



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

**Edad y crecimiento de *Girardinichthys viviparus* en
el lago urbano de la Alameda Oriente, D.F.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO**

PRESENTA

MONTESINO GONZÁLEZ LUISA

DIRECTOR: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



MEXICO, D.F.

SEPTIEMBRE 2013

AGRADECIMIENTOS

A LA FES ZARAGOZA UNAM QUE ME DIO LA OPORTUNIDAD DE INICIAR Y TERMINAR MIS ESTUDIOS DENTRO DE ELLA, ASÍ COMO REALIZARME COMO PROFESIONAL EN LA CARRERA DE BIOLOGÍA.

A MIS PROFESORES EL DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ Y LA DRA. BERTA PEÑA MENDOZA POR SUS CONOCIMIENTOS, PACIENCIA Y TOLERANCIA EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LOS SINODALES JOSÉ LUIS GUZMÁN SANTIAGO, ERNESTO MENDOZA VALLEJO E ISAÍAS H. SALGADO UGARTE POR SUS APORTACIONES EN ESTE TRABAJO, YA QUE SIN ELLOS NO HUBIERA PODIDO CONCLUIRLA.

A TODOS AQUELLOS PROFESORES CON LOS QUE CURSE LA CARRERA Y TUVE LA OPORTUNIDAD DE CONOCERLOS Y APRENDER MUCHAS COSAS QUE SOLO LA EXPERIENCIA TE ENSEÑA.

A TODOS AQUELLOS COMPAÑEROS DE LA CARRERA QUE ME ENSEÑARON COSAS QUE DESCONOCÍA Y ME BRINDARON SU COMPAÑÍA ASÍ COMO PARTE DE SUS EXPERIENCIAS.

DEDICATORIA

A MIS PADRES POR SU APOYO INCONDICIONAL COMO SU AMOR. QUE ME ACOMPAÑARON EN ESTE LARGO CAMINO DE MI VIDA PARA REALIZARME TANTO PROFESIONAL COMO PERSONALMENTE, YA QUE SIN ELLOS NO HUBIERA PODIDO CONCLUIR LA CARRERA. SE LOS AGRADEZCO CON TODO MI CORAZÓN Y LOS QUIERO MUCHO.

A MIS HERMANOS, QUE ME ALENTARON A DESARROLLARME PROFESIONALMENTE Y ME APOYARON PARA CONSEGUIRLO.

A MIS AMIGAS CON QUIENES COMPARTÍ BELLOS MOMENTOS, ASÍ COMO TAMBIÉN APRENDÍ DE ELLAS: VERO, CAROLINA, ANA, LUZ, INGRID. ESPECIALMENTE A NATHALY Y PAULINA, QUIENES ME ACOMPAÑARON CUANDO REALICE ESTE TRABAJO Y ME DIERON CONSEJOS Y TODO SU APOYO.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE FORMAN PARTE DE MI VIDA Y QUE ME BRINDARON SU MANO, EN CUANTO MÁS LO NECESITABA, ASÍ COMO SU CARIÑO Y PROTECCIÓN.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	7
JUSTIFICACIÓN	11
TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	12
ÁREA DE ESTUDIO	14
OBJETIVOS	17
MATERIAL Y MÉTODOS	18
Fase de campo	18
Fase de laboratorio	19
Fase de gabinete	20
RESULTADOS	24
Parámetros Físicos y químicos	24
Biometría de la especie	27
Proporción por sexos	27
Relaciones Biométricas.....	28
Longitud Total-Longitud Patrón.....	28
Factor de Condición de Fulton	29
Relación Peso Total-Longitud Patrón	30
Distribución por tallas	33
Análisis de frecuencia de tallas	34
Edad y crecimiento	36
Determinación de la edad a partir del análisis de escamas.....	36
Crecimiento en Longitud y Peso.....	38
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ÍNDICE DE FIGURAS	73
ÍNDICE DE TABLAS	75

RESUMEN

Dentro del lago Alameda Oriente solo se han realizado estudios de calidad de agua, y solo se tienen pocos registros en cuanto a la fauna del lago. Por lo que el presente estudio se enfocó en el estudio de la población de *Girardinichthys viviparus*.

El presente trabajo se llevó a cabo dentro de la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente con muestreos mensuales dentro de un periodo anual de Septiembre de 2009 a Agosto de 2010, dentro del cual se determinaron parámetros físicos y químicos mensuales de la calidad del agua, así como el estudio de *Girardinichthys viviparus*.

Las características físicas y químicas que presentó el lago fueron: una temperatura de 16.0 a 25.0 °C, pH de 9.2 a 10.5 clasificándolo como un lago alcalino, oxígeno disuelto de 1.2 a 14.5 mg/l, conductividad de 1526.5 a 2233.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos totales disueltos de 794.5 a 1169 ppm, alcalinidad de 79 a 1241 mg/l y un dureza total de 160 a 206 mg/l clasificando al sistema como un lago de aguas duras.

En la presente investigación se determinaron la distribución, edad y crecimiento de *G. viviparus*. Se capturó un total de 937 organismos de los cuales 490 fueron hembras, 378 machos y 69 indeterminados.

La distribución de frecuencias de tallas determinó que las hembras son superiores a los machos en cuanto a talla y presencia de estas en la esclusa con una proporción de machos por hembras de 1:1.29.

La relación peso-longitud para las hembras indicó que tienen un crecimiento alométrico positivo con tendencia a la isometría ($b=3.007$, $t\text{-Student}=1.96$; $p>0.05$), determinando así que ellas presentan una mejor condición durante la época reproductiva al mantener estas los embriones dentro de la gónada, lo que va a originar que ellas sean más pesadas en relación a su longitud. Mientras que los machos presentan un crecimiento alométrico negativo con tendencia a la isometría ($b=2.98$, $t\text{-Student}=1.96$; $p>0.05$) con una mejor condición durante casi todo el muestreo.

La mayor longitud la presentó una hembra 55 mm y la menor un individuo al cual no se le pudo determinar su sexo con una longitud de 13 mm. La mayor abundancia de esta especie se reportó en el mes de noviembre y la menor en el mes de junio. De acuerdo con el ANDECOVA entre la longitud y el peso existen diferencias significativas entre sexos ($F=83.44$; $p>0.05$) por lo que se decidió trabajar por separado cada uno. El análisis de frecuencia de tallas por el método de Powell-Wetherall indicó una $L_{\infty}=55.73$ mm para las hembras y una $L_{\infty}=36.53$ mm para los machos. La determinación de la edad se realizó a través del método directo de escamas; se determinaron 10 clases de edades para las hembras y 5 para los machos. Los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy que se obtuvieron fueron $L_{\infty}=59.4$ mm, $K=0.2769/\text{año}$ y $t_0=-0.6651$ para las hembras y $L_{\infty}=41.69$ mm, $K=0.5085/\text{año}$ y $t_0=-0.5421$ para los machos. Por medio del método no lineal, los valores de las constantes de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy a través del paquete Stata, se obtuvo una $L_{\infty}=66.32$ mm, $K=0.2309/\text{año}$ y $t_0=-0.7333$ para las hembras y una $L_{\infty}=54.07$, $K=0.3189/\text{año}$ y $t_0=-0.6570$ para los machos. La ecuación de crecimiento en peso indicó un $P_{\infty}=6.47$ g para las hembras y un $P_{\infty}=1.87$ g para los machos. Se aplicó la prueba de T^2 de Hotelling, la cual indicó que las diferencias de crecimiento existentes entre sexos se debieron al valor de L_{∞} .

INTRODUCCIÓN

Los lagos mexicanos, por su naturaleza tropical-subtropical, representan una fuente valiosa de información y en ellos abundan los temas de interés para los investigadores. La fauna presente en estos ecosistemas es rica en especies endémicas, algunas de ellas únicas en el mundo y que conforman una riqueza científica nacional, que no está bien estudiada y que es menester preservar, dadas las condiciones de deterioro ambiental a que están sujetas (Flores, 1991).

En México existen una gran cantidad de cuerpos de agua epicontinentales, cuya superficie ha sido estimada en 1.3 millones de hectáreas, que incluyen lagos, lagunas, presas y pequeños ecosistemas acuáticos de distinto origen (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992).

El estudio de los aspectos que influyen en el crecimiento de los peces cultivados se ha realizado de manera fragmentada y solo existen trabajos que tratan los aspectos físicos y químicos y su relación con el crecimiento de los peces, incluyen el mejor de los casos, un listado de los grupos zoológicos presentes en el sistema, que pueden ser alimento para los peces (Elías-Fernández y Navarrete-Salgado, 1998).

A pesar de su importancia biológica y económica muchos cuerpos de agua interiores y principalmente en las zonas urbanas, no han sido objeto de estudios limnológicos detallados, además de que estos ecosistemas acuáticos han sido modificados por el aporte constante de nutrimentos (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Martínez-Arroyo y Jáuregui, 2000; Schueler y Simpson, 2003).

Los lagos urbanos son ambientes acuáticos muy importantes para las grandes ciudades, ya que representan lugares significativos de recreación para sus habitantes. En ellos se pueden hacer estudios a escala sobre la dinámica de otros cuerpos de agua de mayor tamaño (Labounty, 1995; Elías-Fernández *et al.*, 2006). Birch y Mc. Caskie (1999) mencionan que los lagos urbanos son muy diferentes a los lagos naturales: son someros, artificiales y frecuentemente son hipertróficos y la gente de la ciudad está en mayor contacto con ellos que con los rurales y los lagos naturales; además el conocimiento que se tiene de ellos desde el punto de vista ecológico y de manejo es muy pobre.

Actualmente son los cuerpos de agua que un mayor número de personas visita, conoce, utiliza y estos lagos se definen considerando su tamaño (superficie menor a 2.6 km²), profundidad (promedio de 6 m o menos), origen del agua (residual), tipo de cuenca de depósitos y usos: recreativo, abastecimiento de agua, contenedores de lluvia o cualquier otro relacionado con actividades antropogénicas (Schueler y Simpson, 2003; Oliva *et al.*, 2008).

Estos sistemas, presentan características particulares, dependiendo de la calidad del agua con la cual es llenado. En la ciudad de México la carencia y problemática de este recurso, ha propiciado que los lagos urbanos sean llenados con agua tratada y por lo mismo, propician condiciones ecológicas especiales que permiten el desarrollo de algunas especies.

En los lagos urbanos se encuentran elementos naturales e inducidos que propician el surgimiento de hábitats en medio de la ciudad, para las especies que se logren adaptar, sean acuáticas, terrestres, migratorias o residentes (Elías-Fernández *et al.*, 2006).

México cuenta con cerca del 10% de todos los organismos de la Tierra (Rzedowski 1991, Mittermeier y Mittermeier 1992). Su riqueza biológica radica en su diversidad, y en el elevado número de especies endémicas del país (Mittermeier y Mittermeier 1992, Ceballos 1993).

La ictiofauna presente en la República Mexicana es rica por la gran diversidad de hábitats y por tener dentro de su territorio especies de la zona neártica y neotropical. Dentro de la ictiofauna mexicana se encuentran las familias Cyprinidae, Atherinopsidae, Goodeidae, Poeciliidae (Navarrete-Salgado *et al.*, 2007).

Las comunidades de peces son particularmente efectivos como indicadores biológicos. Son el mejor estudio y comportamiento de la fauna acuática y actúan en una gran variedad de funciones ecológicas dentro del ecosistema (Karr, 1981; Fausch *et al.*, 1990, citados en Lyons *et al.*, 2000).

El estudio de la fauna ictiológica no sólo es necesario, sino indispensable, debido a que conforma un grupo de gran importancia, tanto en el aspecto económico del cual se obtiene alimento, recreación, ornato y recursos económicos, como en el aspecto ecológico, por la importancia del papel que juegan en los ecosistemas acuáticos. Esto obliga a desarrollar programas de conservación, a través de estudios que den a conocer su situación real, debido a las crecientes condiciones de deterioro y modificación ambiental, que sufre su hábitat y que ponen en peligro su supervivencia, por el incremento de la contaminación, la desecación de los cuerpos de agua, la introducción de especies exóticas y la sobrepesca, entre otras causas (Guzmán, 1990; citado en Guzmán y Lyons, 2003).

Los peces constituyen el grupo más numeroso de los vertebrados, los cuales representan más de la mitad de estos en el mundo (Lagler *et al.*, 1997). México posee 2,122 especies (Espinosa *et al.*, 1993), representando 12.5 % aproximadamente del total de especies actuales (De La Lanza *et al.*, 2000). Son considerados como vertebrados acuáticos con sistema respiratorio branquial, extremidades en forma de aletas y una gran diversidad de formas, tamaño, color, funciones ecológicas, historias de vida, especializaciones, entre otras (Lagler *et al.*, 1997). Latitudinalmente habitan en cualquier tipo de ambiente acuático tanto continental como marino; en altitudes de hasta 5200 msnm, así como en cuevas, en regiones húmedas o desérticas. Toleran amplios intervalos de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto (Nelson, 1994) y algunas especies son tolerantes o intolerantes a la presencia de contaminantes en el agua (De La Lanza *et al.*, 2000).

Para los peces como sucede con todos los animales, es indispensable una nutrición adecuada para poder crecer y sobrevivir. Algunos peces se alimentan exclusivamente de plantas, otros de animales solamente, mientras que existe un tercer grupo que se alimenta de las dos fuentes (Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros, 2006).

En la Meseta Central de México existen sistemas hidrológicos tanto naturales como artificiales que sustentan gran cantidad y diversidad de especies acuáticas que en muchos de los casos son endémicas; lo cual, incrementa el interés de realizar estudios detallados acerca de estos organismos (Navarrete *et al.*, 2005). Tal es el caso de la familia Goodeidae cuyas especies de peces son denominadas de diferente forma según la región donde se localizan (tiros, chehuas, choromes, sardinitas, mexclapiques, doradillas, entre otros) (Torres-Orozco, 1991; Navarrete-Salgado *et al.*, 2007).

La familia Goodeidae en México está representada por aproximadamente 42 especies de peces vivíparos (Paulo-Maya y Trujillo-Jiménez 2000), agrupa peces dulceacuícolas, exclusivamente mexicanos, caracterizados por presentar marcado dimorfismo sexual, cortejo prenupcial y viviparidad, fenómenos que conllevan una serie de adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas propias del grupo (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986).

Esta familia es la más rica en endemismos, con 36 especies que representan el 32% de las especies endémicas de la Mesa Central de México. Este sitio se ha caracterizado por una gran explotación de recursos naturales, situación que ha sido favorecida por los grandes asentamientos urbanos, constituyendo a esta región en una de las más densamente pobladas de la República Mexicana y también la más contaminada por actividades agrícolas, pecuarias e industriales de gran importancia económica. Todo esto ha contribuido a que los cuerpos de agua de las cuencas del Lerma-Chapala-Santiago, Balsas, figuren como los más contaminados del país (Vázquez-Gutiérrez, 1993), lo que ha provocado la desaparición de la fauna y flora de sus aguas en algunas de sus porciones (Miller *et al.*, 1989; Díaz-Pardo *et al.*, 1993; Soto-Galera *et al.*, 1999; López-López y Paulo-Maya, 2001; De la Vega-Salazaret *al.*, 2003) y donde se distribuyen más del 75% de las especies de Goodeidae, taxones, que además presentan características fisiológicas que posiblemente pueden poner en peligro su supervivencia por bioacumulación de contaminantes (De la Vega-Salazaret *al.* 1997).

Soto-Galera y Paulo-Maya (1995) mencionan que la distribución actual de los goodeidos dista mucho de ser natural, ya que las modificaciones del hábitat, ocasionadas por la construcción de obras hidráulicas y la contaminación urbana, agrícola e industrial, en prácticamente todas las cuencas donde se distribuye esta familia, se refleja en la restricción de la distribución de la mayoría de estas especies.

Girardinichthys viviparus (Bustamante, 1837) es un goodeido amenazado con distribución extremadamente reducida, solo se conocen unas pocas localidades cerca del Distrito Federal donde actualmente vive (Navarrete-Salgado *et al.*, 2004; Vega-López *et al.*, 2007). Las poblaciones de esta especie han sido reducidas cerca del 80% en los últimos 10 años (Contreras-Balderas y Almada-Villeda, 1996) y se encuentra en extinción en algunas de las partes más perturbadas de su hábitat natural (Navarrete-Salgado *et al.*, 2004). Efectos antropogénicos han alterado y contaminado su ambiente natural (Legorreta, 2005; Romero, 2005; Ramírez y González, 2006; Vega-López *et al.*, 2006), como la explotación del agua urbana, la agricultura y las necesidades industriales (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986; Vega-López *et al.*, 2007; Miranda *et al.*, 2008).

Este especie se encuentra en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010) y se reporta en el lago Texcoco (Vega-López *et al.*, 2008), escasamente en el lago Chapultepec y Xochimilco y ausente en el lago de Zumpango (Sedeño-Díaz y López-López, 2009). Asimismo, el crecimiento de los organismos ha sido y es en la actualidad uno de los temas de investigación más importantes e interesantes que han ocupado gran parte del quehacer de numerosos científicos en distintas disciplinas de las Ciencias Biológicas (Gallardo-Cabello, 1985).

Existen varias definiciones respecto al crecimiento de un organismo y todas están enfocadas hacia la construcción de tejido corporal (mediante la asimilación de alimento), lo que se traduce en aumento en talla, así como en biomasa. Una definición más exacta es la citada por Royce (1972) que dice “el crecimiento es la adición de material el cual es organizado totalmente dentro del organismo”.

El crecimiento de cualquier animal está acompañado e influenciado por muchos factores incluyendo los eventos endógenos (el desarrollo del embrión, la maduración y la senilidad) y los cambios exógenos en su ambiente. Muchos de estos factores operan independientemente y algunos influyen el cambio en tamaño de todo el animal, otros en la forma del mismo. Entre los factores más comunes se encuentran la cantidad y calidad del alimento disponible, el número de peces usando la misma fuente de alimento; la temperatura, el oxígeno y otros factores de calidad del agua; el tamaño, edad y madurez sexual del pez (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Saber cuál es la edad de cualquier organismo y en especial de los peces, tiene un gran interés al permitir abordar estudios sobre crecimiento, dinámica de poblaciones, manejo y gestión de pesquerías (Bagenal, 1973; citado en Granado, 2002).

Los principales métodos empleados en la determinación de la edad de los peces son: el recuento de las marcas de crecimiento en los tejidos calcificados (escamas, otolitos, vértebras y radios), el análisis de frecuencia de tallas, el marcaje y la recaptura (Sánchez y Ponce, 1996).

Los tejidos calcificados de los peces presentan, en torno a un núcleo central formado durante las primeras fases del desarrollo, una serie consecutiva de anillos correspondientes a periodos de crecimiento del organismo (Sánchez y Ponce, 1996).

Existen dos métodos para obtener la edad de los organismos:

1. Directos:
 - a. La liberación y recuperación de peces marcados.
 - b. Colocación de peces de edad y tamaño conocidos en cuerpos de agua experimentales.
 - c. Interpretación y conteo de capas anuales depositadas en estructuras duras:
 - i. Escamas
 - ii. Otolitos
 - iii. Opérculos y otros huesos.

2. Indirectos, los cuales se basan en la distribución de frecuencias de tallas de una población de peces (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Por lo tanto, el crecimiento se expresa fundamentalmente, como la variación de una dimensión cualquiera del individuo o de la población, en función del tiempo. Dicha función corresponde a una curva asintótica, que corresponde a dimensiones medidas en tiempos sucesivos sobre una muestra de la población y es por eso que la curva de crecimiento es una característica del individuo y lo es de la población (Guzmán-Arroyo *et al.*, 1979).

ANTECEDENTES

Los estudios acerca de la familia Goodeidae están enfocados principalmente a sistemática y taxonomía; tal es el caso de Girardi (1859); Jordan y Everman (1896-1900); Meek (1902) y en 1904 maneja distribución; Regan (1906-1908); Eiggenmann (1909); Turner (1933), Hubbs y Turner (1939) manejan reproducción; De Buen (1942); Álvarez (1950 y 1970); Miller y Fitzsimons (1971) (citados en Cedillo, 1997).

El primer reporte que se tiene acerca del mexclapique data de 1651, cuando aparece la publicación del Dr. Hernández “*Nova, plantarum, animalium et mineralium Mexicanorum historia*” en el cual menciona la existencia, en el Lago de Texcoco, de un pequeño pez llamado por los lugareños “Yecapitzahuac” o “Iztacmichin” el cual al igual que otros productos era consumido por los pobladores nativos (Ojendis, 1985).

Girardinichthys innominatus fue descrita por primera vez por Miguel de Bustamante, (1837) citado por Álvarez del Villar, 1949; como *Cyprinus viviparus*. La misma forma fue descrita por Bleeker, (1860: 484) citado por Hubbs y Turner, 1939; como *Girardinichthys innominatus*. Así se conoció durante un siglo y fue citada de esa forma en trabajos de Meek (1902), Hubbs y Turner (1939), De Buen (1939), etc.; posteriormente en 1957 Álvarez saca a la luz el trabajo de Bustamante y cita la especie como *Girardinichthys viviparus* (Bustamante), (Salazar, 1981).

Álvarez del Villar, (1959, 1963), ictiólogo mexicano colaboró en el conocimiento científico de los goodeidos aportando la descripción de varias especies (Terrón, 1994).

Romero (1965), trabajó con “Los peces del Alto Lerma”, que se caracteriza por ser un trabajo taxonómico de ictiología, donde se conoce a nivel específico la ictiofauna de dicha región, así como la distribución y variación de las especies allí existentes, enfocado únicamente a las representativas de fauna autóctona, no así a las introducidas por el hombre.

En 1989 Bureli hace una comparación entre *Girardinichthys viviparus* y *Poecilia reticulata* en relación a características morfológicas y abundancia en los canales de Xochimilco. Godínez (1989) retoma aspectos de madurez gonádica de *Girardinichthys viviparus* y *Xenotoca variata*.

Salazar (1981) contribuyó con el conocimiento de la Biología de *Girardinichthys innominatus* Bleeker, 1860 (citado por Hubbs y Turner, 1939) en los aspectos de edad y crecimiento, mortalidad, supervivencia y fecundidad relativa, discutiendo sobre las condiciones ambientales en que se desarrolla. Dentro de sus estudios determinó que las mejores condiciones para el desarrollo de esta especie se dan en los meses de mayo, julio y agosto. Así como también se encuentra en mucha mayor abundancia a temperaturas de entre 14-27 °C, oxígeno disuelto que va de 4.5-15 mg/l y aguas someras de 0.25-12 cm medianamente turbias. El crecimiento que presentó la especie fue alométrico, marcando diferencias de crecimiento en longitud y peso entre machos y hembras. La proporción de

sexos encontrada en los muestreos fue de 3.6 hembras por 1 macho y una mortalidad baja debida a la poca explotación de la misma mostrando una supervivencia alta.

Ojendis (1985) contribuyó al conocimiento de la biología del mexcalpique (*Girardinichthys viviparus*), con algunos aspectos ecológicos de la parte norte del ex-Lago de Texcoco en un tanque de evaporación solar denominado “El Caracol”; 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. Observó la presencia de una gran cantidad de materia orgánica y un alto grado de salinidad, destacando que dentro de los hábitos alimenticios del Mexcalpique se encontraron: Ciclopoideos, Algas (*Spirulina*) y Larvas de Chironomidos. Observó una proporción de sexos de 68.24% de hembras y un 31.76 % de machos, con una fecundidad promedio de 50, además de cuatro clases de edad.

Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) establecieron cinco estadios de desarrollo ovárico a partir del análisis de 128 hembras y 1033 embriones; una relación directa entre el tamaño de la madre y número de crías (27 en promedio); así como seis estadios del desarrollo embrionario basados en el desarrollo de las aletas, pigmentación, ojos, boca, algunos órganos internos y el número de somitas. Además de un ciclo reproductivo múltiple dentro del cual se estableció que las crías nacen de manera continua entre marzo y octubre. Y describen en forma somera los eventos del comportamiento prenupcial de *Girardinichthys viviparus*.

De la Luz (1990) evaluó la dinámica poblacional de *G. viviparus* en el Lago “Nabor Carrillo” Texcoco, enfocándose en el comportamiento de la abundancia de la especie en relación con los parámetros físicos y químicos. Registró un crecimiento alométrico, en el cual las hembras presentaron un mejor estado de bienestar que los machos y 6 clases de edad para las hembras y 4 para los machos.

Flores (1991) contribuyó con el conocimiento de la ictiofauna de tres lagos de Chapultepec donde *Girardinichthys viviparus* fue una de las especies presentes en estos lagos. Determinó que estos lagos son eutróficos con una elevada concentración de nutrimentos (N y P), aguas alcalinas, suaves a moderadamente duras, con un pH elevado y altas concentraciones de sólidos suspendidos. Observó que dentro de esta especie predominaban las hembras con respecto a los machos. Además de determinar un crecimiento isométrico y cinco clases de edad para hembras y cuatro para machos, así como cinco estadios de madurez gonádica y una temporada de reproducción larga (abril a septiembre). Obtuvo que la dieta principal estaba constituida por crustáceos planctónicos (41.7%) e insectos (14.6%) y con los parámetros fisicoquímicos analizados determinó que la temperatura y el oxígeno mostraban un comportamiento similar con la abundancia de *G. viviparus*.

Terrón (1994) realizó un estudio biológico de *G. viviparus* en el embalse “La Goleta” Estado de México, donde observó una abundancia máxima en el mes de Abril de 30 organismos/500 m² y una biomasa de 170 g/500 m² en el mes de Febrero. Un tipo de crecimiento alométrico con una relación Fecundidad-Longitud máxima de 39 embriones/hembra/año y la mínima de 15 embriones/hembra/año. La proporción sexual mostró un predominio de hembras sobre los machos durante todo el año. Dentro de la dieta

que mostró *G. viviparus* demostró ser un consumidor de tipo primario con preferencia por el alga *Fragilaria*.

