



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

ESTUDIO REPRODUCTIVO 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 :

AYALA HERNANDEZ ISMAEL
VERA GOMEZ MA. GUADALUPE

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.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de ser parte de ella.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por mi formación profesional.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA/PAPIIT IN201105) por el apoyo brindado para la realización de este estudio.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por sus enseñanzas y facilidades para llevar a cabo el presente trabajo, pero sobre todo por su valiosa amistad y consejos que me han ayudado a salir a delante y ser una mejor persona.

A la Dra. Bertha Peña, por la comprensión, facilidades, paciencia, colaboración, apoyo y enseñanzas.

Al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo, por sus valiosas observaciones realizadas a lo largo de la presente investigación y por su amistad y consejos otorgados.

Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, por sus valiosos comentarios tan acertados durante la revisión de este estudio.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago, por sus valiosas observaciones durante la revisión del manuscrito de esta investigación.

A todos los integrantes del laboratorio de Limnología de la FES Zaragoza por la colaboración recibida durante todas las etapas de la realización de este trabajo.

A todos los profesores que a lo largo de la carrera me instruyeron y formaron como profesionista.

A todos mis compañeros de la carrera.

DEDICATORIA

Ismael Ayala Hernández

BÁRBARA HERNÁNDEZ ORTIZ E ISMAEL AYALA GARCÍA: Por sus consejos, apoyo incondicional y sobre todo por su inmenso amor.

AZUCENA, RODRIGO Y ANA NAYELI: Por su amor.

A LA FAMILIA RAMÍREZ VARGAS: Gracias por su amistad y apoyo total (Antonio).

A LA FAMILIA CARPIO HERNÁNDEZ: Por contribuir con mi formación como persona (Tía Lolita).

GUADALUPE GRACIAS POR SER PARTE DE ESTO.

DEDICATORIA

Ma. Guadalupe Vera Gómez

A mi papi † que lo amo y siempre estuvo conmigo apoyándome en mis tareas.

A mi mami que me quiere y siempre está conmigo.

A Mary que como hermana mayor siempre me apoyo en todo momento.

A Toño que ha sido un pilar importante en el término de mi carrera.

A Agus por su cariño y siempre estar conmigo.

A Ismael que con su amor y su fortaleza espiritual juntos terminamos este sueño.

A todas las personas que han hecho posible este sueño. GRACIAS

INDICE

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	4
DIAGNOSIS DE LA ESPECIE	6
DESCRIPCIÓN	7
AREA DE ESTUDIO	9
CARACTERISTICAS DEL SISTEMA	10
MAPA DE UBICACIÓN	12
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS PARTICULARES	13
MATERIAL Y METODO	14
RESULTADOS	20
DISCUSION	39
CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFIA	50

RESUMEN

Se realizó el estudio del ciclo reproductivo de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) y su posible relación con algunos factores ambientales en la presa Emiliano Zapata, Mor., se determinó el potencial reproductivo, así como la época de reproducción de la especie. Se realizaron muestreos mensuales de octubre del 2004 a septiembre del 2005, con un chinchorro de 10 m de largo, 1.0 m de ancho y 0.5 cm de luz de malla. Asimismo, se analizaron los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura ambiental y del agua, concentración de oxígeno disuelto, pH, conductividad, alcalinidad y dureza total por medio de las técnicas convencionales. De acuerdo a los resultados obtenidos se capturaron 3162 organismos, de los cuales el 17% (536) fueron hembras, 9.8% (312) machos inmaduros, 3.4% (108) machos maduros y 69.7% (2206) indeterminados. La proporción sexual fue diferente de 1:1 ($\chi^2 = 14.07$; $P < 0.05$). La talla de primera madurez sexual para las hembras fue de 3.6 cm y para machos de 2.2 cm. De acuerdo a la relación peso-longitud las hembras presentaron un crecimiento alométrico positivo un incremento mayor en peso que en talla y los machos presentaron un crecimiento alométrico negativo, es decir mayor crecimiento en longitud que en peso. El factor de condición múltiple (KM) no presentó relación estadística con los factores ambientales. De acuerdo al índice gonadosomático la especie se reproduce en mayor proporción en junio y en menor intensidad en diciembre y febrero. No se encontró relación entre la talla y la fecundidad ($r^2 = 0.04$; $P < 0.05$) y tampoco entre la talla y la fertilidad ($r^2 = 0.01$; $P < 0.05$). La temperatura del agua osciló entre 21.9 y 31 °C con pH entre 6 y 9, la concentración de oxígeno disuelto fluctuó entre 4 y 10 mg/L, la alcalinidad de 5 a 22 mg/L y la dureza total entre 275 y 685 mg/L de CaCO_3 , con lo cual la especie encuentra condiciones adecuadas para su desarrollo.

