedesol (1994) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y presentan el siguiente resumen para la familia Goodeidae del género *Girardinichthys*:

**Tabla 7. Número de colectas de *Girardinichthys multiradiatus* y *Girardinichthys viviparus* en el Estado de México por cuenca.**

|                                      | Balsas | Lerma | Pánuco |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|
| Goodeidae                            |        |       |        |
| <i>Girardinichthys multiradiatus</i> | 11     | 82    | 8      |
| <i>Girardinichthys viviparus</i>     | 0      | 2     | 56     |

Y como se puede observar, existen ocho reportes de colectas de *Girardinichthys multiradiatus* en el Pánuco, esto quiere decir, que esta especie también es posible encontrarla en dicha cuenca, tal y como lo demuestra la presente investigación y como en otros grupos faunísticos y florísticos, esta especie pudo haber sido introducida a La Goleta por intervención humana o por la invasión de nuevos hábitats por la propia especie, tal y como lo reportan los diversos ejemplos citados en Wilson (1992) y Primack (1993).

Otro aspecto que se planteó en el presente trabajo para contribuir al estudio de las especies citadas, fue realizar un análisis basado en caracteres morfométricos de los peces, entendiéndose como aquellas características que pueden medirse y expresarse con valores numéricos y en la morfología que estudia la forma, la biometría y sus relaciones numéricas. Este tipo de análisis ha servido en muchas investigaciones para la diferenciación de las especies (taxonomía), aspectos evolutivos (ecomorfología funcional: forma-función-ambiente), ecológicos (coexistencia de especies y relaciones con variables ambientales) e incluso como la base para el desarrollo pesquero de las comunidades (Granado, 1996)

Con base a este análisis se sabe que la relación entre las medidas del cuerpo y su análisis comparativo da origen a una serie de índices ecofuncionales. Los más importantes en el caso de los peces son: Altura relativa o índice de forma (altura máxima del cuerpo / longitud estándar), índice cefálico (longitud de la cabeza / longitud estándar), localización de aletas (longitud prealeta / longitud estándar), longitud del pedúnculo caudal (longitud postanal / longitud estándar) y posición del ojo (distancia del morro al ojo / de la cabeza) (Granado, 1996).

Por lo anterior, éstas fueron las relaciones que se consideraron para *Girardinichthys multiradiatus* en este estudio y se determinó que en el caso del modelo general y en ambos sexos hubo correlación estadística significativa entre la longitud posanal vs longitud estándar, longitud cefálica vs longitud estándar, altura del cuerpo vs longitud estándar, altura de la cabeza vs longitud estándar y longitud hocico vs longitud cefálica.

En el caso de hembras y modelo general hubo correlación estadística significativa entre la longitud preanal vs longitud estándar, longitud predorsal vs longitud estándar, base de la aleta dorsal vs longitud estándar y longitud del pedúnculo caudal vs longitud estándar.

En el caso de las hembras existió correlación estadística significativa entre la base de la aleta anal vs longitud estándar.

Para los machos, se determinó correlaciones significativas entre las longitudes posanal, cefálica, altura del cuerpo, altura de la cabeza con la longitud estándar y la longitud del hocico con la cefálica. Cabe hacer notar, que no presentaron correlación aquellas variables relacionadas a las aletas dorsal y anal (longitudes predorsal y preanal y base de las aletas) así como en el pedúnculo caudal, lo que denota diferencias morfológicas significativas entre sexos.

En el caso del modelo general y en ambos sexos no existió correlación estadística significativa entre el diámetro del ojo vs longitud cefálica.

En el caso de los machos, la carencia de correlación en algunas de las relaciones, fue debida al número bajo de datos con los que se realizó el análisis, siendo imposible de poder cambiar esta situación, pues en los ambientes naturales la proporción sexual de esta especie y la captura de este sexo en particular, dificultó realizar una mayor captura de peces para hacer estadísticamente significativo dicho análisis, aunado a que la intención del presente trabajo no fue contribuir a su decremento poblacional.

Ningún trabajo hasta el momento ha reportado un análisis de este tipo con la especie y sólo el realizado por Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) en donde se consideró la longitud cefálica vs la longitud total y el diámetro ocular vs la longitud cefálica en embriones con tallas de 1.35 a 16.5 mm, no se puede considerar para correlacionar ambos trabajos.

**Tabla 8. Valores de “p” (probabilidad al 0.05) obtenidos por los modelos de regresión aplicados a machos, hembras y ambos.**

| <b>TIPO DE RELACIÓN</b>                                   | <b>MODELO GENERAL</b>                               | <b>MODELO MACHOS</b>                            | <b>MODELO HEMBRAS</b>                               |
|---|---|---|---|
| <b>Lpre - LE</b><br>Long. preanal<br>Long. estándar       | $p = 1.1121E-17$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |   | $p = 6.4594E-18$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |
| <b>Lpos - LE</b><br>Long. posanal<br>Long. estándar       | $p = 0.0008$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>     | $p = 0.0084$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 0.0046$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>     |
| <b>LC - LE</b><br>Long. cefálica<br>Long. estándar        | $p = 1.9382E-07$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 0.0351$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 0.0001$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>     |
| <b>AC - LE</b><br>Altura del cuerpo<br>Long. estándar     | $p = 2.3345E-11$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 0.0191$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 1.2444E-09$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |
| <b>L - LE</b><br>Long. predorsal<br>Long. estándar        | $p = 1.7454E-18$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |   | $p = 8.6103E-15$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |
| <b>A - LE</b><br>Altura de la cabeza<br>Long. estándar    | $p = 6.068E-12$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>  | $p = 0.0075$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 5.2991E-08$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |
| <b>BD - LE</b><br>Base aleta dorsal<br>Long. estándar     | $p = 8.8964E-05$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |   | $p = 1.5721E-09$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |
| <b>BA - LE</b><br>Base aleta anal<br>Long. estándar       |   |   | $p = 0.0058$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>     |
| <b>L - LE</b><br>Long. pedúnculo caudal<br>Long. estándar | $p = 9.6109E-12$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |   | $p = 1.5434E-08$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> |
| <b>LH - LC</b><br>Long. hocico<br>Long. cefálica          | $p = 0.0001$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>     | $p = 0.0292$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u> | $p = 0.0011$<br><u><math>p &lt; 0.05</math></u>     |
| <b>DO - LC</b><br>Diámetro del ojo<br>Long. cefálica      |   |   |   |