Cedillo (1997) hizo un estudio sobre crecimiento, reproducción, supervivencia y ontogenia de *G. viviparus* en el embalse de Los Arcos, estado de México. Dentro de este estudio se determinaron cuatro clases de edad a lo largo del año. Un crecimiento de tipo alométrico con una época reproductiva de primavera a otoño. La talla mínima de reproducción que presentó la especie fue en primavera a los 2.305 cm. en hembras y talla de 1.70 cm. en otoño para machos. Así mismo se determinaron seis estadios embrionarios, como también cinco estadios de madurez gonádica.

Godínez (2001) realizó un estudio de las condiciones ambientales que favorecieron el mantenimiento y reproducción de *Girardinichthys viviparus* en el laboratorio. Se mantuvo la calidad del agua de los acuarios con un volumen de 31.65 L, temperatura de 24.54°C, oxígeno disuelto en el agua de 6.48 mg/L, conductividad de 904.93µS, pH 8.47, amonio 0.05 mg/L NH₄, nitratos 11.48 mg/L NO₃ y nitritos con 0.06 mg/L. Cada pecera contuvo de 15 a 20 peces en una proporción sexual de 3 hembras por cada macho con registros diarios del comportamiento sexual, además se determinó que el alimento básico de *G. viviparus* fue la pulga de agua (1.25 g/día) y el complemento básico ideal el cubo de vegetales (3.5 g/semana). Se logró una reproducción en cautiverio y con las crías obtenidas una relación longitud-peso alométrica.

Navarrete-Salgado *et al* (2004), llevaron a cabo un estudio en los lagos de Chapultepec, Zumpango y Requena, para determinar la situación de *G. viviparus* dentro de estos sistemas de agua. Indicaron la presencia de esta especie dentro del lago de Chapultepec, con mayor abundancia dentro del Lago Viejo y menor abundancia en el Lago Menor y Lago Mayor, dadas las características medioambientales más favorables que en los lagos Zumpango y Requena donde se reportó como desaparecida esta especie por la mala calidad del agua.

Olvera (2007) llevó a cabo un diseño experimental de reproducción en cautiverio de *Girardinichthys viviparus* de la Zona Lacustre de Xochimilco, donde determinó un intervalo de temperatura con mayor tasa de reproducción de 21°C a 25°C. Así mismo encontró diferencias significativas entre acuarios a temperatura ambiente y acuarios con temperaturas establecidas *a priori* donde se obtuvieron mayor cantidad de crías. Observó también que el alimento mejor aceptado por la especie en cautiverio fue la pulga de agua.

Miranda *et al* (2008) descubrieron en el Lago Tecocomulco una importante población de *G. viviparus*, al cual consideraron como el huésped de la más grande población de esta especie nunca descubierta, en donde obtuvieron especímenes machos de 22.0mm y hembras de 47.0mm de longitud total, e hicieron comentarios sobre la necesidad de la conservación de la localidad, para efectos de protección de esta especie.

Castillo (2011) analizó el ciclo reproductivo de *G. viviparus* y su posible relación con los factores ambientales en el lago artificial Alameda Oriente. Determinó una proporción de hembras por macho de 1.28:1. Así como la talla de primera madurez de 38 mm con un crecimiento de tipo alométrico positivo y 29mm y crecimiento de tipo alométrico negativo

para hembras y machos respectivamente. Indicó que la especie se reproduce con mayor intensidad en marzo y abril y en menor intensidad entre agosto y diciembre. No encontrando relación alguna entre la longitud y la fecundidad de la especie.

JUSTIFICACIÓN

Desde años anteriores se han realizado estudios sistemáticos, taxonómicos, ecológicos, de alimentación y reproducción en muchas especies de importancia comercial y muy pocos sobre especies endémicas como *G. viviparus*, la cual se encuentra en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a los constantes deterioros de su hábitat como lo son la contaminación y las desecaciones de los cuerpos de agua en los cuales habitan, que han ocasionado que su área de distribución se haya reducido en más del 50 %. Por tal motivo, es muy importante que se generen programas de conservación para evitar la desaparición de ésta y otras especies endémicas amenazadas, tomando en cuenta la importancia a nivel económico (ornato, alimento) y ecológico (debido al papel que juega dentro de la cadena alimenticia) que presentan, y en este trabajo se pretende contribuir un poco a la información sobre la biología de esta especie (en específico sobre el crecimiento), para que sea de ayuda en estudios posteriores que requieran de información para el manejo de la especie en cautiverio.

TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

La descripción taxonómica a nivel supragenérico se realizó con base en el criterio de Álvarez del Villar (1950) y a nivel de especie de acuerdo al criterio de Álvarez del Villar y Navarro (1957).

PHYLUM:	Chordata
CLASE:	Osteichthyes
SUBCLASE:	Actinopterygii
ORDEN:	Cyprinodontiformes
SUBORDEN:	Cyprinodontoidei
FAMILIA:	Goodeidae
SUBFAMILIA:	Girardinichthyinae
GENERO:	<i>Girardinichthys</i>
ESPECIE:	<i>Girardinichthys viviparus</i> (BUSTAMANTE, 1837)



Figura 1. *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837); a) macho y b) hembra

Girardinichthys pertenece a la familia Goodeidae. Esta familia agrupa peces dulceacuícolas caracterizados por presentar un marcado dimorfismo sexual, que comprende la modificación distintiva de la aleta anal masculina, la presencia de un órgano muscular interno llamado pseudófalo de función aparentemente reproductiva, la peculiar estructura de un solo ovario, la fertilización interna, el desarrollo de la trofotenia en los embriones y la viviparidad o nacimiento de individuos vivos (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986)

Las hembras son de color grisáceo, con rayas transversales en los flancos de color café, (Lessandra, 1989; citado en Godínez, 2001). Los machos maduros presentan la aleta anal modificada en los primeros radios, asimismo las aletas dorsal, anal y caudal de estos presentan una coloración negra, lo que se acentúa durante la reproducción; su tamaño es de 4.0 cm. para los machos mientras que las hembras miden 6.5 cm. (Figura 1), (Ojendis, 1985). Los dientes se consideran truncados y no bífidos, pueden presentar ligeros indicios de bifurcación. El origen de la aleta dorsal se encuentra en la mitad anterior de la longitud total. Aleta dorsal con 18 a 26 radios y la anal con 20 a 27, tiene de 40 a 45 escamas en una serie longitudinal (Álvarez del Villar, 1970).

Es endémico de la Cuenca de México: Lago de Xochimilco, Texcoco y Chapultepec (Álvarez del Villar y Navarro, 1957). Abunda en charcos artificiales en el Lago de

Texcoco, escaso en Lagos de Xochimilco y Chapultepec, y ausente en Lago de Zumpango. Habita en el Lago de Texcoco, viven en charcos salinos altamente productivos (Sedeño-Díaz y López-López, 2009).

Es un pez de aguas lénticas templadas, claras o medias turbias, le gustan los fondos arenosos o con gravas, orillas con algas y ligero oleaje. Sus requerimientos mínimos ambientales son: temperatura de 18 a 22°C, oxígeno de 5 a 8 ppm y pH de 7.2 a 7.6 (García-Ortega, 1992; citado en Ávila, 2000). No tiene preferencia por algún tipo de ecosistema, se desarrolla de manera adecuada tanto en aguas corrientes, como en cuerpos lacustres naturales y artificiales; de la misma forma se le encuentra en aguas dulces y en otras con altas cantidades de sales, y con diferentes condiciones de calidad de agua (Díaz-Pardo, 2002). Es un pez eurifágico, cuya dieta se compone de algas, insectos acuáticos y crustáceos (Soto, 1953).

La reproducción la llevan a cabo de Marzo a Octubre, es vivíparo con múltiples ciclos reproductivos, con superfetación ocasional. Las hembras alcanzan su madurez sexual en un año y su fecundidad va de 15 a 47 embriones (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986).

La subfamilia Goodeinae, está conformada por 19 géneros y 41 especies. La distribución de las especies de esta subfamilia se extiende de la cuenca del río Mezquital y Salado (en el norte), hasta la del río Balsas por la vertiente del Pacífico y la del río Pánuco por la del golfo de México hacia el sur, abarcando los estados de Durango, Zacatecas, Nayarit, San Luís Potosí, Jalisco, Colima, Guanajuato, Aguascalientes, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, México, Morelos, Michoacán, Puebla, Guerrero y Distrito Federal (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008).

Los goodeidos son un grupo de peces cuya conservación está en riesgo puesto que muchas de sus especies se encuentran en peligro de extinción (Duncan y Lockwood, 2001; Domínguez-Domínguez *et al.*, 2005a). Algunas especies de esta subfamilia están registradas como extintas (v.gr. *Characodon garmani* y *Ameca splendens*) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); otras 2, *Skiffia francesae* y *Zoogoneticus tequila* las registra como extintas la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (DOF, 2001), pero con poblaciones en cautiverio. La segunda de estas especies cuenta con registros recientes de poblaciones en la naturaleza (Dela Vega-Salazar *et al.*, 2003); Hay especies que no se han logrado recolectar desde hace más de 5 años (*Allotocagolinae* y *Allodontichthys polylepis*). Aunado a lo anterior, la NOM-059 registra otras 8 en peligro y 4 amenazadas; por lo tanto, cerca del 30% de esta subfamilia está en alguna categoría de riesgo. Sin embargo, evaluaciones recientes sugieren un panorama más pesimista, aumentando al 60% las especies en peligro o amenazadas (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2005b; citado en Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008).

El mexclapique *Girardinichthys viviparus*, se encuentra actualmente en la categoría de riesgo como una especie en peligro de extinción de acuerdo con los listados de la SEMARNAT (NOM-059-SEMARNAT-2010), es decir, desaparecerá si su hábitat sigue siendo deteriorado (Navarrete-Salgado *et al.*, 2004).

ÁREA DE ESTUDIO

El parque Alameda Oriente se ubica en Av. Bordo Xochiaca S/N, esq. Prolongación Periférico, Col. Arenal 4ª sección, Delegación Venustiano Carranza, C.P. 15600, México, D. F. Se encuentra a los 19° 25'43" y 19° 26'29" N y entre los 99° 03'37" y 99° 02'34" O a 2234 msnm; comprende un área total de 95 hectáreas, de las cuales 9 hectáreas forman parte de una laguna artificial. Pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, con un sistema de topo formas, llanura lacustre salina (Cruickshank, 1995; citado en Ordóñez, 2001).

El parque Alameda Oriente, se encuentra dividido en nueve zonas con instalaciones deportivas, recreativas y administrativas, áreas verdes y de jardín, que poseen diferentes especies de árboles y setos, un vivero y un lago artificial que cuenta con cinco esclusas con área total de 11 hectáreas. El agua suministrada al lago proviene del Lago de Aragón ubicado en la delegación Gustavo A. Madero (Alameda Oriente) (Figura 2).

La zona 9 se localiza al suroeste del parque. La superficie total que posee es de 11.7 ha y únicamente 2.09 ha. corresponden a áreas verdes; en esta zona se encuentra un lago artificial cuyos bordes poseen una cubierta de pasto (figura 2) (Alameda Oriente).

Esta se encuentra en lo que antiguamente constituía el llamado "Lago de Xochiaca", el cual se encontraba adjunto al gran Lago Texcoco. Al ser esta región lacustre, la más baja del valle de México, propició que los escurrimientos de las partes más elevadas (como Xochimilco, Zumpango y Chalco, etc.) desembocaran en la zona. Si a esto se le añade la presencia de manantiales termales y una alta evaporación, el resultado es un cuerpo de agua con una elevada concentración de sales (Cruickshank, 1995; citado en Ordóñez, 2001).

El lago del parque de la Alameda Oriente, es un cuerpo de agua estancado localizado al nor-poniente de la delegación Venustiano Carranza, limitado por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México entre los 19°25' N y 99° 02' O, a 2234msnm. El tipo de clima que prevalece en la zona es BS1Kw (w) (i) g semiseco templado con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 16 °C, con una precipitación media anual en la región de 600mm. (García, 2004).

Anteriormente esta zona, formaba parte de los remanentes del que fue el gran Lago de Texcoco. El crecimiento urbano y la alta densidad poblacional propiciaron que esta zona se convirtiera en receptáculo de aguas negras y tiraderos clandestinos de desechos sólidos y cascajo. Posterior al sismo de 1985, este sitio fue rellenado con material proveniente de las demoliciones, creándose el Parque Alameda Oriente, en cuyo interior se implementó un lago artificial, el cual es alimentado con aguas tratadas de la planta de Bombeo de la D.G.C.O.H. (Cruickshank, 1995; citado en Ordóñez, 2001).

El lago se integró junto con la Alameda al programa de recuperación de áreas verdes de la Dirección de Servicios Urbanos, lo que formaba parte de una laguna fue desecada y librada de basura, fue acondicionada con iluminación y cercado, también se rellenó el terreno con escombros que surgieron del temblor del 85', posteriormente se reconstruyó, seccionando

la laguna en 7 partes (Figura 2). A partir de esto el lago se consideró artificial tipo humedal urbano, el cual conlleva una gran importancia no solamente como paisaje, sino que representa una fuente moderadora del impacto ambiental que rodea la Alameda amortiguando la contaminación y siendo hogar de muchas aves tanto nativas como migratorias (Alameda Oriente).

El Proyecto Xochiaca adquirió el nombre de "Alameda Oriente", cuando se integró al programa de dotación de áreas verdes establecido por el Gobierno de la Ciudad de México y pretendió sanear y rehabilitar 90 ha, donde se propició el establecimiento y desarrollo de flora y fauna en forma inducida o natural, compatible con las necesidades de los habitantes del entorno (Alameda Oriente).

Su origen y evolución es similar al exlago de Texcoco, razón por la cual se considera como uno de los últimos reductos lagunares característicos de la cuenca del Valle de México. Fue utilizado por muchos años como receptor de las aguas de desechos del aeropuerto, adquiriendo características propias de una laguna de estabilización para materia orgánica alterando con esto la calidad del agua, lo que agregado al constante depósito de basura, llantas, animales muertos y en los últimos años escombros y distintos materiales provocó el rompimiento del equilibrio ecológico de la zona.

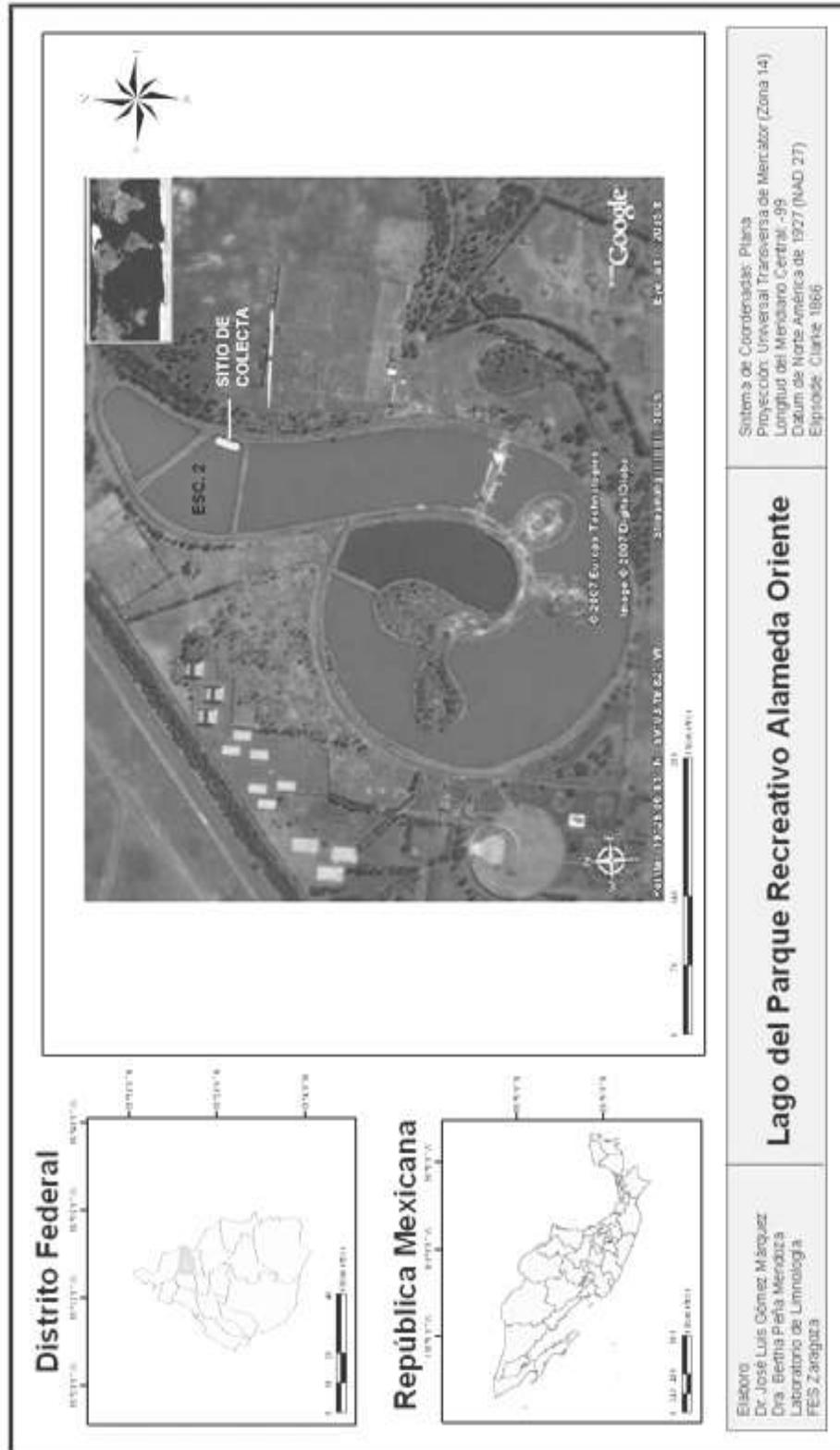


Figura 2. Mapa del Lago de la Alameda Oriente, la esclusa 2 corresponde a la unidad de muestreo

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el crecimiento de *Girardinichthys viviparus* por medio del uso de estructuras duras (escamas), en el lago urbano de la Alameda Oriente.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Utilizar el método directo por medio del uso de escamas, como medio de determinación del crecimiento del mexcalpique.
- Obtener la relación peso-longitud así como la robustez de los organismos durante el periodo de muestreo.
- Establecer curvas de crecimiento en longitud y peso en relación con la edad.
- Analizar la relación de los parámetros tanto físicos y químicos del agua del lago urbano con el crecimiento de los peces.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fase de campo

Se realizaron muestreos mensuales de Septiembre de 2009 a Agosto de 2010; en el lago urbano de la Alameda Oriente. Se estableció una estación de muestreo en la esclusa marcada con el número dos con base en la abundancia de los organismos en las cinco esclusas.

Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella Van Dorn de dos litros de capacidad y las muestras fueron almacenadas en botellas de polietileno de un litro para la determinación de los parámetros físicos y químicos, las cuales se mantuvieron en hielo para su posterior análisis en el laboratorio. Para la determinación del oxígeno disuelto se utilizó una botella tipo DBO de trescientos mililitros y se obtuvo la concentración por medio del método de Winkler modificación de ázida de sodio (Pacheco-Meneses *et al.*, 1982; Cervantes, 1984).

En el sitio de monitoreo se determinaron los siguientes parámetros: Temperatura ambiental y del agua (con termómetro de ± 1 °C), pH, sólidos disueltos y conductividad eléctrica, con un multiparámetros marca HANNA modelo HI98201 y la visibilidad en el agua mediante el disco de Secchi. Asimismo, se registró la nubosidad y la hora de muestreo.

En el laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones:

- Oxígeno disuelto por medio del método de Winkler con la modificación del ázida de sodio.
- Alcalinidad por el método de indicadores, utilizando la fenolftaleína y el anaranjado de metilo.
- Dureza total por medio del método de titulación con EDTA (método complejométrico).
- Dureza de calcio con el método complejométrico

(Pacheco-Meneses *et al.*, 1982; Cervantes, 1984).

Para la captura de los peces se utilizó un chinchorro tipo playero de aproximadamente 10 m de largo y 1.5 m de ancho con 0.01 m de luz de malla. Una vez capturados los organismos, se fijaron en formol al 10% y se transportaron al laboratorio para su posterior identificación y análisis.

Fase de laboratorio

Para la identificación de los peces se hizo uso del material propuesto por Álvarez del Villar (1970) y Miller *et al.* (2005); se enviaron algunos ejemplares al Laboratorio de Peces del Instituto de Biología de la UNAM, para corroborar la especie y realizar su registro en el sistema. En el laboratorio se registraron la longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) con la ayuda de un Ictiómetro con precisión de ± 1 mm, el peso total (Pt) con una balanza analítica de 0.0001 g de precisión.

A cada uno de los organismos se les determinó el sexo y a las hembras la madurez gonádica por medio de la observación de la gónada con base en el criterio establecido por Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, (1986). Para esto se les practicó a cada una de las hembras un corte ventral desde la base de la aleta anal hasta el opérculo y dos cortes transversales, uno en la aleta anal y otro en la base del opérculo y se extrajeron los ovarios para su posterior comparación (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986).

Para el análisis de los anillos de crecimiento se seleccionaron 30 ejemplares representativos de todas las tallas, tomándose de cada uno de ellos por lo menos 10 escamas cercanas a la línea lateral y por encima de ésta. Las escamas se colocaron en frascos con solución de hidróxido de amonio al 5%, se limpiaron con un pincel de cerdas suaves para retirar el exceso de tejido y se enjuagaron con agua corriente. Con ayuda de un microscopio óptico, se montaron de 8 a 10 escamas entre dos portaobjetos (etiquetados con el número correspondiente al ejemplar del cual se obtuvieron). Posterior a esto, se eligieron al azar entre tres y cuatro escamas de un solo individuo para tomar la lectura del número de los anillos (Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Las escamas se examinaron a través de un microscopio con la ayuda de una cámara adaptada al microscopio y del paquete de medición Motic v.2.0 (2008). Asimismo, las escamas analizadas fueron fotografiadas y a cada una de estas se les midió el radio total que va desde el foco hasta el margen anterior (R), así como el conteo del número de *circulli* presentes en estas (Figura 3). Las medidas de R se obtuvieron para varias escamas de un mismo individuo para obtener un promedio y así minimizar los errores en las mediciones (Bagenal y Tesch. 1978; Gómez-Márquez, 1994).



Figura 3. Escama de *G. viviparus*

Una vez obtenido esto, se realizó el análisis de correlación entre el radio de la escama y cada una de las variables (Lt, Lp y Pt) para determinar con cual tenía mayor relación y determinar la relación entre la escama y el cuerpo del pez. Una vez obtenida, se graficó los radios de las escamas (R) contra la longitud patrón observada de los individuos (Lp) al tiempo que se obtuvo la muestra de las escamas.

Para determinar la edad de los ejemplares se capturaron 15 peces del sitio de muestreo de menos de un cm. de talla para cultivarlos en el laboratorio bajo las condiciones de temperatura promedio en los que se encuentra la especie y se alimentaron con alimento balanceado en hojuelas marca Tetrapérez y se realizaron recambios de agua del mismo sistema para suministrar la cantidad de plancton adecuada; se sacrificaron dos peces cada tres días para observar cada cuando se llevaba a cabo la formación de los *circulli* en las escamas de cada ejemplar durante un mes.

Fase de gabinete

Con los datos de peso total y longitud patrón de los ejemplares se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p < 0.05$) para determinar si existía diferencias entre la talla y el peso en función del sexo y con base en este resultado se obtuvo la relación peso-longitud para toda la población por sexos (machos, hembras e indeterminados) mediante una relación potencial con el propósito de evaluar el tipo de crecimiento (Everhart y Youngs, 1981):

$$Pt = a Lt^b$$

Donde:

Pt: peso total (g), a: constante de proporcionalidad, Lt: longitud total en mm. y b: pendiente de la relación.

Esta ecuación se transforma en forma lineal mediante el uso de logaritmos, por lo que se obtiene:

$$\text{Log } Pt = \text{Log } a + b \text{ Log } Lt$$

Las constantes a y b se obtuvieron mediante un análisis de regresión lineal por medio del método de mínimos cuadrados (Caicedo *et al*, 2006), donde b es una constante que determina la proporcionalidad de los incrementos de la longitud respecto al peso.

Se evaluó la significancia estadística del valor del exponente por medio del estadístico *t-Student*:

$$t \text{ Student} = \frac{e.s_x}{e.s_y} * \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} * \sqrt{n-2}$$

Donde:

t : estadístico *t-Student*, $e.s_x$: desviación estándar del logaritmo de L , $e.s_y$: desviación estándar del logaritmo del peso, r^2 : coeficiente de determinación de la relación peso-longitud y n : número de peces utilizados en el análisis (Pauly, 1984; Salgado-Ugarte *et al*, 2005).

Con los datos de longitud patrón se obtuvo la distribución de tallas por sexos, los intervalos de clase de talla se obtuvieron siguiendo la regla de Sturges (Marques-Dos Santos, 2004).

Se determinó el factor de condición de Fulton para conocer el periodo en que la especie alcanza su grado máximo de bienestar o robustez según la expresión matemática: $K = P*100/Lp^3$, donde P es el peso en gramos y Lp la longitud patrón en cm.

Para determinar la edad de los organismos, se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p < 0.05$) entre la longitud patrón y el radio de la escama por sexos, para determinar si existen diferencias entre los valores de las pendientes de los sexos, por medio del modelo lineal general (GML) de Minitab for Windows, Release 10.5 (Minitab, Inc. 1995) ó Statgraphics v 5.0 para Windows.

