



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

EDAD Y CRECIMIENTO DE *Poeciliopsis gracilis*
DE LA PRESA EMILIANO ZAPATA, MORELOS,
MÉXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A N :
GUTIÉRREZ GARCÍA GRACIELA
HERNÁNDEZ RAMOS ELVIRA

DIRECTOR: Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ



MÉXICO, D. F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

EDAD Y CRECIMIENTO DE *Poeciliopsis gracilis*
DE LA PRESA EMILIANO ZAPATA, MORELOS,
MÉXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A N :
GUTIÉRREZ GARCÍA GRACIELA
HERNÁNDEZ RAMOS ELVIRA*

DIRECTOR: Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

*Becaria para desarrollo de tesis Apoyado por
DGAPA-PAPIIT IN201105



MÉXICO, D. F.

2007



AÇRADECIMIENTOS

Elvira Hernández Ramos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme albergado todo este tiempo.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme la oportunidad de egresar como BIÓLOGA.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por el apoyo brindado al proyecto PAPIIT IN201105 y por la beca otorgada para la realización de esta tesis.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por llevarnos de la mano en la formulación y elaboración de este gran proyecto.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por sus siempre atinados comentarios, con el fin de mejorar el trabajo presentado, mil gracias por el tiempo que le ha dedicado.

A mis sinodales, Biól. Raúl Arcos Ramos, Biól. Mitsui Saito Quezada y al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo, que con sus comentarios y sugerencias han enriquecido el contenido y la presentación de esta tesis.

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, que a pesar de no ser sinodal se tomó el tiempo suficiente para revisar este trabajo y enriquecerlo con su gran experiencia en este tema.

Al Biól. José Luis Guzmán Santiago que siempre estuvo ahí para salvarme y ayudarme cuando me metía en problemas, Mil gracias por tu invaluable ayuda.

Al Biól. Alberto Ortiz Rivera, por todo. Beto que hubiera hecho sin ti? Gracias por apoyarme en todo momento, pero sobre todo por tu gran amistad y cariño.

27/03/07

DEDICATORIAS

Elvira Hernández Ramos

A Dios por ser el guía espiritual en mi camino.

A mis padres Gregorio Hernández Sánchez y Cristina Ramos López a los cuales les debo todo lo que soy, ellos han sido el principal motivo para terminar este trabajo. Papás esto es suyo ¡disfrútenlo! LOS AMO

A una persona muy valiosa en mi vida (Petra Alicia Hernández Sánchez †), que a pesar de que su cuerpo ya no está entre nosotros, en mi alma sigue y seguirá siempre presente, como me gustaría que en estos momentos estuvieras aquí conmigo, tú viste comenzar este sueño y me alentaste a terminarlo, por ti retome la carrera, de no haber sido por los consejos que me diste cuando yo más los necesitaba no se donde estaría en estos momentos. Mil gracias por estar siempre conmigo, por apoyarme en todo momento. Te extraño tanto madrina, que donde quiera que estés Dios te bendiga.

A Angélica Hernández Ramos que es un ángel que Dios envió a este planeta a enseñarme lo que es la vida, a disfrutar el momento y a reírme de lo que pasa a mí alrededor y a no ser tan dura conmigo misma, mil gracias hermana por eso y todo lo que me has enseñado.

A mis hermanos, Roberto y Víctor que junto con sus esposas Cristina y Lineli me han regalado ese trío de sobrinos hermosos, que aunque son unos diablillos son la alegría de mi vida.

A mis primas que tienen la ilusión de seguir adelante en sus estudios (Andrea y Anita) échenle ganas que tarde o temprano llega la recompensa a su esfuerzo, y esto es prueba de ello.

Al resto de la familia que de alguna manera se preocuparon por mí, mil gracias, especialmente a Alicia y Lupita que aunque el tiempo y la distancia nos han separado las sigo considerando mis hermanas ya que su mamá también fue mía y mis padres son los suyos, no lo olviden.

A mis grandes amigos de la facultad que en las buenas y en las malas estuvieron siempre conmigo, gracias chavos con su ayuda llegué hasta aquí (Eloisa, Alberto, Sinaí, Antelmo, Genaro, Esteban, Leonardo y Selene).

Al Dr. José Luis Gómez Márquez y a la Dra. Bertha Peña Mendoza, por el apoyo, cariño, enseñanza, tiempo y un sin fin de cosas más que me han brindado a lo largo de mi estancia en el laboratorio de limnología; mil gracias a ambos por compartir tantos momentos y hacerme sentir en el seno de una familia con un padre regañón y una madre amorosa, pero siempre preocupados por sus retoños.

A todas las personas que han sido importantes en la búsqueda de mis ilusiones y mis sueños, y que me han acompañado en el camino.

Y por último, y no es que sea menos importante, a ti Chela que comenzamos un trabajo de la escuela y terminamos una etapa de nuestras vidas, GRACIAS POR TODO LO QUE HAS HECHO POR MÍ.

CONTENIDO

RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	1
DIAGNOSIS DE LA ESPECIE	4
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	5
ANTECEDENTES	6
OBJETIVOS	13
ÁREA DE ESTUDIO	14
MATERIAL Y MÉTODOS	16
<i>FASE DE CAMPO</i>	16
<i>FASE DE LABORATORIO</i>	16
RELACIONES BIOMÉTRICAS	16
IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE	17
EXTRACCIÓN, CONSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE ESCAMAS Y OTOLITOS	17
VALIDACIÓN DE LA EDAD	18
<i>FASE DE GABINETE</i>	18
RESULTADOS	21
<i>PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS</i>	21
<i>IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE</i>	22
<i>RELACIONES BIOMÉTRICAS</i>	23
RELACIÓN LONGITUD TOTAL - LONGITUD PATRÓN	23
RELACIÓN PESO TOTAL- LONGITUD PATRÓN	25
RELACIÓN LONGITUD PATRÓN-ALTURA	27

PROPORCIÓN SEXUAL	28
VALIDACIÓN DE LA EDAD CON ORGANISMOS CULTIVADOS EN EL LABORATORIO	29
DETERMINACIÓN DE LA EDAD Y CRECIMIENTO POR MEDIO DE LA LECTURA DE ESCAMAS	30
RELACIÓN LONGITUD PATRÓN – RADIO DE LA ESCAMA	31
EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE ESCAMAS	31
CRECIMIENTO EN LONGITUD Y EN PESO	34
EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE OTOLITOS	38
RELACIÓN LONGITUD TOTAL – DIÁMETRO DEL OTOLITO	39
EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE OTOLITOS	40
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	41
RELACIÓN LONGITUD TOTAL – LONGITUD PATRÓN	43
RELACIÓN PESO TOTAL – LONGITUD PATRÓN	43
RELACIÓN LONGITUD PATRÓN – ALTURA	44
PROPORCIÓN SEXUAL	45
VALIDACIÓN DE LA EDAD CON ORGANISMOS CULTIVADOS EN EL LABORATORIO	45
DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE ESCAMAS	46
CRECIMIENTO EN LONGITUD Y EN PESO	47
DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE OTOLITOS	49
CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS	52
ÍNDICE DE FIGURAS	59
ÍNDICE DE TABLAS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág
1	Representación esquemática (macho y hembra) de <i>Poeciliopsis gracilis</i>	5
2	Localización de la Presa Emiliano Zapata	13
3	Biometría de <i>P. gracilis</i>	17
4	Otolito de <i>P. gracilis</i>	18
5	Escama de <i>P. gracilis</i>	18
6	Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua	21
7	Variación mensual de los niveles de oxígeno disuelto (mg/l) y pH	22
8	Relación entre la alcalinidad total, dureza total (mg/l) y conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	22
9	Relación longitud total-longitud patrón para la población de <i>P. gracilis</i>	23
10	Relación Peso-Longitud de <i>P. gracilis</i> para la Población Total	25
11	Relación Peso-Longitud de <i>P. gracilis</i> para Machos	26
12	Relación Peso-Longitud de <i>P. gracilis</i> para Hembras	26
13	Relación Peso-Longitud de <i>P. gracilis</i> para indeterminados	26
14	Relación longitud patrón-altura para la población de <i>P. gracilis</i>	27
15	Relación Longitud patrón-Altura para los machos de <i>P. gracilis</i>	28
16	Relación Longitud patrón-Altura para las hembras de <i>P. gracilis</i>	28

17	Diagramas de caja para edades observadas de los organismos de laboratorio de <i>P. gracilis</i>	30
18	Relación Longitud patrón-Radio de la escama para la Población Total de <i>P. gracilis</i>	31
19	Comportamiento de las edades calculadas en función de la talla de la población total de <i>P. gracilis</i>	31
20	Diagramas de cajas para las edades calculadas en hembras de <i>P. gracilis</i>	33
21	Diagramas de cajas para las edades calculadas en machos de <i>P. gracilis</i>	33
22	Curva de crecimiento en longitud para la población total ($L_{\infty} = 100.7$ mm) de <i>P. gracilis</i>	34
23	Curva de crecimiento en longitud para hembras ($L_{\infty} = 97.4$ mm) de <i>P. gracilis</i>	35
24	Curva de crecimiento en longitud para machos ($L_{\infty} = 45.6$ mm) de <i>P. gracilis</i>	35
25	Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para la población total ($L_{\infty} = 96.3$ mm) de <i>P. gracilis</i>	36
26	Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para hembras ($L_{\infty} = 90.2$ mm), de <i>P. gracilis</i>	36
27	Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para machos ($L_{\infty} = 45.9$ mm) de <i>P. gracilis</i>	37
28	Curva de crecimiento en peso calculadas a partir del modelo de von Bertalanffy para <i>P. gracilis</i>	37
29	Relación Longitud total-Diámetro del otolito de <i>P. gracilis</i> para la Población Total	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pág
1	Análisis de Covarianza para longitud patrón, longitud total y sexo de <i>P. gracilis</i>	23
2	Análisis de correlación longitud total, longitud patrón y peso de <i>P. gracilis</i>	24
3	Análisis de Covarianza para longitud patrón, peso y sexo de <i>P. gracilis</i>	24
4	Valores de "a", "b" y t-Student para los organismos de <i>P. gracilis</i>	25
5	Análisis de correlación longitud total, longitud patrón y altura de <i>P. gracilis</i>	27
6	Resultados de χ^2 para el Análisis de las frecuencias absolutas mensuales de hembras (H) y machos (M) de <i>Poeciliopsis gracilis</i> , * = p<0.05; significativa	29
7	Análisis de Covarianza para Longitud patrón, Radio de la escama y sexo de <i>P. gracilis</i>	30
8	Análisis de Covarianza para Longitud patrón, Número de escleritos y sexo de <i>P. gracilis</i>	32
9	Valores promedio de edad para hembras de <i>P. gracilis</i>	32
10	Valores promedio de edad para machos	33
11	Valores promedio de edad (meses) para crías de <i>P. gracilis</i>	34
12	Valores de las constantes de la ecuación de von Bertalanffy	34
13	Valores de las constantes de la ecuación de von Bertalanffy (no líneal)	35
14	Prueba Multivariada para la comparación de los parámetros de la función de crecimiento de von Bertalanffy al 95% de confianza (Basada en Bernard, 1981)	38
15	Análisis de correlación de la longitud total, longitud patrón radio y diámetro de los otolitos de <i>P. gracilis</i>	39

EDAD Y CRECIMIENTO DE *Poeciliopsis gracilis* DE LA PRESA EMILIANO ZAPATA, MORELOS, MÉXICO.

RESUMEN

Poeciliopsis gracilis (Heckel, 1848) es uno de los peces de ornato que se cultiva a nivel nacional. En la Presa Emiliano Zapata se han realizado estudios enfocados a las especies comercialmente explotables como la tilapia (*Oreochromis niloticus*), dejando a un lado a especies como *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* que tienen importancia ecológica y económica. Se llevó a cabo el estudio de septiembre del 2003 a septiembre del 2004 para determinar la edad y crecimiento de *P. gracilis* por medio de la lectura de marcas en escamas y otolitos. Se capturó un total 1 696 organismos, con ayuda de un chinchorro de 10 m de largo por 1 m de ancho y 0.002 m de luz de malla. Con base en el análisis de covarianza (ANDECOVA, $F=189.33$, $p<0.05$) se encontraron diferencias entre sexos; la relación peso-longitud indicó un tipo de crecimiento alométrico negativo para la población total ($b=2.90$, $t\text{-Student}=-13.05$, $p<0.05$), y para cada uno de los sexos (hembras, $b=2.89$, $t\text{-Student}=-12.81$, $p<0.05$ y machos, $b=2.95$, $t\text{-Student}=-2.45$, $p<0.05$). La expresión que mejor explica la relación entre longitud patrón (Y)- radio de la escama (X) es potencial ($y=32.47x^{0.634}$; $r^2=0.9579$, $p<0.05$). Se contaron de 4 a 110 circulis o escleritos en organismos con tallas entre 8 y 64 mm de longitud patrón y a partir de esto se registraron edades de 0 hasta 11 meses. Los resultados fueron validados con organismos cultivados en condiciones de laboratorio para determinar el tiempo de formación de los escleritos en las escamas. Se encontró que la formación de un circuli o esclerito fue de 3.24 días en peces que se cultivaron durante cuatro meses. Se realizó la estimación de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy tanto en longitud como en peso obteniendo los siguientes valores:

$L_{\infty} = 96.3\text{mm}$, $P_{\infty} = 16.9683\text{g}$, $k = 0.075$, $t_0 = -1.155$ para la población total

$L_{\infty} = 90.2\text{mm}$, $P_{\infty} = 13.5812\text{g}$, $k = 0.084$, $t_0 = -1.047$ para hembras

$L_{\infty} = 45.9\text{mm}$, $P_{\infty} = 2.4591\text{g}$, $k = 0.199$, $t_0 = -1.059$ para machos

Los valores obtenidos con esta estructura dura resultan tener un buen ajuste para el modelo de von Bertalanffy, puesto que la L_{∞} está por encima del valor de longitud de ambos sexos. Para determinar si existían diferencias significativas en el crecimiento entre los sexos, se aplicó la prueba de T^2 de Hotelling, la cual mostró diferencias entre los sexos atribuidas a los valores de L_{∞} y k .

Por otro lado el método utilizado para la determinación de la edad y el crecimiento por medio de la lectura de marcas en otolitos no reflejó un resultado que nos pudiera llevar a una buena estimación de estos parámetros de *Poeciliopsis gracilis*.

INTRODUCCIÓN

El estado de Morelos, representa el 0.3% de la superficie del país, tiene una diversidad biológica que alcanza niveles extraordinarios gracias a una compleja conjunción de influencias climáticas, orográficas y de latitud; El estado ha heredado un capital natural como es el suelo, la buena calidad del agua y el aire, las cuencas, los ríos, los bosques y las selvas caducifolias, lagos y barrancas que dan un clima muy especial a esta entidad (Batllori, 2002).

La totalidad de los cuerpos de agua del estado de Morelos pertenece a la cuenca del Balsas, que corresponde al río más grande del sur del país a desembocar en el Océano Pacífico. En el estado, el río se encuentra dividido en tres subcuencas, la del río Amacuzac, que tiene una superficie de 4,303.39 Km², la del Nexapa o Atoyac, con 673.17 Km² y la del Balsas Mezcala, con 1.6 Km² (Contreras-MacBeath, 1995).

Del inventario de los cuerpos de agua morelenses salta a la luz la importancia y sobretodo el inmenso potencial que representan para la entidad, tanto por su distribución como por su número, ya que se cuenta con siete ríos que recorren gran parte del territorio, seis lagos con muy diversas características, 124 embalses entre presas y bordos, así como alrededor de 50 manantiales (Contreras-MacBeath, 1995).

La mayoría de estos cuerpos de agua han sido utilizados de manera tradicional como fuentes de abastecimiento de agua para actividades agrícolas, uso doméstico, abrevadero, recreación y más recientemente la población que habita en sus alrededores los ha aprovechado como fuente de producción de proteína animal (Arredondo, 1986).

Con base en lo anterior la mayoría de las estrategias de planeación para la explotación acuícola se han dirigido principalmente a satisfacer las necesidades de alimento de poblaciones rurales, para lo cual se han implementado cultivos de tilapia, bagre, carpas y langostinos en las granjas acuícolas del Estado, sin embargo, en muchos lugares se ha fracasado debido a que los productores no han alcanzado los niveles de producción prometidos en los proyectos iniciales, por esta razón, otra alternativa de operación en acuicultura lo son los peces de ornato que han llegado a beneficiar a los grupos antes mencionados, así como a la iniciativa privada (Hernández-Ocampo, 2007).

Pocos estudios existen que documenten sobre el cultivo de peces de ornato, a diferencia de la industria de peces para consumo humano, donde un número relativamente pequeño de especies es cultivado (aproximadamente 95), en tanto que los peces de ornato rebasan las mil especies (Hernández-Ocampo, 2007), casi en su totalidad representadas por peces de la familia Poeciliidae, que comprende guppys, platys, molys y colas de espada. La única especie ornamental ajena a los poecilidos es un cíclido (*Cichlasoma nigrofasciatum*) conocido comúnmente como "convicto", especie que ha causado un fuerte impacto sobre la abundancia de la mojarra criolla (Contreras-MacBeath, 1995).

Las prácticas acuaculturales se pueden señalar como las responsables de la introducción de especies, unas para la producción pesquera y otras para acuacultura ornamental intensiva.

Existen dos especies *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* de las que se desconoce el motivo de introducción; sin embargo, se piensa pudo haber sido como producto accidental de las prácticas acuaculturales (Contreras-MacBeath, 1995).

Los poecílidos son pequeños peces, ninguno alcanza una longitud mayor a los 200 mm. Forman uno de los grupos animales dominantes en las aguas templadas de Centroamérica y de las Indias Occidentales e incluyen algunos organismos de los más pequeños y también de los más variados dentro de los vertebrados que actualmente existen. Se distribuyen en agua dulce, salobre y marina desde el noreste de los Estados Unidos, hasta el sur del río de la Plata en la parte norte de Argentina, con gran diversificación taxonómica en América Central, México y las Indias Occidentales. La gran tolerancia que tienen estos organismos a diferentes ambientes los hace de particular interés en estudios zoogeográficos y por su considerable diversidad de marcas estructurales los hacen importantes en estudios evolutivos de especialización adaptativa (Rosen y Bailey, 1963).

Comprenden alrededor de 190 especies clasificadas en 22 géneros y 2 subgéneros y son considerados como un grupo monofilético (desde el punto de vista cladista). Exhiben una serie de adaptaciones reproductivas que los separan de la mayoría de los otros grupos de peces (Constantz, 1989). Todas las variaciones posibles que pueden presentarse durante el estudio de algún poecílido en particular, aún dentro de las restricciones que impone la viviparidad, están contempladas dentro de los siguientes ocho rasgos que estandarizan a los miembros de esta familia:

1. Modo de reproducción: fertilización prolongada, superfetación, lecitotrofia o matrotrofia
2. Longitud patrón en su primera reproducción
3. Longitud promedio de hembras en reproducción
4. Tamaño promedio de la camada
5. Tamaño del embrión
6. Peso del lote
7. Intervalos entre una camada y otra
8. Longitud promedio del macho (Reznick y Miles, 1989).