Con respecto al mantenimiento de la especie en el laboratorio, lo primero fue obtener un conocimiento real de las características fisicoquímicas de su hábitat donde se colectaron.

La temperatura en donde se colectó al pez registró un promedio de 17.3 °C, con un mínimo de 16 °C a un máximo de 19 °C. Estos valores son comunes para la especie, ya que puede soportar diferentes temperaturas según la referencia que este consultándose: en el caso del Lago Salazar se ha colectado desde temperaturas de 9 °C hasta 11.6 °C (<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/multiradiatus/fundortegirardinichthysmultira/fundortegirardinichthysmultira.html>) o hasta temperaturas de 23 °C (<http://www.zierfisch-ratgeber.de/art119.html>), por lo que es un pez habitante de embalses y lagos ubicados en regiones templadas a frías de nuestro país (Wetzel, 2001).

La temperatura en las peceras de mantenimiento, aclimatación y reproducción registraron durante 667 días un promedio de 23.71 °C, valor que cae en el límite más alto de las temperaturas de su hábitat. En los 239 días iniciales de mantenimiento, se registró un promedio de 25.17 °C, siendo de toda la investigación las máximas registradas, pero después se disminuyó a valores aproximados de 24 °C, ya que se observó un mejor comportamiento en los días restantes de experimentación.

Tales valores de temperatura estuvieron de acuerdo con Scott (1987) que mantuvo a *Girardinichthys viviparus* exitosamente a una temperatura de 21 a 23 °C, estas temperaturas también fueron favorables para Valero (1998) donde mantuvo a *Girardinichthys multiradiatus* en peceras a una temperatura de 23 °C a 24 °C.

En algunos casos se manejaron intervalos de temperaturas menores a 19 °C, pero Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) mencionan que al mantener a *Girardinichthys viviparus* a 19 °C en peceras, nunca lograron la reproducción y Godínez (2000) menciona que la temperatura alta en peceras para esta especie, es un parámetro fundamental para su mantenimiento y para lograr una exitosa reproducción debe ser de 24.53 °C. Esta situación debe ser extensiva para la especie *Girardinichthys multiradiatus* ya que la reproducción en laboratorio de esta investigación, se presentó a una temperatura

promedio de 24 °C y con ella además, sobrevivieron las crías en el laboratorio.

*Girardinichthys multiradiatus* al igual que *Girardinichthys viviparus* (para ésta última de acuerdo con Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986) el agua nunca debe ser mantenida en laboratorio a temperaturas iguales o menores a 19 °C, ya que son susceptibles a enfermedades, principalmente a la saprolegniasis, que fue una de las causas de mortalidad en la presente investigación.

En lo que respecta al oxígeno disuelto, los valores registrados en La Goleta fueron en promedio de 5.8 mg/L, considerado como una concentración normal, ya que según Wheaton (1982) menciona que los organismos acuáticos están bien adaptados para extraer oxígeno en concentraciones por debajo de 4ppm, Lagler (1984) considera valores óptimos de oxígeno de cinco a seis ml/L para peces y otros autores mencionan que concentraciones de tres a cinco ppm, pueden permitir la sobrevivencia de los peces y por arriba de cinco ppm se permite una condición idónea, especialmente para los cultivos comerciales (Boyd, 1979; Stickney, 1979; Parker y Davis, 1981 y Wheaton, 1997 citados en Hernández, 1994, Wetzel, 2001).

Bajo estas consideraciones, los peces extraídos de su hábitat fueron mantenidos y aclimatados en concentraciones más altas a estos valores, registrando durante todo el proceso de investigación un promedio de 6.5 ml/L, por lo cual los peces estuvieron mantenidos en buenas condiciones de oxígeno disuelto.

Respecto al pH registrado en las peceras, en promedio fue de 8.7 con un mínimo de 8.55 y un máximo de 9.02, en el embalse La Goleta, también se registró valores alcalinos con un promedio de 8.45. Estos valores concuerdan con lo reportado para la familia Goodeidae, ya que presentan una tolerancia de 7.0 a 8 (<http://www.petsforum.com/cichlidroom/articles/a042-eshtml>), aunque varía para cada especie, ya que para *Girardinichthys viviparus* según Scott (1987) debe ser mantenido con un valor de siete o más y para el goodeido *Characodon audax* según Blanco (2000) es de 7.8.

Con referencia al amonio de los acuarios se registró un promedio de 0.13 mg/L, un mínimo de 0.02 mg/L y un máximo de 1.0 mg/L y a partir de los 123 días se mantuvo en 0 mg/L. Con respecto a los

nitritos en promedio de 0.13 mg/L, una mínima de 0.01 mg/L, una máxima de 0.7 mg/L. A partir de los 232 días se mantuvo en 0 mg/L. Al saber lo riesgoso y dañino que es registrar en peceras estos elementos químicos, a pesar de que para la mayoría de los peces toleran 50 mg/L para amonio y 0.25 mg/L para nitritos (Wheaton, 1982; Margalef, 1983; Wetzel, 2001), los valores se mantuvieron en ceros por los cambios semanales del agua previamente tratada (una cuarta parte del volumen) y a la limpieza realizada, además de una constante revisión y monitoreo de los sistemas de filtración, por lo cual estos elementos no afectaron el desarrollo de los peces.