Se realizó el método gráfico de Powell-Wetherall por medio del análisis de frecuencias de tallas de hembras y machos para determinar el estimado de L_∞ .

Wetherall (1986), con base en el trabajo de Powell (1979), sugiere un método para estimar la longitud asintótica (L_∞) y el cociente de la mortalidad total y el coeficiente de crecimiento (Z/K) utilizando muestras de longitud de los peces en la captura. Las bases de este método están sustentadas en la ecuación de Beverton y Holt (1956).

$$Z = K[(L_\infty - L')/(\bar{L} - L')]$$

Donde:

Z = Tasa instantánea de mortalidad total, L_∞ y K son los parámetros de la ecuación de crecimiento considerados en el modelo de von Bertalanffy (1938).

Puede ser demostrado que el promedio de la longitud (\bar{L}) de los peces en la muestra (n) está en relación directa a la longitud media de primera captura (L'), entonces:

$$\bar{L} = L_\infty(1/[1 + (Z/K)]) + L(1/[1 + (Z/K)])$$

Esta ecuación fue modificada por Wetherall (1986) de la siguiente manera:

$$\bar{L} - L' = a + bL'$$

Donde:

\bar{L} = Talla media de los peces de longitud L' y más grandes.

L' = Alguna talla en el que todos los peces de ese tamaño y más grandes están sometidos a una explotación plena.

a y b = constantes

De donde se obtiene:

$$L_{\infty} = a/-b \quad \text{y} \quad Z/K = (1+b)/-b$$

El método de Powell (1979) modificada por Wetherall (1986) propone una estimación estadísticamente robusta del valor de L_{∞} , según lo demuestran Wetherall *et al.* (1987) Hampton y Majkouski (1987). Sin embargo, como cualquier método basado en frecuencia de tallas, la correcta estimación de L_{∞} depende en gran medida de que los peces de mayor tamaño de la población estén presentes en la muestra (Gulland, 1983; Gulland y Rosenberg, 1992).

Debido a que en los peces es casi imposible observar el crecimiento en vivo y de forma continua, es necesario expresar dicho proceso mediante un modelo matemático que pueda ser usado para estudios analíticos. Para determinar el crecimiento de los peces se utilizó el modelo de von Bertalanffy, este tiene la ventaja de estar respaldado por un razonamiento biológico, puede ser incorporada fácilmente a modelos de rendimiento y se ajusta bien a la mayoría de los datos observados:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Donde:

L_t = Longitud del pez en un momento dado.

L_{∞} = Longitud promedio máximo que alcanza el pez en un embalse en particular.

e = Base logaritmo natural

k = Índice o tasa de crecimiento por unidad de tiempo.

t = Tiempo de crecimiento del pez a tamaño comercial.

t_0 = Edad hipotética a la cual el pez tiene una longitud de cero.

Para estimar L_{∞} , k y t_0 de la ecuación de von Bertalanffy, se utilizó los métodos de Ford-Walford (1964) y Beverton y Holt (1957) (citados en Everhart y Youngs 1981; Gómez-Márquez, 1994; Sparre y Venema, 1997; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Para la determinación de los parámetros L_{∞} y K se utilizó el método de Ford-Walford (1949; citado en Gómez-Márquez, 1994; Sparre y Venema, 1997) el cual consiste en graficar las longitudes medias, correspondientes a las edades 1 al tiempo t en el eje de las x y las mismas longitudes, pero de la edad 2 al tiempo $t+1$ en el eje de las y , de esta manera se genera una línea recta y donde esta línea se intercepta con una línea recta de 45° se determina el valor de L_{∞} . Otra manera de obtener el valor de las constantes es por el método analítico al aplicar a los datos el análisis de regresión lineal por medio del método de mínimos cuadrados y cada una de las variables se calcularon de la siguiente manera:

$$L_{\infty} = \frac{a}{1-b}$$

Donde:

a = ordenada al origen

b = pendiente

$$K = -\ln b$$

Para obtener una mejor estimación del valor de K y t_0 , se utilizó el método de Beverton y Holt (1957 citado en Gómez, 1994; Sparre y Venema, 1997). Este método utiliza el valor de una L_{∞} dada, la cual puede provenir del método anterior. De la función de crecimiento de von Bertalanffy se puede obtener:

$$L_{\infty} - L_t = L_{\infty} (e^{-K(t-t_0)})$$

$$\ln(L_{\infty} - L_t) = \ln L_{\infty} + Kt_0 - Kt$$

Una regresión lineal de $\ln(L_{\infty} - L_t)$ contra t resulta en una recta pendiente ($-k$). t_0 se puede estimar a partir de la ordenada al origen:

$$K = -b$$

$$a = \ln L_{\infty} + kt_0$$

y si de esta expresión se despeja t_0 , entonces se tiene:

$$t_0 = \frac{a - \ln L_{\infty}}{K}$$

(Gómez, 1994)

Asimismo, se obtuvo la ecuación de crecimiento en peso, la cual se deriva a partir de la transformación de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy y utilizando la relación peso-longitud (Everhart y Youngs 1981; Gómez-Márquez, 1994; Sparre y Venema, 1997; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$P_t = P_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

Donde.

P_t = Peso del organismo a la edad t

P_{∞} = Peso máximo que alcanza el pez

b = Pendiente de la relación peso – longitud

Por último, se realizó una correlación de Pearson o de Spearman (dependiendo del cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos; Marques-Dos Santos, 2004) entre los factores físicos y químicos con las constantes de crecimiento para reconocer la relación entre el crecimiento y los factores ambientales.

RESULTADOS

Parámetros físicos y químicos

Se realizaron muestreos mensuales durante el periodo Septiembre 2009 a Agosto 2010, se obtuvieron los datos de los parámetros físicos y químicos del agua de la esclusa 2 donde se recolectaron los peces de *G. viviparus*, de lo cual se obtuvo lo siguiente.

A los parámetros físicos (transparencia o visibilidad al disco de Secchi y conductividad) y químicos (oxígeno, alcalinidad, conductividad, pH, dureza, temperatura y sólidos totales disueltos (STD)) que se obtuvieron, tanto de la superficie como del fondo de la esclusa, se les aplicó una prueba no-paramétrica (U de Mann Whitney) debido a la falta de homocedasticidad y normalidad de los datos y a través de la cual se demostró que no existía diferencia significativa entre los valores de dichos parámetros de la superficie (0.30 m) y el fondo (1.0 m) de la esclusa con una confiabilidad del 95 %, por lo cual se promediaron los valores de ambas y se obtuvieron sus correspondientes gráficas.

En la figura 4 se muestra que la mayor transparencia (0.12m) del aguade la esclusa, se registró en el mes de julio y la menor con 0.05 m en los meses de diciembre, febrero, abril y junio.

En la figura 5 se observa una temperatura máxima de 25°C en junio y una mínima de 16°C en enero, debiéndose a la época de calor y frío respectivamente. El pH máximo (10.5) en mayo y el mínimo (9.2) en diciembre y enero. La cantidad de oxígeno disuelto máximo (14.5 mg/l) en el mes de mayo y el mínimo (1.2 mg/l) en el mes de noviembre.

La conductividad y los sólidos totales disueltos (figura 6) se comporta de manera similar, observándose la máxima en el mes de abril (2233 μ S/cm, 1169 ppm) y la mínima en el mes de julio (1526 μ S/cm, 794.5 ppm) respectivamente.

La alcalinidad total máxima presente en la esclusa fue de 1241 mg/l en enero y la mínima presente en noviembre con 79 mg/l. Mientras que la máxima de dureza total fue de 206 mg/l en diciembre y abril y la mínima de 160 mg/l en el mes de septiembre y junio (figura 7).

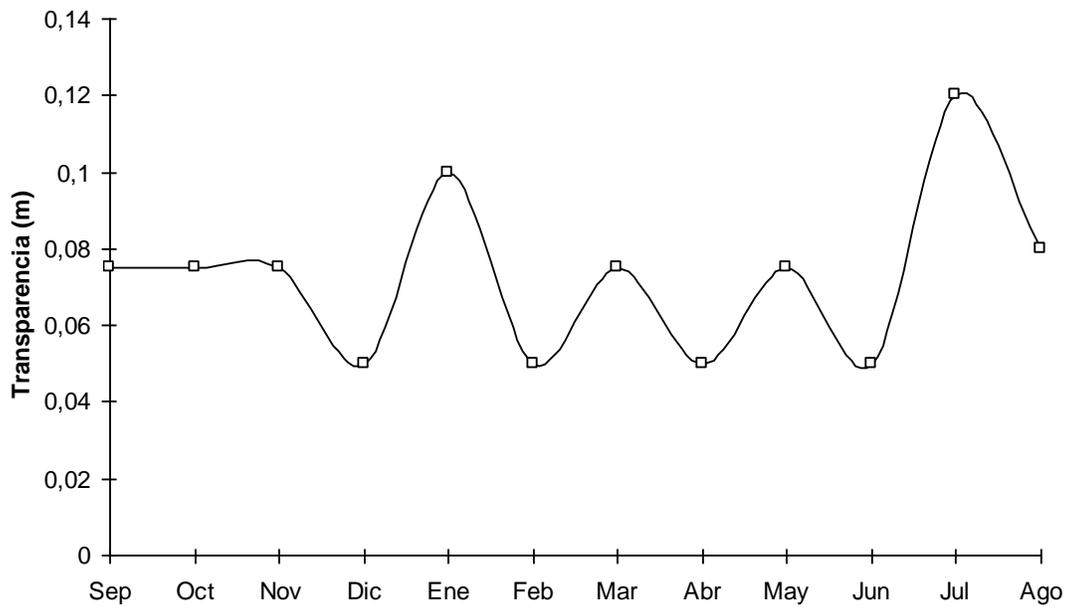


Figura 4. Variación temporal de la transparencia en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente

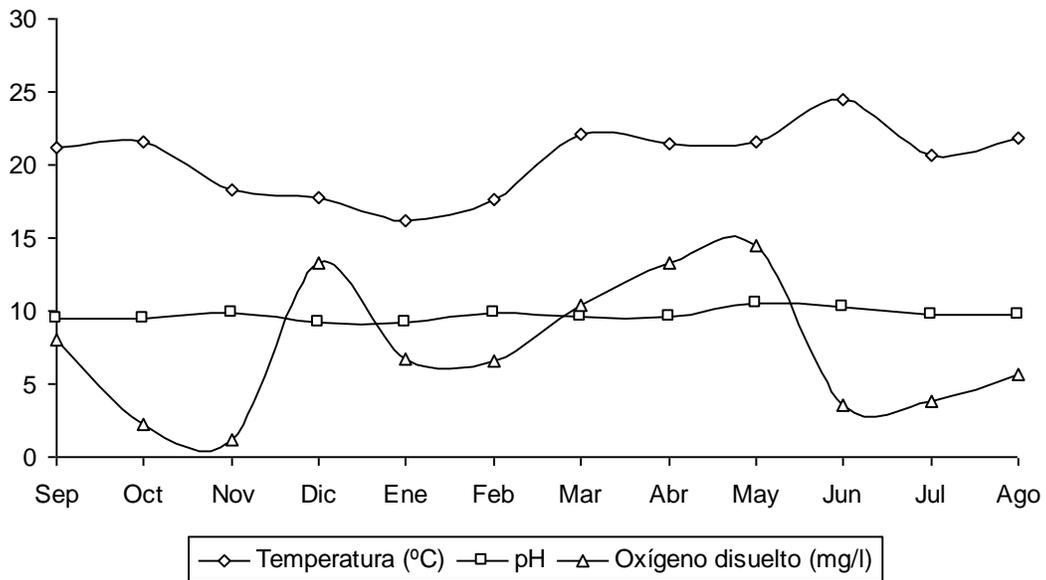


Figura 5. Comportamiento estacional de la temperatura del agua, pH y oxígeno disuelto en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente

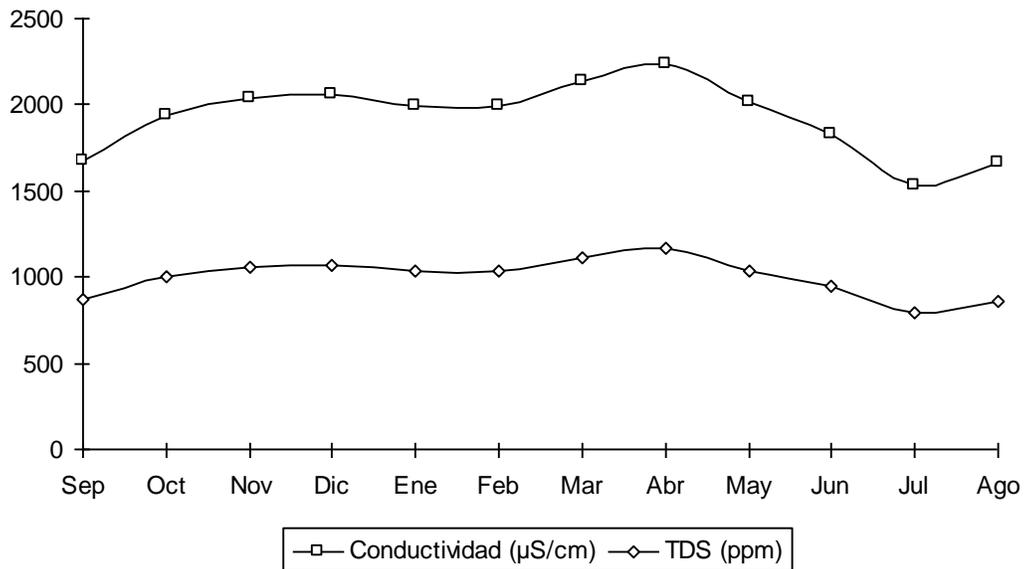


Figura 6. Variación estacional de las sales y sólidos presentes en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente

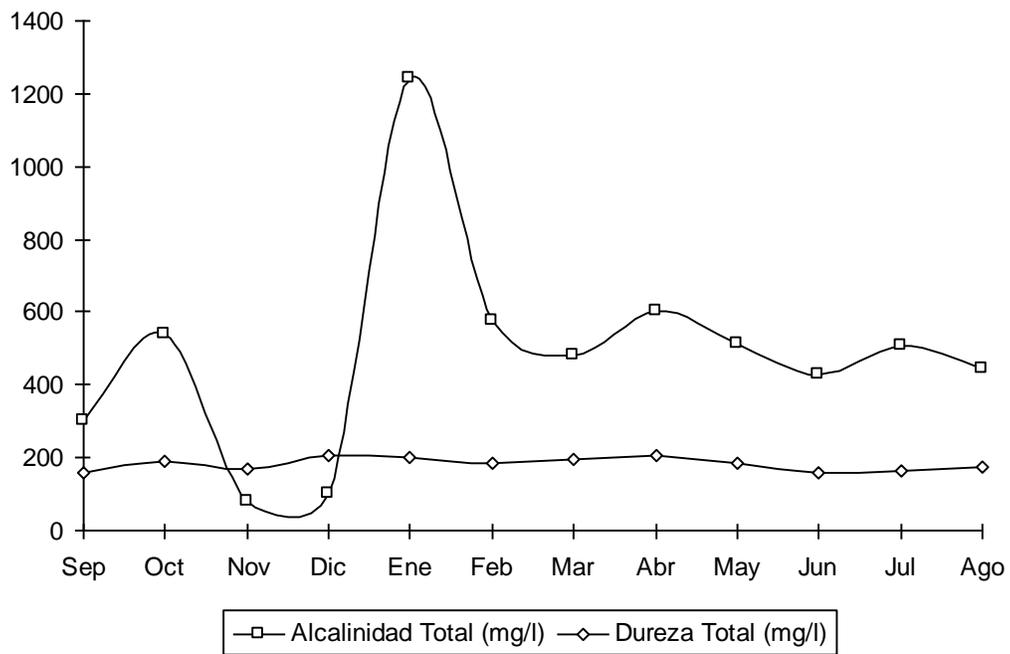


Figura 7. Comportamiento temporal de la alcalinidad y la dureza en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente

Biometría de la especie

Durante el periodo de septiembre 2009-agosto 2010 se capturaron un total de 937 organismos de la especie de *Girardinichthys viviparus* dentro de la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente. El análisis por sexos indica que en las hembras la longitud total máxima registrada fue de 55 mm y mínima de 19 mm, con peso máximo de 3.4106 g y mínimo de 0.0908 g. En los machos se registró una longitud total máxima de 38 mm y una mínima de 18mm y peso total máximo de 0.9197 g y mínimo de 0.0815 g (Tabla 1).

Tabla 1. Estadística descriptiva por sexos de *G. viviparus* del lago Alameda oriente

	Hembras (n=490)			Machos (n=378)			Indeterminados (n=69)		
	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.
Lt(mm)	55	19	30,33	38	18	24,81	19	13	16,57
Lp(mm)	48	15	24,85	31	14	20,10	16	11	13,39
Altura(mm)	18	3	6,33	8	3	5,16	4	2	3,26
Peso(g)	3,41	0,09	0,49	0,91	0,08	0,24	0,10	0,02	0,06

Los valores máximos, mínimos y algunas medidas de tendencia central como la media y desviación estándar para toda la población, se encuentran en la Tabla 2.

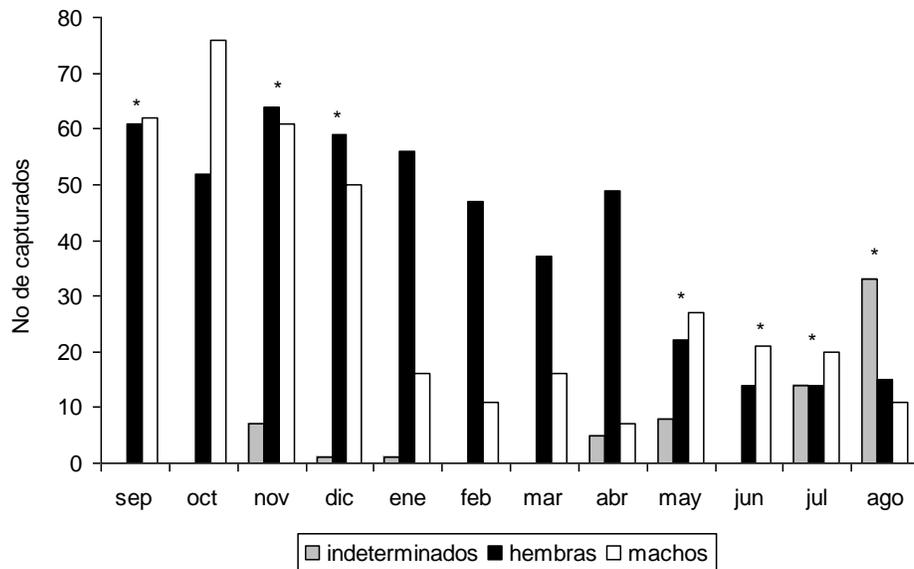
Tabla 2. Estadística descriptiva para *G. viviparus*

Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
Lt (mm)	937	27.09	6.57	13	55
Lp (mm)	937	22.08	5.58	11	48
Altura (mm)	937	5.63	1.83	2	18
Peso T. (g)	937	0.35	0.32	0.024	3.41

Proporción por sexos

De los 937 organismos capturados, se clasificaron en 490 (53%) hembras, 378 (40%) machos y 69 (7%) indeterminados. La proporción de sexos fue de 1:1.29 (macho:hembra) ($\chi^2 = 14.4$; $p < 0.05$). La mayor parte del año dominaron las hembras, ya que los machos solo se registraron durante los meses de septiembre, octubre mayo, junio y julio (Figura 8). También se puede observar que el mayor número de organismos capturados se llevó a cabo

en el mes de noviembre (132 ejemplares) y la de menor captura en el mes de junio (35 ejemplares).



* no significativo

Figura 8. Variación temporal de la proporción de sexos de *G. viviparus*

Relaciones Biométricas

Longitud Total-Longitud Patrón

Se estimó la relación entre la longitud total y la longitud patrón (figura 9), observándose una relación de tipo lineal entre las variables, con valor de $a=1.1727$, $b=1.1866$ y $r^2=0.9936$, lo que indicó que existe una alta correlación entre las variables, y que a través de una se puede obtener el valor de la otra.

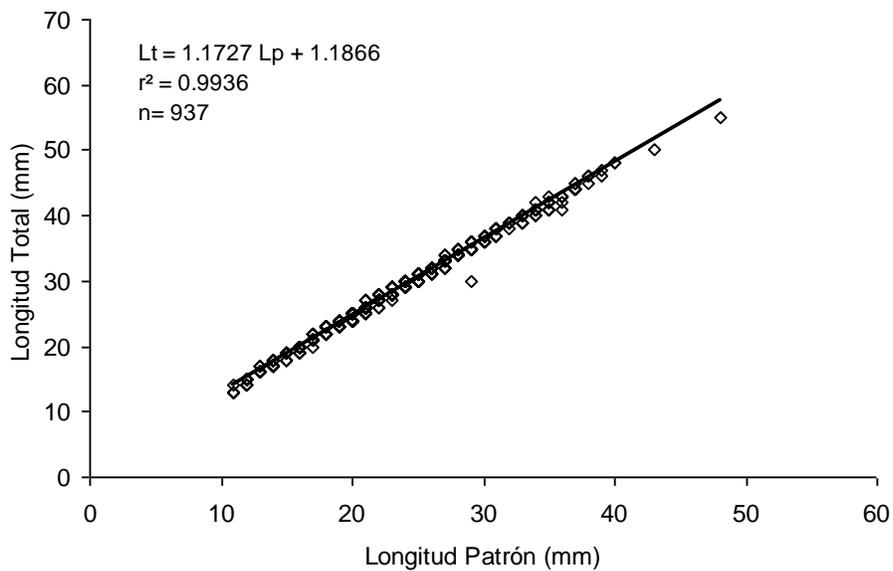


Figura 9. Relación longitud patrón-longitud total para la población de *G. viviparus*

Factor de Condición de Fulton

El factor de condición (k) para las hembras fluctuó de 0.20 a 0.42 y el de los machos de 0.29 a 0.36 (figura 10). Sin embargo, tanto hembras como machos siguen una misma tendencia y su condición aumenta durante la época reproductiva, por lo que esta especie presentan un buen estado de robustez durante su época reproductiva. Mostrando claramente que los machos presentan mejor condición que las hembras la mayor parte del año, ya que las hembras por ser mucho más pesadas que los machos también lo son en longitud y esto hace que presenten proporciones corporales más o menos constantes y por lo tanto su estado de mejor condición va a estar relacionado con el aumento de la gónada en la época reproductiva al mantener los embriones dentro de la misma.

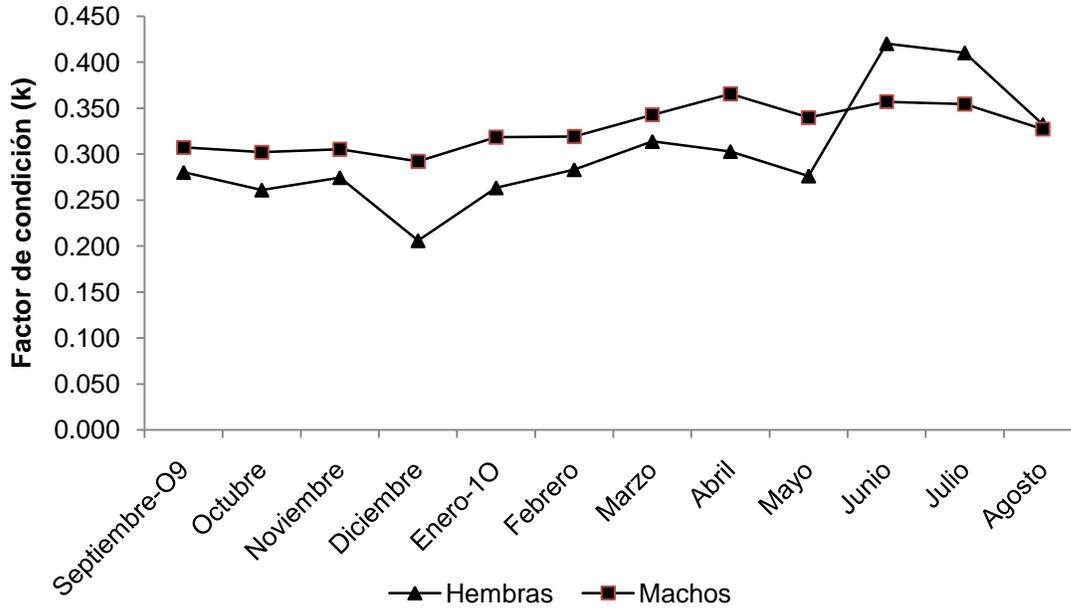


Figura 10. Comportamiento temporal del factor de condición para *G. viviparus*

Relación Peso Total-Longitud Patrón

Para la población de *G. viviparus*, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre el peso total y la longitud (total y patrón), a fin de obtener cuál de estas dos últimas variables presentaba mayor asociación con la variable peso total. Se obtuvo que la longitud patrón presenta un mayor grado de asociación con el peso ($r=0.9135$) que la longitud total ($r=0.9054$) y por lo tanto, se decidió trabajar con la L_p .

El análisis de covarianza de la relación peso total-longitud patrón entre sexos demostró que existen diferencias significativas entre estos ($F=83.44$; $p<0.05$), por lo cual se obtuvieron las regresiones por separado, tanto de machos como de hembras (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de covarianza por sexos para peso total-longitud patrón

		Número de obs =	937	R-cuadrada =	0.8611
		Raíz MSE =	0.120804	Adj R-cuadrada =	0.8607
Fuente	Suma de C	gl	Cuadrados M	F	Prob > F
Modelo	84.43	3	28.14	1928.56	0.0000
Lp (mm)	40.02	1	40.02	2742.68	0.0000
Lp (mm) * sexo	2.43	2	1.21	83.44	0.0000
Residuo	13.61	933	0.014		
Total	98.05	936	0.104		

Se realizó el análisis de regresión para la población total, para los machos y las hembras así como para obtener las constantes “a” y “b”, para obtener el tipo de crecimiento que presenta esta especie.