Poeciliopsis gracilis (Heckel, 1848) es originario de América Central, la distribución general de las especies del complejo *P. gracilis* se encuentra localizada en la vertiente del Río Verde en México, al este en los tributarios del Golfo de Fonseca en Honduras (Río Choluteca) y quizás Nicaragua. Sobre el Atlántico, esta vertiente es originada por el Río Coatzacoalcos en Veracruz, México al lago Nicaragua (Miller, 1966). *P. gracilis* ha sido registrado al norte del río Balsas que drena en Morelos y Puebla, México. (Mejia, 1992). No se sabe si su presencia en el Río Balsas es debido a efectos naturales o antropogénicos, además de esto, es necesario investigar como las

especies interactúan con otros poecílidos ya establecidos en el sistema. (Gómez-Márquez *et al.* 1999).

Por otra parte, determinar correctamente la edad y el crecimiento de los organismos acuáticos es una de las tareas más importantes en la biología pesquera. En casi todos los estudios biológicos de peces, moluscos y crustáceos se debe recurrir a esta capacidad, a tal punto que, la determinación de la edad es una parte central de todo trabajo de investigación dirigido hacia la explotación racional de los recursos pesqueros.

Existen dos métodos para obtener la edad de los organismos:

1. Directos. Dentro de los que se consideran:
 - La liberación y recuperación de peces marcados.
 - Colocación de peces de edad o tamaño conocido, en cuerpos de agua experimentales.
 - Interpretación y conteo de capas anuales depositadas en estructuras duras:
 - a) Escamas
 - b) Otolitos
 - c) Opérculo y otros huesos
2. Indirectos, los cuales se basan en la distribución de frecuencias de tallas de una población de peces.

Independientemente del método que se utilice, la importancia asignada a la determinación de la edad y el crecimiento, deriva del hecho de que mediante ella se llega a definir la longevidad de las especies, identificar las clases anuales que componen un efectivo, determinar la edad de la primera madurez y de reclutamiento, así como, realizar la evaluación del potencial productivo con el fin de llevar a cabo un manejo adecuado desde el punto de conservación y explotación del recurso íctico (Gómez-Márquez, 1994).

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

El género *Poeciliopsis* es un miembro de la Subfamilia *Poeciliinae*, el cual se encuentra clasificado dentro de la tribu Poeciliini, integrada por alrededor de 190 especies (Nelson, 1994).

Poeciliopsis gracilis

Nombre vernacular: “Guapote jaracho” (Espinoza *et al.*, 1993)

Xiphophorus gracilis. Heckel, 1848:300-302, pl 9. (descripción original: Montañas de Orizaba Veracruz).

Gambusia heckeli Bleeker. 1860:485, (nombre sustituto por *Xiphophorus gracilis* Heckel).

Girardinus pleurospilus. Gunter, 1866:353-354 (descripción original: Lago de Dueñas, Guatemala).

Poeciliopsis pleurospilus. Alvarez y Aguilar, 1957:164.

Heterandria pleurospilus. Jordan y Everman, 1896 (1896-1900):148.

Poeciliopsis pleurospilus. Regan, 1913:997.

Poecilistes pleurospilus. Hubbs, 1926:68; Alvarez, 1950:88.

Poecilistes pleurospilus pleurospilus. Hubbs, 1950: pl,4.

Heterandria lutzi. Meek, 1902:106. (descripción original: Río Quiotepec, Cuicatlán Oaxaca).

Girardinus lutzi. Regan, 1906-1908:99.

Poeciliopsis lutzi. Regan, 1913:996.

Priapichthys letonai. Hildebrand, 1925:258 (descripción original: Río San Miguel, San Miguel, El Salvador).

Poeciliopsis gracilis. Rosen y Bailey, 1963:136 (diagnosis; distr.); Miller, 1966:790 (mención neotropicales); Alvarez, 1970:116 (claves); Miller, 1986:144 (lista); Meyer *et al*, 1985b:320 (diagnosis distr.); Rauchenberger, 1989a:367 (lista); Page y Burr, 1991:240 (diagnosis distribución); Espinoza *et al.*, 1993:51 (lista), (Huidobro-Campos, 2000).

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Esta especie presenta el cuerpo esbelto con la cabeza picuda, la talla máxima que alcanzan los machos en estadio adulto es de 30 a 40 mm y las hembras de 50 a 60mm. Las tonalidades del cuerpo van de color olivo al café, que cuando reciben luz directa se reflejan en tonos metálicos plateados. El patrón de coloración característico de *P. gracilis* se manifiesta en 8 a 10 manchas o puntos oscuros localizados en la parte media lateral del cuerpo, generalmente son puntos grandes de forma irregular cuyo diámetro es casi tan grande como la órbita del ojo, las aletas son ligeramente amarillas, la anal tiene el borde oscuro; casi inmaculada el área alrededor del ano (Fig. 1). Los melanóforos que dan la coloración oscura al gonopodio son de menor tamaño que los del cuerpo, encontrándose más separados entre sí, lo que le da una coloración transparente, por la distancia y el menor número de ellos (Huidobro-Campos, 2000).



Fig. 1. Representación esquemática (macho y hembra) de *Poeciliopsis gracilis*.

ANTECEDENTES

A pesar de que *Poeciliopsis gracilis* tiene importancia de tipo ornamental, la información que se ha obtenido con respecto a su reproducción, crecimiento, taxonomía y origen es escasa. Algunos trabajos realizados sobre aspectos generales de la especie son detallados a continuación; sin embargo, se ha obtenido mayor información sobre otras especies de la familia, misma que se integra a la presente investigación.

Trabajos realizados en la familia Poeciliidae

Snelson (1982), refutó el axioma de que los machos de los poecilidos cesan su crecimiento después de su madurez sexual, llevando a cabo un estudio entre las diferencias de crecimiento con crías y adultos de *Poecilia latipinna* bajo condiciones de laboratorio. Las crías presentaron un intervalo de crecimiento igual y en adultos, las hembras crecieron dos veces más rápido que los machos, sin embargo éstas tardaron más tiempo en alcanzar la madurez sexual, por lo que concluyó que los machos de algunas especies pequeñas como los poecilidos presentan bajos intervalos de crecimiento que no pueden ser fácilmente detectados.

Endler (1983), mencionó que en los poecilidos, el dicromismo sexual está asociado a la talla y al tamaño de la camada y que esto, no tiene relación con el dimorfismo sexual, o el grado de dicromismo, así como, con el patrón de color. Estudios detallados de especies de América del Sur mostraron que este patrón de colores de los poecilidos tiene varias funciones: (1) evitar visualmente la caza de depredadores diurnos; (2) apareamiento y (3) reconocimiento de especies. Datos de especies de América Central indicaron que estos patrones de color pueden

estar ligados fisiológicamente a la variación de un loci y que además puede afectar el patrón del color. Diferentes elementos para algunos patrones de color pueden ser influenciados por diversos modos de selección natural, en los guppies las relaciones entre depredación intensificada y el patrón de colores es diferente por la melanina, carotenos y estructura de los colores. Diferentes patrones de colores llamativos tienen diferentes grados de visibilidad bajo diferentes fondos, y puede imitar de forma distinta a los depredadores con diferentes capacidades visuales.

Snelson *et al.* (1986), realizaron estudios de laboratorio de las crías de *Poecilia latipina*, revelaron que uno de los factores más importantes en cuanto al crecimiento en longitud y el número de crías, fue la temperatura y el aporte de nutrientes por parte de la yema del huevo. De igual forma, cuando la temperatura y el alimento fueron controlados, la variación fue significativa en cuanto al número de crías, y la variación en el intervalo de longitud fue explicada por la variación en la fase vitelogénica del ciclo ovárico. La comparación interespecífica reveló diferencias marcadas en el número de crías entre el molly y el guppy *Poecilia reticulata*, por una amplia variación en la temperatura.

Reznick *et al.* (1989), reportaron para *Poecilia reticulata* criada bajo condiciones controladas, que los datos obtenidos de crecimiento y desarrollo del otolito presentan una relación de tipo lineal a pesar del lento crecimiento de los otolitos y el rápido crecimiento corporal; corroborando con esto que los organismos criados bajo condiciones controladas presentan crecimiento de tipo isométrico.

Meyer y Lydeard (1993), utilizaron la filogenia molecular para reconstruir la historia y modificaciones de la aleta anal en los machos para formar estructuras semejantes a órganos copulatorios para la fecundación interna, y el desarrollo de estructuras con una función semejante a la de las placentas, una forma avanzada de viviparidad donde las madres proveen de nutrientes adicionales a los embriones a través de ella. Características desarrolladas por los Cyprinodontiformes probablemente en diferentes etapas del tiempo.

Cabrera-Peña y Solano-López (1995), realizaron el análisis reproductivo de *Poeciliopsis turrubarensis* recolectado en el estuario del río de Panamá, bahía Culebra, Guanacaste, Costa Rica. Tomaron la longitud total, longitud estándar y la altura para cada una de las hembras incluidas en la muestra al azar; cada una de las hembras fue disectada y se extrajeron las crías de cada una, los óvulos, huevos y embriones fueron separados por categorías. El análisis de datos determinó que esta especie es superfetante y que es sexualmente activa durante todo el año, la talla mínima reproductiva es de 35 mm de longitud estándar.

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996), analizaron los aspectos reproductivos de *Poeciliopsis gracilis* del río Cuautla, Morelos, México; donde se analizaron las estrategias reproductivas. Los resultados indican que se presenta marcado dimorfismo sexual y una proporción de 1 macho para cada 4.5 hembras, agrupado en seis clases de tallas, la presencia de un solo grupo modal sugiere que esta tiene una vida corta que no va más allá de un año o dos. Una diferencia

en la talla del cuerpo en la reproducción fue notada. Después de analizar 325 ovarios, fueron establecidos seis estadios de maduración para hembras de *P. gracilis*.

Reznick *et al.* (1997), sujetaron a las poblaciones naturales de guppies a un episodio de selección direccional imitando procesos naturales. Dando como resultado intervalos similares en la evolución de edad y talla para la madurez durante la selección artificial en laboratorio. Los machos se desarrollaron más rápidamente, mientras que las hembras tardaron en crecer más en tamaño porque los machos tienen más variabilidad genética sobre cada acto de la selección natural. Este resultado se consideró como un tema de debate, acerca de la importancia de la selección natural contra otros procesos en los registros de evolución paleontológica.

Arteaga-Landa *et al.* (1999), describieron el efecto recíproco entre las especies nativas e introducidas pertenecientes a la familia *Poeciliidae* en el Estado de Morelos por medio del análisis de la variación de las densidades de cada especie en 61 sitios durante nueve años de colecta. Los resultados mostraron gran variación (dentro y entre especies) de los tamaños muestrales (densidades), en las poblaciones de hembras, pero los machos no presentaron diferencias significativas. Dos especies: *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops*, presentaron mayores densidades. Estos resultados muestran a estas dos especies como las más exitosas. Contrariamente, *Poeciliopsis balsas* presentó el menor número de registros indicando que es una especie en proceso de extinción por desplazamiento y competencia

Rodríguez *et al.* (1999), presentaron los resultados obtenidos de la tolerancia de especies de ornato para su producción bajo las condiciones fisicoquímicas y ambientales actuales del Lago Xochimilco, como una propuesta a los pobladores como alternativa para la explotación comercial. Se trabajó con tres especies de poecilidos: *Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops* y *Xiphophorus helleri*, las tres especies se aclimataron bien a las condiciones del tipo de agua del Lago de Xochimilco y hasta la fecha se ha presentado activamente la producción en los tres poecilidos, lo que denota que estas especies podrían ser una alternativa de producción y comercialización.

Gómez-Márquez *et al.* (1999), realizaron un trabajo acerca de la reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* en la Laguna El Rodeo, Morelos, México. Los especímenes obtenidos fueron representados en su mayoría por hembras (60.12%), seguido por machos (34.98%) y finalmente por los juveniles (4.89%). La proporción sexual 1:7 a favor de las hembras. La talla de la primera reproducción para las hembras fue de 27 mm y para los machos 22 mm. El desove se da durante la época de lluvias. Esto fue una prueba de que su actividad de cría se da durante todo el año. Reportaron que existe relación potencial entre la talla y el peso del ejemplar.

Arias y Reznick (2000), presentaron la historia de vida de *Phalloceros caudiomaculatus*, sobre la nueva variación del comportamiento de vida en la Familia Poeciliidae. Se describe en este trabajo un modelo de la historia de vida de *P. caudiomaculatus* sobre las bases de cautiverio y preservación de cuatro diferentes localidades de Sudamérica.

Estas especies son matrotropicos y al estimar el peso de los juveniles y los huevos, sugiere que estas especies son superfetantes. El matrotrofismo y la superfetación pueden desarrollarse independientemente de uno u otro. Las tallas tienen distribuciones semejantes indicando la presencia de una genética de polimorfismo por la edad y la talla al madurar en otras especies de poeciliidos.

Bautista y Páramo-Delgadillo (2000), realizaron el estudio de algunos aspectos de la biología reproductiva de *Xiphophorus helleri guntheri*, por medio de muestreos sistemáticos distribuidos a lo largo de las épocas de estiaje y lluvias; hacen una descripción de las diferentes etapas de desarrollo embrionario, la presencia de fertilización prolongada y su condición lecitotrófica tanto en el campo como en el laboratorio. Se obtuvo la talla de primera madurez en ambos sexos, con base en la aparición de los primeros caracteres sexuales secundarios (aleta anal en las hembras y la aleta anal modificada en los machos), así como la proporción sexual y fecundidad relativa.

García-Navarrete *et al.* (2000), realizaron un estudio de crecimiento en longitud para seis especies de la Familia Poeciliidae en el Estado de Morelos. Se caracterizó de manera espacio-temporal la abundancia y desarrollo del crecimiento de seis especies de la familia Poeciliidae, uno nativo (*Poecilia sphenops*), uno endémico proveniente de la zona que drena hacia el Balsas (*Poeciliopsis balsas*) y cuatro introducidos (*Poecilia reticulata*, *Heterandria bimaculata*, *Xiphophorus helleri* y *Poeciliopsis gracilis*) provenientes del río que drena en Morelos, estimando la abundancia y los procesos de crecimiento para cada una de las especies por medio del modelo de von Bertalanffy.

Hugues *et al.* (2000), expuso a los juveniles vulnerables al canibalismo de los adultos de una población experimental de *Gambusia affinis*, a varios niveles de protección, reduciendo significativamente los efectos de canibalismo y mantuvieron de forma efectiva la reproducción en el abrevadero experimental. La densidad de población declina debido a una falta de reclutamiento, y, debido a los diferentes niveles de protección, la distribución de tallas de peces con el tiempo fue buena.

Huidobro-Campos (2000), realizó el análisis de la distribución de las especies del complejo *Poeciliopsis gracilis*, uno de los cuatro complejos que conforman el género y cuya presencia se ubica en el centro y sureste de México, importante desde el punto de vista biogeográfico y en el que se incluyen eventos histórico geológicos que han influido en su distribución actual.

Marsh-Matthews *et al.* (2001), presentaron evidencia de la transferencia directa de nutrientes de la madre al embrión de *Gambusia geiseri*, una especie en el cual

desarrollo del embrión se pensaba dependía solamente de los nutrientes y energía depositados en el huevo después de la fertilización, y sugieren que la matotrofia puede ser una estratégica inversión maternal de gran importancia para estas especies.

Galindo-Villegas y Sosa-Lima (2002), realizaron un estudio descriptivo y taxonómico en *Poeciliopsis infans* del lago de Pátzcuaro, en donde los machos de estos peces vivíparos poseen la aleta anal modificada llamado gonopodio, describe las características de la espina hemal sobre la 18^a vértebra caudal para estas especies y los componentes de la estructura gonopodial que esta relacionada con una estructura suspensoria, importante para estudios taxonómicos y varios niveles de clasificación. *Poeciliopsis infans* mostraron un alto grado de dimorfismo sexual al final de la aleta anal. La comparación entre hembra y macho tomando como referencia el final de la aleta anal es descrita como la causa de un posible impacto en la fauna íctica del Lago de Pátzcuaro.

Gómez-Márquez *et al.* (2002), estudiaron el efecto de diferentes tipos de alimento en el crecimiento de *P. gracilis* colocando 6 peceras, cada una con 15 organismos de 0.01g de peso total y 10 mm de longitud total; los organismos de cada tratamiento se alimentaron con una ración de 25 y 50% de proteína cruda y alimento vivo (*Daphnia sp*) tres veces al día y seis días a la semana por tres meses. La tasa de crecimiento del peso total, inicialmente fue de 5.0% por día y sucesivamente fue decreciendo, no se observaron diferencias en los intervalos de crecimiento entre los tratamientos.

Guerrero *et al.* (2002a), colectaron especímenes de *Poeciliopsis gracilis* e *Ilyodon whitei* en el río Amacuzac, Morelos y de *Goodea atripinnis* en el Lago de Cuitzeo, Michoacán para comparar la ovogénesis de estas tres especies de peces vivíparos, en las que *P. gracilis* carece de pliegues y los ovocitos se desarrollan a lo largo de la pared del ovario, no se observa septo ovárico y los estadios tempranos de la ovogénesis son similares en las tres especies. Se observan abundantes glóbulos lipídicos, y los espermatozoides están asociados a los pliegues del epitelio ovárico.

Guerrero y Uribe (2002), analizaron la histología de lo folículos ováricos de *Poeciliopsis gracilis*, del río Jojutla en el Estado de Morelos, México durante los estadios de gestación y no gestación. Los folículos ováricos de las especies de la familia *Poeciliidae*, estructura donde ocurre la oogenesis, además del desarrollo embrionario, corresponde a una gestación intrafolicular, proceso de especial interés en el estudio de la reproducción de los peces vivíparos.

Reznick *et al.* (2002), discutieron la complejidad de las placentas, envueltas en múltiples tiempos en *Poeciliopsis sp.* estrechamente relacionado con los taxones hermanos ya que estos pueden o no tener placentas o estadios intermedios en la evolución. Si se tiene en cuenta que, las placentas pueden desarrollarse en 750 000 años o más, sobre la misma escala del tiempo, como lo sugerido por los cálculos teóricos para la evolución de ojos complejos. Independientemente de los

orígenes de semejante complejidad, presentan una oportunidad para estudiar la evolución y complejidad desde una perspectiva evolutiva.

Cabrera (2004), estableció el índice gonadosomático (IGS) e índice de fertilidad (IFe), la presencia de superfetación, la caracterización de algunos aspectos ontogenéticos y el índice de heterogonia para las relaciones LT/LP, LT/LC y LC/DO. Basado en esto reporta un IFe absoluto medio de 62.78 (con límite inferior de 22 y superior de 105), con IGS medio de 3.22% (con límites de 0.02 y 14.35%), y encuentra que la superfetación es ocasional. En la caracterización de las etapas del desarrollo ontogenético las relaciones LT/LP, LT/LC y LC/DO presentaron todas alometrías positivas.

Campuzano-Caballero *et al.* (2004), definieron las características estructurales del gonoducto de *Poeciliopsis gracilis* y *Poecilia reticulata* y reportaron por medio de cortes histológicos que la pared del gonoducto está constituida por epitelio columnar con forma irregular, tejido conjuntivo vascularizado laxo, gruesa capa de músculo liso y serosa en la periferia. Durante la época de apareamiento se ubica espermatozoides en la luz y algunos de ellos muestran la cabeza adherida a las células epiteliales. Algunos espermatozoides parecen estar en el interior de las células epiteliales. Adyacentes a la luz del gonoducto se observaron pliegues de la mucosa que contienen espermatozoides. En la luz del gonoducto, entre los espermatozoides se observan células ovoides o irregulares que pueden corresponder a macrófagos.