Por lo tanto, la causa probable de mortalidad que se presentó en la presente investigación, se debió a las siguientes razones. Primeramente por la captura y a los daños físicos ocasionados por el arte de captura, ya que como lo comenta Rubin (1985) los adultos y juveniles mueren más con cualquier manejo del pez si está fuera del agua, inicialmente por el cambio de interfase agua-aire-agua al que se somete el pez cuando se realiza la captura y al daño físico ocasionado por el propio arte de captura.

Otra causa de mortalidad se debió al estrés en el pez ocasionado por el traslado de su hábitat al laboratorio, ya que como lo mencionan Wedemeyer *et al.* (1990) es el resultado de cambios bióticos o abióticos de su normalidad, que evitan el control de los procesos fisiológicos de rutina de un pez y si éste es severo o duradero, sucesivamente los niveles de organización biológica pueden ser afectados, hasta ocasionar la muerte del individuo o el decline total en las poblaciones.

También se observó una gran cantidad de ectoparásitos en hembras y machos al momento de la captura y a los peces que llegaron muertos al laboratorio, al realizar la disección se observó también una gran cantidad de endoparásitos, situación documentada en Sánchez *et al.* (2001), Caspeta y Martínez (2002) y Pineda *et al.* (2002), donde mencionan la gran variedad de tipos de helmintos registrados para esta especie, que con cualquier tipo de estrés en el pez, alteran la fisiología del pez y pueden ser causa de mortalidad.

Por la experiencia de la presente investigación, la mortalidad en laboratorio y en peceras fue por la sensibilidad de *Girardinichthys*

*multiradiatus* a los cambios bruscos del agua que provocaron mortandad en la especie, por lo cual esta situación deberá de tenerse en cuenta para el mantenimiento de esta especie. Otra causa fue el manipuleo con las redes de acuario, ya que son peces que se estresan muy rápido y por lo tanto debe evitarse el manipuleo en exceso.

Scott (1987) menciona que *Girardinichthys viviparus* es un pez que suele ser muy delicado y sensible a la red y hay que manejarlos en envases de plástico, cuando se les realice los cambios del agua. Blanco (2000) menciona que *Characodon audax* otro goodeido, también es sensible a los cambios del agua y que nunca cambió más de un 10% del volumen del agua mensual, aunque sabe que hay aficionados que cambian un 50% semanalmente y no hay ningún daño para el organismo.

En este trabajo, sin embargo, los cambios de agua de *Girardinichthys multiradiatus* al principio fueron de un 50% del volumen del agua y esto ocasionaba algunas muertes por lo que se redujo el cambio del volumen a un 25% semanales.

Otra causa de mortalidad en laboratorio, fueron las bajas de temperaturas que en ciertos momentos se presentaron durante esta investigación, que ocasionó la presencia de saprolegniasis y estos peces enfermos a pesar de que fueron tratados en el laboratorio a base de sal, aumento de temperatura, cambios de agua y verde de malaquita, la gran mayoría se murieron al poco tiempo de detectar la enfermedad. La saprolegniasis aparece en acuarios con temperatura del agua inferior a la normal y el tratamiento se puede hacer elevando la temperatura y realizando un cambio parcial del agua (<http://aquatic.unizar.es/N1/art506/bioagres.htm>). Wedemeyer *et al.* (1990) mencionan que debido a que si las condiciones normales de tolerancia de un pez no se mantienen o conservan, se origina un agudo o crónico estrés, que aproximándose o excediendo los límites de tolerancia fisiológica individual del pez, produce una baja tolerancia a las enfermedades infecciosas.

Otro factor importante que se presentó para el mantenimiento fue su alimentación. La pulga de agua y la artemia viva o congelada es lo que más aceptaron, pero el alimento comercial seco, después de que

al inicio no lo querían consumir, con el paso del tiempo y alternándolo con el alimento vivo fue bien aceptado. Al inicio de la investigación se observó problemas para la aceptación del alimento, posible causa para que contribuyera a la mortalidad de la especie. La alimentación de *Girardinichthys multiradiatus* se llevó a cabo con la experiencia de Scott (1987) ya que menciona que la pulga de agua es el alimento conveniente para *Girardinichthys viviparus*, Feria (1988) alimentó a *Girardinichthys multiradiatus* con artemia y pulga de agua viva y Blanco (2000) menciona que *Characodon audax* es un pez que acepta bien el alimento seco, pero que prefiere el alimento vivo o congelado utilizando pulga de agua viva.

La alimentación y la nutrición en peces en general, juegan un papel muy importante, especialmente bajo condiciones de cautiverio donde el alimento natural no está disponible. Las fórmulas alimentarias deben estar fisiológicamente balanceadas y ser ricas en proteínas, carbohidratos y grasas, así como vitaminas y minerales para producir en un pez un óptimo crecimiento y principalmente una sana y buena reproducción. Deficiencias en algún o algunos de estos elementos puede verse reflejado en un bajo crecimiento, causar enfermedades e incluso la muerte (Shim y Shua, 1986).

La alimentación es fundamental en el proceso reproductivo, por lo que un aspecto primordial en la presente investigación, fue inducir la reproducción en cautiverio, proceso que se ve disminuido o nulo cuando un ser vivo es sacado de su ambiente, a pesar de mantener las condiciones óptimas de sobrevivencia. Para ello, se realizó primeramente un análisis a las hembras colectadas del embalse La Goleta.