El coeficiente de determinación de R^2 y b en las hembras fue de 0.9504 y 3.0071 y, en los machos fue de 0.8867 y 2.9809; el valor de R y el coeficiente b en las hembras fue mayor al de los machos, lo que significa que en las hembras existe una relación alta entre las variables peso y longitud así como también son más pesadas en relación a su longitud.

La relación peso total-longitud patrón para la población total, hembras, machos e indeterminados se muestran en la figura 11, 12, 13 y 14.

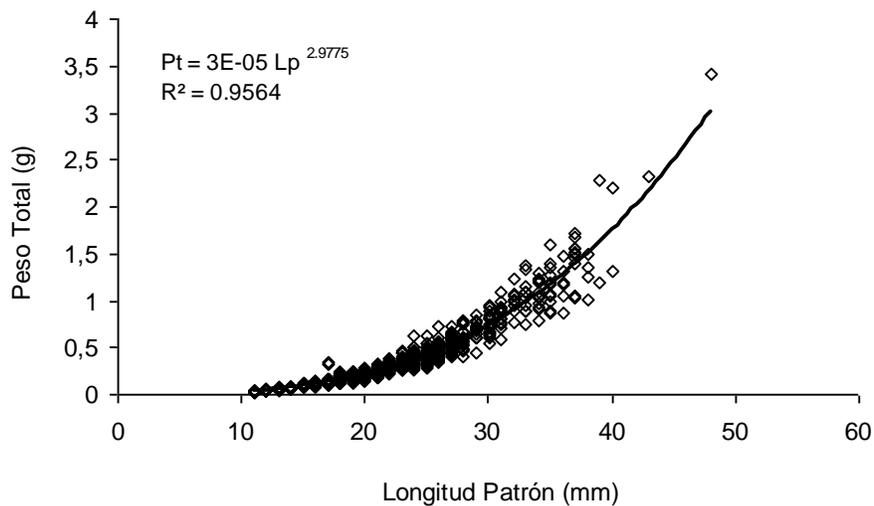


Figura 11. Relación peso total-longitud patrón para la población total de *G. viviparus*.

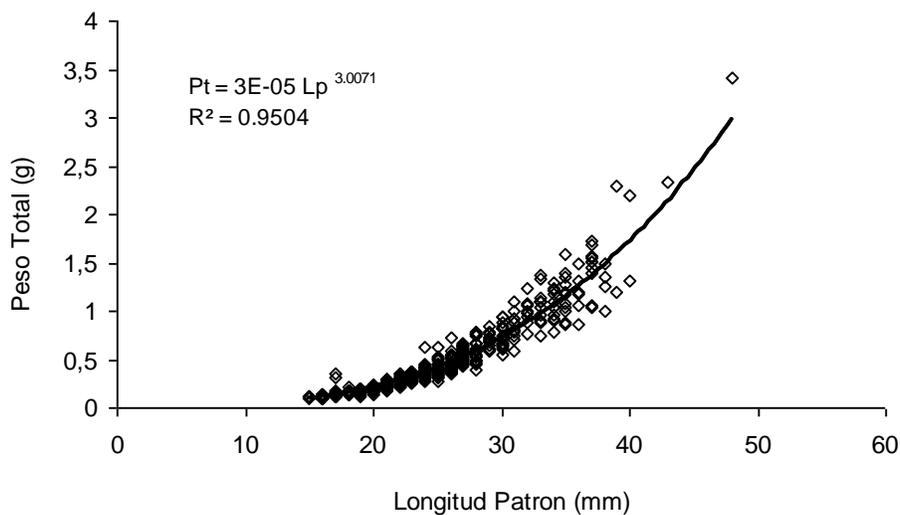


Figura 12. Relación peso total-longitud patrón para hembras de *G. viviparus*.

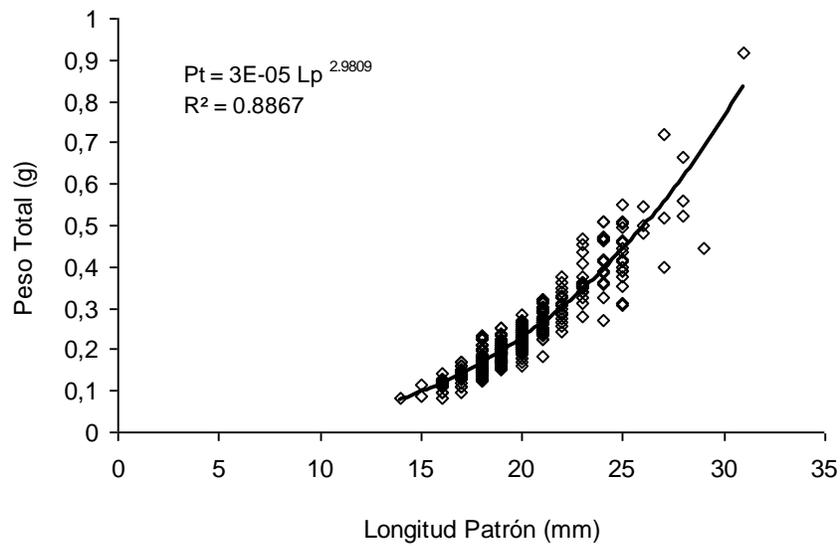


Figura 13. Relación peso total-longitud patrón para machos de *G. viviparus*.

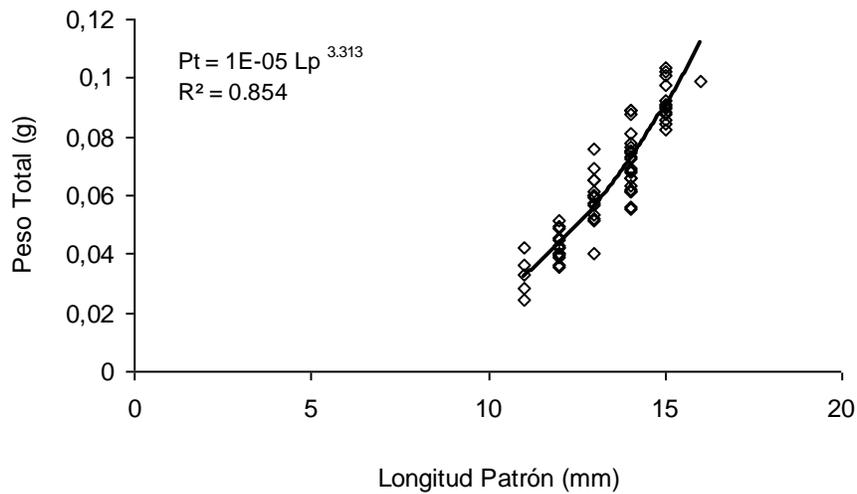


Figura 14. Relación peso total-longitud patrón para indeterminados de *G. viviparus*.

En la tabla 4 se observan los valores de las constantes de la ecuación potencial, donde se muestra que la población total y los machos presentan un crecimiento de tipo alométrico negativo, mientras que las hembras y los indeterminados presentan un crecimiento alométrico positivo, pero de acuerdo con la *t-Student* calculada todos tienden a la isometría (*t-Student* = 1.96; $p < 0.05$).

Tabla 4. Valores de las constantes y de *t-Student* para *G. viviparus*

	N	a	b	<i>t</i> calculada	<i>t</i> (<i>p</i> < 0.05) teórica
Población Total	937	0.00003	2.9775	1.0771	1.96
Hembras	490	0.00003	3.0071	0.2283	1.96
Machos	378	0.00003	2.9809	0.3475	1.96
Indeterminados	69	0.00001	3.3130	1.8679	1.99

Distribución por tallas

En la figura 15 se observa la distribución de frecuencias de tallas representada por el número de individuos presentes en cada clase de talla. El total de los organismos obtenidos se agruparon en 29 intervalos de clase de 1.5 cm de longitud estándar, con marca de clase menor de 10 mm y la mayor de 50.5 mm. La clase de talla de mayor frecuencia para los machos esta representada por organismos que se encontraban entre 19 y 24 mm de longitud patrón. La talla de mayor frecuencia para las hembras esta representada de los 19 a 28 mm de longitud estándar y para los indeterminados por la talla de 13 a 16 mm de longitud estándar. Las hembras presentaron un intervalo de talla de 15.0 a 48.0 mm de longitud estándar y los machos presentaron un intervalo de 14.0 a 31 mm de longitud estándar, mientras que los indeterminados fue de 11.0 a 16.0 mm de longitud estándar.

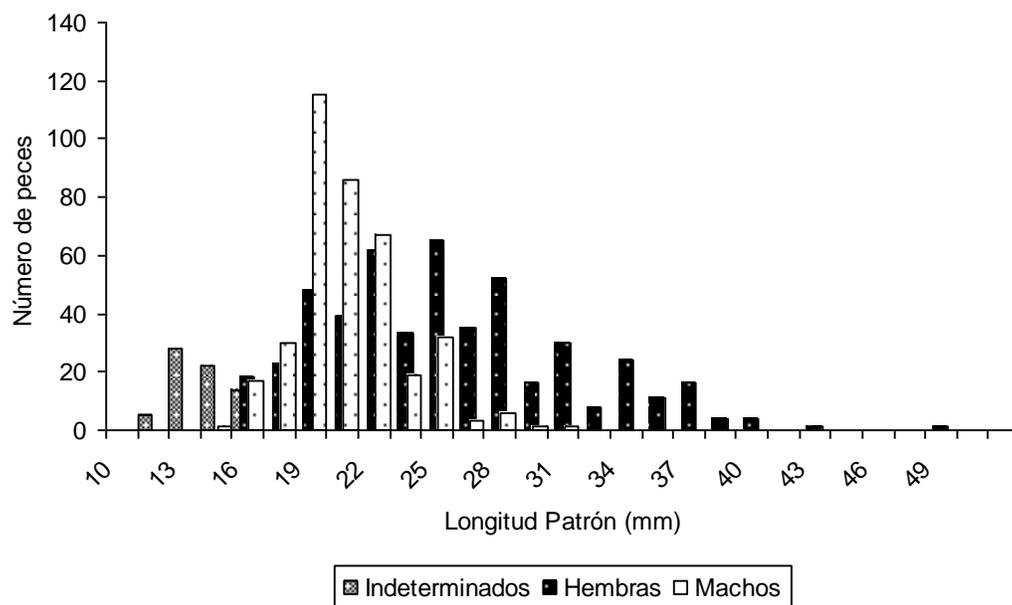


Figura 15. Distribución de frecuencias de tallas para *G. viviparus* por sexos

Análisis de frecuencia de tallas a través del método de powell wetherall

Mediante la utilización del método de Powell (1979), modificado por Wetherall (1986) y ajustando los intervalos de clase, se obtuvo L_{∞} y Z/K (cociente de la mortalidad total y el coeficiente de crecimiento).

Se calculó el valor de L_{∞} para la población total, así como para los machos y hembras debido al marcado dimorfismo sexual presente en esta especie, a partir de la frecuencia de tallas de cada uno, a través del paquete estadístico FISAT.

Mediante la fórmula $\bar{L} - L' = a + bL'$ y con los datos de las frecuencias de tallas, se estimó L_{∞} para la población total (figura 16), la cual fue de 53.43 mm con $r^2 = -0.958$, intercepto y pendiente igual a: $\bar{L} - L' = 10.24 + (-0.192) L'$. Para las hembras (figura 17) se obtuvo un $L_{\infty} = 55.73$ mm con $r^2 = -0.927$, intercepto y pendiente igual a: $\bar{L} - L' = 11.17 + (-0.200) L'$. Para los machos (figura 18) se obtuvo una $L_{\infty} = 36.53$ mm con $r^2 = -0.916$, intercepto y pendiente igual a: $\bar{L} - L' = 5.86 + (-0.160) L'$.

El valor de L_{∞} alcanzada es significativa ya que la longitud obtenida del muestreo fue de 48.0 mm para la población total, 48.0 mm para las hembras y de 31.0 mm para los machos.

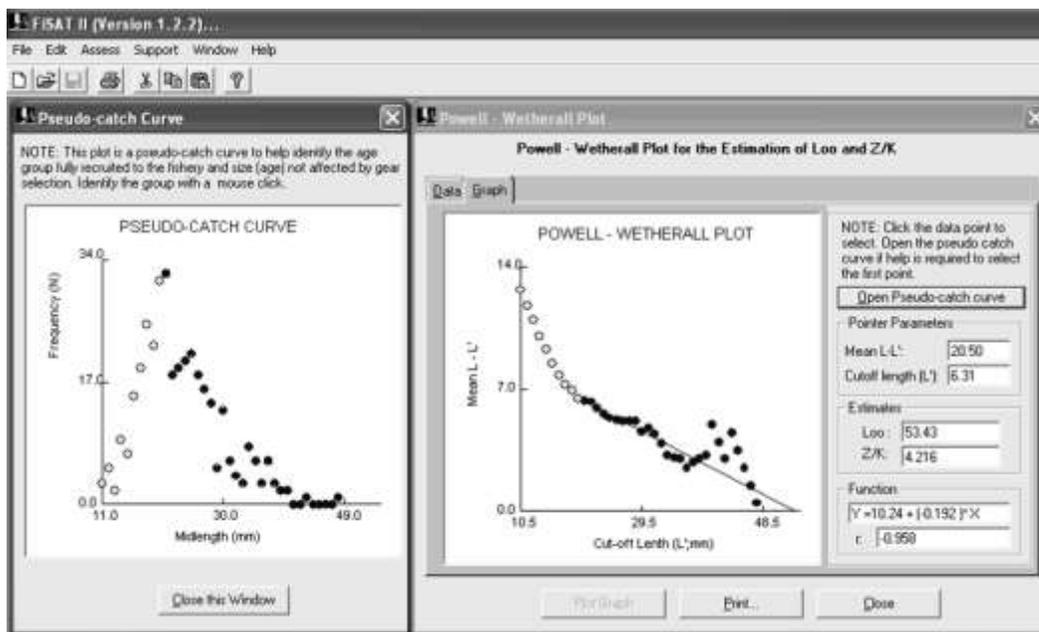


Figura 16. Estimación de L_{∞} por medio del método de Powell-Wetherall para la población total de *G. viviparus*

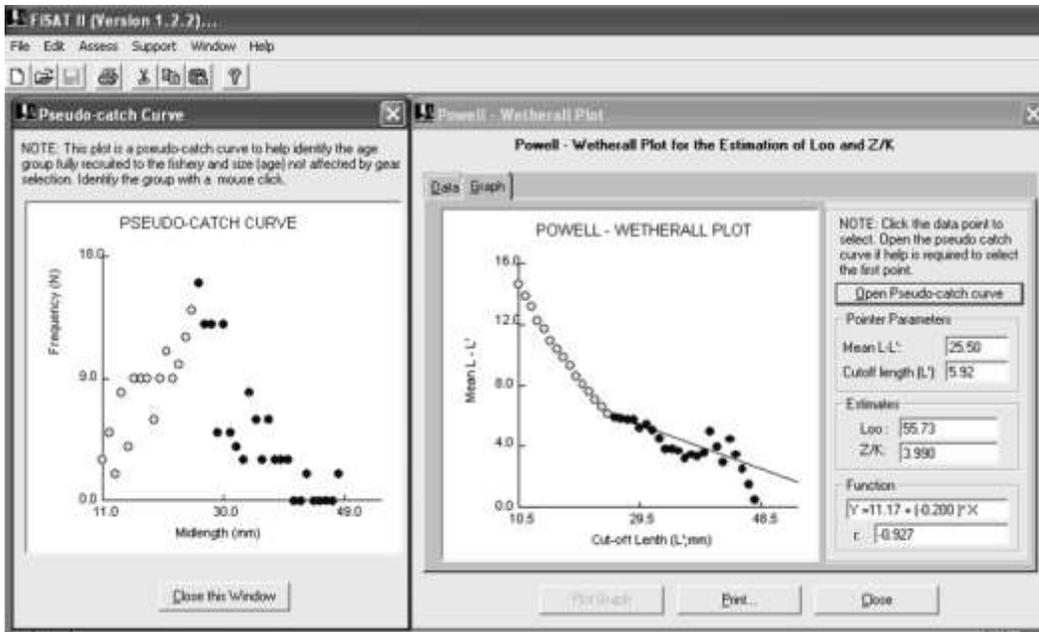


Figura 17. Estimación de L_{∞} por medio del método de Powell-Wetherall para las hembras de *G. viviparus*

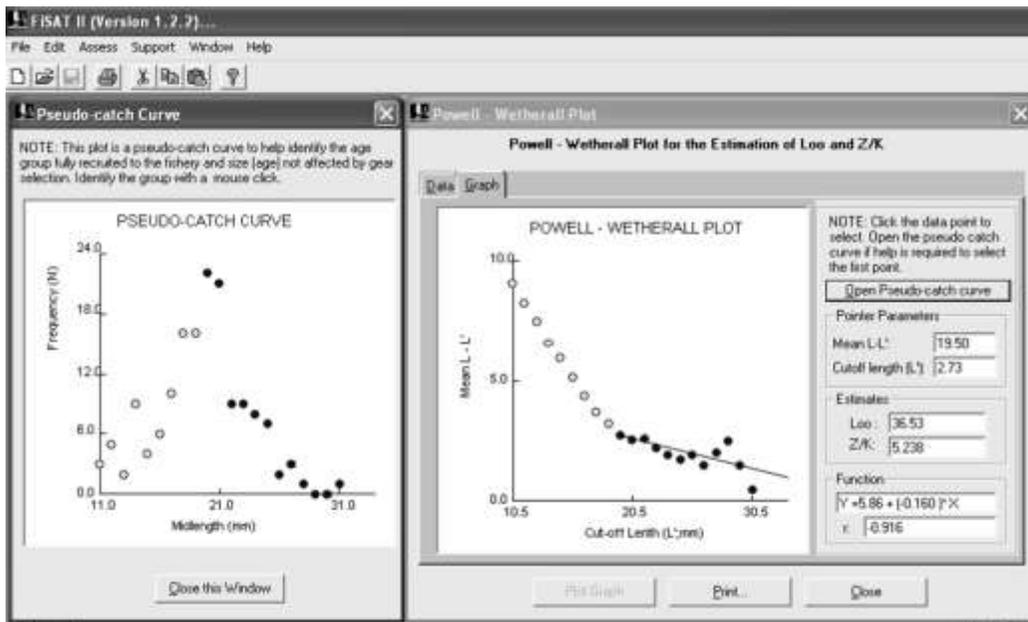


Figura 18. Estimación de L_{∞} por medio del método de Powell-Wetherall para los machos de *G. viviparus*

Edad y crecimiento

Determinación de la edad a partir del análisis de escamas

Se determinó la edad de 359 individuos de *G. viviparus* (206 hembras, 130 machos y 23 indeterminados), para lo cual se analizaron 1077 escamas de las cuales se obtuvo el número de *circulli* presentes en estas y el radio de la escama. La relación entre la longitud patrón y el radio total de la escama para la población total respondió al modelo de tipo logarítmico $L_p = 14.453\ln(R) + 40.017$ con un intercepto diferente al origen, lo que indica que no hay una proporcionalidad directa entre la escama y el cuerpo del pez (Figura 19).

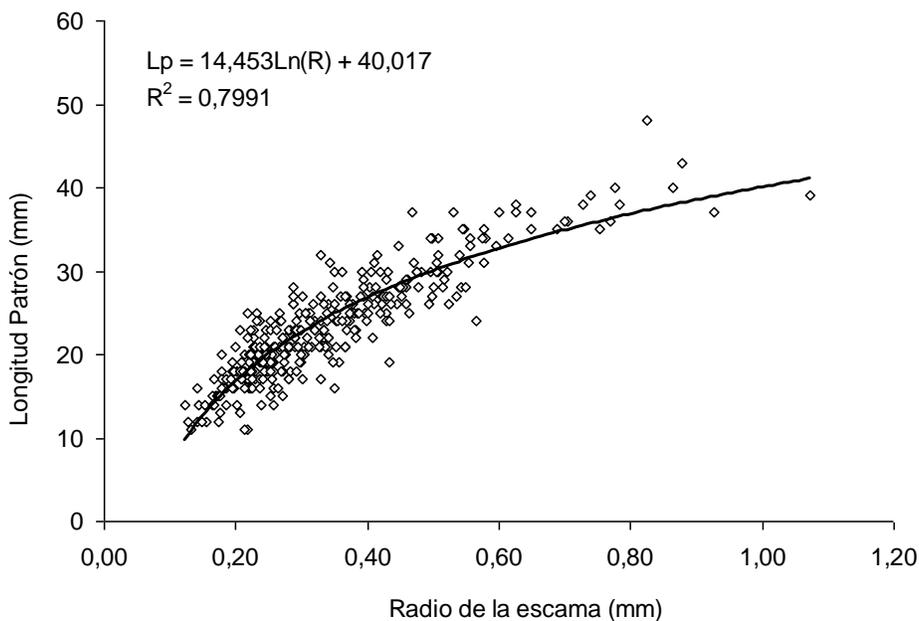


Figura 19. Relación de la escama-longitud patrón del pez

De acuerdo con el análisis de covarianza realizado entre el radio de la escama y la longitud patrón, existe diferencia significativa entre hembras y machos ($F=24.73$; $p<0.05$), por lo que se presentan los resultados tanto para las hembras como para los machos (Tabla 5 y figura 20 y 21).

Tabla 5. ANDECOVA de Radio escama-Longitud patrón por sexos

Fuente	Suma de C	gl	C Medios	F	Prob > F
Modelo	6.0867371	3	2.02891237	422.59	0.0000
Lp (mm)	1.69923991	1	1.69923991	353.93	0.0000
Lp (mm) *sexo	0.237505416	2	0.118752708	24.73	0.0000
Residuo	1.70439992	355	0.004801127		
Total	7.79113702	358	0.021762953		

Número de obs = 359 R-cuadrada = 0.7812
Raíz MSE = .06929 Adj R-cuadrada = 0.7794

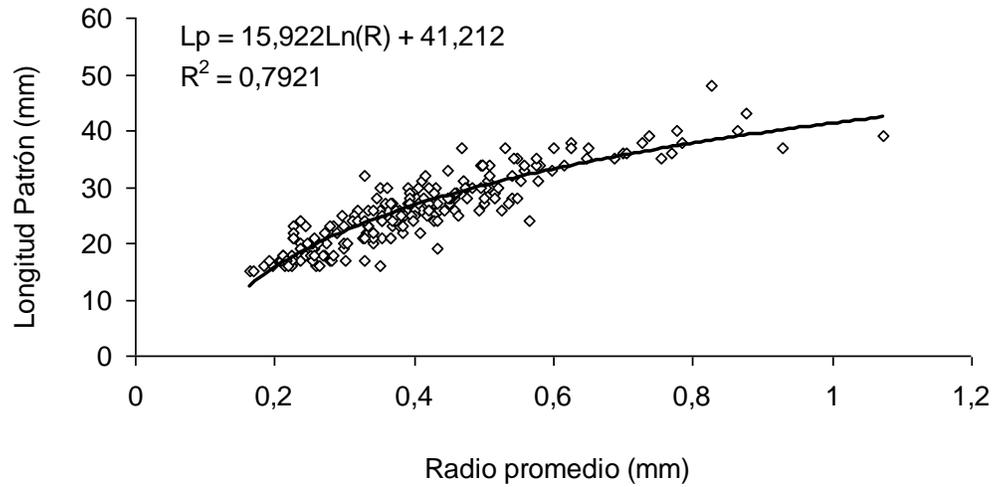


Figura 20. Relación longitud del pez y radio de la escama de las hembras de *G. viviparus*

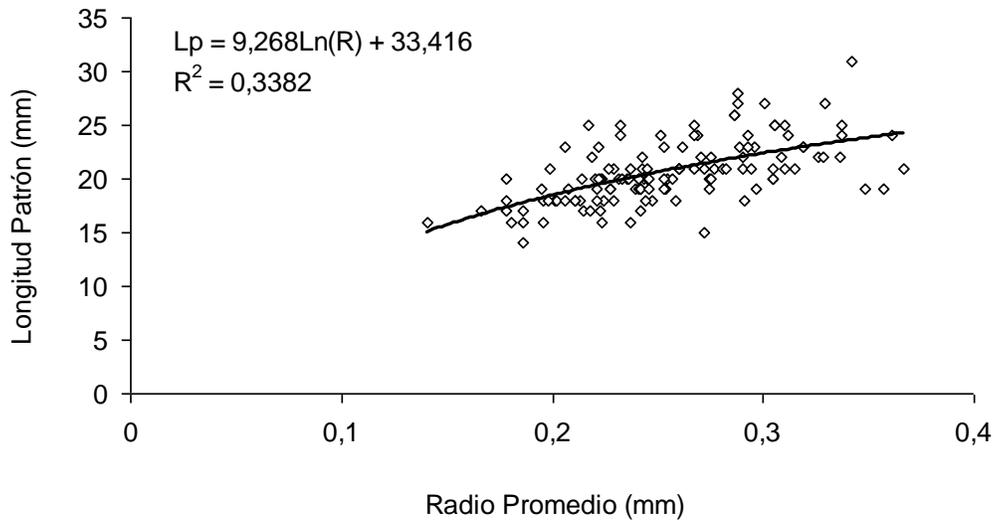


Figura 21. Relación longitud del pez y radio de la escama de los machos de *G. viviparus*

Para conocer el periodo de formación de los *circulli* se analizaron escamas de peces cultivados en una pecera bajo las siguientes condiciones ambientales (Temperatura del agua=19°C; oxígeno disuelto=5 mg/L; pH=9) durante un mes, determinándose así que cada 10 días se forma un nuevo *círculo*.