INTRODUCCION

Los poecilidos son peces que pertenecen al orden, Cyprinodontiformes se encuentran distribuidos por las aguas dulces y salobres de las regiones de clima templado o tropical en el sur de los Estados Unidos, América Central, el Caribe y norte de Argentina. La forma en la cual se han difundido es por su gran aceptación como peces ornamentales y algunos miembros de esta familia colaboran activamente en la lucha contra las epidemias. Los guppys y las gambusias entre otros se han usado en la lucha biológica contra los mosquitos, puesto que estos animales son voraces depredadores de sus larvas y se han liberado en muchas zonas pantanosas y charcas para acabar con estos insectos¹.

Los poecilidos conforman el más pequeño y polimórfico grupo de vertebrados vivientes con modificaciones sexuales secundarias. En los machos la aleta anal posee piezas sobrepuestas en el esqueleto las cuales se alteran sustancialmente durante el desarrollo sexual para formar un complejo mecanismo, compuesto por hueso, músculo y tejido conectivo fino (gonopodio), el cual cumple la función de transferir paquetes de esperma a los genitales femeninos. El desarrollo del sistema gonopodial marca el principio de la diferenciación somática del sexo, además el período de crecimiento y diferenciación de las estructuras sexuales secundarias varía de acuerdo a las características físicas y químicas del medio en que se desarrolla (Rosen y Bailey, 1963).

Los miembros de esta familia difieren en tamaño; las hembras son más grandes que los machos; no existe ninguna diferencia discernible en el color, aunque en las hembras aparecen la aleta caudal más luminosa en su máximo tamaño (Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza, 1996).

¹ <http://www.animalls.net/ARTIC52.HTML>

Los poecilidos exhiben variación tal como la presencia o ausencia de provisión maternal (matrotrofia o lecitotrofia) durante el desarrollo embrionario. Estos peces varían en el número de crías con múltiples estadios de desarrollo en la misma hembra (superfetación) (Ai-Li y Reznick, 2000). En otros poecilidos la superfetación no es tan común y en algunos casos es escasa, que aparentemente ésta no es tan funcional y usan ciclos normales de reproducción (Rosen y Bailey, 1963). Esta característica se basa en un alto grado de viviparismo.

La viviparidad es el modo reproductivo en el que las hembras proveen la nutrición y el desarrollo óptimo de los embriones, por lo cual esta es una forma extrema de cuidado parental, cuyo nivel y duración de los cuidados es parte del esfuerzo reproductivo y ésta en función de los recursos disponibles (Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza, 1996).

El género *Poeciliopsis* exhibe variaciones en su vida reproductiva, la especie retiene huevos después de la fertilización y estos no contienen ninguna provisión lecitotrófica, sino que por medio de una pseudoplacenta transfiere los nutrientes al nuevo embrión; proceso denominado matrotrofia (Reznick, 2002).