Durante el mes de Abril, se registró que el 62% de las hembras se presentaron en estadio cinco y el 38% en estadio dos, (según la clasificación mencionada en material y método) es decir, en estado maduro, coincidiendo esta situación con *G. viviparus* (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986), aunque Terrón (1994) menciona que hembras en estadio cinco se manifiestan en todo el año.

También se observó que el 19% de ellas, presentaron gónadas con embriones en diferentes estadios de desarrollo, fenómeno llamado superfecundación. Terrón (1994) para *G. viviparus* menciona que las

hembras que presentaron superfetación se dieron en Abril y Julio y que es un fenómeno característico, que se observa en casi todo el año (excepto en Agosto, Octubre, Diciembre y Enero) lo que indica que una hembra puede inducir el desarrollo de sus huevos en diferentes momentos, consecuencia de la fertilización de óvulos en diferentes tiempos, siendo ésta una estrategia que optimiza la reproducción y supervivencia de crías. Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez (1986) por el contrario, reportan que no hay evidencias de almacenamiento de esperma en la especie, requisito indispensable para la superfetación, por lo que este fenómeno es ocasional, ya que además, sólo tres peces la presentaron representando un porcentaje bajo (como en este trabajo también lo es). Así mismo, citan que Turner en 1940 (citado en Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez, 1986) catalogó como ocasional el fenómeno de la superfetación a las especies pertenecientes a la familia Goodeidae: *Xenophorus erro*, *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Skiffia variegata* y *Neotoca bilineata*, y Mendoza (1962) (citado en Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez, 1986) lo consideran nulo en *Godea luitpoldi*, *Neophorus diaza* y *Alloophorus robustus*.

En este trabajo y para la especie *G. multiradiatus* también se debe de considerar a la superfetación como ocasional, sobre todo por las evidencias mostradas en el trabajo de estudio del ovario y gonoducto realizado por De la Rosa *et al.* (2003) en donde concluyen que en todos los goodeidos por ellos estudiados (*Ilydon whitei*, *Goodea atripinnis*, *Girardinichthys multiradiatus* *Chapalichthys encaustrus*) a pesar de presentarse una gran cantidad de espermatozoides en la luz del ovario en gestaciones tempranas, durante la gestación intermedia, estos espermatozoides se localizan en el gonoducto y rodeados por abundantes macrófagos y en gestaciones tardías no hay evidencia alguna de espermatozoides, por lo cual es de suponerse que se eliminaron en las etapas intermedias y por ende al no existir estos gametos, no podrían fecundar a diferentes tiempos los óvulos, y por lo tanto no se puede presentar la superfetación.

En el laboratorio se observó ampliamente el comportamiento reproductivo. Primeramente existe una fuerte agresividad entre los machos, Jiménez (1993) lo justifica para defender su territorio y definir jerarquías de dominancia y el cortejo observado en el laboratorio concuerda con lo mencionado por Macías-García (2003), aunque es

necesario señalar que son varios machos los que intervienen en la cópula.

Algo muy importante que debe señalarse, es que antes del nacimiento, se observan movimientos en el vientre provocados por las crías, situación también reportada por Valero (1998), por lo cual debe el investigador estar pendiente de ellos, para preparar los sistemas de maternidades, pues la madre se come a sus hijos, si estos no son retirados o aislados de ella.

Fueron seis los nacimientos que se presentaron en el laboratorio y de una misma hembra, el máximo de crías obtenido fue de 28 crías y un mínimo de seis crías prematuras y no viables. Comparando el número de crías/nacimiento en el laboratorio con los registrados del embalse La Goleta, éstos no fueron bajos, ya que el número máximo de crías que presentaron las hembras preñadas del embalse fue muy variado, desde un mínimo de una hasta de 35 crías. Estos valores coinciden con lo reportado en la bibliografía donde es común para familias vivíparas, camadas integradas por no más de 50 crías, llegando en ocasiones a estar formada por seis a 10 ejemplares, para *G. viviparus* en algunos casos pueden exceder de 100 crías, aunque no es lo común (Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez, 1986) y Blanco (2000) reporta que el número de crías en una hembra de *Characodon audax* pez de la misma familia es máximo de 35 (a diferencia de otros reportes que cifran un máximo de 10-12).

La hembra mas pequeña con embriones se presentó a los 3.26 cm con 14 embriones, por lo cual de acuerdo a estas observaciones se puede decir que las hembras maduran cuando alcanzan tallas de tres centímetros, como sucede en especies pequeñas vivíparas (Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez, 1986). En cambio, para *G. viviparus*, Terrón (1994) en el embalse La Goleta encontró una talla mínima de 2.2 cm y Cedillo (1997) reporta que la hembra mas pequeña se presentó a los 2.3 cm con nueve embriones, mientras que el número mayor de embriones fue de 87 en una hembra de 4.65 cm, por lo que se comprueba lo mencionado por Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez (1986), entre más grande sea la hembra, más crías nacerán, es decir, hay una clara relación entre el tamaño de las hembras y el número de embriones.

De los nacimientos obtenidos en laboratorio para el primero se registró un promedio de talla de 1.05 cm; para el segundo un promedio de 1.23 cm; tercer nacimiento un promedio de 0.004 ya que fue un nacimiento “prematureo” las crías estaban malformados (situación también registrada por Cedillo, 1997) y cuarto y quinto nacimientos con un promedio de 1.22 cm, resultando un promedio general de longitud al nacer de 1.18 cm siendo más pequeñas al nacer, comparándolas con las crías de *Characodon audax*, ya que presentan una longitud promedio de 1.5 cm (Blanco, 2000).