Con los datos de los círculos formados en las escamas y el periodo de formación de cada uno de estos, se obtuvieron las edades a diferentes longitudes para la población en general.

Debido a las diferencias significativas entre hembras y machos se obtuvieron 10 clases de edades para las hembras y 5 para los machos (los indeterminados solo registraron una edad por lo cual se integraron tanto a hembras como a machos). Se obtuvo como edad mínima 0.5 meses y como máxima 5 meses de edad, donde la mayoría de los organismos capturados eran de un mes de edad.

Crecimiento en longitud y en peso

Con base en lo anterior se obtuvieron los valores de las constantes de crecimiento por el método de Ford-Walfort (L_{∞}) y Beverton-Holft (K y t_0) de acuerdo el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, para la población total, hembras y machos (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de las constantes de crecimiento de von Bertalanffy

	L_{∞} (ml)	K	t_0 (mes)
Población Total	64.0	0.2349	-0.8261
Hembras	59.4	0.2769	-0.6651
Machos	41.69	0.5085	-0.5421

La relación longitud-edad para la población total muestra un crecimiento curvilíneo de acuerdo al modelo de crecimiento de von Bertalanffy (figura 22), en el que durante los 3.5 primeros meses de vida tienen un crecimiento rápido, después del cual comienza a disminuir conforme aumenta la edad.

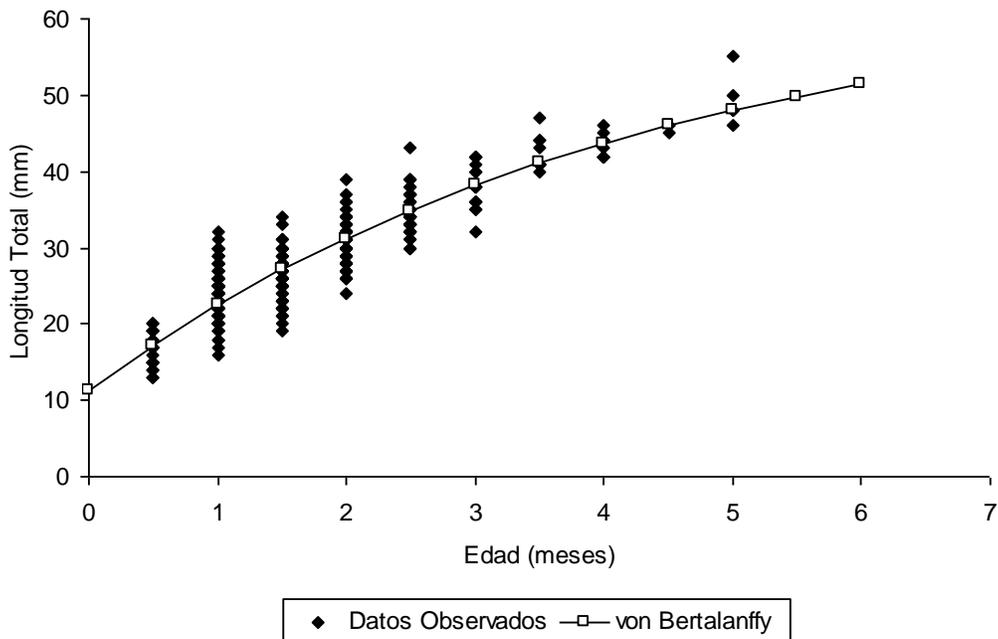


Figura 22. Curva de crecimiento en longitud para la población Total de *G. viviparus*

El modelo de crecimiento para las hembras muestra un crecimiento curvilíneo en el cual crecen de manera rápida durante los cuatro meses de vida, después del cual comienza a disminuir conforme aumenta la edad (figura 23); además, de que ellas alcanzan una mayor edad (cinco meses) y mayor longitud (55 mm) en comparación con los machos.

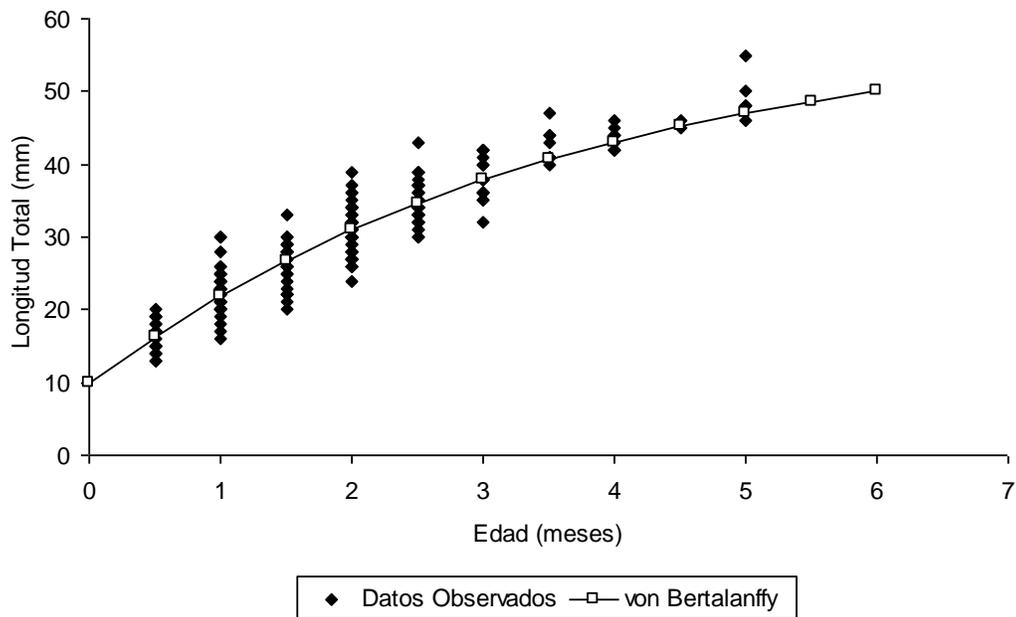


Figura 23. Curva de crecimiento en longitud para hembras de *G. viviparus*

El crecimiento en los machos se vio reflejado por un crecimiento rápido durante los dos primeros meses de vida y un crecimiento lento después de esta (figura 24), presentando una menor edad (2.5 meses) y talla menor (35 mm) que las hembras.

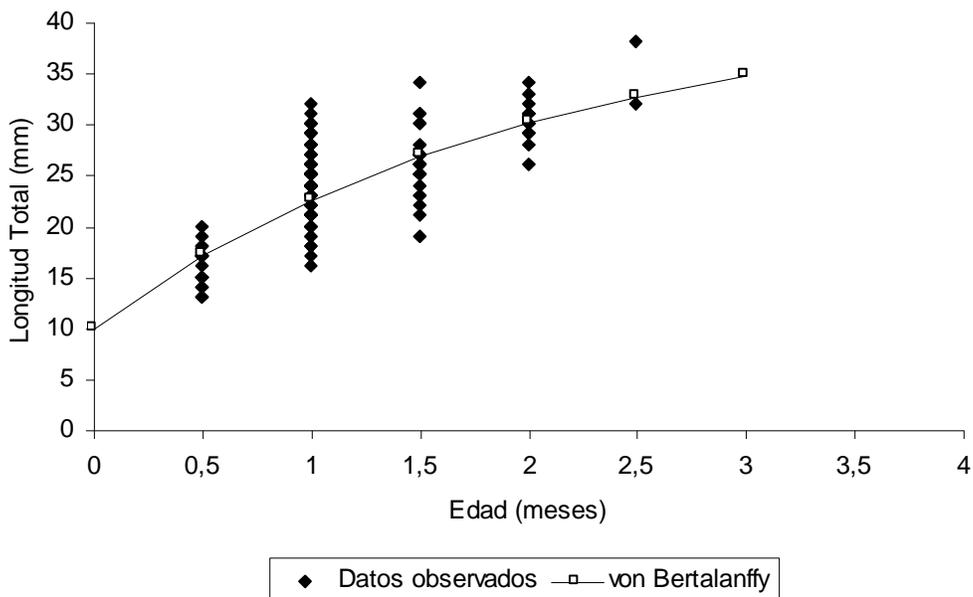


Figura 24. Curva de crecimiento en longitud para machos de *G. viviparus*

Mediante el análisis de regresión no lineal a través del paquete Stata se obtuvieron los valores de L_{∞} , K y t_0 para la población, hembras y machos como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Valores de las constantes de crecimiento de von Bertalanffy por el método no lineal

	L_{∞} (mm)	K	t_0 (mes)
Población Total	61.75	0.2601	-0.7126
Hembras	66.32	0.2309	-0.7333
Machos	54.07	0.3189	-0.6570

La figuras 25, 26 y 27 muestran la curva de crecimiento en longitud obtenidas por el método no lineal para la población total, hembras y machos respectivamente.

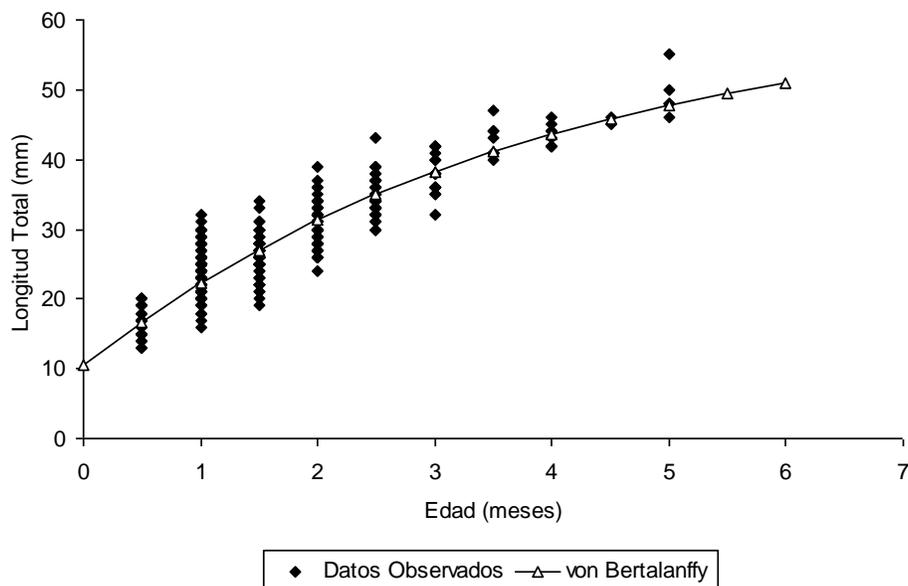


Figura 25. Curva de crecimiento en longitud para la población total de *G. viviparus*

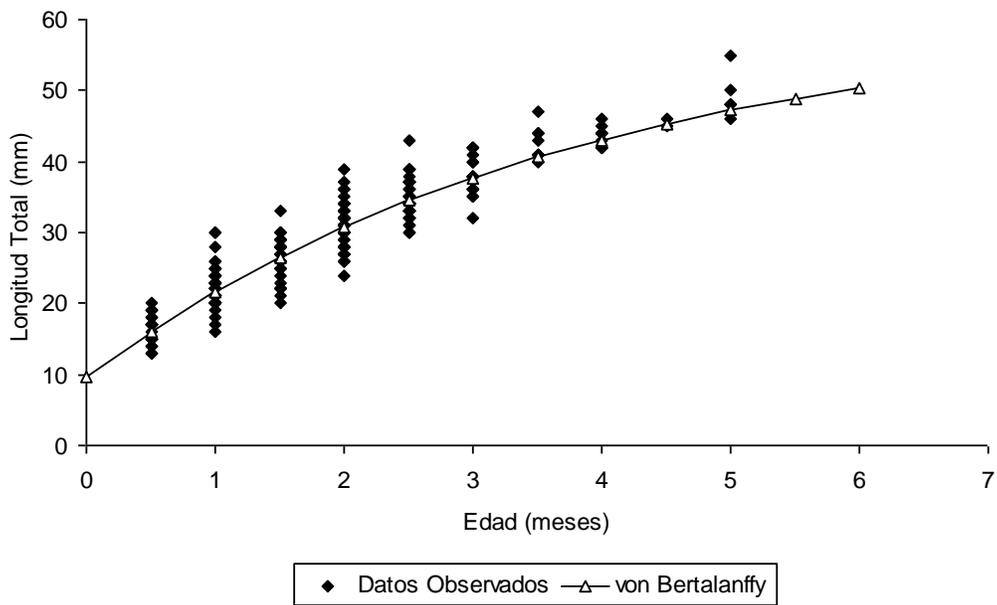


Figura 26. Curva de crecimiento en longitud para hembras de *G. viviparus*

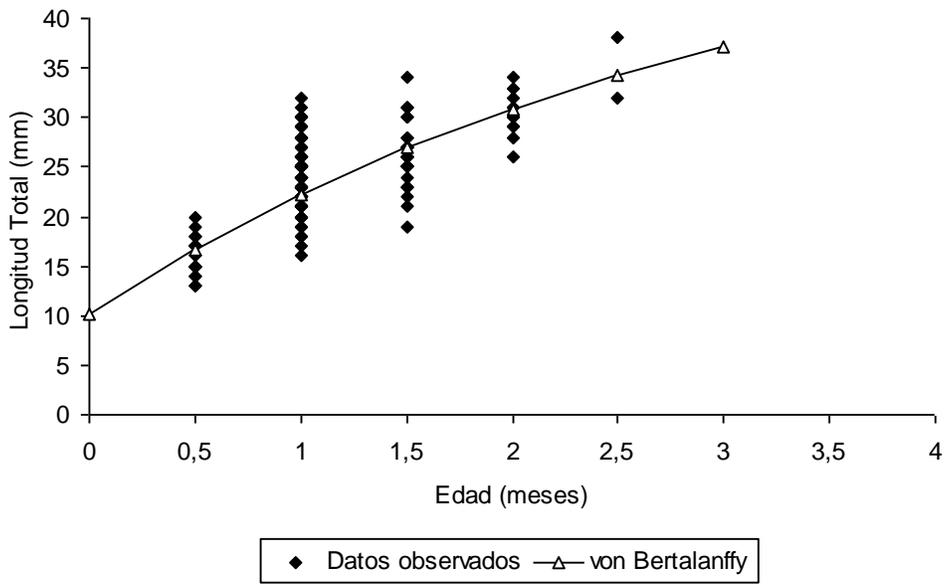


Figura 27. Curva de crecimiento en longitud para machos de *G. viviparus*

Con el valor de la pendiente de la relación peso-longitud y las constantes obtenidas por el método lineal de von Bertalanffy para las longitudes, se obtuvo la ecuación de crecimiento en peso para la población total, hembras y machos (Tabla 8, figura 28).

Tabla 8. Ecuaciones de crecimiento en peso de *G. viviparus*

	Ecuación en peso de von Bertalanffy
Población Total	$P_t = 7.1617 * (1 - e^{(-0.2349 * (t - (-0.8261)))})^{2.9775}$
Hembras	$P_t = 6.4744 * (1 - e^{(-0.2769 * (t - (-0.6651)))})^{3.0071}$
Machos	$P_t = 1.8795 * (1 - e^{(-0.5085 * (t - (-0.5421)))})^{2.9609}$

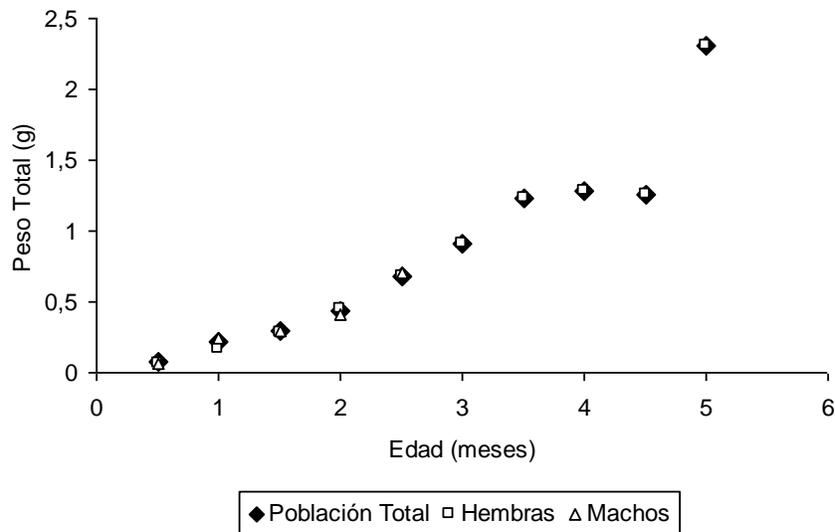


Figura 28. Curva de crecimiento en peso para la población total, hembras y machos de *G. viviparus*

Se realizó la prueba de T^2 de Hotelling (Bernard, 1981) implementado por Salgado-Ugarte *et al.*, (2005) para comparar si las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy de las hembras y los machos eran diferentes entre si. En la tabla 9 se observa que existieron diferencias significativas entre las hembras y los machos con un 95 % de confianza, mostrando claramente que la variable que afectó el crecimiento a lo largo de la vida del pez fue L_{∞} . Así mismo, se realizó la prueba con un nivel de confianza del 99% dentro del cual se mostró que existen diferencias entre las constantes del modelo de crecimiento entre las hembras y los machos (tabla 10).

Tabla 9. Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza (basada en Bernard, 1981)

Matriz S			Matriz S inversa					
	420.16879	-4.7736506	-7.4531604		.236608791	24.0737405	-2.21436213	
		.05496006	.08743221			2635.65364	-330.954257	
			.1541469				87.138086	
<hr/>								
	-12.2587	0.0880	0.0762		= [P1 - P2]'			
<hr/>								
T^2 =	14.1058	T^2_0.05: 3,11 =	12.7191	F_0.05: 3,11 =	3.5874			
<hr/>								
Intervalo de Confianza del 95%						F Critica		
	-52.2993	<= L_inf1 - L_inf2	<=	27.7819	0.3363			
	-0.3699	<= K1 - K2	<=	0.5459	0.1325			
	-0.6907	<= t_o1 - t_o2	<=	0.8431	0.0354			

=====

S=Matriz varianza-covarianza, P=Valores de los parámetros de crecimiento, T²=Estatístico de Hotelling

Tabla 10. Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 99% de confianza (basada en Bernard, 1981)

Matriz S			Matriz S inversa					
	420.16879	-4.7736506	-7.4531604		.236608791	24.0737405	-2.21436213	
		.05496006	.08743221			2635.65364	-330.954257	
			.1541469				87.138086	
<hr/>								
	-12.2587	0.0880	0.0762		= [P1 - P2]'			
<hr/>								
T^2 =	14.1058	T^2_0.01: 3,11 =	22.0411	F_0.01: 3,11 =	6.2167			

Las funciones de crecimiento no son diferentes al 99% de nivel de confianza

=====

S=Matriz varianza-covarianza, P=Valores de los parámetros de crecimiento, T²=Estatístico de Hotelling

DISCUSIÓN

Parámetros físicos y químicos

Dentro de los parámetros físicos y químicos del agua del Lago del Parque de la Alameda Oriente se encuentran los sólidos totales disueltos los cuales corresponden a la cantidad tanto de sustancias de origen inorgánico como orgánico y su importancia en el manejo de la calidad del agua radica en poder dimensionar las condiciones edáficas, la salinidad y los niveles de productividad natural del ecosistema, puesto que incide en la turbiedad de la columna, en la capacidad de penetración lumínica y procesos bioenergéticos (fotosíntesis) (Sandoval, 2007). Esto indica que aguas oligotróficas presentan valores bajos (entre 10 y 25 mg/L), mientras que aguas de naturaleza trófica como el presente sistema, tienden a aumentar considerablemente estos valores (entre 50 y 200 mg/L) por el aporte de material alóctono y la procedencia que es de la planta de Bombeo lo que le caracteriza una gran cantidad de materiales.

La transparencia del agua, expresada usualmente como la profundidad de visión al disco de Secchi, que presentó el agua de la esclusa fue mayor en el mes de Julio (0.12 m) como resultado en parte de la cantidad de sólidos totales disueltos en el sitio de muestreo (794 ppm) así como la calidad, ya que se trata de aguas tratadas. Si se toma en cuenta que durante este mes comenzó la época de lluvias en la cual la profundidad del sistema tuvo la tendencia a aumentar, los niveles de conductividad y sólidos disueltos disminuyeron y por lo tanto, la visibilidad al disco de Secchi aumentó. El sistema durante toda la época de muestreo no presentó tanta variabilidad en la visibilidad, la cual dependió en su mayoría de la cantidad de materia orgánica o plancton (fitoplancton) que le confirió al sistema el color verde que presenta. La media de la transparencia fue de 0.07 m clasificando al sistema como agua turbia, aunque de acuerdo con Sandoval (2007) si la turbidez del agua es alta, habrá muchas partículas suspendidas en ella y estas a su vez bloquearán la luz solar y evitarán que las plantas acuáticas obtengan la luz solar que necesitan para la fotosíntesis. Las plantas producirán menos oxígeno y con ello bajarán los niveles de oxígeno disuelto. Las plantas morirán más fácilmente y serán descompuestas por las bacterias en el agua, lo que reducirá los niveles de oxígeno disuelto aún más.

Scheffer (1998) menciona que los lagos someros como el presente, son típicamente polimícticos, debido a que la acción del viento provoca la mezcla de la columna de agua, alterando su estabilidad e impidiendo la limitación de nutrientes, lo cual favorece el crecimiento de especies algales con bajas tasas de sedimentación y altas tasas de crecimiento, lo que le confiere un alto grado de turbidez al agua y por lo tanto, la transparencia es mínima. Sin embargo, de acuerdo con el estudio realizado y dada las condiciones de visibilidad presentes, estas permitieron el desarrollo de la especie *G. viviparus*, la cual se desarrolla en cuerpos de agua turbias (Ávila, 2000).

La conductividad es una medida de la resistencia de una solución al flujo eléctrico, por consiguiente, mide la cantidad de iones y los correlaciona con los sólidos disueltos y la salinidad (Sandoval, 2007). La conductividad al igual que la transparencia depende en su mayoría de los sólidos totales (disueltos y suspendidos) en el cuerpo de agua. Esta se

presentó durante todo el muestreo proporcional a la cantidad de sólidos disueltos, es decir, a mayor cantidad de sólidos mayor fue la conductividad, esto debido a que el sistema es alimentado por aguas tratadas que en su mayoría presentan gran concentración de iones lo que le confieren la alta conductividad que presenta.

Resultados similares fueron reportados por Salazar (1981) quien trabajo en el embalse Requena. Sin embargo años más tarde, Navarrete-Salgado *et al* (2003) trabajaron en el lago de Chapultepec y en Requena, en donde en el primero registraron niveles de 428-439 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la especie aún se encuentra presente, pero en el lago Requena menciona que bajo esas condiciones de conductividad los organismos fallecen, razón por la cual ya no se encuentra la especie en dicho sistema.

Pineda-Mendoza *et al* (2011) realizaron un muestreo para caracterizar las cianobacterias presentes en el lago de la Alameda Oriente y de acuerdo al análisis de la calidad del agua, reportaron una conductividad de 1923 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el segundo estanque (segunda esclusa) del lago, resultados similares a los obtenidos en el presente estudio, ya que la conductividad osciló entre los 1526.5-2233.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y se encuentran por debajo de los niveles reportados por Ojendis (1985) en la parte norte del exlago de Texcoco, donde registró valores de 2000-8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dentro de los cuales se desarrolla *G. viviparus*.

En general la conductividad en los cuerpos de agua dulce varía entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Boyd, 1982) y en nuestro país oscila entre 20 y 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Arredondo-Figueroa, 1986). Sedeño-Díaz y López-López (2009) reporta que la especie *G. viviparus* se desarrolla dentro de niveles de conductividad de $10,254 \pm 444 \mu\text{S}/\text{cm}$. De acuerdo a lo reportado anteriormente, esta especie se le ha encontrado a niveles de conductividad bajos y a niveles tan altos como en el presente estudio, lo que demuestra su capacidad de adaptabilidad a los cambios tan elevados en la calidad del agua para su sobrevivencia y por lo tanto, el desarrollo de la especie dentro de la esclusa.

La temperatura es uno de los parámetros más importantes en el agua y por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, etc. La temperatura del agua tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto y la supervivencia de las especies acuáticas, puede afectar funciones vitales de los peces tales como la respiración, reproducción, metabolismo, etc. Es un factor que afecta directamente el metabolismo de los animales (Re *et al.*, 2004). A medida que aumenta la temperatura, también aumenta la tasa metabólica y viceversa (Prosser, 1986; Huey y Bennett, 1990; Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997; Gillooly *et al.*, 2001; Martínez-Porchas, 2005). Al incrementarse la tasa metabólica también lo hace la demanda energética (Clarck y Seymour, 2006), por lo cual, el organismo consume una mayor cantidad de alimento, provocando que la tasa de crecimiento también se vea incrementada.

La temperatura del agua se registró con comportamiento en dos etapas; la época de frío-secas y la época de calor-lluvias. Esta variable disminuyó a partir de octubre hasta febrero mostrando una mínima de 16.3°C en el mes de Enero; la cual aumentó a partir de marzo hasta septiembre con una máxima de 24.5°C en el mes de Junio, esto debido a la temporada

de calor y frío que se presenta durante todo el año. *G. viviparus* se desarrolla dentro de límites de temperatura de los 13°C hasta los 21°C (Sedeño-Díaz y López-López, 2009) y de acuerdo a los resultados obtenidos para el agua de la esclusa, se puede calificar como un sistema apto para el desarrollo de esta especie. Cabe señalar que Godínez (2001), reportó un favorecimiento en el mantenimiento y reproducción de esta especie en laboratorio a una temperatura de 24.54 °C. Así mismo, Navarrete-Salgado *et al.* (2003) recolectaron esta especie del lago de Chapultepec a temperaturas de 20°C.