A pesar de la amplia distribución geográfica con otros miembros de la familia, es poca la información sobre la biología de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) bajo condiciones naturales, además de que la mayor parte de la información esta basada en estudios de laboratorio. De acuerdo a lo anteriormente mencionado la justificación de este trabajo es con el propósito de examinar la estrategia reproductiva de *P. gracilis* de la Presa Emiliano Zapata, Morelos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el vino tinto se han encontrado diversos compuestos que presentan una alta capacidad antioxidante como los flavonoides, estos le confieren ciertas propiedades benéficas como lo es la protección de enfermedades crónicas originadas por estrés oxidativo, entre las que se puede incluir las relacionadas con daño al ADN. Particularmente la quercetina ha mostrado en algunos estudios que es capaz de proteger del daño genotóxico originado por agentes como los benzo(a)pirenos y las aminas heterocíclicas. Así entonces, resulta interesante observar si el consumo de vino tinto puede proteger de daño al ADN inducido por agentes a los que estamos expuestos y que generan radicales libres como son los metales pesados, particularmente algunos compuestos del Cr.

III. HIPÓTESIS

Se ha encontrado que el vino tinto contiene una alta concentración de flavonoides los cuales tienen propiedades antioxidantes y que algunos como la quercetina han demostrado proteger del daño genotóxico originado por radicales libres entonces si se administrara vino tinto en un tratamiento agudo y la quercetina a ratones tratados con CrO_3 , el cual es un agente inductor de radicales libres, se esperaría que se disminuya la inducción de MN.

IV. OBJETIVOS

1. General

Estudiar los efectos del vino tinto y de la quercetina sobre el daño genotóxico inducido por el CrO_3 mediante la evaluación de MN en sangre de ratón.

2. Particulares

- Obtener la dosis máxima del vino tinto con y sin alcohol que no induzca daño genotóxico en el ratón mediante la cinética de inducción de MN, administrando diferentes dosis de vino.
- Evaluar el efecto del vino tinto con y sin alcohol sobre el daño genotóxico y citotóxico inducido por el CrO_3 por medio de la evaluación de MN y la frecuencia de EPC en sangre de ratón.
- Evaluar el efecto genotóxico y citotóxico de la quercetina mediante la evaluación de MN y la frecuencia de EPC en sangre de ratón.
- Evaluar el efecto de la quercetina sobre el daño genotóxico y citotóxico inducido por el CrO_3 mediante la evaluación de MN y la frecuencia de EPC en sangre de ratón.

MATERIAL Y METODOS

Trabajo de campo

Se efectuaron muestreos mensuales de octubre del 2004 a septiembre del 2005 en la Presa Emiliano Zapata para la captura de *P. gracilis*, con un chinchorro de 10 m de largo, 1.0 m de ancho y 0.005 m de luz de malla. Los organismos se fijaron con formalina comercial al 10%, neutralizada con borato de sodio y se transportaron en botes de polietileno para su análisis en laboratorio. Se registró la temperatura ambiental, la hora y nubosidad.

A la par se determinó la transparencia o visibilidad con el disco de Secchi y se tomaron muestras de agua con una botella van Dorn de dos litros de capacidad, vertiéndola en botellas DBO de 300 ml de capacidad y en botellas de polietileno de un litro.

Con la muestra de agua en las botellas DBO se determinó la concentración de oxígeno disuelto por medio del método de Winkler modificación Alsterberg azida y en las botellas de polietileno se registraron los siguientes parámetros:

- Temperatura del agua con un termómetro $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Conductividad (con un conductímetro de campo, marca Conductronic CL8)
- pH (con un potenciómetro de campo).
- Alcalinidad total (por el método volumétrico).
- Dureza total (con el método complejométrico), (APHA *et al.*, 1992).