Como es observable, existió una relación inversamente proporcional entre el número de crías y su longitud, entre mayor es el número de crías, su longitud es menor y viceversa, ya que en el segundo nacimiento nueve crías totales nacieron con tamaños promedio de 1.23 cm.

Al realizar el seguimiento de vida de las crías, se observó que en todos los casos se registró un crecimiento de tipo alométrico, como se presenta en la tabla 9, que según Ricker (1975) los nacimientos uno, dos y cuatro aumentaron más en peso que en longitud, mientras que el último, le sucedió lo contrario, las crías aumentaron más en longitud que en peso. Esta situación está en relación con el número de días en los cuales se realizó el registro, ya que en los nacimientos uno, dos, cuatro son peces que ya no eran crías, pues después de 72 días de supervivencia ya son juveniles o estaban en la etapa de adultos y su tendencia es a engordar, por el contrario a los 18 días de nacidos, son crías entrando a la etapa juvenil y su tendencia es a crecer en longitud y el comportamiento descrito por Ricker (1975) se apega al tipo de crecimiento registrado.

**Tabla 9. Valores de las constantes obtenidas por el modelo de crecimiento exponencial en longitud y peso y la relación peso-longitud de crías nacidas en laboratorio.**

| NACIMIENTO | DÍAS | CRECIMIENTO |        | RELACIÓN            | W-L                           |
|------------|------|-------------|--------|---------------------|-------------------------------|
|            |      | PENDIENTE   |        | FACTOR DE CONDICIÓN | TIPO DE CRECIMIENTO PENDIENTE |
|            |      | L           | W      |                     |                               |
| 1          | 152  | 0.0036      | 0.0131 | 0.0092              | Alométrico<br>3.8702          |
| 2          | 365  | 0.0027      | 0.011  | 0.0076              | Alométrico<br>3.9928          |
| 4          | 72   | 0.0024      | 0.0168 | 0.0052              | Alométrico<br>6.822           |
| 5          | 18   | 0.0031      | 0.0106 | 0.0007              | Alométrico<br>2.7294          |

Los resultados del factor de condición según Ricker (1975) y provenientes del modelo de peso-longitud, determinaron que en el nacimiento uno se observó un “mejor bienestar fisiológico” que en los otros tres nacimientos, además de que fueron las que presentaron un mayor incremento en peso y en longitud, esta situación a lo mejor fue debida a que en este nacimiento, la hembra ya venía grávida del embalse La Goleta y por lo tanto las condiciones de alimentación normal y naturales de esta hembra, permitió una mejor condición de las crías, mientras que en los demás nacimientos, la misma hembra se mantuvo en laboratorio y por lo tanto el desarrollo de las crías y la alimentación de esta hembra fue muy diferente, de tal forma que se vio reflejado tanto en el crecimiento como en el factor de condición. Dicha situación se observa comparativamente en la tabla 9.

Finalmente es necesario hacer una recapitulación al trabajo y con referencia a las especies mexicanas, ya que México es considerado como un país megadiverso, gracias a la gran cantidad de especies que se encuentran en su territorio, lo cual se debe en buena parte a su ubicación geográfica y orografía, a su extensión territorial, costera y marina, que propician una gran diversidad de climas, tipo de suelos y por ende de hábitats. Además, debido a las características topográficas y fisiográficas del territorio, se presentan una serie de cuencas hidrológicas bien definidas, a cada una de las cuales se asocia un peculiar complejo ictiofaunístico y en las que existen más de 115 especies endémicas (Miller, 1986). Para el caso del río Balsas por

ejemplo, de las 21 especies ícticas registradas ocho son endémicas.

En este contexto, resalta el caso del sistema Lerma-Santiago, en el que de las 57 especies existentes 33 son endémicas y en su mayoría pertenecen a las familias Atherinidae y Goodeidae, esta última representada por especies vivíparas que son estrictamente mexicanas. Recientemente fue publicada la nueva Norma Oficial Mexicana en la que se enlista a las especies florísticas y faunísticas de acuerdo a su grado de amenaza (DOF 2002) y se reportan 12 goodeidos, ocho en peligro de extinción y cuatro amenazados (Contreras-Macbeath, 2002).

De las dos especies mexicanas del género *Girardinichthys*, *G. viviparus* es una especie que se encuentra en peligro de extinción (DOF, 2002), *G. multiradiatus* aún no está en esta norma, pero cabe señalar que en poco tiempo puede seguir el mismo camino de otras especies, si continúa en aumento la contaminación, fragmentación y desaparición de su hábitat (Wilson, 1992; Primack, 1993; Espinosa *et al.*, 1998; Díaz-Pardo y Soto-Galera, 2001).

Aunque algunos autores ya reportan a *Girardinichthys multiradiatus* en peligro de extinción y distribución disminuida como lo menciona el trabajo de Méndez-Sánchez *et al.* (2001) en la siguiente tabla 10:

**Tabla 10. Estado de conservación y endemismo de *Girardinichthys multiradiatus* y *Girardinichthys viviparus* del Edomex.**

| Familia: especie                     | Estado de conservación   | Endemismo (Miller y Smith, 1986) |
|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| Goodeidae                            |  |                                  |
| <i>Girardinichthys multiradiatus</i> | En peligro de extinción<br>Distribución disminuida (UICN) (Soto-Galera <i>et al.</i> , 1991 y Díaz-Pardo <i>et al.</i> , 1993) | Alto Lerma                       |
| <i>Girardinichthys viviparus</i>     | Amenazada (NOM) En peligro de extinción (UICN)   | Pánuco: Valle de México          |

Por su parte Lyons (2003) en la convención de la Asociación de Livebearer, de los Estados Unidos, presenta una lista de goodeidos, donde *Girardinichthys multiradiatus* se encuentra en la categoría de amenazado (<http://livebearers.org/ALAPublic/Default.htm>) y en el parque Nacional Lagunas de Zempoala, la presentan como una especie protegida, ya que está en un estatus de protección con relación a los Red Book (<http://chichinautzin.conanp.gob.mx/especies/mexcalpique.htm>; Contreras-Macbeath, 2002;).