El pH mide la acidez relativa del agua. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5.0 o mayor a 9.5 no son adecuadas para la vida vegetal y animal (Arredondo-Figueroa, 1986; Sandoval, 2007). Con valores de pH menores que 6.0 y mayor que 9.0, el crecimiento de las especies es pobre, mientras que entre 6.8 y 9.0 los valores son adecuados para la piscicultura (Sandoval, 2007).

Navarrete-Salgado *et al.* (2003) reportaron un pH de 8.3 y 8.7 en el lago de Chapultepec donde se recolectó *G. viviparus*. Así mismo, Navarrete-Salgado *et al.* 2007, reportaron en el embalse San Miguel Arco a *G. multiradiatus* a un pH promedio de 7.84 ± 1.94 . Pineda-Mendoza *et al.* (2011), reportaron valores de pH de 10.74 en el segundo estanque de la alameda. En el presente estudio el pH se mantuvo casi estable durante todo el periodo de muestreo con una media de 9.71 con un máximo de 10.5 en Mayo y un mínimo de 9.2 en Diciembre 2009 y Enero 2010, el sistema es calificado como de tipo alcalino (Wetzel, 1994) por la presencia de carbonatos en grandes concentraciones, no así afectando el desarrollo de la especie la cual se encuentra dentro del intervalo de pH que va de 7.2 a 7.6 (Ávila, 2000), pero se sabe que es una especie que fácilmente se adapta a cualquier tipo de sistema y esto demuestra su evolución y adaptación a las condiciones físicas y químicas que se registran en el sistema acuático a lo largo del año (Díaz-Pardo, 2002).

La concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador del nivel de contaminación del agua y el soporte a la vida vegetal y animal. Generalmente un nivel más alto (8 mg/L) de oxígeno disuelto indica mejor calidad del agua y si los niveles están demasiados bajos (2 mg/L) puede afectar algunos organismos y peces (Sandoval, 2007).

La mayor parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno del aire disuelto en esta. También es producido por la fotosíntesis que llevan a cabo las plantas acuáticas, así como por las algas debido a la alta radiación solar, sin olvidar que la temperatura afecta directamente los niveles de oxígeno disuelto en el agua, en tanto que el agua más fría puede solubilizar más oxígeno en ella que el agua más caliente. Navarrete-Salgado *et al.* (2007), reportaron en el embalse San Miguel Arco a *G. multiradiatus* en niveles de oxígeno disuelto de 8.78 ± 2.40 mg/L. Ávila (2000) reporta a *G. viviparus* en el lago de Xochimilco a concentraciones de oxígeno de 6-15 mg/L. En el estudio realizado se reportan datos entre 1.2 y 14.4 mg/L, sin olvidar que noviembre fue el mes de mayor abundancia de individuos a pesar de los niveles tan bajos de oxígeno, esto pudo haber sido por que los individuos migran dentro del sistema a zonas donde la temperatura no presente tanta variabilidad y se registren mejores condiciones de oxígeno, recalando que no todo el sistema de agua presenta la misma temperatura, ya que hay espacios donde hay mayor florecimiento de algas donde se llevará a cabo la fotosíntesis y habrá mayor producción de oxígeno disuelto.

La alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad. Está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica (Sandoval, 2007).

La alcalinidad desempeña un papel principal en la productividad, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de los lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa. Arredondo-Figueroa y Ponce-Palafox (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas. La alcalinidad presentó su máximo (1241 mg/L) en Enero (valor sobre-estimado) de 2010 y su mínimo (79 mg/L) en Noviembre de 2009, por lo que el sistema es considerado como alcalino muy productivo. Se sabe que entre mayor el pH, mayor es su alcalinidad, dentro del estudio se observaron valores de pH casi constantes e igual que la alcalinidad, excepto en Noviembre y diciembre donde la alcalinidad disminuyó drásticamente y en Enero donde se registró su valor más alto. Navarrete-Salgado *et al.* (2003) reportaron la abundancia de *G. viviparus* a niveles de alcalinidad bajos entre 79.2-98 mg/L. Esta especie se adapta fácilmente a las condiciones ambientales de la mayoría de los cuerpos de agua, por lo que permite su fácil desarrollo, la cual se encuentra a alcalinidades de 412 ± 70.21 mg CaCO₃/L (Sedeño-Díaz y López-López, 2009).

La dureza indica presencia de iones calcio y magnesio en el agua. Según Swingle (1969) y Arredondo-Figueroa (1986) las aguas duras se encuentran en intervalos de 150-300 mg/L. El sistema mostró datos que van de 160-206 mg/L, lo cual lo clasifica como un sistema de aguas duras. Las aguas blandas son biológicamente poco productivas; mientras que las aguas con valores altos de dureza son muy productivas.

Flores (1991) y Navarrete-salgado *et al.* (2003), reportaron valores de dureza de entre 89.6-103.4 mg/L. En el estudio realizado se registraron mínimos en el mes de Septiembre (160 mg/L) y máximos en el mes de Diciembre y Abril (206 mg/L), mismas que son importantes para la productividad primaria y que demuestran una vez más la capacidad de adaptabilidad de esta especie a los cambios drásticos de su hábitat, ya que se reportaron en la presente investigación datos de dureza para su desarrollo y sobrevivencia de 1,549 mg CaCO₃/L.

Biometría de la especie

Se obtuvo un total de 937 organismos de *G. viviparus* de la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente, dentro del periodo comprendido de Septiembre de 2009 a Agosto de 2010, con un registro de la talla más alta de 55 mm de longitud total en hembras y una talla de 38 mm de longitud total en los machos. Del análisis realizado a cada uno de los peces se observó un marcado dimorfismo sexual, al ser las hembras mucho más grandes y pesadas que los machos, presentando estos últimos características distintivas como la coloración negra de la aleta caudal y anal así como la presencia de un gonopodio.

Godínez (2001) en condiciones de laboratorio con parámetros físicos y químicos controlados para el mejor desarrollo de la especie, registró tallas de 57 mm para hembras y 39 mm en machos, lo que determina la fácil adaptación de esta especie a cambios en la calidad del agua, como en el presente estudio.

Cabe mencionar que Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) analizaron hembras entre 21 y 55 mm de longitud estándar procedentes de Xochimilco y Ojendis (1985) reportó una hembra grávida de 68 mm de longitud total; por lo que los valores obtenidos en el presente estudio se encuentra por debajo de lo reportado por estudios anteriores, esto como resultado de otros factores no relacionados con la calidad del agua ya que de acuerdo con Díaz-Pardo (2002) esta especie no tiene preferencia por ningún tipo de ecosistema, ya que se desarrolla de manera adecuada tanto en aguas corrientes como en cuerpos lacustres naturales y artificiales; así como aguas dulces y aguas con altas cantidades de sales. Esto se le puede atribuir a que al presentar esta especie un ciclo reproductivo múltiple, esto hace que varios especímenes se alejen de la superficie para llevar a cabo su reproducción o para el nacimiento de sus crías y que la mayoría de los organismos juveniles se encuentren en la superficie y sean de fácil captura.

Nikolsky (1963) menciona que las grandes tallas de las hembras son el resultado de una tasa de crecimiento diferencial con respecto a los machos. Gómez-Márquez *et al.* (2010) citan para *Poeciliopsis gracilis* los mismos resultados y Snelson (1989) reporta que las hembras viven más tiempo y crecen más que los machos de los poecílicos; esto se debe a que los machos dejan de crecer o disminuyen la tasa de crecimiento después de que el gonopodio ha sido formado completamente y no viven mucho tiempo después de que han alcanzado la madurez.

Proporción por sexos

De acuerdo con Nikolsky (1963) la proporción esperada debe ser de 1:1 (macho:hembra) para la mayoría de las especies; sin embargo, puede existir diferencias entre poblaciones de la misma especie o bien dentro de una misma población.

La proporción sexual de *G. viviparus* fue de 1:1.29 (macho:hembra), del cual el 53% correspondió a hembras y el 40% a machos. Aunque durante la captura mensual se observó un dominio de las hembras sobre los machos durante la mayor parte del año; se mostró una dominancia de machos sobre hembras en el mes de octubre de 2009, mayo, junio y julio de 2010, debido a la época de reproducción en la cual quizá la mayoría de las hembras se alejan de la superficie para llevar a cabo su cortejo prenupcial o el nacimiento de sus crías.

Castillo (2011) reportó para *G. viviparus* dentro del lago Alameda Oriente una proporción de 1:1.28 (macho:hembra) lo que determina la dominancia de las hembras sobre los machos a través del tiempo sin relación alguna con la calidad del agua o algún otro factor interno o externo.

Ojendis (1985) mencionó que en la parte norte del ex-Lago de Texcoco existe el dominio de las hembras sobre los machos con una proporción de 68% hembras y 32% machos, es decir, dos hembras por un macho, observando una proporción equilibrada durante la primavera de 56.64% hembras y 43.36% machos. Al igual que Terrón (1994), observó una predominancia de hembras sobre los machos durante todo el año en el embalse La Goleta.

Flores (1991) también reportó un dominio de hembras sobre los machos durante todo periodo de muestreo en los lagos de Chapultepec, haciendo hincapié que las hembras dominaban durante la época reproductiva y los machos durante el periodo no reproducido que era en los meses fríos. Así mismo, recalcó que el incremento en el número de individuos era en la época más cálida.

Snelson (1989) cita que la preponderancia de las hembras puede ser atribuida a la mortalidad diferencial de los sexos, porque las hembras tiene altas tasas de supervivencia debido a grandes tamaños, larga esperanza de vida, colores menos conspicuos y más resistencia al rigor del esfuerzo reproductivo y a las condiciones ambientales poco favorables en comparación con los machos. Además, los machos sufren altas tasas de mortalidad atribuible a diferentes causas entre las que se incluyen la depredación, gran susceptibilidad al estrés y acelerada edad fisiológica.

Además, respecto a la distribución de sexos diferencial, VanAerle *et al.* (2004), Devlin y Nagahama (2002) y Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza (2010) señalan que existen una gran variedad de mecanismos que determinan el sexo. Estos pueden ser genéticos o depender de las condiciones ambientales tales como la temperatura, pH y factores de la comunidad, los cuales todos pueden influenciar la proporción sexual en una población. De acuerdo a Devlin y Nagahama (2002), las fluctuaciones de la temperatura en los diferentes hábitats donde viven los peces, pueden alterar las rutas bioquímicas de la determinación sexual y actuar sobre un individuo para inducir el desarrollo de un macho o de una hembra

Salazar (1981), reportó para el embalse Requena que la máxima captura de esta especie se obtuvo en el mes de julio y la mínima en el mes de abril del mismo año, atribuyéndolo a las condiciones ambientales, las cuales en los meses cálidos reflejaban mejores condiciones de temperatura y oxígeno disuelto, contrario a lo que ocurría en los meses fríos donde las concentraciones de estos parámetros disminuían favoreciendo la escasa presencia de la especie. Al igual Terrón (1994) observó una abundancia máxima en el mes de Abril y una mínima en el mes de Julio en el embalse “La Goleta” atribuyéndoselo a las condiciones ambientales.

La máxima abundancia de esta especie en el presente estudio se dio en los meses de septiembre a diciembre con una máxima en el mes de noviembre. Esto se le puede atribuir al hecho de que la especie migre a zonas dentro de la esclusa con temperaturas más cálidas que puede ser la superficie, además del posible aporte de materia orgánica como fuente de alimento por el lavado de la zona litoral, a pesar de tener un suministro de agua tratada. La mínima abundancia se dio a partir del mes de enero hasta agosto con un mínimo en el mes de junio, probablemente al ser la época de reproducción de esta especie, en la cual tienden a alejarse de la superficie del lago al igual que pueden migrar a otras zonas dentro de la

misma esclusa para llevar a cabo su cortejo prenupcial y su reproducción o probablemente a la inundación a la que estuvo expuesto el lago en la temporada de lluvias.

Relaciones Biométricas

Longitud Total-Longitud Patrón

La longitud total máxima registrada fue de 55 mm en hembras y 38 mm en machos, datos parecidos a los de Castillo (2011) que registró una talla máxima de 59 mm en hembras y 30 mm en machos. Estas pequeñas diferencias se pueden deber al área de captura o a otros factores no relacionados con la calidad del agua, como el arte de pesca o la zona donde se llevó a cabo la captura así como la época reproductiva.

La relación entre la longitud total y la longitud patrón fue de tipo lineal con un índice de correlación alto $r^2 = 0.9936$, lo que significa que se puede determinar el valor de una variable a partir de la otra en estudios futuros, principalmente cuando se desea comparar diferentes estudios en los cuales las variables de la talla utilizadas es diferente.

Relación Peso Total-Longitud Patrón

Es importante para el estudio del ciclo de vida de una especie, conocer su crecimiento en longitud y peso, puesto que poblaciones de una misma especie pueden presentar tasas diferentes de crecimiento ponderal (Vazzoler, 1981). Entre las utilidades más frecuentes de esta relación se destacan la posibilidad de determinar indirectamente el peso a través de la longitud y viceversa, la comparación de la biomasa de la población para estimar de manera indirecta la producción, estimar la condición del pez en relación con el almacenamiento de grasa y desarrollo gonadal, así como permitir el análisis indirecto del ritmo de crecimiento (Manríquez, 2005).

Salazar (1981), reportó un crecimiento de tipo alométrico positivo para *G. viviparus* tanto para hembras como para machos con una pendiente de 3.41 para hembras y 3.16 para machos, ya que existen cambios en tamaño y peso a través del tiempo y no se cumple el valor teórico de $b=3$ para que el crecimiento fuera isométrico.

Resultados de Flores (1991), indican un crecimiento isométrico en el Lago de Chapultepec para esta especie. Terrón (1994), observó un crecimiento alométrico, debido probablemente al aumento de peso durante la maduración sexual y al grado de gordura del pez. Cedillo (1997), reportó un crecimiento de tipo alométrico durante todo el año para la población de *G. viviparus* en el embalse de Los Arcos. De igual manera Navarrete-Salgado *et al.* (2007) reportaron un crecimiento alométrico para la población de *G. multiradiatus* en el embalse San Miguel arco durante las cuatro estaciones del año.

El valor de la pendiente de la relación peso-longitud para las hembras del Lago de la Alameda Oriente fue de 3.007 y el de los indeterminados de 3.31, por lo que fue alométrico positivo con tendencia a la isometría de acuerdo con la *t-Student*, indicando que fueron más

pesados en relación a su longitud. Las hembras presentan características que las hace diferentes a los machos, como en la época de reproducción en la que se caracterizan por un abultamiento en el abdomen debido a la viviparidad que presentan, lo que las hace más pesadas.

El tipo de crecimiento que presentaron los machos fue alométrico negativo con tendencia a la isometría, dado por el valor de la pendiente igual a 2.98 de la relación peso-longitud y la prueba *t-Student* indica una tendencia a la isometría, lo que determina que fueron menos pesados en relación con su longitud, debido a su marcado dimorfismo sexual en el que estos alcanzan tallas menores que las hembras.

Castillo (2011) obtuvo valores similares al presente estudio donde reportó que las hembras presentaron un crecimiento de tipo alométrico positivo y los machos un crecimiento de tipo alométrico negativo pero con tendencia a la isometría en ambos.

El crecimiento tiene una relación directa con el factor de condición de la especie, ya que las hembras presenta un incremento en peso debido por el desarrollo de la gónada debido a que una vez fecundadas los embriones se desarrollan dentro de esta, por lo que la condición aumenta.

Wootton (1990) menciona que estas diferencias podrían ser porque la relación longitud-peso puede ser influenciada por el sexo, la madurez gonádica, la localización geográfica y las condiciones ambientales. Además, la relación entre la longitud y el peso provee de un índice (de condición) frecuentemente utilizado por los biólogos pesqueros para cuantificar el estado de bienestar de los peces.

Factor de condición de Fulton

Murphy *et al.* (1991; citado por González *et al.*, 2006) mencionan que el factor de condición provee una evaluación útil acerca del estado de “bienestar” de los peces y representa una forma indirecta de evaluar las relaciones ecológicas y los efectos de diferentes estrategias de manejo.

El factor de condición (K) expresa la relación volumétrica en función del peso. Dicho factor puede indicar el estado nutritivo de los organismos y, en cultivo, es útil para comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra pudiendo asociarse a una valoración de la contextura o estado de delgadez o gordura (Martínez Millán, 1987). Hay variaciones interespecíficas de K y para una especie determinada puede variar ampliamente, ya que sobre él influyen entre otros factores la temperatura, cantidad y calidad de alimento y estado reproductivo (García-García *et al.*, 2001; citado en García-García y Cerezo, 2002).

Chavance *et al.* (1984) señalan que biológicamente la constante de regresión está relacionada con la condición promedio de los organismos en la población, cuyos valores

permiten conocer el periodo en el que los individuos obtienen su máxima ganancia en biomasa.

Salazar (1981) reportó para *G. viviparus* una diferencia de peso entre hembras y machos para todos los meses del año, siempre siendo las hembras más gordas que los machos, estos a su vez siempre manteniendo sus proporciones corporales. Registró una época de febrero y marzo en donde se alcanzan los más altos valores y otra de julio y agosto con valores más bajos debido al decremento en peso por el crecimiento en abril y mayo y el resto de los meses con proporciones corporales constantes. De igual forma Flores (1991) reportó que el factor de condición mensual revela que las hembras poseen una mejor condición física, especialmente en la época reproductiva, mientras que los machos en los últimos meses después de pasada esta época, decrecen en relación al factor obtenido en la época reproductiva, atribuyéndoselo al esfuerzo realizado en la misma. Asimismo Carrasco (2005) registró un valor de condición de 0.013 para *G. multiradiatus* en el embalse La Goleta, resultando ser pesados para su longitud, debido al incremento en peso para la maduración sexual.

Navarrete-Salgado *et al.* (2007), reportaron para *G. multiradiatus* en el embalse San Miguel Arco un factor de condición mayor en primavera (0.0740) y menor en invierno (0.0110), indicando que el ritmo de crecimiento es diferente tanto en longitud como en peso, ya que durante la primavera los peces tienen un peso mayor debido al desarrollo de las gónadas en el caso de las hembras, porque estas al ser fecundadas conservan los embriones dentro del ovario. No siendo así en la época de invierno, en el cual el pez se tiene que acondicionar para esta temporada por lo que su condición disminuye.

El factor de condición en el presente estudio no presentó variaciones a lo largo de la época de muestreo tanto en hembras como en machos, ya que se pudo observar que ambos siguen la misma tendencia. Los machos presentaron valores constantes durante casi toda la época de muestreo y solo se pudo observar máximos en Abril, Junio y Julio en el que se puede decir que estaban gordos en relación a su longitud, probablemente por dejar de crecer en ese periodo para llevar a cabo su maduración y reproducción sexual, durante el cual tienen un mayor gasto de energía por lo que la reservan en el peso. Las hembras por su parte la mayor parte de los meses presentaron proporciones corporales más o menos constantes, con un mínimo en Diciembre que esto de acuerdo con Castillo (2011) se debe a una baja en el metabolismo, así mismo presentó máximos en Junio y Julio resultando ser más gordas en relación a su peso, atribuyéndosele esto a la época de reproducción en la cual ellas tienden a incrementar su peso debido al desarrollo de los embriones dentro de su gónada. Sin embargo se puede observar que la mejor condición se da en la época reproductiva lo que indica que *G. viviparus* presenta un buen estado en grado de robustez. Nikolsky (1963) señala que el factor de condición es afectado por el peso de las gónadas en la época reproductiva, ya que puede llegar a constituir el 15 % del peso corporal del organismo.

Distribución por tallas

La determinación del tamaño del intervalo así como el número de intervalos en el análisis de la frecuencia de tallas, se realizó por medio de la regla de Sturges (1926). Miranda *et al.* (2008), registraron un intervalo de talla de las hembras de 21.5 a 40.0 mm y 18.0 a 25.8 mm para los machos de longitud estándar en el lago de Tecocomulco,

Farr (1989) menciona que el tamaño diferencial de la familia Poeciliidae, (presentando ésta características similares a las de la familia Godeidae), puede ser explicado en términos de que las hembras toman más tiempo en madurar y continúan creciendo a través de toda su vida. En el caso de los machos, es probable que estos sigan el comportamiento presentado por *Gambusia holbrooki*, ya que de acuerdo con Vargas y de Sostoa (1996) los machos no crecen o si lo hacen (Snelson, 1984), éste es muy poco, una vez que el gonopodio ha sido completamente formado y no viven mucho después de haber madurado.

En el presente estudio se registró para las hembras un intervalo de 15.0-48.0 mm y para machos de 14.0-31.0 mm, por lo que las hembras alcanzan tallas mayores que los machos, dado su marcado dimorfismo sexual. También se le puede atribuir esta clase de tallas a la red de captura utilizada, ya que permite la captura de diferentes tamaños sin afectar a los juveniles que se encuentran en plena etapa de desarrollo y por lo tanto, no afectándose así a la población, debido a que durante la captura muchos organismos fueron devueltos al sistemas para no afectar el tamaño de la población de este lago.

Análisis de frecuencia de tallas a través del método de Powell-Wetherall

A través del método de Powell-Wetherall mediante el estadístico FISAT, se hizo una mejor estimación de L_{∞} que fue de 53.43 mm para la población total, 55.73 mm para las hembras y 36.53 mm para los machos, teniendo en cuenta que el valor de la longitud patrón de la muestra obtenida en el estudio fue de 48.0 mm para la población total, 48.0 mm para las hembras y 38.0 para los machos, lo cual se considera muy bueno ya que los valores observados están dentro de los valores estimados.

Pocos trabajos han utilizado este método y uno de ellos fue el de Orozco (2013) para la obtención de la edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), el cual fue satisfactorio de acuerdo al intervalo de talla que obtuvo durante los muestreos y el valor aproximado de L_{∞} que se calculó. Sin embargo, este método tiene la desventaja de que no considera los valores iniciales y finales dentro de la muestra, debido a la poca representación que tienen, por lo cual es una estimación del parámetros de máximo crecimiento, tal como lo menciona Sparre y Venema (1997).

Edad y crecimiento

Determinación de la edad a partir del análisis de escamas

El conocimiento de la edad y crecimiento de una especie de pez es de gran interés biológico, además de ser muy útil en una política adecuada de manejo del recurso pesquero. La historia del crecimiento individual de los peces se encuentra registrada en las marcas presentes en las estructuras duras como otolitos, escamas, radios de las aletas, vértebras, opérculos y otros huesos.

La edad de muchas especies puede determinarse a partir de las marcas de crecimiento presentes en algunas estructuras duras (Holden y Raitt 1975, Tavares2001, Araya y Cubillos 2002), que se forman debido a factores intrínsecos; como el desove, metabolismo y cambios de residencia; o ambientales, como temperatura, salinidad, luz y alimento (González 1977, 1979).

La determinación de la edad y el crecimiento de la especie se hicieron a través del método directo de interpretación y conteo de capas diarias o mensuales (*circulli*) en estructuras duras (escamas). No haciéndose a través de los otolitos ya que de acuerdo con Gutiérrez y Hernández (2007) los otolitos tanto de *Poeciliopsis gracilis* y de *G. viviparus* son de un tamaño muy pequeño y no se alcanzan a distinguir las marcas de crecimiento tan fácilmente a través de un microscopio ordinario por lo que se requeriría un microscopio de máxima resolución. Además que Neilson *et al.* (1985a) y Penny y Evans (1985) estudiaron una población durante dos años consecutivos y encontraron que los peces coleccionados durante el año con lento crecimiento tenían otolitos más grandes que los peces coleccionados durante el año con más rápido crecimiento. Lo que determina que los otolitos de *G. viviparus* son muy pequeños debido a que presentan una tasa de crecimiento alta, lo que dificultaría el análisis de estos.

Todos los factores que influyen en el crecimiento se traducen de alguna manera en la escama. De todos estos factores quizá el más importante sea la alimentación, ya que cuando el pez se alimenta abundantemente, la escama presenta una zona bien calcificada y ancha y cuando el pez deja de alimentarse (por causas como frío, reproducción o disminución en la cantidad de alimento) hay poca calcificación y se forma una zona estrecha que se interpretaría como anillo de crecimiento (Mancini, 2002). Siendo *G. viviparus* una especie que no alcanza más de dos años de longevidad no puede determinársele anillos de crecimiento por lo que se hizo un conteo de *circulli* presentes en estas.

El análisis de escamas es un método probadamente válido para la determinación de la edad de los peces, tanto marinos como de agua dulce, mediante el examen de los anillos de crecimiento o *annuli*. En una escama pueden verse un foco central, radios, círculos (*circulli*), más o menos concéntricos, anillos verdaderos o *annulli*, que son los considerados como indicadores de un año en la vida del pez y anillos falsos.

Las escamas son placas duras que cubren ciertas partes o todo el cuerpo de la mayoría de los peces. Hay cuatro tipos de escamas: placoideas, cicloideas, ctenoideas y ganoideas. Las escamas ctenoideas tiene pequeña espinas en su superficie en la parte posterior de la misma, por lo que son ásperas al tacto y las escamas cicloideas, son lisas y redondeadas, siendo estas dos las más comunes en los peces modernos (Granado, 2002).

Las escamas presentes en *G. viviparus* fueron de tipo cicloideas y su interpretación se hizo derivada del cultivo de la especie en peceras y la extracción de las escamas para su posterior análisis. Derivado de esto se identificó la formación de un *circulli* por cada 10 días en condiciones ambientales similares a su ambiente natural en el Lago Alameda y evitando factores externos como el estrés, calidad y cantidad del alimento que pudieran afectar su crecimiento, ya que se le proporcionó alimento en hojuelas (con 30% de proteína animal) el cual no fue rechazado y se hicieron recambios de agua para suministrar la cantidad de plancton adecuada y mantener la aireación (> 5 mg/L) y temperatura adecuada (20 °C) para su desarrollo.