Sánchez y Sastré (2004), estudiaron los aspectos reproductivos y el crecimiento de *Poeciliopsis gracilis* en el lago de Coatetelco, Morelos, reportando para la especie un tipo de crecimiento alométrico negativo. Con base en los estadios de madurez gonádica de las hembras, el máximo valor del índice gonadosomático y el índice hepatosomático, la especie se reproduce en mayor proporción entre Agosto y Octubre y de Enero a Abril. Respecto a la fertilidad el número de embriones en los ovarios varió entre 1 y 12, con promedio de 4 embriones. Los resultados mostraron que las hembras alcanzan una mayor longitud y peso a diferencia de los machos.

Huidobro-Campos y Espinosa-Pérez (2004), buscaron la homología espacial y el reconocimiento de áreas de endemismo que permiten plantear una hipótesis de la historia de la distribución geográfica de la subfamilia Poeciliidae. Con la distribución de los poecílidos se puede contrastar el planteamiento de una biota de origen neotropical cuya distribución actual es compartida por una gran cantidad de organismos. Se identificaron cinco áreas de endemismos para la subfamilia: una abarcando centro y sur de México compuesta por los géneros *Belonesox*, *Carlhubssia*, *Priapella*, *Scolichthys*, *Xiphophorus*, *Xenodexia*. Para Centro América: *Xenophallus*, *Alfaro*, *Neoheterandria*, *Priapichthys*. Otra área identificada de endemismo de *Giardinus*, *Limia* y *Quintana* fue en las islas del Caribe. En América del sur existen dos áreas de endemismo bien definidas: en la parte Norte del río Amazonas *Tomeurus* y *Pluviphulax* y en el área comprendida entre el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y noreste de Argentina *Phaloceros*, *Phallotorinu* y *Phalloptychus*.

Los diez géneros restantes de la subfamilia presentan distribuciones amplias, mismas que son compartidas con alguna de las áreas de endemismos identificadas para la subfamilia.

Wille (2005), analizó la relación madre-embrión en dos híbridos naturales (hembras unisexuales *Poeciliopsis monacha-lucida*; MLVII e MLVIII) colectadas en el estado de Sonora, México, y un repertorio de seis híbridos producidos a través de inseminación artificial (denominados como híbridos producidos en laboratorio). El peso seco de huevos maduros y embriones en tres estadios de desarrollo difirieron significativamente entre los híbridos, la mayor parte de los híbridos presentaron superfetación y lecitotrofia, mostrando que la asociación entre la superfetación y lecitotrofia ocurre en híbridos naturales y no esta restringida a *P. monacha*.

En la Presa Emiliano Zapata hasta el momento solo se han realizado estudios enfocados a la especie comercialmente explotados como es la tilapia (*Oreochromis niloticus*) dejando a un lado la caracterización de la Presa en lo que respecta a otras especies como son los topotes (*Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops*) y el mismo *Poeciliopsis gracilis*, que puede carecer de valor alimenticio, pero que tienen valor ornamental y por lo tanto económico. Así mismo, se deben considerar parte del ecosistema porque llevan a cabo una función importante dentro de éste, lo cual solo se podrá determinar realizando un estudio de los elementos que lo constituyen para clasificar a la Presa en estudio y determinar las posibles alternativas o vías de explotación de este embalse. Por lo que uno de los propósitos de este trabajo es el de obtener información sobre la edad de *P. gracilis* cuyo periodo de vida es relativamente corto y aportar datos significativos acerca del tiempo en que se llevan a cabo la formación de marcas de crecimiento en las escamas y otolitos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la edad y el crecimiento de *Poeciliopsis gracilis* de la Presa Emiliano Zapata mediante la lectura de estructuras duras (escamas y otolitos) y del modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar si la lectura de escamas y otolitos es un método adecuado para estimar la edad en especies de vida corta.
 - Conocer la relación peso–longitud para determinar el tipo de crecimiento que presenta esta especie en este sistema acuático.
 - Validar la edad y el crecimiento por medio de cultivo experimental en laboratorio.
 - Obtener las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy
-

ÁREA DE ESTUDIO

La presa Emiliano Zapata (Fig. 2) se localiza en el ejido de Tilzapotla, perteneciente al municipio del Puente de Ixtla, en el extremo Suroeste del Estado de Morelos, México, situada entre los 18°30'00" latitud Norte y 99°16'34" longitud Oeste, a una altitud de 899 m.s.n.m. Tiene una cortina de tipo gravedad de sección semitrapecial con una capacidad de almacenamiento de 1 560 000 m³ y el vaso tiene una pendiente media aproximada de 0.018 m (Anónimo, 1981).

El tipo de clima de acuerdo a la clasificación climática de Köepen modificado por García (2004), es Aw" (w) (i) (g) cálido subhúmedo con lluvias en verano con canícula, marcha de temperatura tipo Ganges y lluvia invernal menor a los 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre los 800 y 1000 mm; la precipitación máxima se presenta en septiembre con lluvias que oscilan entre 190–200 mm y la mínima ocurre en Febrero, Marzo y Diciembre con un valor menor a los 5 mm. La temperatura media anual es de 24 a 26°C.

El vaso esta circundado desde el lado poniente hasta el sureste por formación de rocas sedimentarias que han originado suelos consistentes de areniscas y conglomerados. Desde el extremo noroeste hacia el suroeste se extienden formaciones de rocas ígneas extrusivas, pertenecientes a la edad Cenozoica del periodo Cuaternario.

El tipo de vegetación circundante a la presa y al poblado de Tilzapotla corresponde a selva baja caducifolia, predominando *Phicus* spp y *Bursera* spp con una perturbación bien marcada en los lomeríos así como en las laderas del Cerro Frío (con pendiente de 20 a 22°) y se observa en las partes más descubiertas diferentes especies de leguminosas como *Acacia farnesiana*, *A. penatula* y *Mimosa púdica*, entre otras (Anónimo, 1981).

El tipo de suelo alrededor de la presa es Feozem háplico de textura media y Regozol eútrico, siendo sus principales usos para la agricultura temporal, permanente anual y pastizal inducido de potrero.

Los principales afluentes de este cuerpo acuático son los arroyos El Grillo, La Piraña, La Joya y El Ranchito (Anónimo, 1981).

La presa Emiliano Zapata ocupa un área de 13.24 ha, con un perímetro de 2 526.4 m, la longitud máxima es de 702 m y la anchura máxima de 456 m. La profundidad máxima es de 17 m, la profundidad media es de 3.83 m (González y López, 1997).

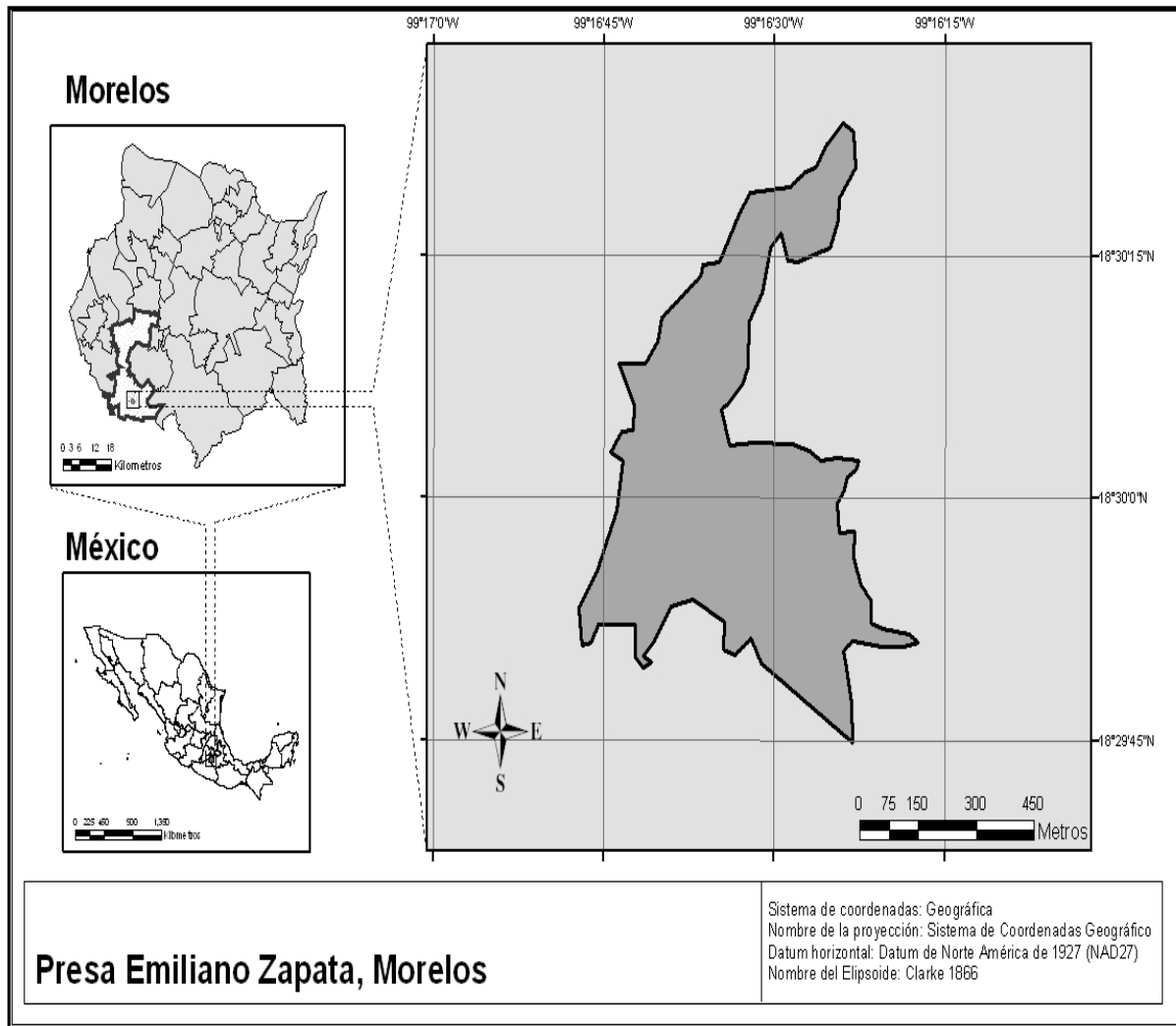


Fig. 2. Localización de la Presa Emiliano Zapata

MATERIAL Y MÉTODOS

FASE DE CAMPO

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Se efectuaron muestreos mensuales en la zona de estudio de Septiembre de 2003 a Septiembre de 2004. Se estableció una estación de muestreo en el sistema, en la cual se determinó la temperatura del agua así como la temperatura ambiental con un termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$ de precisión; la transparencia se midió con la ayuda de un disco de Secchi, con el fin de conocer ciertas características del cuerpo de agua.

Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella Van-Dorn horizontal, de dos litros de capacidad para conocer los siguientes parámetros: pH, con un potenciómetro de campo (Corning) de ± 0.01 unidades de precisión, Conductividad con un conductímetro de campo, concentración de oxígeno disuelto por el método de Winkler con la modificación de la azida de sodio, alcalinidad y dureza total por el método volumétrico y complejométrico respectivamente (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Una vez realizado lo anterior los peces se obtuvieron con la ayuda de un chinchorro playero de 10 m de largo y 1 m de ancho con 0.002 m de luz de malla. Los ejemplares fueron fijados en una solución de formalina comercial al 10% neutralizada con borato de sodio. Una vez concluida esta actividad, los peces fueron transportados al laboratorio en un recipiente de polietileno para su posterior análisis.

FASE DE LABORATORIO

RELACIONES BIOMÉTRICAS.

En el laboratorio, a cada uno de los ejemplares se les tomó la siguiente biometría con un ictiómetro de 1 mm de precisión:

- ✓ Longitud total (Lt), medida desde la parte media del labio superior de la boca, hasta la parte más distante de la aleta caudal.
- ✓ Longitud patrón (Lp), dimensión comprendida entre la parte central del labio superior de la boca y la base de la aleta caudal
- ✓ Altura (A), distancia entre el perfil dorsal del cuerpo y el ventral a la altura de la base de la aleta dorsal (Fig. 3).

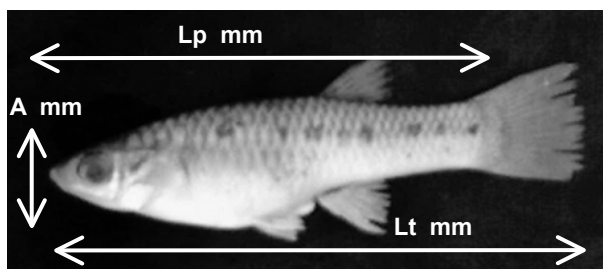


Fig. 3. Biometría de *P. gracilis*

Posteriormente fueron pesados en una balanza analítica de 0.0001g de precisión y sexados tomando en cuenta la presencia del gonopodio distintivo en los machos.

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

Los peces que se fijaron en formalina se lavaron con agua corriente y se conservaron en alcohol etílico al 70%. En la determinación taxonómica se utilizaron las claves propuestas por Alvarez del Villar (1970) y Rosen y Bailey (1963).

EXTRACCIÓN, CONSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE ESCAMAS Y OTOLITOS

A 50 peces por mes, se les extrajeron de 10 a 15 escamas de la zona localizada por encima de la línea lateral, a nivel del origen de la aleta dorsal (Gómez-Márquez, 1994). Para la extracción de los otolitos de los peces se utilizó un estereoscopio para decapitarlos, separando la mandíbula superior e inferior dejando libre el piso de la bóveda craneal que los protege, se etiquetaron y se colocaron en una solución 1:1 de agua e hidróxido de amonio al 5%.

De las escamas y otolitos que se colocaron en frascos con solución de hidróxido de amonio al 5%, se montaron de 8 a 10 escamas, junto con los otolitos en un portaobjetos con ayuda de una pipeta Pasteur.

En cada uno de los otolitos se midieron los ejes radiales a partir del núcleo y hasta el margen anterior (radio anterior del otolito o RAO), posterior (RPO), ventral (RVO) y a lo largo del eje anterodorsal (RADO) (Fig. 4) y para las escamas se midió el radio de la estructura (tomada del foco al margen anterior) con ayuda de un microscopio óptico con ocular micrométrico incluido y se contó el número de escleritos o círculis presentes (Fig. 5); lo anterior fue realizado por dos personas en diferentes tiempos sin conocimiento de los datos de talla y sexo de los organismos.

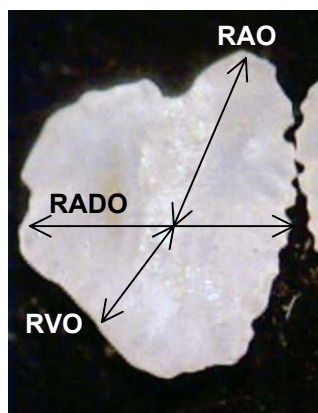


Fig. 4. Otolito de *P. gracilis*

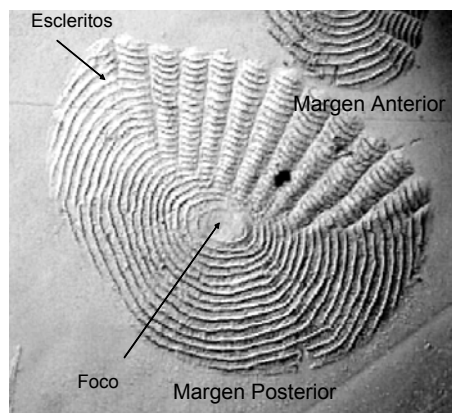


Fig. 5. Escama de *P. gracilis*

Las medidas anteriores se obtuvieron de 6 escamas de un mismo individuo para obtener un promedio y así minimizar los errores en las mediciones (Gómez-Márquez, 1994, Granado, 1996).

VALIDACIÓN DE LA EDAD.

Se colocaron 100 organismos de aproximadamente 10 mm de longitud total en dos peceras de 30 L de capacidad manteniendo las condiciones necesarias controladas similares a las reportadas para la Presa (temperatura, pH, conductividad y oxígeno) por 110 días los cuales se alimentaron con alimento balanceado con 50% de proteína.

Se sacrificaron de 7-10 organismos cada quince días, a cada uno se les tomó la biometría y se les extrajeron otolitos y escamas de acuerdo al procedimiento realizado con los organismos colectados en campo; con el fin de determinar los períodos de formación de cada esclerito en las escamas y la formación de marcas de crecimiento en otolitos, y así poder proponer una edad aproximada para *Poeciliopsis gracilis* de la Presa Emiliano Zapata.

FASE DE GABINETE

Una vez que fueron obtenidas todas las mediciones de un organismo (longitud total, longitud patrón, altura, peso y sexo), los datos se capturaron en una hoja de cálculo Excel de Microsoft Office 2000 y se realizaron pruebas de correlación entre las longitudes con respecto al peso para determinar los parámetros que se utilizaron para el análisis estadístico.

Para llevar a cabo un manejo adecuado de los datos se tuvo que analizar la proporción sexual de toda la población, para verificar si cumplía lo propuesto por Nikolsky (1963) que la proporción debería ser 1:1, para esto se contó el número de machos y hembras y se aplicó una prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrada (χ^2) con α de 0.05 (Daniels, 1997).

Para determinar si los organismos podrían ser tratados por sexos o como una población, se realizó una prueba de covarianza (ANDECOVA, $p < 0.05$), aún cuando *P. gracilis* presenta un marcado dimorfismo sexual. De igual forma para observar el comportamiento de los datos se utilizó el Análisis Exploratorio de Datos (Salgado-Ugarte, 1992).

Se realizó el ajuste de los datos del radio o diámetro de la estructura y la talla de los organismos con los modelos de regresión lineal, exponencial y potencial, para determinar que ecuación describe adecuadamente la relación entre la longitud del cuerpo y el radio/diámetro de la estructura dura (escama y otolito).

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, que tiene la ventaja de estar respaldado por un razonamiento biológico, ya que 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 a la edad t

L_∞ = Longitud asintótica o longitud máxima que alcanza el pez

k = Tasa de crecimiento, que determina la rapidez con la que el pez alcanza L_∞

t_0 = Punto en el tiempo, en el que el pez tiene una talla cero.

Para estimar L_∞ , k y t_0 de la ecuación de von Bertalanffy, se aplicaron los métodos de Ford-Walford (1949) y Beverton y Holt (1957) (Everhart y Youngs, 1981; Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2000) utilizando los valores promedio de la longitud en función de la edad asignada a los organismos considerando a toda la población así como por sexos. También Se utilizó el análisis de la regresión no-lineal, por medio del paquete estadístico Stata (Salgado-Ugarte *et al.*, 2000) para obtener el valor nominal de L_∞ , k y t_0 .

Para determinar si existen diferencias en el crecimiento entre los machos y las hembras, se utilizó la prueba multivariada de T^2 de Hotelling (Bernard, 1981, Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)

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).

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

donde:

P_t = Peso total (g)

P_∞ = Peso máximo que alcanza el pez

b = Pendiente de la relación peso-longitud

K = constante de crecimiento

t_0 = Edad teórica que debe tener el pez cuando su peso es cero

Para la relación Peso-Longitud se utilizó la expresión potencial citada por Lagler (1952).

$$P_t = aLp^b$$

donde:

P_t = Peso Total (g)

L_p = Longitud Patrón (mm)

a y b = constantes

Para la obtención de los valores de a y b se aplicaron logaritmos a la expresión anterior para poder linearizarla de la siguiente manera:

$$\text{Log}P_t = \text{Log} a + b \log L_p$$

Los valores de la pendiente (b) y del intercepto (a) se obtuvieron por medio de la aplicación del método de mínimos cuadrados. Posteriormente se realizó el análisis de t-student para determinar si el tipo de crecimiento de estos organismos es isométrico ($b = 3$) o alométrico ($b \neq 3$).