Con base en todo lo anterior, se hace evidente que no se ha logrado integrar de manera eficiente todas las investigaciones con respecto a los peces dulceacuícolas, de tal forma que los aspectos relevantes para la conservación de la fauna endémica mexicana son escasos, por lo cual es de manera urgente, proponer y establecer un programa especial para la conservación de los ecosistemas acuáticos, ya que con él, se dará una protección de las especies no sólo de peces que habiten en dichos lugares, sino a toda la flora y fauna que lo habita y priorizando la investigación básica en su medio natural de las especies y contribuyendo en la medida de las posibilidades, a la preservación *ex situ* (Eguiarte y Piñero, 1990) de las mismas, como en esta investigación se propuso y también es urgente hacer un análisis de la legislación vigente para incorporar o actualizar normas y reglamentos y sobre todo insertar dentro de la Norma Oficial Mexicana a la especie *Girardinichthys multiradiatus* pez endémico de México.

## CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas entre las dos especies del género, para *G. viviparus* las aletas dorsal y anal, tiene menor número de elementos (22 y 25 respectivamente) mientras *G. multiradiatus* presenta 28 a 30 radios en la aleta dorsal y 29 a 31 en la anal.

La distribución general de *G. multiradiatus* es la cuenca del Lerma, y para *G. viviparus* lo es la cuenca del alto Pánuco, a pesar de ello, es probable colectar a *G. multiradiatus* en la cuenca del Pánuco, tal y como lo evidencia el presente trabajo del embalse La Goleta, Edomex.

De acuerdo al análisis morfométrico, se encontraron relaciones significativas en todas las variables consideradas en el presente trabajo para las hembras, sin embargo, con los machos no hay relación significativa entre las longitudes preanal, predorsal, base de la aleta dorsal, base de la aleta anal y el pedúnculo caudal con la longitud estándar.

A pesar de que en su hábitat natural *G. multiradiatus* vive a temperaturas frías 16 °C, para la aclimatación y mantenimiento en laboratorio deberá controlarse una temperatura de 21 a 24 °C, nunca menos de 19 °C, oxígeno disuelto en concentraciones mayores a 5 ppm y pH básico de 8 a 9.

*G. multiradiatus* es sensible a cambios en su entorno y por lo tanto susceptibles al estrés, por lo cual debe evitarse cambios bruscos de agua, de temperatura, daños con redes u otro arte de captura y principalmente, deberán de ser alimentados con alimento vivo, preferentemente pulga de agua y complementado con alimento comercial hojuelas.

Las hembras de *G. multiradiatus* maduran cuando registran tres centímetros de longitud, manifiestan cortejo sexual y una gran agresividad entre los machos por el territorio, dura aproximadamente 40 días la gestación, no se consideró como característica en la especie el proceso de la superfetación y se producen camadas de no más de 35 crías/hembras.

Las crías de *G. multiradiatus* presentan un crecimiento alométrico, nacen con una talla aproximada de 1.18 cm, entre mayor sea el número de éstas en el ovario de la madre son más pequeños y viceversa.

*G. multiradiatus* es una especie endémica que no está incluida dentro de la Norma Oficial Mexicana, a pesar de que en estados Unidos o en otros reportes la asignan bajo una categoría de amenaza o protección especial, por lo cual deberán de realizarse estudios con la especie de manera muy profunda e integral, ya que el uso de agua de su hábitat y su modificación o alteración por las actividades humanas, principalmente agrícolas, la ponen en peligro.

**LITERATURA CITADA**

- ÁLVAREZ DEL VILLAR, V. J., 1963. Ictiología mexicana III. Los peces de San Juanico y de Tocumbo, Michoacán. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. México*, 12(1-4): 111-130.
- ÁLVAREZ DEL VILLAR, J., 1970. *Peces Mexicanos (claves)*. Servicio Investigación Pesquera. Instituto Nacional de Biología Pesquera, México, 166 p.
- ANGULO, C. J. A., 1994. *Chironomidae (Insecta: Diptera) del embalse La Goleta y el estanque rural Flavio Cruz Edo. México, composición y variación temporal*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 79 p.
- ÁVILA, R. B. E., 2000. *Composición actual de la ictiofauna del lago de Xochimilco*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 72 p.
- BLANCO, L, 2000. *Characodon audax*. Miller & Smith, 1986. <http://www.geocities.com/ciclidos/articulos/audax.htm>.
- BOJÓRQUEZ, C. L., 1998. Modelos matemáticos en acuicultura. pp 159-227. En: Martínez, C. L. R. 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. AGT Editor, S. A., México, 227 p.
- CASPETA, M. J. M., y MARTÍNEZ, A. A., 2002. Helmintos parásitos de *G. multiradiatus* (Meek 1904) en la laguna de Tonatiahua Zempoala, Morelos. VIII Congreso Nacional de Ictiología. Puerto Ángel, Oaxaca. Noviembre 18 al 22 de 2002.
- CEDILLO, D. B. E., 1997. *Crecimiento, reproducción, supervivencia y ontogenia de G. viviparus Bleeker, 1860 (Goodeidae), en el embalse los Arcos, Estado de México*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 33 p.
- CETENAL, 1988. Carta Topográfica, 1:50 000 Tula Allende. Hidalgo. SSP, México.
- CONTRERAS-MacBEATH, T., 2002. Freshwater fish conservation in Mexico, with emphasis on viviparous species. II International Symposium on Livebearing Fishes, 19 al 23 de Marzo del 2002, Querétaro, Qro.