Cabe mencionar que Gutiérrez y Hernández (2007), realizaron el conteo de *circulli* en escamas de *Poeciliopsis gracilis*, estableciendo la formación de un círculo por cada 3.2 días, siendo que esta especie presenta características similares a las de *G. viviparus* en cuanto a la viviparidad y marcado dimorfismo sexual, sin embargo se desarrollan en ambientes diferentes puesto que *P. gracilis* vive en ambientes más cálidos (de entre 21 y 30 °C) lo cual le permite alcanzar tallas mucho más grandes por lo tanto la formación de los *circulli* es mucho más rápido que en *G. viviparus* que se encuentra en ambientes más templados (de entre 18 y 22°C) por lo que sus tallas son menores y la formación de los *circulli* es de manera más lenta.

A partir del conteo de *circulli* presentes en las escamas y la formación de cada uno de estos se procedió a la obtención de las clases de edades presentes en la población. De acuerdo al ANDECOVA realizado entre la longitud patrón, el radio de la escama y el sexo, se obtuvieron diferencias significativas entre los sexos y por lo tanto el análisis se realizó independientemente. Con base en ello se obtuvieron 10 clases de edad para hembras y 5 para machos, ya que al ser las hembras más grandes que los machos estas presentaban escamas más grandes. Asimismo, se observó que el espaciado de los *circulli* puede variar de un periodo a otro debido en gran parte a las condiciones ambientales fluctuantes, tal como lo señala Friedland *et al.* (2005).

La regresión realizada entre la longitud patrón-radio total de la escama del pez mostró una tendencia de tipo potencial (logarítmico) con un intercepto diferente el origen, lo que significa que la escama del pez se forma después de su nacimiento, pero la relación indica que el crecimiento de la escama depende del crecimiento del pez y tanto en hembras como en machos, existe esta clara dependencia. A partir de esta relación se obtuvieron los valores promedio que corresponden a cada clase de edad.

Crecimiento en longitud y en peso

El crecimiento de un organismo implica un cambio de tamaño en el tiempo. Se puede medir este cambio utilizando como variables, principalmente, a la longitud o al peso. Un individuo obtiene energía del alimento y esa energía puede ser destinada a crecimiento, reproducción, mantenimiento o actividad. De acuerdo con von Bertalanffy (1938) el crecimiento en los peces es el resultado neto de dos procesos opuestos, el catabolismo y el

anabolismo. Los procesos anabólicos involucran a la síntesis de proteínas, mientras que los catabólicos son su degradación (Granado, 2002; Maroñas *et al.*, 2003).

En el proceso del crecimiento el organismo dedica energía para la formación de estructuras y tejidos; sin embargo, este proceso puede ser afectado por diferentes factores. Los animales acuáticos utilizan una mayor proporción de su energía ingerida hacia el crecimiento solamente bajo condiciones óptimas internas y externas. Existen factores ambientales que afectan el crecimiento de los organismos acuáticos; bajo condiciones óptimas se canaliza una parte significativa de la energía hacia el proceso de crecimiento; sin embargo, si uno o varios factores son modificados, la canalización de energía hacia el crecimiento no es prioritaria y la energía es distribuida hacia otros procesos que toman mayor prominencia (Martínez-Porchas *et al.*, 2009).

En el presente estudio se obtuvieron las constantes de von Bertalanffy a través del método lineal mediante las ecuaciones de Ford-Walford (1949) y Beverton y Holt (1957: citados en Everhart y Youngs, 1981) por medio de los programas de Salgado-Ugarte *et al.* (2000). Se mostró que las hembras ($L_{\infty}=59.4$ mm) alcanzan una longitud asintótica mucho mayor que los machos ($L_{\infty}=41.69$ mm), al igual que en peso donde las hembras ($P_{\infty}=6.47$ g) demuestran ser más pesadas que los machos ($P_{\infty}=1.87$ g). Esto debido en gran parte al marcado dimorfismo de la especie en la cual las hembras siempre serán más grandes que los machos sin olvidar que ellas por presentar viviparidad, el desarrollo gonadal y de los embriones influenciara directamente sobre su peso.

Sin embargo, las constantes de crecimiento de von Bertalanffy a través del método no lineal del paquete Stata (1999), fueron un poco diferentes a las obtenidas anteriormente, dando como resultado una longitud asintótica en la hembras ($L_{\infty}=66.32$ mm) mayor que en los machos ($L_{\infty}=54.07$). Posiblemente, al no considerar el tamaño de muestra para cada clase de edad, los valores son diferentes y por lo tanto, se sobre estima el valor máximo de crecimiento.

Flores (1991) reportó para *G. viviparus*, 5 clases de edades en el Lago viejo de Chapultepec para las hembras, así como 3 y 4 clases de edades para los machos a partir del método indirecto de Cassie (1954), en donde cada punto de inflexión indica el límite entre una clase y la siguiente. Determinó a través de método de Ford-Walford una $L_{\infty}=77.02$ mm en el lago viejo y una $L_{\infty}=75.00$ mm en el lago mayor para las hembras, así como una $L_{\infty}=43.00$ mm en el lago viejo y una $L_{\infty}=45.48$ mm en el lago mayor para los machos. Al igual Ojendis (1985) trabajó con la misma especie reportando para la población cuatro clases de edad por el método de Cassie y una $L_{\infty}=99.32$ mm, atribuyéndosele este valor elevado debido a que trabajo con organismos de tallas grandes (68 mm máximo), por lo tanto, se encuentra sobre estimado.

Carrasco (2005), reportó cuatro clases de edad, a través del método de frecuencias de Cassie, para la población de *G. multiradiatus* en el embalse La Goleta con una longitud asintótica de $L_{\infty}=60.78$ mm y un peso asintótico de $P_{\infty}=9.83$ g, muy similares a los obtenidos en el presente estudio en cuanto a la longitud.

Cedillo (1997) al trabajar en el embalse de Los Arcos reportó datos muy variados, debido a que lo hizo por estacionalidad, en la cual obtuvo longitudes asintóticas variadas de entre 40.64-70.27 mm, así como en peso del cual obtuvo como peso máximo valores de entre 1.6-5.9 g. Gómez-Larrañeta (1967), indica que la temperatura y la abundancia de alimento, son factores ambientales importantes que influyen sobre la curva de crecimiento, es decir, una especie puede tener sus propios parámetros medios de crecimiento, pero estos pueden variar por las características del área donde se desarrolla la población.

Salazar (1981) obtuvo por medio del método de frecuencias de Cassie 4 clases de edad para la población de *G. viviparus* obteniendo una longitud asintótica de $L_{\infty}=72.5$ mm y un peso máximo de $P_{\infty}=11.63$ g. Datos muy parecidos a los obtenidos por De la Luz (1990) en el Lago “Nabor Carrillo” donde reportó para las hembras 6 clases de edad y una longitud asintótica de $L_{\infty}=74.76$ mm y un peso asintótico $P_{\infty}=11.04$ g y para los machos 4 clases de edad y una longitud de $L_{\infty}=45.49$ mm y un peso de $P_{\infty}=8.90$ g.

Una posible desventaja del método de Cassie (1954) está en el gráfico, ya que para separar los componentes, se debe tener muy claro el punto de inflexión que determina cada uno de los componentes los cuales se obtienen en forma subjetiva y a veces, esa pequeña diferencia determina el tener valor sobre o subestimados de la longitud promedio para cada clase de edad (Gómez-Márquez, 1994).

Gallardo-Cabello (1986) menciona que el proceso de separación de las sobre posiciones polimodales desarrolladas por la técnica de Bhattacharya (1967), resultan ser más rápido, sencillo y adecuado que el propuesto por Cassie. Además los resultados obtenidos por los métodos descritos pueden ser adecuados para determinar las tallas de los primeros grupos de edad. Dichos métodos pueden compararse con los obtenidos mediante la lectura de estructuras óseas, siendo ambos indispensables para estudiar el crecimiento durante sus primeras etapas.

En cuanto a la tasa de crecimiento de *G. viviparus* (k) mediante el método no lineal a través del estadístico Stata, se obtuvo para la población total (0.2601), hembras (0.2309) y machos (0.3189), y el método lineal a través del análisis de escamas indican una tasa de crecimiento para la población total de 0.2349, hembras de 0.2769 y machos de 0.5085. Esto indica en ambos casos que los machos presentan un acelerado crecimiento en cuanto a las hembras por lo que estos crecen más rápidos obteniendo su talla máxima a edades tempranas. Sin embargo, son valores similares a los de Salazar (1981) quien reportó una tasa de crecimiento para la población total de $k=0.3223$, al igual que De la Luz (1990) quien registró una tasa de $k=0.3402$ para las hembras y $k=0.3130$ para los machos.

Cedillo (1997) reportó tasas de crecimiento bajas para la población total de *G. viviparus*, en el embalse de Los Arcos, de $k=0.055$ a $k=0.1928$ de acuerdo a la estacionalidad que manejo durante el estudio, dando como resultado un crecimiento lento en la especie pero una mayor longitud máxima de crecimiento.

Dicho patrón de crecimiento puede tener relación con la presión ejercida debido a la depredación, la captura por pesca y por factores intrínsecos de la especie (Carpenter, 2002). A su vez, Gulland (1971), señala que el coeficiente de crecimiento (k) de la ecuación

de von Bertalanffy, guarda cierta proporcionalidad con la mortalidad natural de la población, es decir, un pez que alcanza la longitud asintótica rápido (k elevado), es probable que tenga una mortalidad elevada, mientras que un pez que crece lentamente (k bajo), es posible que tenga una baja mortalidad natural.

Es por esto, que el crecimiento en juveniles es muy rápido, consecuencia de ser organismos capaces de comenzar a alimentarse casi inmediatamente después de la eclosión y se ha observado en el laboratorio y en el campo que especies de la familia Poeciliidae, tienen tasas de crecimiento de 0.2 mm a 0.3 mm/día (Snelson, 1989) y en el estado adulto los machos cesan de crecer después de alcanzar la madurez sexual (Vargas y de Sostoa 1996). Por lo tanto, el crecimiento presentado por *G. viviparus* es posible que se ajuste al que muestran otras especies de la familia Poeciliidae, ya que al comparar las curvas de crecimiento por sexo, se observa que los machos alcanzan la talla asintótica en menor tiempo que las hembras por efecto de la tasa de crecimiento.

Ricker (1979) indica que el crecimiento de las hembras de los poecílicos es exponencialmente lento, como el que presentan los grandes peces, condición que en las hembras de *G. viviparus* se presenta porque son más grandes en longitud y poseen mayor peso que los machos. Además, altas tasa de crecimiento favorecen la sobrevivencia de los juveniles, porque si ellos son grandes, pueden alimentarse de grandes presas y evitar la depredación y por lo tanto, disminuir su tasa de mortalidad (Vargas y de Sostoa, 1996). Asimismo, los machos alcanzan su estado adulto en menor tiempo y por consiguiente su etapa reproductiva, por lo que poseen menor longevidad. Rickter y Efanov (citados en Sparre Venema, 1997) demostraron que los peces con una alta mortalidad natural maduran a temprana edad de la vida, compensando la alta mortalidad mediante una reproducción más temprana y en la mayoría de las especies, los machos envejecen y mueren a más temprana edad que las hembras.

Para determinar si existían diferencias entre las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy entre machos y hembras, se utilizó el estadístico multivariado de la T^2 de Hotelling al 95 y 99 % de confianza (Bernard, 1981; citado en Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Esta prueba permite comparar las diferencias de crecimiento entre dos poblaciones o grupo de peces, cuando la correlación entre los valores es significativa, ya que las diferencias entre todos los valores de los parámetros son probados simultáneamente a partir de la covarianza entre los parámetros incluidos en la prueba. El valor obtenido de la prueba de T^2 de Hotelling mostró diferencias significativas en cuanto al valor de L_{∞} al 95 % de confianza, por lo que se indica que esta variable influenció el crecimiento a lo largo de la vida del pez.

El análisis de distribución de frecuencias de tallas no ha sido considerado satisfactorio por varios autores, los cuales recomiendan la lectura de los otolitos u otra estructura dura como la mejor técnica para determinar la edad de los peces de vida corta (Snelson, 1989), se considera que los valores obtenidos mediante el método utilizado en el presente estudio es adecuado, ya que la complejidad de los factores sociales, ambientales y genéticos no controlables en la naturaleza, pueden influir en el crecimiento, la maduración y reproducción de la especie.

Los principales factores ambientales que influyen en el crecimiento de los peces son la temperatura y la luz, constituyentes químicos del agua, concentración de oxígeno y presencia de catabolitos. La temperatura del agua es un aspecto fundamental dentro de fisiología de los poiquiloterms. El incremento de la misma aumenta el metabolismo y en consecuencia los requerimientos energéticos de los animales, los que se deberán satisfacer mediante el consumo de materia orgánica del medio natural. El pH extremo (por debajo de 6,5 y por encima de 9,0) reduce el crecimiento en la mayoría de los peces. Al igual, cambios más allá del intervalo de tolerancia de salinidad afectan en gran medida el crecimiento. Asimismo, en animales estresados por la variación de los factores ambientes (físicos o químicos) se han observado algunas respuestas secundarias reflejando un aumento del catabolismo, lo que se traduce en una disminución de la ingesta, disminución de la actividad tiroidea, variaciones de los niveles de hormonas esteroideas relacionadas con la reproducción, así como cambios en la viabilidad de los gametos (Mancini, 2002).

Para concluir, Snelson (1989) menciona que sólo dos parámetros ambientales abióticos, la temperatura y el pH se han mostrado a influir en la proporción sexual y que su efecto sobre la maduración y el crecimiento de los organismos es muy significativo, pero éste varía de especie a especie.

El Lago Alameda Oriente presenta condiciones adversas en cuanto a factores ambientales como lo son la alta salinidad, el elevado pH y demasiado estrés para los peces debido a la alta concentración de aves migratorias y aves nativas del lago, puesto que se alimentan de la fauna del lago y esto hace que la población de *G. viviparus* viva estresada, pero esta especie muestra una clara adaptación a tan drásticas condiciones ambientales, lo que le asegura su supervivencia.

CONCLUSIONES

El lago de la Alameda Oriente por ser eutrófico debido a la alta concentración de materia orgánica, aguas duras, y plancton se considera como altamente productivo.

La proporción de sexos presente en esta especie fue de 1:1.29 (macho: hembra). Además de presentar su marcado dimorfismo sexual, siendo las hembras más grandes que los machos y la modificación de la aleta anal en los machos.

La máxima abundancia de la especie se registró durante la época de frío.

Tanto hembras como machos presentaron una buena condición durante toda la época de muestreo, siendo las hembras más robustas que los machos, debido al desarrollo gonadal que estas presentan, lo que las hace más pesadas en relación a su longitud.

El análisis de covarianza ANDECOVA ($F=83.44$, $p<0.05$), indicó que existen diferencias significativas entre hembras y machos, por lo que se realizó un análisis de regresión tanto para hembras como para machos.

De acuerdo a la regresión de la longitud patrón y el peso total, el tipo de crecimiento de *G. viviparus* es alométrico positivo en hembras e indeterminados y alométrico negativo para la población total y los machos, todos con tendencia a la isometría ($t\text{-Student}=1.96$; $p>0.05$).

El análisis de frecuencias de tallas por el método de Powell-Wetherall indicó una $L_{\infty}=53.43$ mm para la población total, $L_{\infty}=55.73$ mm para las hembras y $L_{\infty}=36.53$ mm para los machos.

Mediante el análisis de escamas de *G. viviparus* se obtuvieron 10 grupos de edad para las hembras y 5 para los machos.

Por medio del análisis no lineal del método de von Bertalanffy se obtuvo $L_{\infty}=66.32$ mm, $P_{\infty}=6.47$ g, $k=0.2309$, $t_0=-0.7333$ para las hembras y $L_{\infty}=54.07$ mm, $P_{\infty}=1.87$ g, $k=0.3189$, $t_0=-0.6570$ para los machos.

A través del estadístico de la T^2 de Hotelling con un 95% de confianza se obtuvo que la constante de crecimiento que afecta el crecimiento a lo largo de vida del pez es L_{∞} .

La esclusa 2 del Lago Alameda Oriente presenta mejores condiciones en la calidad del agua en relación a las demás. Lo que la hace la más adecuada para el completo desarrollo y crecimiento de *G. viviparus*, además de que esta especie muestra una clara adaptación a diferentes condiciones ambientales, lo que le asegura su supervivencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alameda Oriente.** Proyecto Bordo Xochiaca. Gobierno del Distrito Federal. Consultada en: 2009-09-19. Disponible en: <http://www.alamedaoriente.df.gob.mx>.
- Alcocer J., Williams, W.D., 1996.** Historical and recent changes in Lake Texcoco, a saline lake in México. *Int. J. Salt Lake Res.* 5, 45–61.
- Álvarez del Villar, J. 1950.** Claves para la determinación de especies en los peces de las aguas continentales mexicanas. Secretaría de Marina. Dirección General de Pesca. México, D. F. 136 p.
- Álvarez del Villar, J. 1970.** Peces Mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca, México. Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. 166p.
- Álvarez del Villar, J. y G. L. Navarro. 1957.** Los peces del Valle de México. Secretaría de Marina. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Comisión para el Fomento de la Piscicultura Rural. México, D. F. 62 p.
- Araya, M. y L. Cubillos. 2002.** The retrospective analysis of the growth in fish and their associated problems. *Gayana (Concepción)* 66: 161-179.
- Arredondo-Figueroa, J. L. 1986.** Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad del agua, en estanques de piscicultura extensiva. SEPES. Dir. De Fomento Acuícola. Dpto. de Asistencia Técnica. 182 p.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y A. Flores-Nava. 1992.** Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica.* 3(4): 1-10.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y J. T. Ponce-Palafox. 1998.** Calidad del agua en acuicultura: Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. S. A. 222 p.
- Athie, M. 1987.** Calidad y cantidad del agua en México. Fundación Universo Veintiuno, México, D.F. 192 p.
- Ávila, R. B. E. 2000.** Composición actual de la ictiofauna del Lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 72 p.
- Bagenal. T.B. y F.W. Tesch. 1978.** Age and Growth: 101-136. En: Ricker W. E. (Editor) *Methods for Assessment of fish Production in Freshwater.* Third Edition. Blackwell Scientific Publications.
- Barbour, C. D. 1973.** A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces:Aterinidae): a species flock from the Mexican plateau. *Copeia* 3:533-556.
- Birch, S. y J. Mc. Caskie. 1999.** Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia*, Vol. 395-396. No.0:365-378.
- Boyd, C.E. 1982.** Water quality management for pond fish culture. Volume 9 of developments in aquaculture in fisheries science. Elsevier Scientific Pub. Co. 318 p.
- Bustamente, S. M. 1837.** Descripción del Mexclapique (*Cyprinus viviparus*). *Mosaico Mexicano.* 2:116.
- Caicedo, J. A., E. A. Rubio, L. A. Zapata y A. Giraldo. 2006.** Estimación del crecimiento de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) basado en capturas artesanales experimentales realizadas en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, océano Pacífico colombiano. *Rev. Investigaciones Marinas*, 34(2):163-167.

- Carpenter, K. 2002.** The living marine resources of the western central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication 5:1375-2127.
- Carrasco, C. H. P. 2005.** Contribución al conocimiento de la Biología de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse “La Goleta”, Edo. de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. 54 p.
- Castillo, O. B. 2011.** Biología Reproductiva de *Girardinichthys viviparus* en el lago artificial de la Alameda Oriente, D.F. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 82 p.
- Ceballos, G. 1993.** Especies en peligro de extinción. Rev. Dif. Ciencias D. F. México. No especial 7: 5-10.
- Cedillo, D. B. E. 1997.** Crecimiento, reproducción, supervivencia y ontogenia de *G. viviparus* Bleeker, 1860 (Goodeidae), en el embalse de Los Arcos, estado de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 65 p.
- Cervantes, S. A. 1984.** Manual de Técnicas para el Análisis de Ambientes Acuáticos. División de Ciencias Químico-Biológicas. Departamento de Biología. 105 p.
- Chavance, P., D. Flores-Hernández, A. Yáñez-Arancibia y F. Amezcua-Linares. 1984.** Ecología, biología y dinámica de las poblaciones de *Bairdiella chrysoura* en la laguna de Términos, sur del Golfo de México. (Pisces: Sciaenidae). Anales Instituto Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México 11(1): 123-162.
- Cifuentes-Lemus, J. L., P. Torres-García y M. M. Frias. 1997.** Comportamiento de los organismos marinos frente a la temperatura y salinidad. En Cifuentes-Lemus, J.L., Torres-García, P y Frias, M. M. El Océano y sus Recursos IV. Ciencias del Mar: Oceanografía Biológica.
- Clark, T.D. y R. S. Seymour. 2006.** Cardio respiratory physiology and swimming energetics of a high-energy-demand teleost, the yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). Journal of Experimental Biology 209:3940-3951.
- CONABIO. 2000.** Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México 103 p.
- CONAP. 2005.** “Mexcalpique”. Especies Protegidas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <http://chichinautzin.conanp.gob.mx/especies/mexcalpique.htm>.
- Contreras-Balderas, S. y P. Almada-Villela. 1996.** *Girardinichthys viviparus*. In IUCN (2007). IUCN Red List of Threatened Species. Disponible en www.iucnredlist.org.
- Contreras-Balderas, S., P. Almada-Villela, M. de L. Lozano-Vilano y M. E. García-Ramírez. 2003.** Freshwater fish at risk or extinct in México, A checklist and review. Reviews in Fish Biology and Fisheries 12:241-251.
- Cotler, H., M. Mazari-Hiriart y J. Anda-Sánchez (2006).** Atlas de la cuenca Lerma-Chapala. Construyendo una visión conjunta. Pág. 196.
- Cruickshank G.G 1995.** Proyecto lago de Texcoco. Rescate hidrológico. SARH. México. Pág. 111: 61-63, 92-99.
- De la Lanza, E. G., S. P. Hernández y J. L. P. Carbajal. 2000.** Organismos indicadores de la Calidad del agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés Editores, S. A. de C. V. 195 p.

- De la Luz, G.G. 1990.** Estudio Poblacional de *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837) en el Lago “Nabor Carrillo” Texcoco, Estado de México. (Teleostei: Goodeidae). 85 p.
- De la Vega-Salazar M. Y. 2006.** Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Rev. Biol. Trop.* 54(1): 163-177.
- De la Vega-Salazar, M. Y., L. Martínez-Tabche y C. Macías-García. 1997.** Bioaccumulation of Methyl Parathion and its Toxicology in Several Species of the Freshwater Community in Ignacio Ramirez dam in Mexico. *Ecotox. Environ. Safety* 38:53-62.
- De la Vega-Salazar, M.Y. 2003.** Situación de los peces dulceacuícolas de México. *Rev. Dif. Ciencias D. F. México* 78: 20-30.
- De la Vega-Salazar. M. Y., E. Ávila-Luna y C. Macías-García. 2003.** Threatened fishes of the word: *Zoogoneticus tequila*. *Environ. Biol. Fish.* 68:14.
- Devlin, H. R. y Y. Nagahama. 2002.** Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* 208: 191–364.
- Díaz-Pardo E. y D. Ortíz-Jiménez. 1986.** Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae). *Anal. Esc. Nac. Cienc. Biol., México* 30: 45-66.
- Díaz-Pardo, E. 2002.** *Girardinichthys viviparus*. Peces en riesgo de la Mesa Central de México. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W039. México. D.F. 6 p.
- Díaz-Pardo, E., M. A. Godínez-Rodríguez, E. López-López y E. Soto-Galera. 1993.** Ecología de los peces de la cuenca del río Lerma, México. *Anal. Esc. Nac. Cienc. Biol., México* 39: 103-127.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001.** Norma Oficial Mexicana de Ecología 059-2001. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Regulación Ambiental, Gobierno de la República, México, D.F. 6 de marzo.
- Domínguez-Domínguez O., L. Zambrano, L. H. Escalera-Vázquez, R. Pérez-Rodríguez y G. Pérez-Ponce de León. 2008.** Cambio en la distribución de Goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:501-512.
- Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva y J. Lyons. 2005a.** Conservation status of Mexican goodeids: problems, perspectives, and solutions. 495-504. *In:* M. C. Uribe-Aranzabal y H. Grier (eds.). *Proceedings of the II International Symposium on Livebearing Fishes*, New Life, Homestead, Florida.
- Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva, J. Lyons y H. J. Grier. 2005b.** Goodeid fishes photos. 505-549. *In:* M.C. Uribe-Aranzabal y H. Grier (eds.). *Proceedings of the II International Symposium on Livebearing Fishes* New Life, Homestead, Florida.
- Duncan, J. R. y J. L. Lockwood. 2001.** Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world’s freshwater fishes. *Biological Conservation* 102:97-105.
- Echelle, A. A. Y A. F. Echelle. 1984.** Evolutionary generics of a “species flock”: Atherinidae fishes on the Mesa Central of Mexico. 93-110. *In:* A. A. Echelle I. Kornfeld (eds.). *Evolution of fish species flocks*. University of Maine at Orono Press.