Este análisis se efectuó para la población total y por sexo. Se analizaron los valores de pendiente obtenidos en cada una de las regresiones anteriores con el fin de verificar valores iguales o diferentes a 3 y así definir el tipo de crecimiento

En cuanto a la determinación de la edad por medio de la lectura en escamas de los organismos de laboratorio, se obtuvo un promedio en el número de escleritos de los organismos que fueron sacrificados quincenalmente, con el objetivo de tener una relación entre su formación con respecto al tiempo.

Los datos de los factores ambientales se graficaron mensualmente para observar su comportamiento temporal y se analizó su posible influencia en la depositación de escleritos o circuli en las estructuras duras.

RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Se estableció una estación de muestreo con base en lo propuesto por González y López (1997) y Ramos (2001).

La temperatura mostró fluctuaciones entre la ambiental y la del agua (aunque registraron similar comportamiento); para este último factor, el valor mínimo fue de 21.6 °C en Enero y se presentó un máximo de 30.4°C en Septiembre 2003 (Fig. 6). En cuanto a la temperatura ambiente se registró un valor mínimo de 18.4°C en Enero y un máximo en Marzo de 35°C

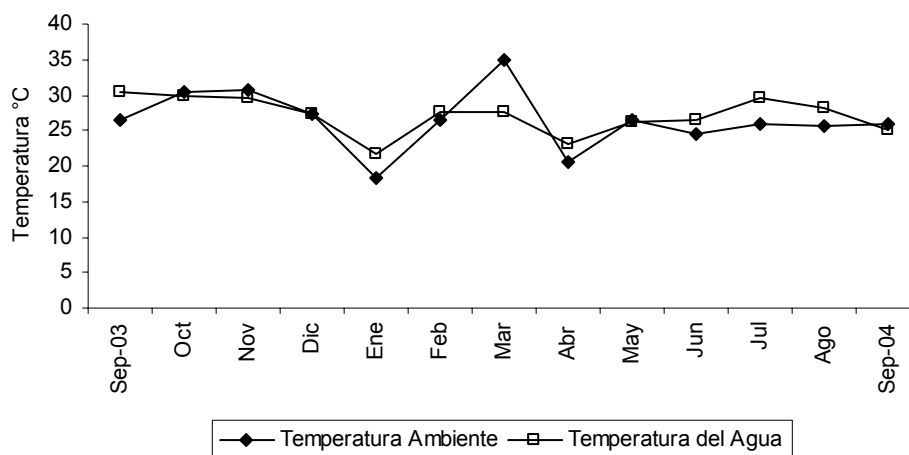


Fig.6. Comportamiento de la temperatura ambiental y del agua

Respecto a los niveles de oxígeno disuelto (Fig. 7) se obtuvieron valores de 5.32 mg/L en Abril y 11.31 mg/L durante el mes de Marzo, con un promedio de 8.53 mg/L, encontrándose una tendencia a disminuir durante la temporada de invierno para aumentar durante las estaciones cálidas y de lluvias. En cuanto al pH del agua, este varió de 7.26 en Septiembre 2004 a 8.95 unidades en Marzo, con un promedio de 8.09 unidades, la tendencia fue de aumentar durante la época de secas y tiende a disminuir a partir del mes Abril hasta Septiembre, durante la época de lluvias.

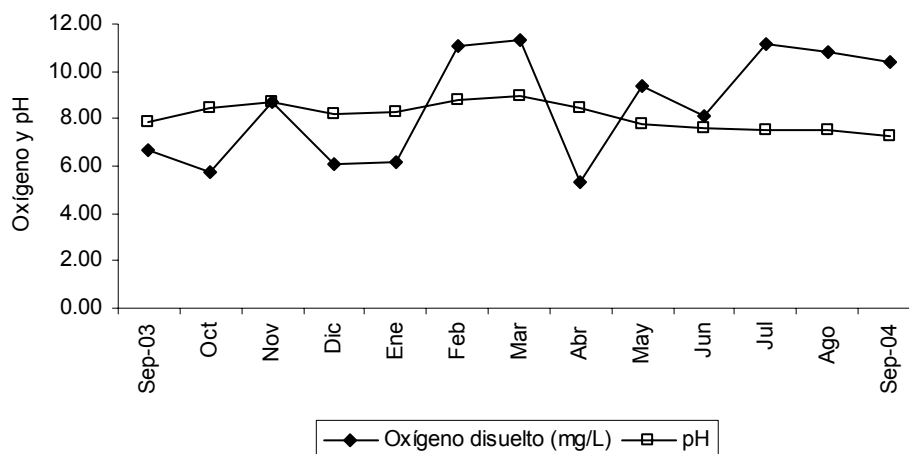


Fig. 7. Variación mensual de los niveles de oxígeno disuelto (mg/L) y pH

La dureza total (Fig. 8) fue mayor a la alcalinidad registrando valores de 200.2 mg/L en Febrero y 400.4 mg/L en Abril con un promedio de 319.3 mg/L. La alcalinidad total fluctuó entre 15 mg/L durante el mes de Mayo y 70 mg/L durante el Mes de Diciembre, con un promedio de 30.12 mg/L. La conductividad osciló entre 615 μ S/cm en Noviembre y 755 μ S/cm en Junio, con un promedio de 690.15 μ S/cm, esta variable se relacionó con la dureza total.

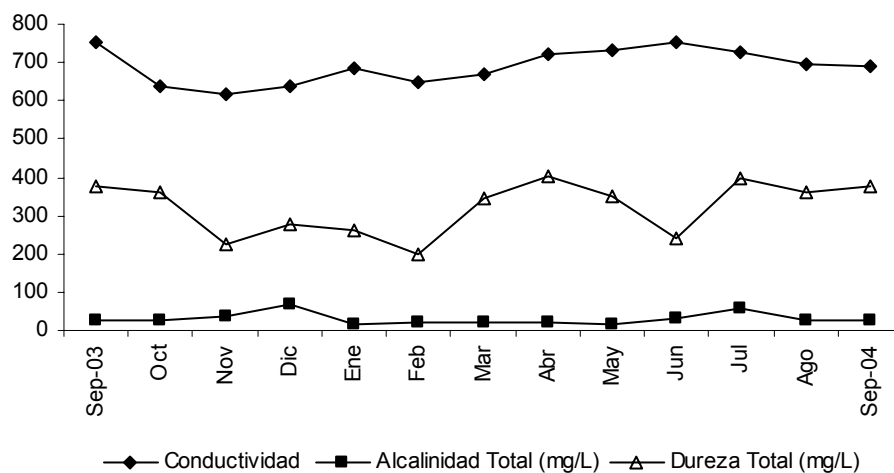


Fig. 8. Relación entre la alcalinidad total, dureza total (mg/L) y conductividad (μ S/cm)

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

La especie de poecílido de la Presa Emiliano Zapata con la que se trabajó, fue *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848), de acuerdo a las claves taxonómicas propuestas por Rosen y Bailey (1963), Alvarez del Villar (1970) y Huidobro-Campos (2000).

RELACIONES BIOMÉTRICAS

RELACIÓN LONGITUD TOTAL - LONGITUD PATRÓN

Durante el periodo de muestreo de Septiembre del 2003 a Septiembre del 2004 se capturó un total de 1 696 organismos de *P. gracilis* (Heckel), con intervalos de tallas para hembras de 10 a 75 mm (peso de 0.0119 a 5.9311 g) de longitud total, para machos 11 a 48 mm (peso 0.0129 a 1.2294 g), para indeterminados 10 a 22 mm (peso 0.0164 a 0.1292 g).

En la figura 9 se muestra la relación entre las longitudes (patrón y total), la cual presenta una relación lineal entre las variables.

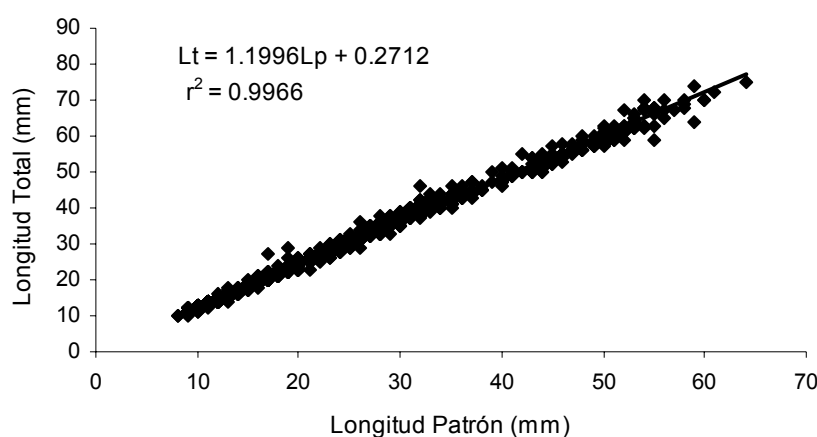


Fig. 9. Relación longitud total-longitud patrón para la población de *P. gracilis*.

Para esta relación se llevó a cabo el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$) para determinar si existían diferencias entre las longitudes y el sexo (Tabla 1); este análisis mostró que entre los machos y las hembras existen diferencias significativas ($F=41.11$, $p > 0.05$)

Tabla 1. Análisis de Covarianza para longitud patrón, longitud total y sexo de *P. gracilis*

Número de obs =		1696	R^2	=	0.9946
Raíz MSE		.977198	R^2 Aj	=	0.9946
Fuente	Suma de C	gl	Cuadrados M	F	Prob > F
Modelo	298334.02	5	59666.804	62483.77	0.0000
Long Pat (mm)	1764.23521	1	1764.23521	1847.53	0.0000
sexo	34.49907	2	17.249535	18.06	0.0000
Long Pat (mm)*sexo	78.5058557	2	39.2529279	41.11	0.0000
Residuo	1613.80955	1690	.954916892		
Total	299947.83	1695	176.960371		

Se realizó un análisis de correlación entre el peso y la longitud (total y patrón) con la finalidad de seleccionar cual de estas dos últimas variables tiene mayor asociación con el peso, y de acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 2) se tomó la decisión de trabajar con la longitud patrón para los análisis posteriores, debido principalmente a que esta variable tuvo mejor correlación con el peso, además, de que no se ve afectada por el tamaño de la aleta caudal del pez.

Tabla 2. Análisis de correlación entre la longitud total, longitud patrón y el peso de *P. gracilis*

		Longitud Total (mm)	Longitud Patrón (mm)	Peso (g)
Longitud Total (mm)	Correlación Pearson	1		
	Sig. (2-colas)	.		
	N	1696		
Longitud Patrón (mm)	Correlación Pearson	0.9966	1	
	Sig. (2-colas)	0	.	
	N	1696	1696	
Peso (g)	Correlación Pearson	0.9071	0.9135	1
	Sig. (2-colas)	0	0	.
	N	1696	1696	1696

** Correlación significativa a 0.01 (2-colas).

Al realizar la relación de peso total y longitud patrón para los individuos se encontraron diferencias significativas entre los sexos por medio del análisis de covarianza (ANDECOVA: $F = 189.33$, $p < 0.05$), por lo que se hicieron las regresiones tanto para machos como para hembras (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de Covarianza para longitud patrón, peso y sexo de *P. gracilis*

	Número de Obs. =	1696	$R^2 =$	0.8745	
	Raíz MSE =	.285279	$R^2_{Aj} =$	0.8742	
Fuente	Suma de C	gl	Cuadrados M	F	Prob > F
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Modelo	958.663052	5	191.73261	2355.90	0.0000
Long Pat (mm)	1.91658094	1	1.91658094	23.55	0.0000
sexo	16.3208847	2	8.16044235	100.27	0.0000
Long Pat (mm)*sexo	30.8175154	2	15.4087577	189.33	0.0000
Residuo	137.538858	1690	.08138394		
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	1096.20191	1695	.646726791		

RELACIÓN PESO TOTAL- LONGITUD PATRÓN

A partir de los datos de peso total y longitud patrón se realizaron los análisis de regresión para obtener los valores de las constantes “a” y “b” de la relación peso-longitud, para cada uno de los sexos y para la población total, en donde a partir de “b” se determinó el tipo de crecimiento.

Todos los organismos de *P. gracilis* de este estudio (machos, hembras e indeterminados o crías) siguen un comportamiento de tipo potencial y presentan un crecimiento de tipo alométrico negativo tanto para la población total como para cada uno de los sexos (Fig. 10, 11, 12 y 13).

En la siguiente tabla se muestran los valores de “a” y “b” de cada una de las regresiones realizadas a los organismos, y el valor obtenido de t-Student (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de “a”, “b” y t-Student para los organismos de *P. gracilis*.

	“a” Ordenada al origen	“b” Pendiente	t-Student p<0.05	N
Población Total	0.00003	2.90	-13.05	1969
Machos	0.00003	2.9568	-2.45	422
Hembras	0.00003	2.8927	-12.81	1237
Indeterminados	0.0001	2.283	-3.11	37

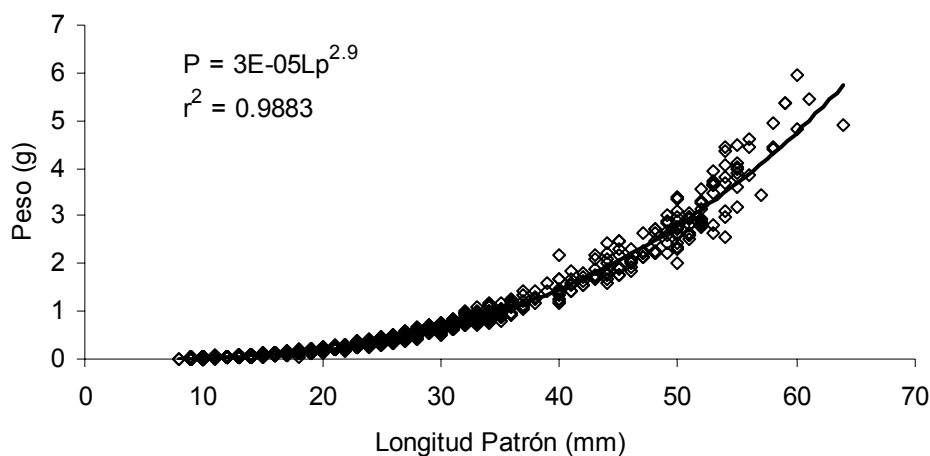


Fig. 10. Relación Peso-Longitud de *P. gracilis* para la Población Total

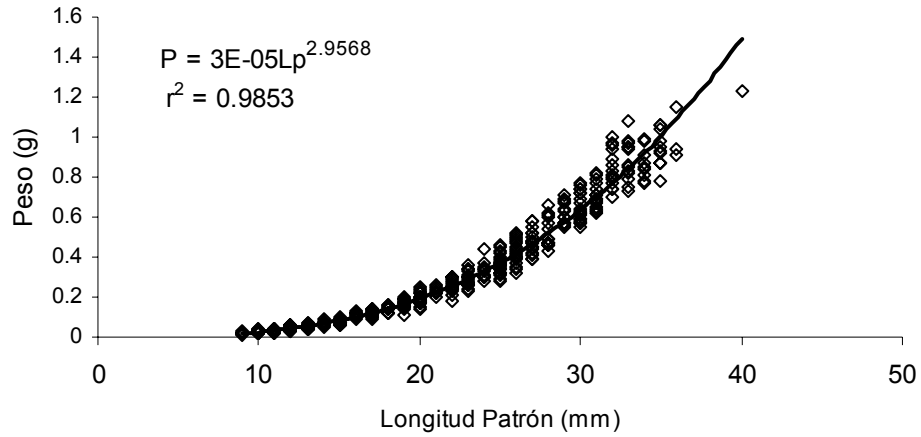


Fig. 11. Relación Peso-Longitud de *P. gracilis* para Machos

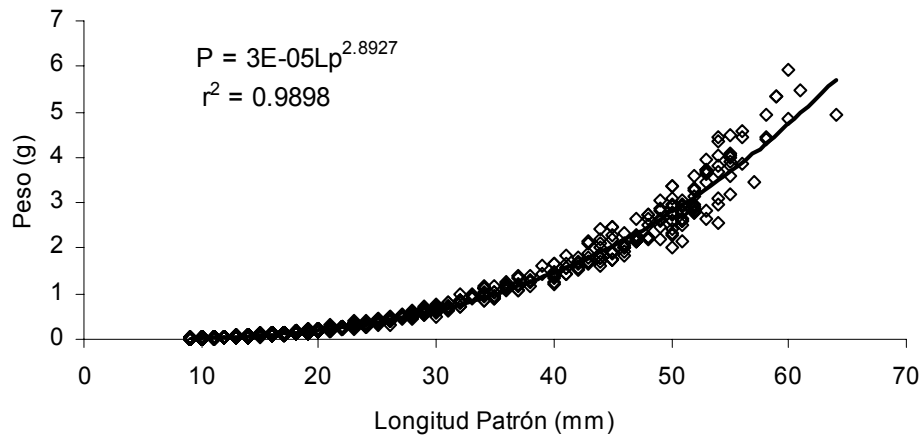


Fig. 12. Relación Peso-Longitud de *P. gracilis* para Hembras

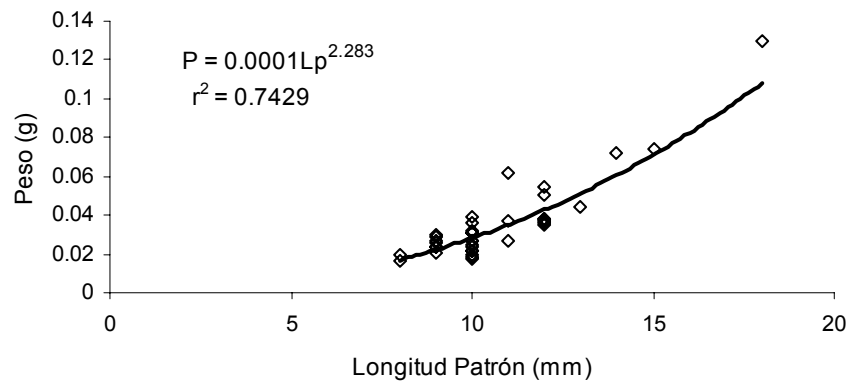


Fig. 13. Relación Peso-Longitud de *P. gracilis* para indeterminados

RELACIÓN LONGITUD PATRÓN-ALTURA

En cuanto a ésta relación se realizó un análisis de correlación para conocer la variable que tuviera un mejor índice de relación con la altura del pez (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de correlación longitud total, longitud patrón y altura de *P. gracilis*

		Longitud Total (mm)	Longitud Patrón (mm)	Altura (mm)
Longitud Total (mm)	Correlación Pearson Sig. (2-colas) N	1 . 1696		
Longitud Patrón (mm)	Correlación Pearson Sig. (2-colas) N	0.9966 0 1696	1 . 1696	
Altura (mm)	Correlación Pearson Sig. (2-colas) N	0.9583 0 1696	0.9605 0 1696	1 . 1696

** Correlación significativa a 0.01 (2-colas).

Los resultados del análisis de correlación muestran un valor ligeramente mayor entre la longitud patrón y la altura, por lo anterior se decidió utilizar ésta longitud para su análisis.