- DE LA LANZA, E. G., 1998. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. pp.1-26. En: Martínez, C. L. R. 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. AGT Editor, S. A., México, 226 p.
- DE LA LANZA, E. G. y S. HERNÁNDEZ P., 1998. Nutrientes y productividad primaria en sistemas acuícolas. pp. 67-76. En: Martínez, L. L. R. 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. AGT Editor, S. A., México, 226 p.
- DE LA ROSA, G., GARCÍA-ALARCÓN, A., GUERRERO, E. S. M., YAÑEZ, N., URBANO H., CAMPUZANO, J. C., AGUILAR, M. E., URIBE, M. DEL C., 2003. Relación de los espermatozoides con el óvulo y el gonoducto en cinco especies de teleósteos vivíparos. Curso Reproducción en Peces, Unidad Biomédica del Centro de Investigaciones Biológicas, Univ. Autón. Edo. Mor, 17 al 21 de noviembre del 2003, Cuernavaca, Mor.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2001. Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental –Especies de la flora y fauna silvestres de México-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- DÍAZ-PARDO, E. y S. ORTÍZ-JIMÉNEZ., 1986. Reproducción y ontogénesis de *Girardinichthys vivíparus* (Pisces Goodeidae). *Esc. Nac. Cienc. Biol.* México. 66 p.
- DÍAZ-PARDO, E. y E. SOTO-GALERA, 2001. Estado, uso y conservación de los peces nativos. Memorias del 5º Encuentro Nacional de Acuariofilia y Acuicultura de ornato, 24-26 pp.
- DOMÍNGUEZ, D. O., ESCALERA, V. L. H., CAPILLA, B. B., y CORNEJO., 2000. Manejo de la colección viva de goodeidos mexicanos de la U.M.S.N.H con fines de conservación. VII Congreso Nacional de Ictiología Palacio de minería México, D. F. del 21 al 24 de Noviembre de 2000.
- EGUIARTE, L. y D. PIÑERO, D., 1990. Genética de la conservación: Leones vemos, genes no sabemos. *Ciencias*, Num. Esp. 4: 34-47.
- ENCICLOPEDIA, Encarta., 2003. Consulta Microsoft.

- ESPINOSA, P. H., 1993. Riqueza y diversidad de peces. En: Flores, V. O. Y. A. Navarro (Comps.). 1993. *Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias*. Número especial (7): 77-84.
- ESPINOSA, P. H., FUENTES, M. P., GASPARD, D. M. T. y ARENAS, V., 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. pp. 227-247 En: Ramamoorthy, R., Bye, A. Lot, J. Fa. (comps.). 1998. *Diversidad Biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, 792 p.
- FERIA, C. Y., 1998. *Historias de vida del pez amarillo (Girardinichthys multiradiatus)*. Tesis Maestra en Ciencias (Ecología y Ciencias Ambientales) Facultad de Ciencias. División de Estudios de Posgrado, UNAM. México, 24 p.
- GARCÍA, J. S. M., 2001. *Diagnóstico ambiental de la comunidad de San José Deguedo, Estado de México. En busca de alternativas de aprovechamiento de los recursos naturales*. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México, 56 p.
- GARCÍA-TREJO, F., HURTADO, G. S. y GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J., 1999. Ecología trófica de *G. multiradiatus* (Goodeidae), un pez endémico de la Meseta Central de México, en la presa San Martín, Querétaro. XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Macología y Conquiliología del 9 al 12 de Noviembre de 1999. Tepic Nayarit, México.
- GARCÍA-TREJO, F., HURTADO, G. S. y GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J., 2001a. Influencia de los factores ambientales en la ecofisiología de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae). XVI Congreso Nacional de Zoología. Zacatecas del 28 de Octubre al 1 de Noviembre de 2001.
- GARCÍA-TREJO, F., HURTADO, G. S. y GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J., 2001b. Ecología poblacional de un pez vivíparo endémico de la parte alta de la cuenca del río Lerma, *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae). XVI Congreso Nacional de Zoología. Zacatecas del 28 de Octubre al 1 de Noviembre de 2001.
- GARCÍA-TREJO, F., G. S. y GUTIÉRREZ-YURRITA P. J., 2002. Ecología trófica y análisis bioenergético del mexclapique *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en la presa San Martín, Amealco,

Querétaro. VIII Congreso Nacional de Ictiología. Puerto Ángel, Oaxaca. Noviembre 18 al 22 de 2002.

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO, 2000. Secretaría de Ecología Información para la Gestión Ambiental. <http://www.edomexico.gob.mx/se/soyanidiag.htm>

GODÍNEZ, T. G. F., 2001. *Estudio de las condiciones ambientales que favorezcan el mantenimiento y reproducción del mexclapique *Girardinichthys viviparus* (Goodeidae), en condiciones de laboratorio*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 70 p.

GRANADO, L. C., 1996. *Ecología de peces*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla España, 353 p.

GUTIERREZ-YURRITA, P. J. y GARCÍA-TREJO, F., 2001. Análisis comparativo de tres métodos matemáticos para estimar la producción poblacional de crías de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae). XVI Congreso Nacional de Zoología. Zacatecas del 28 de Octubre al 1 de Noviembre de 2001.

HERNÁNDEZ, M. M. V., 1994. Estimación del crecimiento de la carpa común (*Cyprinus Carpio*. Linneo 1758) cultivada en canales con aguas residuales. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 39 p.