- Elías-Fernández G. y N. A. Navarrete-Salgado. 1998.** Crecimiento y producción de carpa común (*Cyprinus Carpio* Linnaeus, 1758) durante la época de sequía y lluvias en un bordo del Estado de México, México. *Hidrobiológica* 8(2): 117-123.
- Elías-Fernández. G., N. A. Navarrete-Salgado, J. L. Fernández-Guzmán y G. Contreras-Rivero. 2006.** Crecimiento, abundancia y biomasa de *Poecilia reticulata* en el lago urbano del Parque Tezozomoc de la ciudad de México. *Rev. Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(2): 155-159.
- Espinosa, P. H., P. Fuentes-Mata, M. T. Gaspa-Dillanes y V. Arenas. 1993.** Listados faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. IBUNAM. 99 p.
- Everhart, E.H. y W.D. Youngs. 1981.** Principles of fishery science. Second Edition. CornellUniversity Press: 349 p.
- Farr, A.J. 1989.** Sexual Selection and Secondary Sexual Differentiation in Poeciliids: Determinants of Male Mating Success and the Evolution of Female Choice, p. 91-123. *In: Meffe, G. K. & F. F. Snelson Jr. (eds). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae).* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Fausch, K. D., J. Lyons, J. R. Karr y P. L. Angermeir. 1990.** Fish communities as indicators of environmental degradation. *Am. Fish. Soc. Symp.* 8: 123-144.
- Flores, T. Ma. De L. 1991.** Contribución al conocimiento de la ictiofauna de los tres lagos de Chapultepec México, D. F. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 79 p.
- Friedland, K.D., G. Chapuly J. C. MacLean. 2005.** The emerging role of climate in post-smolt growth of Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science* 62, 1338–1349. doi: 10.1016/j.icesjms.2005.04.013
- Gallardo-Cabello, M. 1985.** Análisis del crecimiento de la brótola *Phycis blennoides* (brünnich, 1768) en el mediterráneo occidental (Pisces: Gadidae). *Anal. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México*, 13(2):107-127.
- Gallardo-Cabello, M. 1986.** Análisis de las frecuencias de talla por medio de los métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya para la determinación de la edad de la brótola *Phycis blennoides* (Brunnich 1768) en el Mediterráneo Occidental (Pisces:Gadidae). *Anal. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM* 13(2): 187-196.
- García, E. 2004.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, México. 90 p.
- García-García, B. y J. Cerezo. 2002.** Variación del índice de Condición en función del tipo de tanque de estabulación en el Dentón (*Dentex dentex*). *JACUMAR. Planes nacionales de Cultivos Marinos.* 2 p.
- Gayanilo, F.C.Jr., P. Sparre y D. Pauly. 1994.** The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide. FAO. ICLARM Contribution No. 1048. 124 p.
- Gilloly, J.F., J. H. Brown, G. B. West, V. M. Savage y E. L. Charnov. 2001.** Effects of size and temperature on metabolic rate. *Science.* 293:2248-2251.
- Guerrero-Estévez, S. y N. Moreno-Mendoza. 2010.** Sexual determination and differentiation in teleost fish. *Rev. Fish. Biol. Fisheries* 20:101–121.
- Godínez, T. F. 2001.** Estudio de las condiciones ambientales que favorezcan el mantenimiento y reproducción del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* (Goodeidae), en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 62 p.
- Gómez-Larrañeta, M. 1967.** Crecimiento de *Pagellus erythrinus* de las costas de Castellón. *Inv. Pesq.* 31:185-258.

- Gómez-Márquez, J. L. 1994.** Métodos para determinar la edad de los organismos acuáticos. FES Zaragoza, UNAM. México. 89 p.
- Gómez-Márquez, J. L., B. Peña-Mendoza, A. Cervantes-Sandoval, I. Ayala-Hernández y M. G. Vera-Gómez. 2010.** Reproductive strategies of *Poeciliopsis gracilis* in a tropical shallow reservoir in Morelos, Mexico. In: Uribe, M. C. and H. Grier (editors). Viviparous fishes II. New Life Publications, Homestead, Florida, USA. P. 484-489.
- González, C., E. Román y X. Paz. 2006.** Condition and feeding of american plaice (*Hippoglossoides platessoides*) in the north atlantic whit emphasis on the Flemish cap. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, vol. 37:87-102.
- González, L.W. 1977.** Aspectos técnicos de preparación de otolitos para estudios de edad de algunas especies del género *Cynoscion* (Pisces: Sciaenidae). Laguna: 39-40: 43-48.
- González, L.W. 1979.** Determinación de la edad del *Paralonchurus peruanus* (Steindachner, 1875) (Pisces: Sciaenidae) mediante el uso de los otolitos. Informe Museo del Mar 22: 1-19.
- Granado, L. C. 2002.** Ecología de los peces. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla España. 354 p.
- Gulland, J. A. 1971.** Manual de métodos para la evaluación de poblaciones de peces. Acribia, Zaragoza, España.
- Gulland, J.A. 1983.** Fish stock assessment. A manual for basic methods. New York: Chapman and Hall. 570 p.
- Gulland, J.A. y A. A. Rosenberg. 1992.** A review of length-based approaches to assessing fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap., 323: 100 p.
- Gutiérrez-García, G y R. E. Hernández. 2007.** Edad y Crecimiento de *Poeciliopsis gracilis* de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 59 p.
- Guzmán-Arroyo, M., (1990).** La fauna acuática de la Nueva Galicia. Una aproximación a la problemática de su estudio y conservación. *Tiempos de Ciencia. Univ. Guadalajara. 20: 1-46.*
- Guzmán-Arroyo, M., J. L. Rojas-Galaviz y F. Vera-Herrera. 1979.** Crecimiento y Aspectos Poblacionales de la Lobina Negra *Micropterus salmoides* Lacépède en el Lago de Camécuaro Michoacán (Pisces: Centrarchidae). Anal. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. 6 (1):53-68.
- Guzmán-Arroyo, M. y J. Lyons. 2003.** Los peces de las aguas continentales del estado de Jalisco, México. Análisis preliminar. *e-Gnosis, [online] Vol.1 Art.12.* ISSN: 1665-5745(Versión en línea), 37 p.
- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt. 1975.** Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. ONU/FAO. Documento Técnico Sobre Pesca 115 (1):1-207.
- Huey, R.B. y A. F. Bennett. 1990.** Physiological adjustments to fluctuating thermal environments: An ecological and evolutionary perspective. Stress proteins in biology and medicine. 37-59.
- Ibáñez, A. A. L., M. C. Gallardo y M. P. R. Sánchez. 1995.** Estimación de la lisa *Mugil cephalus* y la lebrancha *M.curema* por métodos indirectos. Hidrobiológica, 5(1-2): 105-111.

- Instituto de Biología.** "*Girardinichthys viviparus* - IBUNAM: CNPE:PE3642".UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2006-03-16.Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2009-12-4. Disponible en: <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:CNPE:PE3642>>
- Karr, J. R. 1981.** Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6 (6): 21-27.
- Labounty, J. 1995.** What's an urban lake worth? *Lakeline* 15: 6-7.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y D. R. M. Passino. 1997.** *Ictiología*. A. G. T. Editor, S. A. México. 489 p.
- Legorreta, J. 2005.** Xochimilco, ante la última oportunidad para rescatarlo. 2005-06-12. La Jornada. Consultada en: 2010-10-26. Disponible en www.jornada.unam.mx/2005/06/12/a02n1cul.php.
- López-López, E., y J. Paulo-Maya. 2001.** Changes in the fish assemblage in the upper Río Ameca México. *J. Freshw. Ecol.* 16: 179-187.
- Lydeard, C. y R. L. Mayden. 1995.** A Diverse and Endangered Aquatic Ecosystem of the Southeast United States. *Conserv. Biol.* 9: 800-805.
- Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera y M. Guzmán-Arroyo. 1998.** Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west-central México. *Fisheries Management, American Fisheries Society* 23:10-18.
- Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández, E. Díaz-Pardo, E. Soto-Galera, M. Medina-Nava y R. Pineda-López. 2000.** Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiología* 418: 57-72.
- Manríquez, L. Y. 2005.** Edad y Crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el Lago Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 111p.
- Mancini, M.A. 2002.** Introducción a la Biología de los Peces. Piscicultura. Capítulo IV. Cursos de Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I. FAV UNRC. 19 p.
- Margalef, R.1974.** *Ecología*. Omega Barcelona. 951 p.
- Maroñas, M. E.; G. A. Darrigran; E. D. Sendra y G. Breckon. 2003.** Shell growth of golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. *Hidrobiología* 495: 41-45.
- Marques-Dos Santos, M. J. 2004.** Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico-Biológicas. 2ª ed. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.626p.
- Martínez-Arroyo, A. y E. Jáuregui.2000.** On the environmental role of urban lakes in Mexico City. *Urban Ecosystems*, 4: 145-166.
- Martínez-Millan, L. 1987.** Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. In. *Alimentación en Acuicultura*. CAICYT. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Editores). pp 295-325.
- Martínez-Porchas, M. 2005.** Efecto de la proporción proteína/energía dietética en el desempeño biológico de *Litopenaeus vannamei* en baja temperatura. Universidad de Sonora. Tesis de Maestría. 47 p.

- Martínez-Porchas, M., L. R. Martínez-Córdova y R. Ramos-Enríquez. 2009.** Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504. Vol. 10, N° 10. 16 p.
- Mercado-Silva N., J. D. Lyons, G. M. Salgado y M. N. Medina. 2002.** Validation of a fish-based index of biotic integrity for streams and rivers of central Mexico. Reviews in Fish Biology and Fisheries 12: 179–191.
- Miller, R. R., D. Williams y J. E. Williams. 1989.** Extinctions of North American fishes during the past century. Fisheries 14: 22-38.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005.** Freshwater fishes of México. The University of Chicago Press, Chicago, U.S. 490 p.
- Miranda, R., D. Galicia, G. F. Pulido y S. Monks. 2008.** First record of *Girardinichthys viviparus* in Lake Tecocomulco, Mexico. Journal of Fish Biology (73): 317–322.
- Mittermeier, R. A. y C. Mittermeier. 1992.** La Importancia de la Diversidad Biológica de México. In J. Sarukkán y R. Dirzo (eds.). México Frente a los Retos de la Biodiversidad. CONABIO, México, 63-73.
- Navarrete-Salgado, N. A., G. Contreras-Rivero y G. Elías-Fernández. 2003.** Abundancia y estado sanitario del mexclapique (*Girardinichthys viviparus* Bustamante) en cuerpos de agua del Centro de México. Rev. Chapingo. Serie ciencias forestales y del Ambiente 9(2):143-146.
- Navarrete-Salgado, N., G. Contreras-Rivero, G. Elías-Fernández y M. L. Rojas-Bustamante. 2004.** Situación de *Girardinichthys viviparus* (especie amenazada) en los Lagos de Chapultepec, Zumpango y Requena. Rev. Zool. 15:1-6.
- Navarrete-Salgado, N. A., G. Elías-Fernández, G. Contreras-Rivero, M. L. Rojas-Bustamante y R. Sánchez M. 2005.** Piscicultura y Ecología en Estanques Dulceacuícolas. AGT Editor, México. 170 p.
- Navarrete-Salgado, N. A., M. L. Rojas-Bustamante, G. Contreras-Rivero y G. Elías-Fernández. 2007.** Alimentación de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse La Goleta, Estado de México. Ciencia Ergo Sum, 14(1):63-68.
- Navarrete-Salgado N. A., B. E. Cedillo-Díaz, G. Contreras-Rivero y G. Elías-Fernández. 2007.** Crecimiento, Reproducción y Supervivencia de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse San Miguel Arco, Estado de México. Rev. Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 13(1): 15-21.
- Navarrete-Salgado N. A., J. R. Aguilar, J. M. D. González y G. Elías-Fernández. 2007.** Espectro trófico de la ictiofauna del Embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México. Rev. Zool. 18: 1-12.
- Neilson, J.D., G. H. Geen y D. Bottom. 1985a.** Estuarine growth of juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) as inferred from otolith microstructure. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:899-908.
- Nelson, J. S. 1994.** Fishes of the world. 3ª ed. John Wiley and Sons, Inc. 600 p.
- Nikolsky, D. V. 1963.** The ecology of fishes. Academia Press, New Cork. 532 p.
- NOM-059-SEMARNAT-2010.** Norma oficial mexicana de Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación (segunda sección) el 6 de septiembre de 2010. Poder Ejecutivo, Secretaría de Desarrollo Social. 78 p.

- Ojendis, G. V. M. 1985.** Contribución al Conocimiento de la Biología del Mexcalpique (*Girardinichthys viviparus*); con algunos aspectos ecológicos de la Parte Norte del Ex-Lago de Texcoco. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 55p.
- Oliva, M. M. G., A. R. Rodríguez, A. V. Lugo y M. del R. R. Sánchez. 2008.** Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica* 18(1 Suplemento): 1-13.
- Olvera, R. M. F. 2007.** Efecto de la temperatura en la reproducción del “mexcalpique” *Girardinichthys viviparus*. Bustamante, 1837 (Pisces: Goodeidae) de Xochimilco. Informe final de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. 39 p.
- Ordoñez, L. M. A. 2001.** Recuperación y Reestructuración de las propiedades físico químicas de la Alameda Oriente. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Biología. UAM Iztapalapa. 10 p.
- Orozco, B. E. A. 2013.** Edad y el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el bordo la Palapa, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 67 p.
- Pacheco-Meneses, A., M. Galván-García, M. del P. Leal-Hernández, J. Lugo-Quintar, J. Gallina-Álvarez y R. Ramos 1982.** “Técnicas de Análisis Físicoquímicos para Aguas”, 5ª Edición, Dirección General de usos del agua y prevención de la contaminación. SARH. México. 319 p.
- Paulo-Maya, J. y P. Trujillo-Jiménez. 2000.** Nueva especie de *Ilyodon* (Cyprinodontiformes:Goodeidae) de la cuenca del río Balsas, México. *Rev. Biol. Trop.* 48: 465-472.
- Pauly, D. 1984.** Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, Philippines, 325 p.
- Pauly, D. y J. Caddy. 1985.** A modification of Bhattacharya's method for the separation of normal distributions. *FAO Fish. Circ.* 781. 16 p.
- Penny, R. W. y G. T. Evans. 1985.** Growth histories of larval redbfish (*Sebastes spp.*) on an offshore Atlantic fishing bank determined by otolith increment analysis. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 42:1452-1464.
- Pérez-Ortíz, G. y J. S. Patlani. 2002.** Edad y Crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa “Emiliano Zapata”. Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 87 p.
- Pineda-Mendoza, R., F. Martínez-Jerónimo, G. Garduño-Solórzano y R. Olvera-Ramírez. 2011.** Caracterización morfológica y molecular de cianobacterias filamentosas aisladas de florecimientos de tres lagos urbanos eutróficos de la ciudad de México. *Polibotánica*. ISSN 1405-2768. Num. 31, pp. 31-50.
- Powell, D. G. 1979.** Estimation of mortality and growth parameters from the length-frequency in the cath. *Rapp. P. V. Reún. Conseil International Pour l'exploration de la Mer*, 175: 167-169.
- Prosser, C. L. 1986.** *Adaptational Biology: Molecules to organisms*. John Wiley, New York.
- Ramírez, B. T. y R. González. 2006.** Se rompió el lago de Chapultepec. 2006-06-06. La Jornada. Consultada en: 2006-10-26. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2006/06/06>.

- Re, A. D., F. Díaz, E. Sierra y S. Gómez-Jiménez. 2004.** Oxygen consumption, ammonium and osmoregulatory capacity of *Litopenaeus stilyrostris* (Stimpson) exposed combinations of temperature and salinity. *Ciencias Marinas* 30:433-453.
- Ricker, W.E: 1979.** Growth rates and models. *In: Hoar, W.S., D.J. Randall & J.R. Brett* (eds). *Fish Physiology*. Vol. 8 Academic, Nueva York. p. 677-743.
- Rodríguez, R. J. R. 2009.** Programa para ajuste y comparación de funciones de crecimiento aplicados a datos biológico-pesqueros. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología Ambiental). FES Zaragoza, UNAM. 75 p.
- Rodríguez, R. J.R. 2009.** Programas para Ajuste y Comparación de Funciones de Crecimiento Aplicados a Datos Biológico-Pesqueros. Tesis de Posgrado. FES Zaragoza. UNAM. 75 p.
- Romero, L. 2005.** Alumnos participantes Proyecto Integral de Saneamiento del Bosque de Chapultepec. *Gaceta UNAM* 3816, 4–5.
- Romero, R. A. 1965.** Los peces del Alto Lerma. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. México, D. F. 77 p.
- Royce, W. F. 1972.** *Introduction to the Fishery Sciences*. Academic Press, Inc. 351 p.
- Rzedowski, J. 1991.** Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica de México. *Acta Bot. Méx.* 14:3-21.
- Salazar, M. E. 1981.** Contribución al Conocimiento de la Biología de *Girardinichthys innominatus* Bleeker, 1860 (Pisces: Goodeidae) del Embalse Requena. Edo de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. 43 p.
- Salgado-Ugarte, I.H. 1992.** El análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. Marc Ediciones y U.N.A.M., 243 p.
- Salgado-Ugarte, I. H. 2002.** Suavización no Paramétrica para Análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M., México. 139 p.
- Salgado-Ugarte, I. H., M. A. H. Pérez, J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2004.** Pruebas multivariadas y de máxima verosimilitud para comparación de funciones de crecimiento en peces. *Memorias del IX Congreso Nacional de Ictiología, Tabasco.* 13 p.
- Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005.** Métodos Actualizados para análisis de Datos Biológico-Pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 240 p.
- Sánchez, R. M. P. y M. E. M. Ponce. 1996.** Métodos hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunar y de agua dulce. Universidad Autónoma Metropolitana. 208 p.
- Sandoval, J. A. 2007.** Fundamentos de piscicultura y calidad de aguas naturales. Fundación Eco-Ambiental de Colombia. 38 p.
- Scheffer, M. 1998.** Ecology of Shallow Lakes. Volume 22 of Population and Community Biology Series. ISSN 1367-5257. 357 p.
- Schueler, T y J. Simpson. 2003.** Why urban lakes are different. *Urban Lakes Management.* 3: 747-750.
- Sedeño-Díaz J. E. y E. López-López. 2009.** Threatened fishes of the world: *Girardinichthys viviparus* (Bustamante 1837) (Cyprinodontiformes: Goodeidae). *Environ Biol Fish* 84:11–12. DOI 10.1007/s10641-008-9380-4.
- Snelson, F. y F. Jr. 1984.** Seasonal maturation and growth of males in a natural population of *Poecilia latipinna*. *Copeia* 1: 252-255.

- Snelson, F. y F. Jr. 1989.** Social and environmental control of life history traits in poeciliid fishes. In: Meffe GK, Snelson Jr FF, editor. Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice Hall. N.J. p. 149-161.
- Soto, G.C. 1953.** Peces de la cuenca de México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. México.
- Soto-Galera, E. y J. Paulo-Maya. 1995.** Peces dulceacuícolas mexicanos XI. *Allotoca dugesi* (Cyprinodontiformes: Goodeidae). Zoología Informa. (31): 5-15.
- Soto-Galera, E., J. Paulo-Maya, E. López-López, J. A. Serna-Hernández and J. Lyons. 1999.** Change in the fish fauna as an indication of aquatic ecosystem condition in the Río Grande de Morelia-Lago de Cuitzeo basin, México. Environ. Manage. 24:133-140.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1997.** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual F.A.O. Doc. Tec. Pesca, 306 p.
- Stata Corporation, 1999.** Stata Statistical Software: Release 6.0. Collage Station, TX. Stata Corporation.
- Sturges, H.A. 1926.** The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association. 21:65-66.
- Sugunan, V.V. 1997.** Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular. No. 933. Roma. 149 p.
- Swingle, H. S. 1969.** Methods of Analisis for Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils used in Fisheries Research. Auburn University, Auburn. 119 p.
- Tavares, R. 2001.** Estudio sobre la biodiversidad de tiburones en el parque nacional Archipiélago Los Roques. Informe técnico final para la oficina de diversidad biológica del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Fundación científica Los Roques, Venezuela.
- Terrón, R. A. A. 1994.** Estudios Biológicos de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse “La Goleta” estado de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. 55 p.
- Torres-Orozco, R. B. 1991.** Los peces de México. A. G. T. Editor, S. A. México. 235 p.
- Trujillo-Jiménez, P. y E. Espinosa de los Monteros V. 2006.** La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Rev. Biol. Trop. 54 (4): 1247-1255.
- Van Aerle R., T. J. Runnalls y C. R. Tyler. 2004.** Ontogeny of gonadal sex development relativeto growth in fathead minnow. J. Fish Biol. 64: 355–369.
- Vargas M. J. y A. de Sostoa. 1996.** Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula). Hydrobiologia 341: 215-224.
- Vazzoler, A. 1981.** Manual de métodos para estudios biológicos de poblaciones de peces: Reproducción y crecimiento. CNPq. Programa Nacional de Zoología. Brasilia. 108 p.
- Vázquez-Gutiérrez, F. 1993.** Desarrollo industrial de las cuencas en México. Curso de Limnología Aplicada. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. D. F. México p. 34-39.
- Vega-López, A., F. A. Jiménez-Orozco, E. García-Latorre y M. L. Domínguez-López. 2008.** Oxidative stress response in an endangered goodeid fish (*Girardinichthys viviparus*) by exposure to water from its extant localities. Ecotoxicology and Enviroment Safety 71: 94-103.
- Vega-López, A., L. Martínez-Tabche, M. L. Domínguez-López, E. García-Latorre, E. Ramón-Gallegos y A. García-Gasca. 2006.** Vitellogenin induction in the endangered

- goodeid fish *Girardinichthys viviparus*: Vitellogenin characterization and estrogenic effects of polychlorinated biphenyls. *Comparative Biochemistry and Physiology, Parte C* 142: 356-364.
- Vega-López, A., E. Ramón-Gallegos, M. Galar-Martínez, F. A. Jiménez-Orozco, E. García-Latorre y M. L. Domínguez-López. 2007.** Estrogenic, anti-estrogenic and cytotoxic effects elicited by water from the type localities of the endangered goodeid fish *Girardinichthys viviparus*. *Comparative Biochemistry and Physiology C*145: 394–403.
- Wetherall, J.A. 1986.** A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. *International Center for Living Aquatic Resources Management Fishbyte*, 4(1): 12-14.
- Wetzel.R. B. 1994.** *Limnología*. Ediciones Omega, España.
- Wootton, J. R. 1990.** *Ecology of teleost fishes*. Fish and Fisheries Series 1. Chapman and Hall. New York. USA. 404 p.
- Zambrano, L., M. Perrow, V. Aguirre-Hidalgo y C. Macías-García. 1999.** Impact of introduced carp (*Cyprinus carpio*) in subtropical shallow ponds in central Mexico. *Journal of Aquatic Stress Ecosystems and Recovery* 6:281-288.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	<i>Girardinichthys viviparus</i> (Bustamante, 1837); a)macho y b) hembra	12
2	Mapa del Lago de la Alameda Oriente y las estaciones de muestreo. La Esclusa 2 corresponde a la unidad de muestreo	16
3	Escama de <i>G. viviparus</i>	19
4	Variación temporal de la transparencia en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente	25
5	Comportamiento estacional de la temperatura del agua, pH y oxígeno disuelto en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente	25
6	Variación estacional de las sales y sólidos presentes en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente	26
7	Comportamiento temporal de la alcalinidad y la dureza en la esclusa 2 del lago urbano de la Alameda Oriente	26
8	Variación temporal de la proporción de sexos de <i>G. viviparus</i>	28
9	Relación longitud patrón-longitud total para la población de <i>G. viviparus</i>	29
10	Tendencia del factor de condición en <i>G. viviparus</i>	30
11	Relacion peso total-longitud patrón para la población total de <i>G. viviparus</i>	31
12	Relación Peso-longitud para hembras de <i>G. viviparus</i>	31
13	Relación Peso-Longitud para machos de <i>G. viviparus</i>	32
14	Relación Peso-longitud para indeterminados de <i>G. viviparus</i>	32
15	Distribución de frecuencias de tallas para <i>G. viviparus</i> por sexos	33
16	Estimación de L_{∞} por medio del método de Powell-Wetherall para la población total de <i>G. viviparus</i>	34
17	Estimación de L_{∞} por medio del método de Powell-Wetherall para las hembras de <i>G. viviparus</i>	35
18	Estimación de L_{∞} por medio del método de Powell-Wetherall para los machos de <i>G. viviparus</i>	35
19	Relación escama-cuerpo del pez	36
20	Relación longitud del pez y radio de la escama hembras del pez, <i>G. viviparus</i>	37

21	Relación longitud del pez y radio de la escama machos del pez, <i>G. viviparus</i>	38
22	Curva de crecimiento, mediante el modelo lineal, en longitud para la población Total de <i>G. viviparus</i>	39
23	Curva de crecimiento, mediante el modelo lineal, en longitud para hembras de <i>G. viviparus</i>	40
24	Curva de crecimiento, mediante el modelo lineal, en longitud para machos de <i>G. viviparus</i>	40
25	Curva de crecimiento, mediante el modelo no lineal, en longitud para la población total de <i>G. viviparus</i>	41
26	Curva de crecimiento, mediante el modelo no lineal, en longitud para hembras de <i>G. viviparus</i>	42
27	Curva de crecimiento, mediante el modelo no lineal, en longitud para machos de <i>G. viviparus</i>	42
28	Curva de crecimiento en peso para la población total, hembras y machos de <i>G. viviparus</i>	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Estadística descriptiva por sexos de <i>G. viviparus</i> del lago Alameda oriente	27
2	Estadística descriptiva para <i>G. viviparus</i>	27
3	Análisis de covarianza ANDECOVA por sexos para peso total-longitud patrón	30
4	Valores de las constantes, y <i>t- student</i> de <i>G. viviparus</i>	33
5	Análisis de covarianza ANDECOVA de Radio escama-Longitud patrón por sexos	37
6	Valores de las constantes de crecimiento de von Bertalanffy mediante el modelo lineal	38
7	Valores de las constantes de crecimiento de von Bertalanffy mediante el modelo no lineal	41
8	Ecuaciones de crecimiento en peso de <i>G. viviparus</i>	43
9	Prueba Multivariada T^2 de Hotelling para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza (basada en Bernard, 1981)	44
10	Prueba Multivariada T^2 de Hotelling para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 99% de confianza (basada en Bernard, 1981)	44