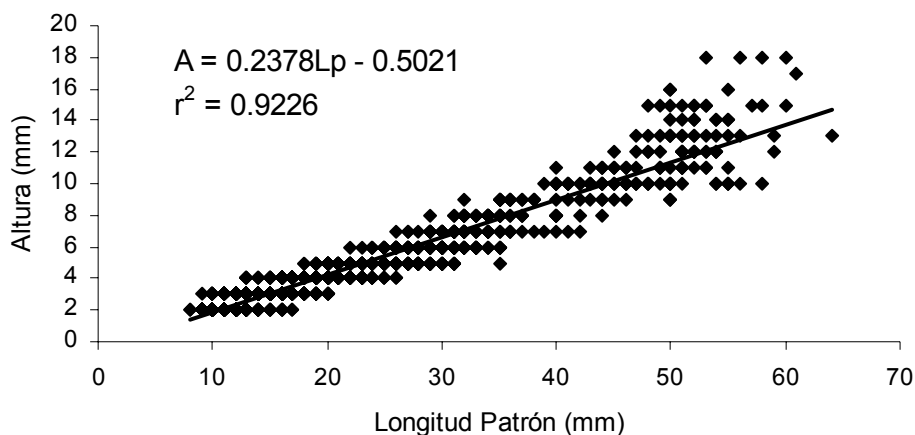


Fig. 14. Relación longitud patrón-altura para la población de *P. gracilis*.

La gráfica de la relación longitud patrón-altura para la población total, muestra que los datos tienen un comportamiento de tipo lineal con un coeficiente de determinación de $r^2=0.9226$; $p<0.05$ (Fig. 14). De la misma manera tanto los machos como las hembras presentaron un comportamiento similar con los

siguientes coeficientes de determinación: machos $r^2=0.9017$, $p<0.05$ y hembras $r^2=0.9262$, $p<0.05$ (Fig. 15 y 16).

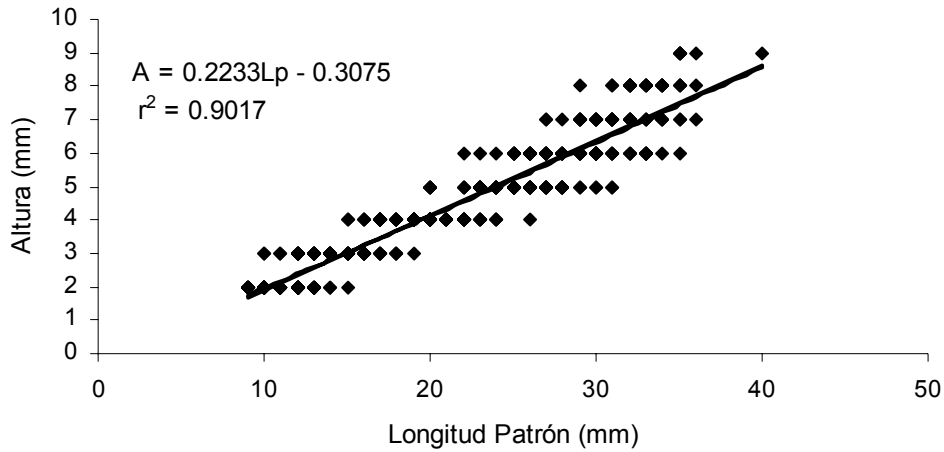


Fig. 15. Relación Longitud patrón-Altura para los machos de *P. gracilis*.

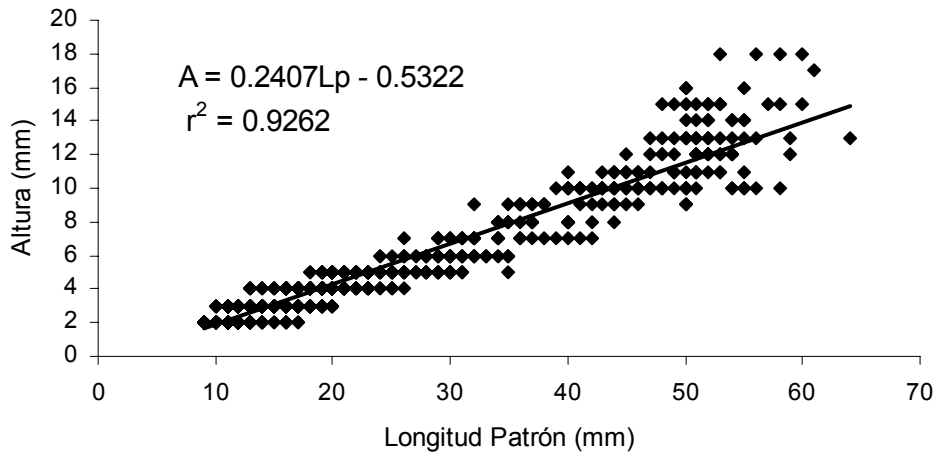


Fig. 16. Relación Longitud patrón-Altura para las hembras de *P. gracilis*.

PROPORCIÓN SEXUAL

De los 1 696 organismos capturados, 1237 (72.9%) organismos correspondió a las hembras, 422 (24.9%) a los machos y 37 (2.2%) a las crías cuyo sexo no pudo ser definido. La proporción sexual macho:hembra fue de 1:3 ($\chi^2 = 400.4$; $p < 0.05$). La variación mensual de dicha proporción mostró que las hembras dominaron durante la mayor parte del muestreo (excepto en Septiembre 2004, ya que en este mes la relación fue inversa) (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de χ^2 para el Análisis de las frecuencias absolutas mensuales de hembras (H) y machos (M) de *Poeciliopsis gracilis*, * = $p < 0.05$; significativa

Mes	Total	Hembras	Machos	χ^2	P	Dominante
Sep-03	193	161	32	86,2	*	H
Oct-03	168	144	24	85,7	*	H
Nov-03	151	125	26	64,9	*	H
Dic-03	158	117	41	36,6	*	H
Ene-04	165	137	28	72,0	*	H
Feb-04	175	137	38	56,0	*	H
Mar-04	90	57	33	6,4	*	H
Abr-04	91	71	20	28,6	*	H
May-04	107	74	33	15,7	*	H
Jun-04	105	73	32	16,0	*	H
Jul-04	108	69	39	8,3	*	H
Ago-04	47	35	12	11,3	*	H
Sep-04	101	37	64	7,2	*	M
Total	1659	1237	422	400,4	*	H

VALIDACIÓN DE LA EDAD CON ORGANISMOS CULTIVADOS EN EL LABORATORIO

Para proponer una edad a los organismos de *P. gracilis* de la Presa Emiliano Zapata se cultivaron en dos peceras un total de 91 organismos que permanecieron en condiciones controladas (temp. = 25°C, O₂ = 6 mg/L, pH = 7.5-8.5, alimentación *ad libitum*).

Se determinó contar el número de escleritos presentes en las escamas de cada uno de los peces cultivados. Para esto se estableció que la formación de un esclerito (circulli) fue cada 3.2 días aproximadamente (Fig. 17).

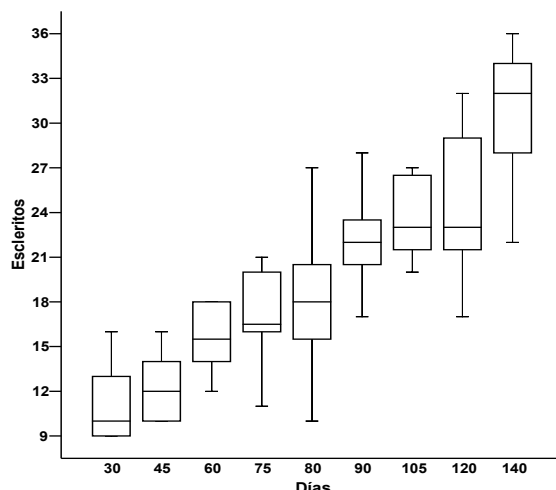


Fig. 17. Diagramas de caja para edades observadas de los organismos de laboratorio de *P. gracilis*

DETERMINACIÓN DE LA EDAD Y CRECIMIENTO POR MEDIO DE LA LECTURA DE ESCAMAS

Para la determinación de la edad se leyeron 4 434 escamas que correspondían a 739 organismos de *Poeciliopsis gracilis* capturados en la presa Emiliano Zapata, de los cuales el 73.61% pertenecen a hembras, 24.73% y el 1.62% a machos e indeterminados respectivamente.

Se realizó un análisis de covarianza (ANDECOVA, $p < 0.05$) entre el radio de la escama y la longitud patrón del pez, para determinar si existían diferencias estadísticas entre machos, hembras y la población total; para este método se consideró la interacción entre la variable covariada (Radio de la escama) y el sexo (Tabla 7), mostrando que al menos para la relación entre el radio y la longitud patrón no existían diferencias significativas entre sexos ($F = 0.61$, $p < 0.05$), por lo que sólo se presentan los resultados de ésta relación para la población total.

Tabla 7. Análisis de Covarianza para Longitud patrón, Radio de la escama y sexo de *P. gracilis*

Número de obs =	739	R^2 =	0.9475		
Raíz CME =	3.01741	R^2 Aj =	0.9471		
Fuente	Suma de C	gl	C Medios	F	Prob > F
Modelo	120404.28	5	24080.8559	2644.87	0.0000
Radio de la escama	241.843267	1	241.843267	26.56	0.0000
Sexo	82.5816573	2	41.2908287	4.54	0.0110
Radio Escama*Sexo	11.1391425	2	5.56957124	0.61	0.5427
Residuo	6673.78545	733	9.10475504		
Total	127078.065	738	172.1925		

Relación Longitud Patrón – Radio de la Escama

La relación entre la longitud patrón y el radio de la escama muestra una tendencia potencial con intercepto diferente al origen (Fig. 18)

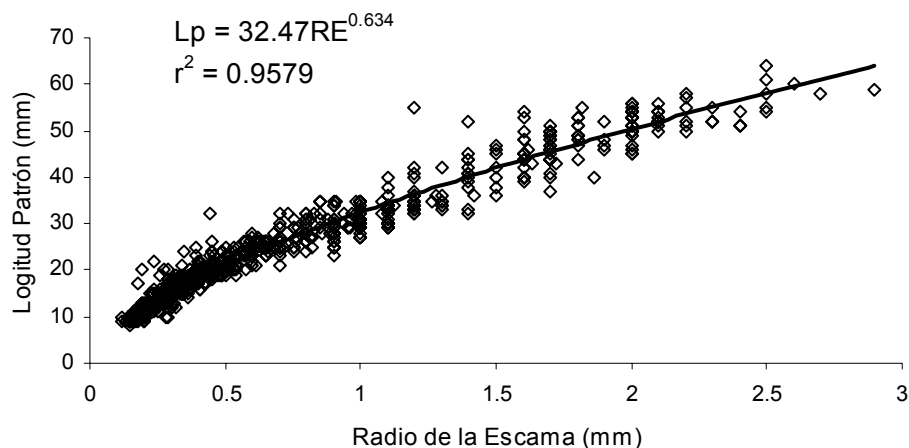


Fig. 18. Relación Longitud patrón-Radio de la escama para la Población Total de *P. gracilis*

Edad por medio de la lectura de Escamas.

A partir de los datos obtenidos en los organismos que fueron cultivados en el laboratorio, se interpolaron a los de la presa Emiliano Zapata para la determinación de la edad (Fig. 19).

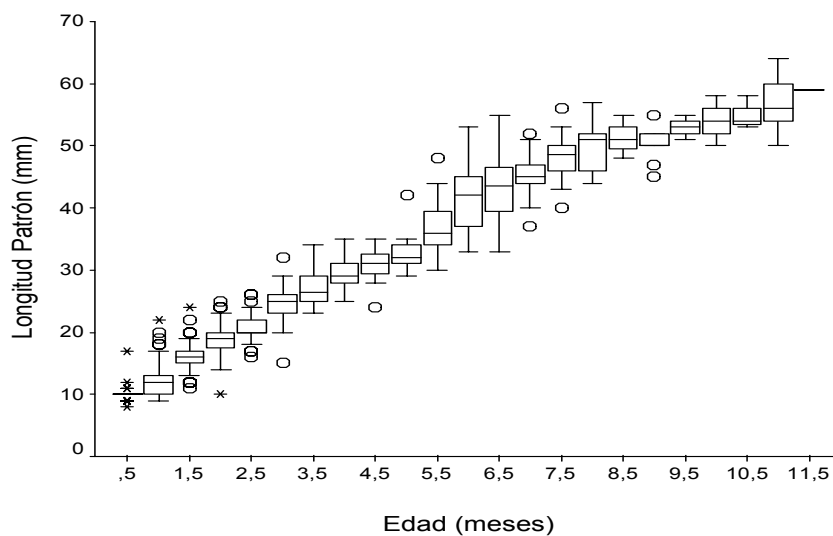


Fig. 19. Comportamiento de las edades calculadas en función de la talla de la población total de *P. gracilis*

Sin embargo, a pesar de no encontrar diferencias significativas en cuanto al radio de la escama para cada uno de los sexos, el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p < 0.05$) entre el número de escleritos y el sexo si mostró diferencias significativas ($F = 3.38$, $p < 0.05$) para machos y hembras (Tabla 8), por lo anterior se presentan las edades para la población en general y para cada uno de los sexos.

Tabla 8. Análisis de Covarianza para Longitud patrón, Número de escleritos y sexo de *P. gracilis*

	Número de obs = 739		R^2 = 0.9472		
	Raíz MSE = 3.02451		R^2 Aj = 0.9469		
Fuente	Suma de C	gl	C Medios	F	Prob > F
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Modelo	120372.828	5	24074.5655	2631.77	0.0000
# de Escleritos	237.791307	1	237.791307	25.99	0.0000
Sexo	99.6157183	2	49.8078591	5.44	0.0045
# de Escleritos *Sexo	61.8972042	2	30.9486021	3.38	0.0345
Residuo	6705.23729	733	9.14766342		
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	127078.065	738	172.1925		

Las hembras que presentaron una longitud patrón de 9 a 64 mm con un número de 3 a 110 escleritos, le correspondieron a edades de 1 a 11 meses (Tabla 9; Fig.20).

Tabla 9. Valores promedio de edad para hembras de *P. gracilis*

EDAD (Meses)	Longitud Patrón (mm)	Número de Escleritos	Radio (mm)	Organismos
1	12	7	0,21	123
2	17	14	0,35	142
3	22	22	0,53	80
4	28	34	0,85	33
5	32	42	1,07	24
6	40	51	1,39	35
7	45	62	1,66	28
8	49	70	1,83	36
9	51	79	2,03	18
10	53	87	2,11	15
11	56	100	2,36	13

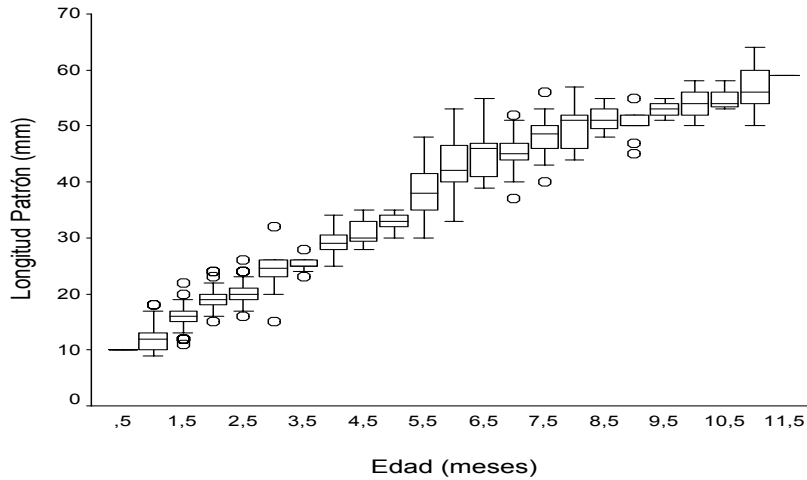


Fig. 20. Diagramas de cajas para las edades calculadas en hembras de *P. gracilis*

Los machos con una longitud patrón de 9 a 40 mm sólo llegaron a presentar un periodo de vida de 6 meses (Tabla 10; Fig. 21).

Tabla 10. Valores promedio de edad para machos

EDAD (Meses)	Longitud Patrón (mm)	Número de Escleritos	Radio (mm)	Organismos
1	12	7	0,19	28
2	17	14	0,34	22
3	24	24	0,59	44
4	29	34	0,83	43
5	31	42	0,98	32
6	34	51	1,21	16

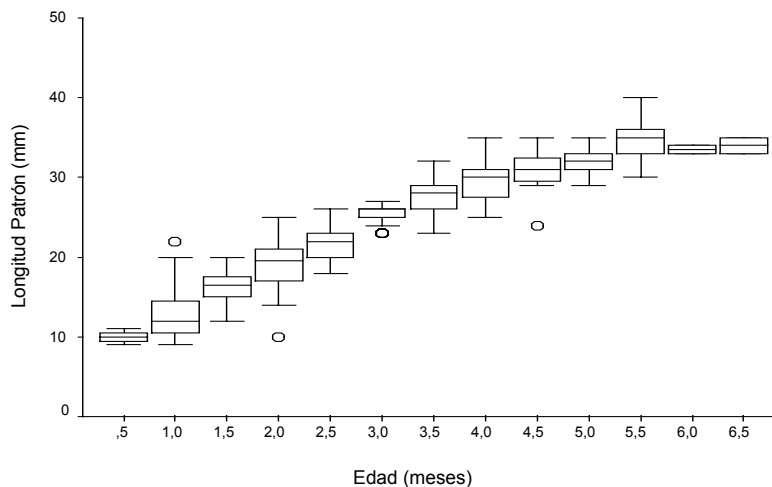


Fig. 21 .Diagramas de cajas para las edades calculadas en machos de *P. gracilis*

Para las crías se observó que los organismos que tuvieron una longitud patrón de 8 a 18 mm con un número de escleritos no mayor de 11 se encontraron cerca de los dos meses de edad (Tabla 11).

Tabla 11. Valores promedio de edad (meses) para crías de *P. gracilis*

EDAD (Meses)	Longitud Patrón (mm)	Número de Escleritos	Radio (mm)	Organismos
1	11	6	0,20	10
2	17	11	0,32	2

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y EN PESO

Los valores de las constantes de crecimiento del modelo propuesto por von Bertalanffy, se obtuvieron aplicando los métodos de Ford-Walford (1949) para estimar L_{∞} y Beverton y Holt (1957) para estimar K y t_0 , utilizando los valores promedio de la longitud en función de la edad asignada a los organismos a partir de los datos obtenidos por el método de lectura de estructuras duras (escamas) para la población total, machos y hembras (Tabla 12).