Trabajo de laboratorio

Los organismos se determinaron taxonómicamente de acuerdo a sus características morfométricas y a su descripción con base en las claves de Álvarez del Villar (1970) y Rosen y Bailey (1963); posteriormente se tomó la siguiente biometría a cada individuo: Longitud total (Lt), Longitud patrón (Lp) y Altura (A) con un ictiómetro de ± 0.001 mm

de precisión, Peso total (Pt), Peso eviscerado (Pe), Peso del hígado (Ph) y Peso de las gónadas (Pg) con una balanza analítica de 0.0001 g de precisión.

Para determinar el sexo y la madurez gonádica de los especímenes se realizó un corte ventral desde la abertura anal hasta la cintura escapular, para dejar al descubierto las gónadas y con la ayuda de un estereoscopio se determinaron las fases de desarrollo gonádica, las cuales se analizaron de acuerdo al criterio establecido por Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) considerando las fases de desarrollo sexual recomendada por Mendoza (1962) que se citan a continuación:

Estadio I (ovarios no maduros): el ovario posee delicadas paredes externas y dobleces internos; los ovocitos se embanan densamente en la mitad anterior o dos tercios de la gónada.

Estadio II (ovarios en reposo): el ovario en la etapa de reposos presenta madurez, pero no contiene ovocitos jóvenes, la pared externa de los dobleces internos son muy gruesos; los ovocitos están en poco número y varían en general en tamaño; los ovarios en esta etapa constituyen un pequeño porcentaje pero variable de las condiciones hasta verano tardío en cuyo caso la crianza cesa.

Estadio III (ovarios con óvulos crecientes): en esta categoría todos los óvulos se encuentra en un folículo encajado en los tejidos ováricos, aquí se nota un crecimiento en el tamaño de estos, así como una forma más redondeada.

Estadio IV (ovarios con óvulos libres): los óvulos jóvenes se incluyen dentro de la membrana del huevo y siguen creciendo en espiral alrededor del vitelo como masa alrededor de las membranas y se enderezan hacia fuera.

Estadio V (ovarios con alevines): se incluyen huevos bien desarrollados.

Estadio VI (ovarios post partum): esta categoría identifica todos los ovarios en los cuales los jóvenes se han expelido recientemente, después del nacimiento de los alevines estos ovarios aparecen con paredes delgadas y flácidas, los dobleces internos son gruesos e hinchados y hay pocos huevos visibles.

Los datos obtenidos de los estadios de maduración gonádica, se graficaron mes a mes para observar su variación a través del tiempo y para determinar por medio de este parámetro la época de reproducción.

Con la determinación del sexo, se obtuvo la proporción sexual de manera mensual y anual utilizando la prueba de Chi-cuadrada (χ^2); $P < 0.05$.

Una vez determinado el estadio de madurez gonádica, se hizo el conteo del número de óvulos (N_o), número de huevos (N_h) y número de embriones (N_e) para obtener la fertilidad ($F = N_e + N_o$) y fecundidad ($F = N_o$) (Cabrera y Solano, 1995). Estos índices sirvieron para determinar el porcentaje de huevos que pueden llegar a ser organismos viables.

El índice gonadosomático (IGS) indica el incremento en tamaño del óvulo conforme se realiza el desarrollo y la forma de obtención de este parámetro es comparar la masa de la gónada (GM) con el total de la masa del animal (TM).

$$IGS = 100 \times (GM/TM)$$

(King, 1995)

Por otra parte, el índice hepatosomático (IHS), compara el peso total del hígado con la masa corporal del individuo, pero esto es sólo para las hembras y la expresión de esta variable es la siguiente:

$$\text{IHS} = 100 \times (\text{HM}/\text{TM})$$

Así, el índice gonadosomático (IGS) tiene un valor máximo antes del desove mientras que el índice hepatosomático decae antes del proceso reproductivo, siendo indicador de la puesta (Rodríguez, 1992), por cual sé registró cada mes para determinar el mes ó época del pico reproductivo de la especie en estudio.