HURTADO, G. S., GARCÍA-TREJO, F. y GUTIERREZ-YURRITA, P. J., 1999. Aspectos de la ecología de poblaciones de del altiplano mexicano, *Girardinichthys multiradiatus* (Godeidae), en la presa San Martín, Querétaro. XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Macología y Conquiliología. del 9 al 12 de Noviembre de 1999. Tepic Nayarit, México.

JIMÉNEZ, A. G., 1993. *Efectos del sexo y la conducta social del pez *Girardinichthys multiradiatus* en la frecuencia de respuestas de depredatorias evocadas en la culebra semiacuática *Thamnophis melanogaster**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, 64 p.

LAGLER, K. F., 1984. *Ictiología*. AGT Editor. México. 489 p.

- MACÍAS-GARCÍA, C., 2003. Comportamiento reproductivo en peces. Curso Reproducción en Peces, Unidad Biomédica del Centro de Investigaciones Biológicas, Univ. Autón. Edo. Mor, 17 al 21 de noviembre del 2003, Cuernavaca, Mor.
- MARGALEF, R., 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona, 951 p.
- MÉNDEZ-SANCHEZ, J. F., SOTO, G. E. MAYA, J. P., HERNÁNDEZ, H. M. A., 2001. Ictiofauna del Estado de México. <http://ergosum.uaemex.mx/marzo02/Mendez.html>
- MILLER, R. R., 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* IPN, México. 30: 121-153
- OJENDIS, G. V., 1985. *Contribución al conocimiento de la biología del mexclapique *Girardinichthys viviparus*; con algunos aspectos ecológicos de la parte norte del ex-Lago de Texcoco*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 55 p.
- PINEDA, R., G. SALGADO Y N. HERNÁNDEZ., 2002. Exotic parasites: Are they a menace to goodeid fish conservation in Lerma and Panuco Basins? II International Symposium on Livebearing Fishes, 19 al 23 de Marzo del 2002, Querétaro, Qro.
- POTTHOFF, T., 1984. Clearing and staining techniques. En: H. G. Moser, W.J. Richards, D. M. Cohen, H. P. Fahay, A.W. Kendall, Jr., S.L. Richardson. *Ontogeny and systematics of fishes. Special Publication Number 1 American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 35-37p.
- PRIMACK, R. B., 1993. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Mass. USA, 560 p.
- RICKER, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Service, *Bulletin Fish.* 191, 382 p.
- RUBIN, R. R. 1985. *Manual práctico de piscicultura rural*. 3ª ed., CECSA, México, 199 p.
- SALAZAR, M. R., 1981. *Contribución al conocimiento de la biología de *Girardinichthys innominatus* Bleeker, 1860 (Pisces: Goodeide) en*

- el embalse "Requena" Estado de Hidalgo*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 43 p.
- SÁNCHEZ, N. P., JAIMES, C. B., y SALGADO, M. G., 2001. Helminthos parásitos de *Girardinithys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae) en la subcuenca alta del Lerma. XVI Congreso Nacional de Zoología. Zacatecas del 28 de Octubre al 1 de Noviembre de 2001.
- SCOTT, P. W., 1987. *An interpet guide to livebearing fishes. A splendid introduction to the care and breeding of a wide range of these fascinating fishes*. Salamander Books Limited, London, United Kingdom, 117 p.
- SERVA, R., 2001. [http://www.arktos-online.com/gaas/ttopics/2001/girardinichthys\\_viviparus.htm](http://www.arktos-online.com/gaas/ttopics/2001/girardinichthys_viviparus.htm)Breeding the Sailfin Goodeid *Girardinichthys viviparus*
- SHIM, K. F. and L. SHUA, 1986. Some studies on the protein requirement of the guppy (*Poecilia reticulata*). *J. Aquaculture & Acuatic Sci.* 4: 79-84.
- TERRÓN, R. A., 1994. *Estudio biológico de Girardinichthys viviparus (Pisces: Goodeidae) en el embalse "La Goleta" estado de México*. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México, 55 p.
- TORRES-OROZCO, R. B., 1981. *Los peces de México*. AGT Editor, S.A. 235 p.
- VALERO, M. A., 1998. *Acoso sexual y competencia entre hembras del pez amarillo, Girardinichthys multiradiatus (Pises: Goodeidae)*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 71 p.
- WARDLEY Co., 1992. *Manual del acuario*. Wardley Corporation, USA, 15 p.
- WEDEMEYER, G. A., B. A. BARTON AND D. J. MCLEAY., 1990. Stress and acclimation. pp. 451-490. En: Schreck, C. B. and P. B. Moyle, editors. *Methods for fish biology*. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA, 684 p.
- WETZEL, R. G. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. 3<sup>a</sup> ed., Academia Press, USA, 1000 p.

WHEATON, F. W., 1982. *Acuacultura*. AGT Editor, México, 704 p.

WILSON, K. S., 1992. *The biological biodiversity*. Harvard University Press, Massachusetts, pp. 243-281.

<http://chichinautzin.conanp.gob.mx/especies/mexcalpique.htm>

<http://www.zierfisch-ratgeber.de/art119.html>

<http://www.petsforum-com/cichlidroom/articles/a042-eshtml>

<http://aquatic.unizar.es/N1/art506/bioagres.htm>

(<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/viviparus/viviparus.html>).

(<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/multiradiatus/multiradiatus/html>)

<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/multiradiatus/fundortegirardinichthysmultira/fundortegirardinichthysmultira.html>)

<http://www.guenter-ellenberg.de/Goodeiden/Girardinichthys/multiradiatus/multiradiatus.html>

<http://livebearers.org/ALAPublic/Default.htm>