Tabla 12. Valores de las constantes de la ecuación de von Bertalanffy

Ford-Walford y Beverton y Holt			
	L_{∞} (mm)	K	t_0
Población Total	100.7	0.071	-1.165
Hembras	97.4	0.074	-1.224
Machos	45.6	0.199	-1.101

En las figuras 22, 23 y 24 se tienen las gráficas con los datos obtenidos de los métodos de Ford-Walford y Beverton y Holt, para población total, hembras y machos, aplicadas a la ecuación de von Bertalanffy:

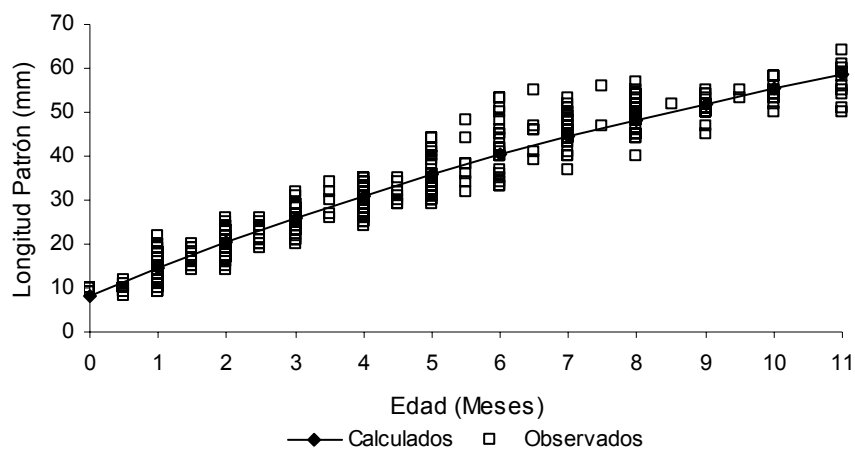


Fig. 22. Curva de crecimiento en longitud para la población total ($L_{\infty} = 100.7$ mm) de *P. gracilis*

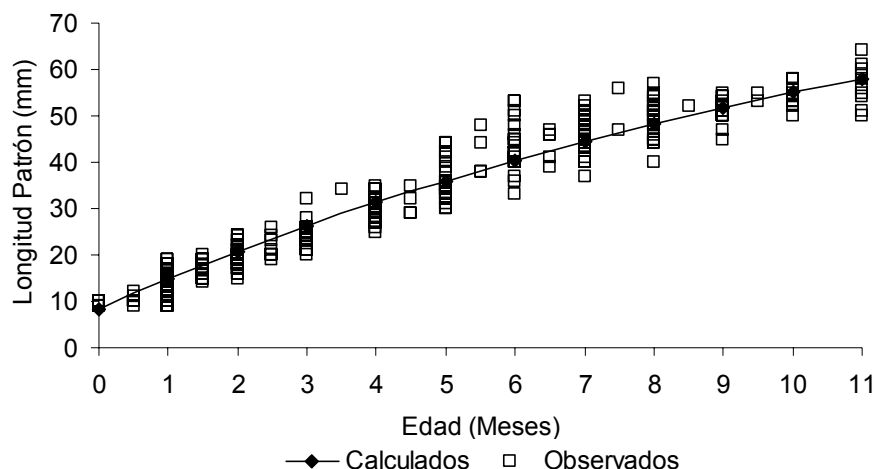


Fig. 23. Curva de crecimiento en longitud para hembras ($L_{\infty} = 97.4$ mm) de *P. gracilis*

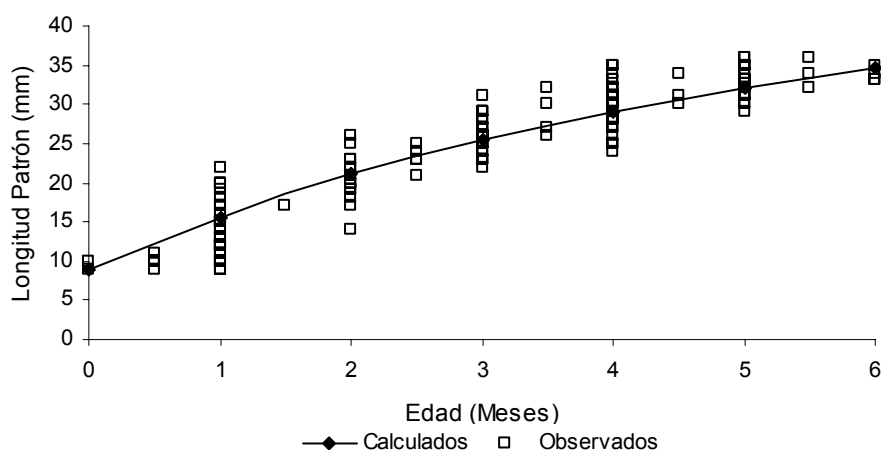


Fig. 24. Curva de crecimiento en longitud para machos ($L_{\infty} = 45.6$ mm) de *P. gracilis*

También Se utilizó el análisis de la regresión no-lineal, por medio del paquete estadístico Stata (Salgado-Ugarte *et al.*, 2000) para obtener el valor nominal de L_{∞} , K y t_0) con toda la población así como por sexos (Tabla 13).

Tabla 13. Valores de las constantes de la ecuación de von Bertalanffy (no lineal)

Regresión no lineal				
	L_{∞} (mm)	K	t_0	P_{∞}
Población total	96.3	0.075	-1.1554	16.9683
Hembras	90.2	0.084	-1.147	13.5812
Machos	45.9	0.199	-1.059	2.4591

En las figuras 25, 26 y 27 se presentan las curvas de crecimiento del modelo de von Bertalanffy en longitud obtenida mediante la lectura de escamas para la población total, hembras y machos por medio de la regresión no lineal.

La curva de crecimiento para la población total mostró un rápido crecimiento durante los primeros meses disminuyendo posteriormente hasta alcanzar su longitud máxima (sobre todo en los machos), una gran parte de los valores observados caen dentro de la curva de los valores calculados indicando una buena estimación de L_{∞} para ambos sexos.

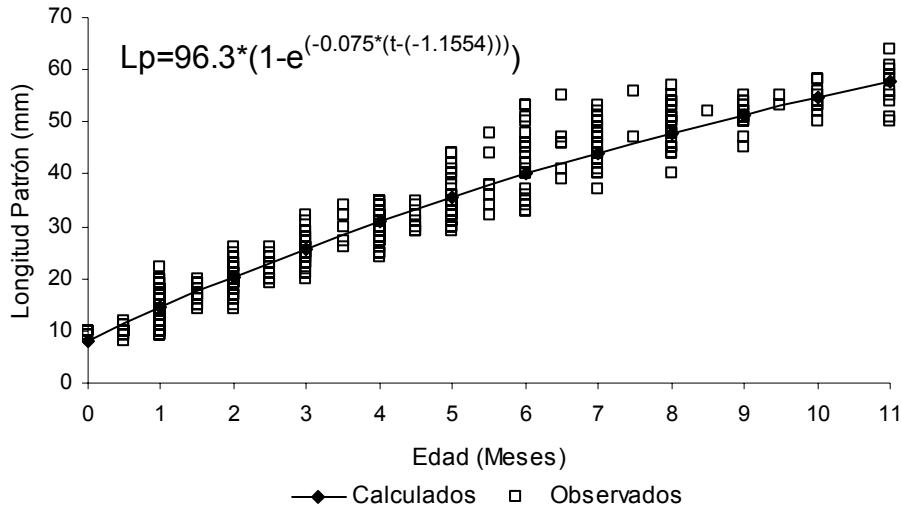


Fig. 25. Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para la población total ($L_{\infty} = 96.3\text{mm}$) de *P. gracilis*

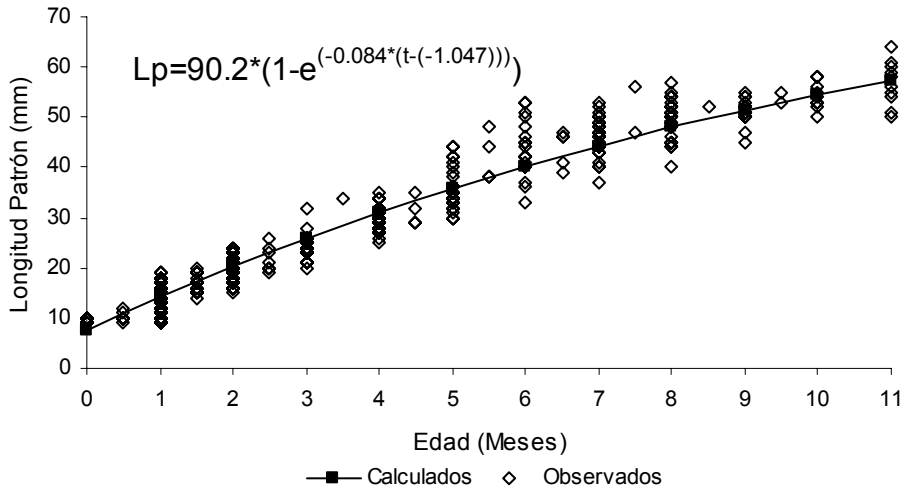


Fig. 26. Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para hembras ($L_{\infty} = 90.2\text{mm}$) de *P. gracilis*

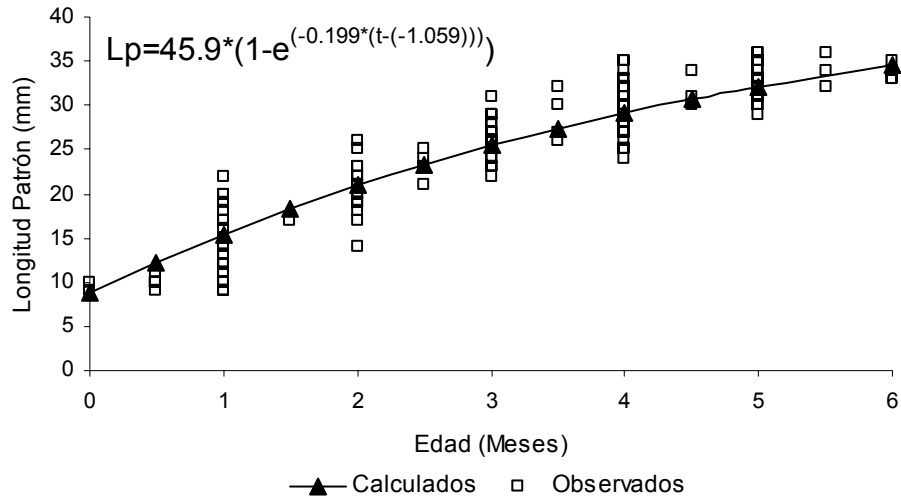


Fig. 27. Curva de crecimiento en longitud de von Bertalanffy para machos ($L_{\infty} = 45.9\text{mm}$) de *P. gracilis*

En esta gráfica (Fig. 27) se observa que los machos presentan un menor crecimiento en longitud, ya que su tasa de catabolismo es más pequeña que para las hembras y por lo tanto, necesitan mayor tiempo para alcanzar la longitud asintótica.

Por otro lado, partiendo de la relación Peso Total-Longitud Patrón, se utilizó el valor de la pendiente (b) para calcular el peso infinito (P_{∞}) para machos, hembras y para la población total, obteniendo las siguientes ecuaciones, representadas en la figura 28:

- Población Total $P_t = 16.9683 * ((1 - e^{(-0.075 * (t - (-1.1554))}))^{2.90})$
- Hembras $P_t = 13.5812 * ((1 - e^{(-0.084 * (t - (-1.047))}))^{2.8927})$
- Machos $P_t = 2.4591 * ((1 - e^{(-0.199 * (t - (-1.059))}))^{2.9568})$

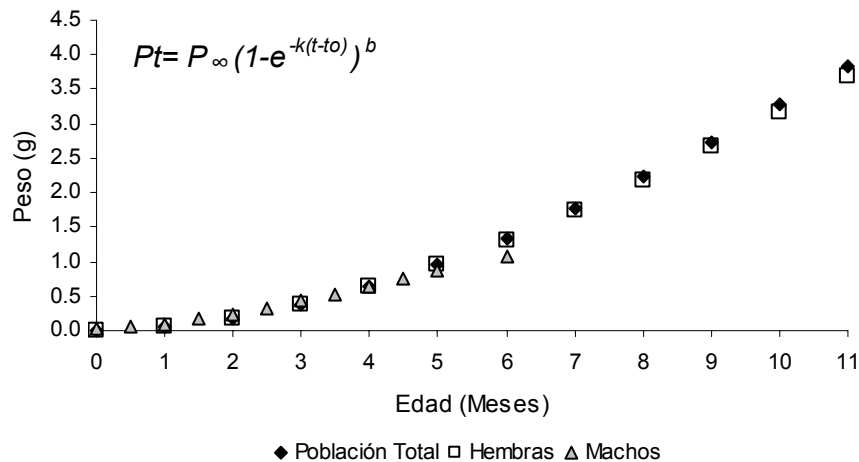


Fig. 28. Curva de crecimiento en peso calculadas a partir del modelo de von Bertalanffy para *P. gracilis*

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 sí. En la tabla 14 se observa que existieron diferencias significativas entre hembras y machos con un 95% de confianza, mostrando claramente que las variables que afectaron el crecimiento a lo largo de la vida del pez fueron L_{∞} y K.

Tabla 14. 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					
	124.8037	-.28905025	-2.1486892		.019757367	2.3189491	.370225618	
		.00132982	.00709589			1904.10873	-121.455289	
			.0702205				37.8427042	
<hr/>								
	44.2586	-0.1142	0.0122		= [P1 - P2]'			
<hr/>								
T ² =	180.5631	T ² _{0.05: 3,15} =	11.1771	F _{0.05: 3,15} =	3.2874			

Intervalo de Confianza del 95 %	F Crítica
26.4956 <= L _{inf1} - L _{inf2} <= 62.0215	20.4086
-0.1722 <= K1 - K2 <= -0.0562	12.7594
-0.4092 <= t _{o1} - t _{o2} <= 0.4335	0.0027

S = Matriz varianza – covarianza, P = vectores con los parámetros de crecimiento, T^2 = Estadístico de Hotelling

Cabe mencionar que se realizó la misma prueba pero con un $\alpha=0.01$ de significancia y que los resultados arrojados fueron similares a los valores obtenidos con una significancia de 0.05.

EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE OTOLITOS

Para la determinación de la edad de la población de *Poeciliopsis gracilis*, se midieron un total de 1 425 otolitos sagita (736 del otolito derecho y 689 del otolito izquierdo) de un total de 736 organismos.

Para determinar que radio o diámetro de los otolitos (derecho ó izquierdo) presentaba mayor relación con las longitudes (total y patrón), se aplicó un análisis de correlación (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis de correlación de la longitud total, longitud patrón radio y diámetro de los otolitos de *P. gracilis*

		Longitud Total (mm)	Longitud Patrón (mm)	Diámetro Otolito der	Radio Otolito der	Diámetro Otolito izq	Radio Otolito izq
Longitud Total (mm)	Correlación Pearson	1					
	Sig. (2-colas)	.					
	N	736					
Longitud Patrón (mm)	Correlación Pearson	.996(**)	1				
	Sig. (2- colas)	.000	.				
	N	736	736				
Diámetro Otolito der	Correlación Pearson	.981(**)	.979(**)	1			
	Sig. (2- colas)	.000	.000	.			
	N	736	736	736			
Radio Otolito der	Correlación Pearson	.972(**)	.967(**)	.981(**)	1		
	Sig. (2- colas)	.000	.000	.000	.		
	N	736	736	736	736		
Diámetro Otolito izq	Correlación Pearson	.121(**)	.135(**)	.111(**)	.090(*)	1	
	Sig. (2- colas)	.001	.000	.004	.018	.	
	N	689	689	689	689	689	
Radio Otolito izq	Correlación Pearson	.116(**)	.130(**)	.107(**)	.087(*)	.983(**)	1
	Sig. (2- colas)	.002	.001	.005	.023	.000	.
	N	689	689	689	689	689	689

** Correlación significativa a 0.01 (2-colas); * Correlación significativa a 0.05 (2-colas).

De acuerdo con los resultados del coeficiente de correlación ($p < 0.05$), se determinó utilizar la relación entre la longitud total y el diámetro del otolito derecho.

Relación Longitud Total – Diámetro del Otolito

La relación entre la longitud total y el diámetro del otolito muestra una tendencia lineal con intercepto diferente al origen (Fig. 29)

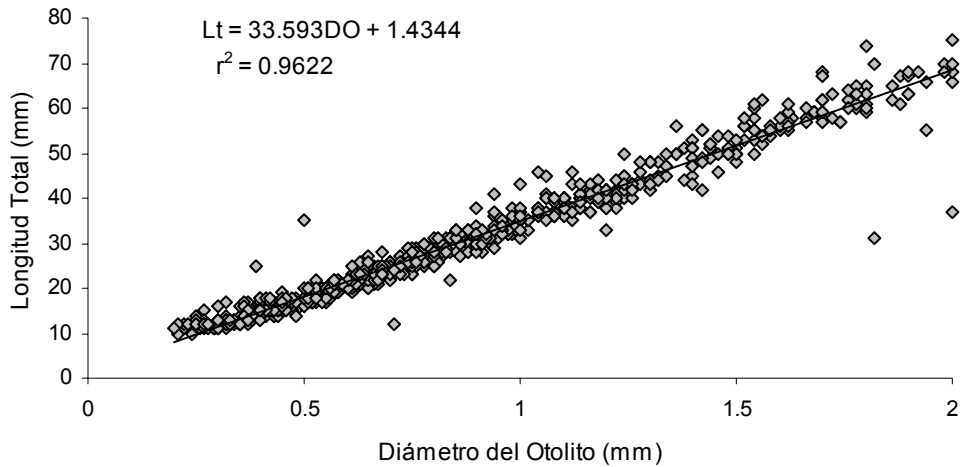


Fig. 29. Relación Longitud total-Diámetro del otolito de *P. gracilis* para la Población Total

Edad por medio de la lectura de Otolitos.

Los otolitos son en la mayoría de los casos, una estructura confiable y precisa en la estimación de la edad de los peces; sin embargo, para este estudio estas estructuras no reflejaron datos en los que se pudiera tener una base concreta para proponer una edad para *Poeciliopsis gracilis* de la presa Emiliano Zapata, ya que sólo se pudieron observar en algunos otolitos hasta dos marcas de crecimiento y en otros únicamente se observó la marca del borde, por lo cual no resultó ser una estructura buena para la determinación de la edad y el crecimiento de este organismo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

La temperatura del agua juega un papel trascendente en el sistema, ya que modifica el metabolismo de los organismos y por lo tanto la producción del sistema, es uno de los factores que se debe tomar en cuenta para un estudio limnológico, por que influye en el comportamiento de los organismos y tiene una participación importante en la solubilidad de los gases, en la tasa fotosintética, en el crecimiento y reproducción de las especies.

Wetzel (1981) menciona que en la temporada cálida existe una condensación de vapor en la superficie que proporciona aporte de calor del aire al lago, por lo tanto, las tasas de evaporación aumentan al incrementar la temperatura del lago o al aumentar el movimiento del aire sobre la superficie del agua, esto se corrobora con la relación que se obtuvo entre la temperatura ambiente (18.4-35° C) y la del agua (21.6-30.4° C).

La Presa Emiliano Zapata es un sistema poco profundo, por lo tanto los sedimentos pueden absorber cantidades significativas de calor, el cual es transferido en el agua, sin embargo, Wetzel (1981), menciona que este calor es pequeño al compararlo con la absorción solar directa de la radiación solar por el agua.

Al analizar las condiciones de temperatura que prevalecieron en la superficie (21.6-30.4° C) se clasificó al sistema como un cuerpo de agua cálido.

Con base en lo reportado por Dorantes y Zavala (2003), la Presa Emiliano Zapata se clasificó como un sistema monomítico cálido, tomando como base el modelo de clasificación de Lewis (1983), el cual se caracteriza por que en él se presenta solamente un periodo de circulación y otro de estratificación

En cuanto a la producción pesquera, la temperatura es un factor importante, ya que cada especie puede sobrevivir en un intervalo óptimo de temperatura determinado para respirar, crecer y reproducirse (Nikolsky, 1963); *P. gracilis* cuenta con las condiciones de temperatura óptimas para su desarrollo en la Presa Emiliano Zapata; sin embargo, pueden existir algunos cambios a consecuencia de la estratificación y al sedimento que ocasione que la especie sufra algún tipo de estrés, además, juega un papel muy importante en el metabolismo del pez principalmente en su crecimiento, lo cual puede verse reflejado en la depositación de carbonato de calcio en forma de anillos o bandas en los otolitos y escamas.

Otro parámetro que fue considerado es el oxígeno disuelto, que es sin duda el más importante de los gases en lo que concierne a la vida de los animales, al ser indispensable para la respiración y facilitar la degradación de la materia orgánica detrítica y la incorporación de los ciclos biogeoquímicos. Su concentración depende de las características físicas y biológicas del medio, con lo cual se puede

obtener información de la dinámica de la masa de agua, así como del proceso trófico que en ellos se presenta (Wetzel, 1981).

Los resultados muestran que las concentraciones son adecuadas para que los peces se desarrollen y reproduzcan adecuadamente (3-5 mg/L) de acuerdo a los niveles de concentración de oxígeno disuelto citados por Swingle (1969).

Los valores de pH adecuados para la vida de los peces esta comprendido entre 5 y 9 unidades, los límites letales se encuentran entre 3.2 y mas de 9.8 unidades.

Cuando el pH tiene valores elevados entre 7 y 9 existe un buen crecimiento en los organismos; sin embargo, si se rebasa de 9.8 unidades el crecimiento se vuelve lento asi como la reproducción y existe un punto de muerte alcalino (Arredondo y Ponce, 1998), las condiciones de pH registrados en la Presa son favorables para que se desarrolle la especie (7.26-8.95) y los factores que afecten su crecimiento y reproducción serán causados por otra índole que no sea el pH.

Wetzel (1981), menciona que los lagos que tienen cantidades elevadas de carbonatos y bicarbonatos derivadas de la disolución de la calcita (CaCO_3) provocan valores elevados de alcalinidad y pH. Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas; en este caso, la alcalinidad máxima fue de 70 mg/L con un pH máximo de 8.95 unidades, por lo que la Presa puede considerarse como un sistema alcalino y productivo por la presencia de bicarbonatos.

La alcalinidad no excedió los límites permisibles registrándose concentraciones dentro del intervalo natural, donde los organismos pueden desarrollarse, crecer y reproducirse. La cantidad de sales de calcio, puede alterar la visualización de marcas de crecimiento en los otolitos, por que las bandas están formadas por una asociación entre Ca/Sr (Simkiss, 1974).

La dureza del agua se refiere al contenido de sales de calcio y magnesio, como carbonatos y bicarbonatos (Wetzel, 1981).

Arredondo y Ponce (1998), citan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio; además, estimulan los procesos de eutrofización y contribuyen a problemas como florecimiento de microalgas y disminución de los niveles de oxígeno. No obstante, el grado de dureza presente en cualquier sistema acuático, es necesario para la supervivencia y crecimiento de los peces, crustáceos y moluscos como aporte de calcio para la construcción de estructuras duras.

Swingle (1969) menciona que las aguas duras se encuentran en intervalos de 150 a 300 mg/L. De acuerdo a los valores reportados durante el estudio (200.2-400.4 mg/L) el sistema puede ser considerado como un cuerpo de aguas duras. De acuerdo a Chakroff (1983) las concentraciones de calcio y magnesio tienen

importancia en la productividad de fitoplancton. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg/L es considerada adecuada y propicia en el enriquecimiento y productividad del sistema y una concentración menor de 5 mg/L refleja un sistema pobre.

La conductividad, factor importante dentro del análisis de la calidad de agua se considera como una medida de la resistencia de una solución a la corriente eléctrica y esta determinada por el contenido de sales iónicas (APHA-AWWA-WPCF, 1992), para este parámetro se reportaron valores de 615 a 755 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los valores son altos si se toma en cuenta que el sistema presenta altos niveles de alcalinidad. En general la conductividad en los cuerpos de agua dulce varía entre 50 y 1 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Boyd, 1982) y en nuestro país oscila entre 20 y 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Arredondo, 1986).

RELACIÓN LONGITUD TOTAL – LONGITUD PATRÓN.

Se obtuvo una muestra de 1 696 organismos colectados en la Presa Emiliano Zapata durante el periodo comprendido entre Septiembre de 2003 y Septiembre de 2004.

La longitud total máxima registrada fue de 75 mm para hembras y de 48 mm para machos, similar a lo reportado por Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996), ya que mencionan que las hembras de *P. gracilis* pueden alcanzar hasta 74 mm, pero en machos no lo reporta; en cambio Sánchez y Sastré (2004) reportan una longitud total de 50 mm para hembras y 43 mm para machos, la cual en caso de las hembras el valor esta muy por debajo de lo reportado en este estudio y similar para los machos. Esta diferencia puede deberse a factores como disponibilidad de alimento (calidad y cantidad), temperatura del agua, depredación, competencia, área de captura, abertura de luz de malla y aspectos relacionados con la reproducción en los sistemas donde fueron obtenidos.

En cuanto a la relación longitud total-longitud patrón esta registró una relación de tipo lineal y un alto nivel de significancia, por lo que se concluye que se pueden predecir los valores de una variable a través de la otra para futuros estudios o para realizar comparaciones entre trabajos.

RELACIÓN PESO TOTAL – LONGITUD PATRÓN.

Entre las utilidades más frecuentes de esta relación se destacan la posibilidad de determinar indirectamente el peso a través de la longitud o 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 (Manriquez, 2005).

La relación entre el peso total y la longitud patrón de los organismos fue de tipo potencial y al aplicar el análisis de regresión a los datos, se obtiene un coeficiente

"b" de 2.90 para la población total, lo que indicó un crecimiento de tipo alométrico negativo; esto implica que los peces realizan un mayor crecimiento en longitud que en biomasa en las primeras etapas de crecimiento, para evitar ser depredados, posteriormente crecen más en peso que en longitud con el fin de perpetuar la especie.

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996), reportan un coeficiente de $b = 3.07$ para *H. bimaculata*, lo que posiblemente indique que los peces presentan un crecimiento de tipo isométrico, ya que no aplicaron la prueba para determinar isometría o alometría, García-Navarrete *et al.* (2000), mencionan un crecimiento de tipo isométrico para seis especies de poecilidos (entre ellos *P. gracilis*) del Estado de Morelos, de igual forma, Gómez-Márquez *et al.* (2002), reportan un coeficiente de " $b=3$ " para la misma especie y Sánchez y Sastré (2004) mencionan que *P. gracilis* presentan un crecimiento de tipo alométrico negativo con tendencia a la isometría con una $b=2.86$.

El tipo de crecimiento alométrico negativo, es decir, mayor crecimiento en longitud que en peso que presentan las hembras, se debe a que estas alcanzan tallas más grandes que los machos, por que éstas utilizan más tiempo para madurar y siguen creciendo en mayor porcentaje que los machos durante toda su vida, e incrementa su peso debido al proceso reproductivo; por otra parte, el peso que las hembras alcanzan puede ser afectado inicialmente por el número y tamaño de los ovocitos en las gónadas y posteriormente por los embriones, es decir, a mayor talla de las gónadas aumenta el peso corporal de los individuos (Tesch, 1968).

Así mismo, el efecto depredador efectuado posiblemente por *Cichlasoma nigrofasciatum* tenga influencia en el desarrollo de los organismos, afectando en cierta manera esta relación que también va a depender del sistema acuático que se trate, ya que cuando tienen un crecimiento isométrico los organismos corresponden a sistemas lóxicos o a organismos criados en laboratorio, mientras que cuando se hace la referencia a sistemas lénticos el crecimiento es de tipo alométrico, ya sea negativo ($b < 3$) o positivo ($b > 3$) (Gómez-Marquez, Com. Pers.)

RELACIÓN LONGITUD PATRÓN – ALTURA.

Las medidas de los peces son de tipo lineal, con base a ellas se pueden realizar estudios de la variabilidad a lo largo de la vida de los ejemplares o establecer diferencias intra o interpoblacionales, detectando variaciones a nivel de sexo, clase de edad o de la especie en distintos ambientes (Granado, 1996).

Incrementar el tamaño del cuerpo es el resultado de un complejo sistema de vías de transferencia de la energía ingerida a través del alimento; teniendo, el tamaño, un importante efecto sobre los estilos de vida (Granado, 1996).

Con lo anterior se podría explicar el por qué se reporta en el presente estudio una relación de tipo lineal entre la longitud patrón y la altura, la cual presentó un alto índice de determinación.

PROPORCIÓN SEXUAL

Durante el estudio se estableció que *Poeciliopsis gracilis* es una especie dimórfica, con marcadas diferencias sexuales secundarias en cuanto a tamaño y a la presencia del gonopodio en los machos, lo cual es una de las características principales en los poecílicos.

Respecto a la proporción sexual de la especie, de manera global se vio favorecida por las hembras con una relación de 1:3 (macho y hembra).

La variación mensual en dicha proporción mostró que las hembras prevalecieron durante la mayor parte del año, exceptuando el mes de Septiembre 2004, único mes donde se reportó una mayor proporción de machos (1:1.7).

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) reportaron una proporción sexual Macho-Hembra (M-H) de (1:4.5) para *P. gracilis*; García-Navarrete *et al.*, (2000) reportan (1:5) (M-H) y Sánchez y Sastré (2004) mencionan para la misma especie una proporción de (1:2.3) (M-H), lo cual concuerda con la proporción sexual reportada en este estudio. Trabajos realizados con otras especies citan diferencias también a favor de las hembras, como las realizadas por Martínez-Trujillo (1985) quien reportó una proporción de (1:5) para *Poecilia sphenops*, Reza y Díaz (1994) encontraron para *H. bimaculata* una proporción de (1:2.3) y Gómez-Márquez *et al.*, (1999) citan una proporción de (1:1.7) para *Heterandria bimaculata*.

Snelson (1982), refiere que las poblaciones silvestres de muchos poecílicos se encuentran a favor de las hembras y que esto es el resultado de una mortalidad diferencial entre los sexos, ya que las hembras presentan altas tasas de supervivencia debido a un tamaño mayor, peso y color menos notorio que el de los machos. Una explicación más razonable es que los machos presentan una alta mortalidad atribuida a varias causas incluyendo la depredación, una alta susceptibilidad al estrés y a un acelerado metabolismo.

Se piensa que la variación mensual en la proporción sexual refleja la dinámica natural de la población, aunque esta esté sesgada por el tipo de muestreo, principalmente cuando aumenta el volumen de la presa (durante los meses de lluvia), ya que dificulta la captura de los peces en ciertas áreas (pedregosa y alta densidad de vegetación) donde estos se encuentran (Gómez-Márquez *et al.*, 1999). En cierta forma el tener una mayor proporción de hembras en la población, a largo plazo puede ser importante, ya que esto asegura la supervivencia de la especie y por lo tanto la posible diseminación por diferentes ambientes donde pueda adaptarse.

VALIDACIÓN DE LA EDAD CON ORGANISMOS CULTIVADOS EN EL LABORATORIO

Como método de validación de las edades obtenidas mediante la lectura de escamas de los organismos de laboratorio, se registró la periodicidad de formación

de escleritos o circullis (como algunos autores lo reportan), ya que no sería correcto denominarlos anillos (teniendo en cuenta que un anillo es una marca anual).

A partir de lo anterior, se observó que la formación de estas marcas de crecimiento para *Poeciliopsis gracilis* se da con una periodicidad de un esclerito cada 3.24 días aproximadamente, bajo las condiciones promedio que presenta la presa, ya que probablemente si se realizaran variaciones en la temperatura, la depositación del esclerito puede variar en tiempo, por lo que este dato que se reporta de tiempo es promedio.

Por otro lado Morales-Nin (2000) menciona que las marcas de crecimiento en otolitos se depositan diariamente, sin embargo en este estudio los resultados obtenidos no reflejaron tal cosa, ni para los otolitos ni para las escamas, ya que como ya se había mencionado, la formación de cada esclerito fue cada 3.24 días, y en otolitos no se obtuvo ninguna periodicidad en la formación de marcas de crecimiento.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE ESCAMAS

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 tienen pequeñas espinas en su superficie, 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, 1996)

Las escamas por encontrarse en un repliegue de la piel cuentan con una parte externa y otra interna. La externa o margen posterior normalmente se encuentra desgastada por la abrasión con el ambiente y por esto se hace difícil la interpretación de las zonas de crecimiento. Por el contrario, por estar protegida la porción interna o margen anterior se presentan los círculos y estrías en forma mucho más clara.

Los organismos con los que se trabajó en esta investigación presentan escamas de tipo cicloidea, en la cual para llevar a cabo el conteo de número de escleritos presente en cada estructura dura, esta se llevó a cabo desde el foco hacia el margen anterior, que es la parte que se encuentra incrustada en el cuerpo del pez.

A partir de los resultados de la validación de las edades en los organismos colectados en campo se obtuvieron 11 edades para las hembras, mientras que para los machos se obtuvieron 6, esto confirmaría el supuesto de que mientras los machos de esta familia disminuyen su tasa de crecimiento cuando llegan a la madurez sexual, las hembras continúan con su crecimiento normal (Snelson, 1982).

Anteriormente se utilizaba el análisis de frecuencia de tallas que varios autores lo consideran como un método no adecuado para determinar el crecimiento y la edad, debido a que se presenta superposición de modas conforme los peces se hacen más viejos, no así en los peces jóvenes por lo cual se recomiendan otros métodos como la lectura de estructuras duras como la mejor técnica para determinar la edad en peces de vida corta (Snelson, 1989)

Gómez-Márquez *et al.*, (1999) reportaron cuatro clases de tallas para *H. bimaculata* en El Rodeo, por medio del análisis de distribución de frecuencias de tallas, mientras que Sánchez y Sastré (2004) reportan seis clases de tallas para hembras y 5 clases de tallas para machos de *P. gracilis* del Lago de Coatetelco por el mismo método apoyado en el método de Bhattacharya.

La técnica de determinación de edad basada en escamas es de uso generalizado en el estudio de poblaciones de peces; sin embargo, no siempre se evalúa su funcionalidad en términos de exactitud y precisión, ya que la precisión es determinada por la reproductibilidad de las lecturas y la exactitud mediante la validación del método (Beamish y McFarlane, 1983).

Beamish y Fournier (1981) y Chang (1982) recalcan la importancia de verificar la reproductibilidad de las lecturas en cualquier estudio a partir de las estructuras óseas. Es importante precisar que no se realizó el análisis de distribución de frecuencias de tallas aplicando el análisis de densidad por kernel para una mejor estimación de los grupos de edad en la población. Sin embargo sería adecuado aplicar este método para apoyar los datos de crecimiento obtenidos con estructuras duras en estudios posteriores.

CRECIMIENTO EN LONGITUD Y EN PESO

El crecimiento es considerado como el proceso de incremento gradual o el desarrollo progresivo con el tiempo en tamaño o en peso del organismo. Es un proceso complejo que puede medirse por el cambio en longitud o peso de un pez o un grupo de peces en dos tiempos de muestreo (Gómez-Márquez, 1994).

En general, el crecimiento íctico depende principalmente del tamaño (ó peso) del pez, la disponibilidad de alimentos, el fotoperíodo, la temperatura, el oxígeno disuelto y las concentraciones de amonio no ionizado (Gómez-Márquez, 1994).

Algunos de los factores que influyen en el crecimiento y edad son los aspectos genéticos, sociales, características ambientales y recursos disponibles. En muchas especies de peces, el crecimiento disminuye en ambos sexos al llegar la madurez sexual (Snelson, 1989). En general no puede explicarse la disminución de tamaño en los machos debido a que la asignación de energía hacia las gónadas es relativamente pequeña. En cambio en las hembras disminuye la tasa de crecimiento al llegar a la etapa reproductiva, ya que durante la gestación, se producen altos gastos de energía tanto en gónadas como en el tejido somático,

así como en el mantenimiento de los embriones (Roff, 1983) con lo que se destina más energía al proceso reproductivo que al crecimiento.

Por supuesto, no puede esperarse que el crecimiento se efectúe de una manera continua y según la curva que lo representa, ya que dentro de cada periodo anual suele darse una fase de intenso crecimiento y otra de nulo o escaso crecimiento (Ferrer, 1989).

Para la presente investigación se obtuvieron las constantes del modelo de von Bertalanffy, por medio del método no lineal del paquete estadístico StataCorp (1995). El modelo mostró que la longitud asintótica de las hembras ($L_{\infty} = 90.2\text{mm}$), fue mucho mayor a la de los machos ($L_{\infty} = 45.9\text{mm}$); al igual que en peso ya que las hembras presentaron un $P_{\infty} = 13.5812\text{g}$ ($K = 0.084$, $t_0 = -1.047$) y los machos un peso sumamente inferior $P_{\infty} = 2.4591$ ($K = 0.199$, $t_0 = -1.059$). Cabe recordar que el peso en las hembras de estos organismos esta altamente influenciado por el número de óvulos y embriones en sus diferentes etapas de desarrollo.

Valores similares se presentan con el método lineal mediante las ecuaciones de Ford-Walford, 1949 y Beverton y Holt, 1957 (Everhart y Youngs, 1981; Gómez-Márquez, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) por medio de los programas de Salgado-Ugarte *et al.* (2000), mostrando resultados para hembras de $L_{\infty} = 100.7\text{mm}$ ($K = 0.074$, $t_0 = -1.224$) y para machos $L_{\infty} = 45.6\text{mm}$ ($K = 0.199$, $t_0 = -1.101$).

Sánchez y Sastré (2004) reportan una $L_{\infty} = 6.75\text{ cm}$ y $P_{\infty} = 3.42\text{ g}$ para hembras y para machos una $L_{\infty} = 4.42\text{ cm}$ y $P_{\infty} = 0.87\text{ g}$, valores muy por debajo de los reportados en el presente estudio; sin embargo, siguen la misma tendencia, las hembras son más grandes y presentan un mayor peso, esto debido a que los machos disminuyen su crecimiento a una determinada longitud y destinan esa energía a los procesos reproductivos, esto se refleja en la tasa de crecimiento donde se observa que los machos se desarrollan más rápido en comparación con las hembras, las cuales se desarrollan con mayor lentitud pero alcanzan un crecimiento mayor tanto en peso como en longitud.

La tasa de crecimiento o constante de catabolismo (K) es uno de los factores que más influyen en la ecuación de crecimiento, cuando el pez es joven; por lo tanto, la relativa significancia entre L_{∞} y k se considera una típica diferencia entre la fisiología reproductiva y el comportamiento sexual de los organismos (Bernard, 1981, Sánchez y Sastré, 2004).

Farr (1989) reporta que las diferencias en el tamaño de esta familia pueden ser explicadas en términos de que las hembras toman más tiempo en madurar y continúan creciendo a lo largo de su vida, en cambio los machos maduran rápidamente y una vez que el gonopodio ha sido formado por completo, presentan tasas de crecimiento muy bajas, además de que no viven mucho después de haber alcanzado la madurez sexual.

En la descripción del crecimiento en peso en función del tiempo se puede ver que la relación es sigmoidea; durante las primeras fases de vida se produce un pequeño aumento, al que le sigue un elevado incremento, el cual se reduce drásticamente a medida que el animal alcanza la etapa de senectud (Granado, 1996).

Para determinar si existían diferencias entre machos y hembras, se compararon las constantes del modelo de von Bertalanffy, utilizando el estadístico multivariado de la T^2 de Hotelling al 95 y 99% de confianza (Bernard, 1981). Esta prueba estadística permite comparar las diferencias de crecimiento entre dos poblaciones o dos grupos de peces, cuando la correlación entre los valores es significativa, ya que la diferencia entre todos los valores de los parámetros son probados simultáneamente a partir de la covarianza entre los parámetros incluidos en la prueba.

El valor de la T^2 de Hotelling fue de 180.5631 ($p < 0.05$), lo cual significa que las variables que afectaron el crecimiento a lo largo de la vida del pez fueron L_{∞} y K y por lo tanto, existieron diferencias significativas entre machos y hembras; estos resultados corroboran el comportamiento en cuanto a longitud que presentaron las hembras sobre los machos en las pruebas antes realizadas.

DETERMINACIÓN DE LA EDAD POR MEDIO DE LA LECTURA DE OTOLITOS

Los otolitos constituyen una parte muy importante del oído interno de los peces óseos. Son estructuras calcáreas depositadas en el líquido endolinfático del laberinto, las cuales se encuentran alojadas en dos cavidades adyacentes del neurocráneo: las cápsulas óticas.

Se reconocen tres pares de otolitos: *sagittae* (saculus), *lapillus* (utrículus) y *asteriscus* (lagena). De estas tres estructuras, la *sagittae* es la más utilizada para la determinación de la edad y se encuentra vinculada con la función de la audición de los peces óseos.

Los otolitos son en la mayoría de los casos, una estructura confiable y precisa en la estimación de la edad de los peces; sin embargo, para este estudio no se obtuvo un resultado que indicara adecuadamente la posible edad de *Poeciliopsis gracilis* en los otolitos, debido principalmente a la ausencia visible de las marcas de crecimiento y al número de anillos observado, que en la mayoría de los organismos fueron dos, además de no existir bibliografía acerca de estudios realizados con otolitos para peces de vida corta; el único que reporta un ensayo de un estudio parecido es Reznick *et al.* (1989) en el cual se menciona que el desarrollo del otolito presenta una relación lineal con el crecimiento de *Poecilia reticulata* a pesar del lento crecimiento de la estructura dura y el rápido desarrollo del cuerpo del organismo y sólo se observaron dos anillos en los otolitos de estos organismos, similar a lo que se reporta en el presente estudio para *P. gracilis*.

Aunque en la actualidad se han incorporado técnicas de digitalización y aparatos de lectura que amplían la imagen, el método sigue siendo fiel a sus pioneros: contar anillos y asimilarlos a periodos anuales en la vida del pez (Granado, 1996); no obstante, las nuevas tecnologías pueden ser de gran utilidad para este tipo de estudios, ya que los otolitos que presenta *Poeciliopsis gracilis* son de un tamaño muy pequeño y mediante un microscopio ordinario no se alcanzaron a distinguir las marcas de crecimiento en ellos, tal vez se podría utilizar un microscopio de máxima resolución para obtener un buen resultado o en su defecto realizar un análisis en el microscopio electrónico de barrido para observar con mayor detalle las marcas.

Por último, es necesario realizar la evaluación de la edad y el crecimiento por medio del análisis de distribución de frecuencia de tallas haciendo uso de los estimadores de densidad por kernel, con el fin de apoyar el análisis que se obtuvo a través del método de estructuras duras y corroborar así la información obtenida en estos organismos, que si bien no reflejan la depositación de marcas de crecimiento en las estructuras duras, el empleo de métodos indirectos pueden ser una alternativa en la evaluación de los recursos pesqueros como ya es del conocimiento de todos.

El presente trabajo es una aportación más al estudio de estos organismos. Normalmente la determinación de la edad y el crecimiento se realiza para especies de importancia comercial y comestible, dejando a un lado especies como *Poeciliopsis gracilis* que es de talla pequeña y no refleja grandes números en las empresas pesqueras, pero su utilización como recurso alimenticio (forraje) para otras especie así como elementos del acuarismo es de gran importancia como su función en el ecosistema. Sin embargo, a pesar de que es una especie introducida podría representar una buena fuente de trabajo para los habitantes de la zona, aprovechando el recurso con el que se cuenta, si bien es cierto que es una especie introducida y comparte el habitat con las especies nativas, forma parte del ecosistema y por lo tanto de las interacciones que se dan a nivel intra e interespecífico.

CONCLUSIONES

La calidad del agua de la Presa Emiliano Zapata cuenta con las condiciones físicas y químicas óptimas para el desarrollo de *Poeciliopsis gracilis*.

A lo largo del estudio *P. gracilis* demostró ser una especie dimórfica, ya que tanto en tamaño como en peso, las hembras llegan a sobrepasar a los machos, además de la presencia de la aleta anal modificada distintiva en los machos, no sólo de la especie, si no de la familia.

Las diferencias que existen entre machos y hembras se corroboraron mediante el análisis de covarianza (ANDECOVA, $p \leq 0.05$), el cual mostró que estadísticamente también existen diferencias entre sexos.

La relación Peso Total-Longitud Patrón muestran que el tipo de crecimiento es alométrico negativo para los organismos de la presa Emiliano Zapata.

La proporción sexual fue de 1:3 a favor de las hembras que dominaron durante la mayor parte del estudio exceptuando el mes de Septiembre de 2004 donde fueron los machos quienes dominaron.

Las escamas que presenta *Poeciliopsis gracilis* son de tipo cicloideo.

Las edades reportadas para *P. gracilis* son de 11 meses para las hembras, 6 meses para los machos y 2 meses para las crías, validando estas edades con organismos criados bajo condiciones similares a las de la presa.

Por medio de la T^2 de Hotelling se concluye que las variables que están influenciando el crecimiento son la longitud asintótica (L_{∞}) y la constante de crecimiento (K) del pez.

Los resultados mostraron que la utilización de las escamas para determinar la edad de organismos de vida corta puede ser adecuada, siempre y cuando exista reproducibilidad en los datos obtenidos.

El diámetro del otolito y la longitud total se describe como una relación lineal con intercepto diferente de cero.

El método utilizado en la lectura del otolito no reflejó un parámetro que nos pudiera dar pauta para proponer una edad para *Poeciliopsis gracilis* de la presa Emiliano Zapata.

REFERENCIAS

Anónimo, 1981. Síntesis geográfica del Estado de Morelos. INEGI. S.S.P. México. 110 p.

Álvarez del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (claves). Secretaria de Industria y Comercio. México. 166 p.

APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Washington, D. C. 1103 p.

Arias, A. y D. Reznick. 2000. Life History of *Phalloceros caudiomaculatus*: A Novel Variation on the Theme of Livebearing in the Family Poeciliidae. *Copeia* 2000(3): 792-798.

Arredondo, F.J.L. 1986. Piscicultura, Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad del agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaria de Pesca. México. 271 p.

Arredondo, F.J.L. y J.T. Ponce. 1998. Calidad del agua en acuicultura: Conceptos y aplicaciones. AGT Editor. S.A. 222 p.

Arteaga-Landa, G., M. García-Navarrete y J. González-Astorga. 1999. Caracterización espacio-temporal de seis especies de la familia Poeciliidae (Osteichthyes) en el Estado de Morelos. Memorias del XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología, Tepic, Nay., del 9-12 de Noviembre, pág 115-116.

Batlloori, A. 2002. Los problemas ambientales del estado de Morelos: la educación como parte de la solución. *Gaceta Ecológica*, INE-SEMARNAT, Nueva época, publicación trimestral, No. 61. Publicación electrónica. Revisado 2004. Disponible en:

http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/342/problem.html?id_pub=342&id_tema=13&dir=Consultas

Bautista, C.C. y S. Páramo-Delgadillo. 2000. Estudio Comparativo en Campo y Laboratorio de Algunos Aspectos de la Biología Reproductiva de *Xiphophorus helleri guntheri* Jordan y Evermann 1896. (Ciprinodontiformes: Poeciliidae). Memorias del VII Congreso Nacional De Ictiología, México, D.F., del 21-24 Noviembre 2000, pág. 234–235.

Beamish, J. R. y D. A. Fournier. 1981. A Method for Comparing the Precision of a set of Age Determinations. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 38:982-983.

Beamish, J.R. y G.A. McFarlane. 1983. The Forgotten Requirement for Age Validation in Fisheries Biology. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112:735-743

Bernard, R.D. 1981. Multivariate analysis as a mean of comparing growth in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 233-236.

Boyd, C. E. 1982. Water quality management for ponds fish culture. Elsevier Cientific Publishing Co. New York. USA. 318 p.

Cabrera, F.J. 2004. Patrones biogeográficos de la subfamilia Poeciliidae. Memorias del IX Congreso Nacional de Ictiología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, del 13-16 Septiembre. pág 200.

Cabrera-Peña, J. y Y. Solano-López. 1995. Fertilidad y Fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae). *Rev. Biol. Trop.* 43 (1-3): 317-320.

Campuzano-Caballero, J.C., S.M. Guerrero-Estévez y M.C Uribe-Aranzábal. 2004. Estructura microscópica del gonoducto de *Poeciliopsis gracilis* y *Poecilia reticulata* (Poeciliidae). Memorias del IX Congreso Nacional de Ictiología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 13-16 Septiembre. pág 20.

Chang, W.Y. B. 1982. A Statistical Method for Evaluating the Reproducibility of Age Determination. *Can.J. Fish Aquat. Sci.* 39:1208-1210

Chakroff, M. 1983. Piscicultura. Ed. Pax – México. D.F. 76p.

Constantz, D. G. 1989. Reproductive Biology of Poeciliid Fishes 33-50. In: Meffe R., G y F., F. Snelson Jr. 1989. Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey. 453 p.

Contreras–MacBeath, T. 1995. Ecosistemas acuáticos del estado de Morelos. *Ciencia y Desarrollo.* 20(122):42-61.

Contreras-MacBeath, T. y H. Ramírez-Espinoza. 1996. Some Aspects of the Reproductive Strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cautla River, Morelos, México. *Journal of Freshwater Ecology* 11: 327–338.

Daniels, W.W. 1997. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Tercera edición. Limusa. México. 878 p.

Dorantes, G. E. y M.Ma. B. Zavala. 2003. Estudio de la calidad del agua de tres cuerpos acuáticos en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 92 p.

Endler, A.J. 1983. Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes. *Environmental Biology of Fishes.* Vol 9(2): 173-190.

Espinoza, P.H., M.T.D. Gaspar y P.M Fuentes. 1993. Listado faunístico de México. III. Los peces dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología. UNAM, 90 p.

Everhart, W.H y W.D. Youngs. 1981. Principles of fishery science. Second edition. Cornell University Press: 61-87

Farr, J.A. 1989. Sexual selection and secondary sexual differentiation in poeciliids determinants of male mating success and the evolution of female choice. *In*: Meffe, G.K. y F.F. Snelson Jr. (eds). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Prentice Hall. New Jersey. 453 pp.

Ferrer. M.O.J. 1989. Aspectos acerca de la biología y pesquería del manamaná (*Anodus laticeps*) y el bocachico (*Prochilodus reticulatus*) del Lago de Maracaibo. Zootecnia Tropical, 1989. 7(1-2):3-42.

Galindo-Villegas J. y Sosa-Lima F. 2002 Gonopodial system review and a new fish record of *Poeciliopsis infans* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) for Lake Patzcuaro, Michoacan, central Mexico. Rev. Biol. Trop. Sep-Dic; 50(3-4):1151-7.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. Serie Libros Núm. 6. 90 pp.

García-Navarrete, M., G. Arteaga-Landa y J. González-Astorga. 2000. Crecimiento en Longitud para seis especies de la Familia Poeciliidae (Osteichthyes) en el estado de Morelos. Memorias del VII Congreso Nacional De Ictiología. México, D.F., del 21-24 Noviembre 2000. pág. 272-273.

Gómez-Márquez, J.L. 1994. Métodos para Determinar la Edad en los Organismos Acuáticos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 89 p.

Gómez-Márquez, J.L., J.L. Guzmán-Santiago y A. Olvera-Soto. 1999. Reproducción Y Crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México. Rev. Biol. Trop. 47(3): 581-591.

Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, J.L. Guzmán-Santiago e I.H. Salgado-Ugarte. 2002. Food type effect on *Poeciliopsis gracilis* growth. II International Symposium on Livebearing Fishes. Querétaro, Qro., del 19-23 Noviembre 2002. pag 24.

González, J.M. y López G. A. 1997. Aspectos hidrobiológicos de la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 81 p.

Granado, L.C. 1996. Ecología de peces. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Serie: Ciencias. Núm. 45. 353 p.

Guerrero, E.S.M. y M.C.E. Uribe A. 2002. Follicular histological structure of the ovary of *Poeciliopsis gracilis* (Teleostei: Poeciliidae) during non-gestation and

gestation stages. II International Symposium on Livebearing Fishes. Querétaro, Qro., del 19-23 Noviembre 2002. pág 25.

Guerrero, E., G. Alarcón, R. Cruz, y Uribe. A. 2002a. Aspectos comparados de la ovogénesis de tres especies de peces vivíparos: *Poeciliopsis gracilis* (Poeciliidae), *Ilyodon whitei* y *Goodea atripinnis* (Goodeidae). Memorias del VIII Congreso Nacional de Ictiología, Puerto Angel, Oax., del 18-22 Noviembre 2002. pág 115.

Hernández-Ocampo, D. 2007. Producción de peces de ornato. Disponible en: http://www.hypatia.morelos.gob.mx/no4/peces_ornato.htm

Hugues, P., J.R. Post y A.D. Barbet. 2000. Recruitment Dynamics and Size Structure in Experimental Populations of the Mosquitofish, *Gambusia affinis*. Copeia, 2000(1):216-221.

Huidobro-Campos, L. 2000. Filogenia del complejo *Poeciliopsis gracilis* Regan (Pisces Poeciliidae) y su biogeografía. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. 93 p.

Huidobro-Campos, L. y H. Espinosa-Pérez. 2004. Patrones biogeográficos de la subfamilia Poeciliidae. Memorias del IX Congreso Nacional de Ictiología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, del 13-16 Septiembre. pág 200.

Lagler, K.F. 1952. Freshwater Fishery Biology. 2 ed. W.M.C. Brown Co. Publishers. Iowa. 421 p.

Lewis, W.M. Jr. 1983. A revised clasification of lakes based on mixing, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40:1779-1787.

Manriquez, L. Y. 2005. Edad y Crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el Lago Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 111 p.

Marsh-Matthews, E., P. Skierkowski. y A. DeMarais. 2001. Direct Evidence for Mother-to-Embryo Transfer of Nutrients in the Livebearing Fish *Gambusia geiseri*. Copeia. 2001(1): 1–6.

Marínez-Trujillo, M. 1985. Contribución al conocimiento de la biología de *Poecilia sphenops* Valenciennes (Pisces: Poeciliidae) en la presa de Zicuirán, Michoacán. Boletín del Departamento de Biología. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. In Contreras-MacBeath, T. y H. Ramírez-Espinoza. 1996. Some Aspects of the Reproductive Strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cautla River, Morelos, México. Journal of Freshwater Ecology 11: 327–338.

Mejia, M. H. 1992 Nuevo registro de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) (Pisces: Poeciliidae), para la cuenca del río Balsas. Univ. Cienc. Tecnol. Morelos. Méx. 2(2):131-135.

Meyer, A. y C. Lydeard. 1993. The Evolution of Copulatory Organs, Internal Fertilization, Placentae and Viviparity in Killifishes (Cyprinodontiformes) Inferred from a DNA Phylogeny of the Tyrosine Kinase Gene X-src. Biological Sciences. Vol. 254 (1340): 153-162.

Miller, R. R. 1966. Geographical distribution of Central America fresh water fishes. Copeia. 1966(4):773-802.

Morales-Nin, B. 2000. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. Fisheries Research. May, 2000; 46(1-3):53-67.

Nelson, S. J. 1994. Fishes of the World. 3er. Edition. John Wiley & Sons. Inc. 600p

Nikolsky, D.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. New York. 532p.

Ramos, M.S. 2001. Análisis de calidad del agua y biomasa del fitoplancton en la Presa Emiliano Zapata. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 78 p.

Reza, U.B.S. y P.E. Díaz. 1994. Algunos aspectos de la biología reproductiva de *Heterandria bimaculata* (POECILIIDAE). Resúmenes del IV Congreso Nacional de Ictiología, Morelia, Michoacán, México. 57-58 p.

Reznick, D., E. Lindbeck. y H. Bryga. 1989. Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. (46): 108-112.

Reznick N, D. y D., B. Miles. 1989. Review of Life History Patterns in Poeciliid Fishes 124-148. In: Meffe R., G y F., F. Snelson Jr. (Editor). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey. 453 p.

Reznick, D., F. H. Shaw., F.H. Rodd y R. G. Shaw. 1997. Evaluation of the Rate of Evolution in Natural Populations of Guppies (*Poecilia reticulata*). Science (275): 1934-1937.

Reznick, D., M. Mateos y M.S. Springer. 2002. Independent Origins and Rapid Evolution of the Placenta in the Fish Genus *Poeciliopsis*. Science. 298. (5595) : 1018 – 1020.

Rodriguez, V.C, G.B Gómez y G. Wiechers. 1999. Tolerancia y crecimiento de tres Poecilidos (*Poecilia reticulata*, *Poecilia sphenops* y *Xiphophorus helleri*) en el lago de Xochimilco Memorias del XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión

Nacional de Malacología y Conquiliología, Tepic, Nay., del 9-12 de Noviembre 1999. pág 113.

Roff, D.A. 1983. An Allocation Model of Growth and Reproduction in Fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40:1395-1404.

Rosen, D.E. y R.M. Bailey. 1963. The Poecilid Fishes (Cyprinodontiformes) their Structure, Zoogeography and Systematics. Bulletin of the American Museum of Natural History. Vol. 126 (1-3). 176 p.

Salgado-Ugarte, I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M. y Mark editores, México, 243 p.

Salgado-Ugarte, I.H., J. Martínez-Ramírez, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2000. Some programs for growth estimation in fisheries biology. Stata Technical Bulletin.53:35-47.

Salgado-Ugarte, I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. México, 240 p.

Sánchez, H.A.K. y L.B. Sastré. 2004. Reproducción y crecimiento de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) en Lago Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 45 p.

Snelson Jr, F. F. 1982. Indeterminate Growth in Males of the Sailfin Molly, *Poecilia latipinna*. Copeia. 1982 (2): 296-304.

Snelson Jr. F. F., J. D. Wetherington y H. L. Large. 1986. The Relationship between Interbrood Interval and Yolk Loading in a Generalized Poeciliid Fish, *Poecilia latipinna*. Copeia. 1986 (2): 295-304.

Snelson, F. F. 1989. Social and Environmental Control of Life History Traits in Poeciliid. p. 149-161. In Meffe, G. K and F, Snelson. 1989 Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice Hall. New Jersey. 453 p.

StataCorp. 1995. Stata Statistical Software: Release 6.0. College Station, TX: Stata Corporation.

Simkiss, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In Bagenal, T. B. 1974. Proceedings of an international symposium on the ageing of fish. Unwin Brothers Limited, The Gresham Press, Old Working, Surrey. England. 234p.

Swingle, H. S. 1969. Biological means of increasing productivity in ponds. Auburn University, Alabama. 21 p.

Tesch, F.W. 1968. Age and growth: 93-123. *In*: Ricker, W.E. Methods for assessment of fish production in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications. IBP HANDBOOK No. 3: 93-123. Wheatherly, A.H. 1972; Growth and Ecology of fish Population. Academic Press, London, 293 p.

Wetzel, G. R. 1981. Limnología. Ed. Omega. Barcelona. España. 679 p.

Wille, R. N. 2005. Variations on maternal-embryonic relationship in two natural and six laboratory made hybrids of *Poeciliopsis monacha-lucida* (Pisces, Cyprinodontiformes). Braz. Arch. Biol. Technol. Vol.48 (1): 73-79.