Se obtuvo la talla de primera madurez sexual de las hembras, examinando los ovarios siguiendo el criterio empleado por Reznick y Miles (1989) y por medio de la aplicación del modelo logístico propuesto por King (1995). Para los machos se determinó la talla de primera reproducción cuando las estructuras del gonopodio estuvieron completamente formadas (Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza, 1996).

Se aplicó el análisis de correlación entre la longitud total y patrón contra el peso total, para determinar cual de las dos medidas del tamaño presentaba mayor grado de asociación con la variable biomasa. Una vez obtenida la longitud, se realizó una regresión para obtener la relación con el peso.

Asimismo, se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA; $p < 0.05$) con la finalidad de determinar si existían diferencias estadísticas entre la talla y el peso al considerar el sexo como variable discriminante.

Realizado lo anterior, se determinó la relación peso total-longitud total la cual se expresa como sigue (Pauly, 1984):

$$P = aL^b$$

P= Peso total

L= Longitud Total

a y b= constantes empíricas

Para linearizar la expresión anterior se aplicaron logaritmos para su transformación y la ecuación quedó de la siguiente manera:

$$\log P = \log a + b \log L$$

Las constantes empíricas (a y b) se obtuvieron aplicando el método de regresión lineal, por medio de mínimos cuadrados. De esta forma se generaron las ecuaciones de la relación Peso - Longitud para el total de machos, hembras e indeterminados.

Al valor de la pendiente obtenido se le aplicó una prueba de *t*-student (Pauly, 1984) para determinar si el crecimiento de la especie era alométrico ($b \neq 3$) o isométrico ($b=3$).

El factor de condición se utilizó como medida comparativa e indicativa de la condición del pez en términos numéricos (grado de bienestar, robustez y gordura), de aquí la necesidad de encontrar un factor de condición que considerara la altura del organismo como otra variable a evaluar (Medina-García, 1980) y por lo tanto se utilizó el Factor de condición Múltiple (F.C.M.) cuya expresión es:

$$K_m = P / L^b A^c \text{ en donde}$$

K_m = Factor de condición múltiple

P = Peso

L = Longitud

A = Altura

b y c = son las pendientes de la relación múltiple

Asimismo, se relacionó el F.C.M. con los estadios de maduración gonádica por sexo para saber si hay efecto sobre la condición y las etapas de maduración de la especie.

Por último, se relacionaron los parámetros físicos y químicos con el estadio de madurez gonádica de manera mensual, para analizar el posible efecto de los factores ambientales evaluados, sobre la etapa reproductiva de la especie.

RESULTADOS

Los muestreos se realizaron de septiembre del 2004 a Agosto del 2005 y se capturó un total de 3 162 organismos de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848), con intervalos de tallas para hembras de 1.8 a 7.5 cm (peso total de 0.0795 a 5.9344 g); machos de 1.1 a 4.8 cm (peso de 0.0206 a 1.2894 g) e indeterminados de 0.7 a 3 cm de Longitud Total (peso de 0.0148 a 0.2407 g) (Tabla 1).

Tabla 1. Biometría obtenida para hembras, machos e indeterminados de *P. gracilis*

Sexo	Longitud Total (cm)			Peso Total (g)		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Hembras	1.8	7.5	4.6	0.079	5.93	1.84
Machos	1.1	4.8	2.9	0.020	1.28	0.38
Indeterminados	0.7	3	1.4	0.014	0.24	0.05

Del total de 3 162 organismos el 17% (536) fueron hembras, 9.8% (312) machos inmaduros, 3.4% (108) machos maduros y 69.8% (2206) indeterminados. La proporción sexual global de hembras y machos fue de 1.27:1 ($\chi^2 = 14.075$; $P < 0.05$). La variación mensual de la proporción (Tabla 2) mostró que las hembras dominaron gran parte de los muestreos excepto septiembre, marzo, abril y la mayor cantidad de hembras se registró en febrero.

Tabla 2. Variación de la proporción sexual mensual de *P. gracilis*

MES	TOTAL	HEMBRAS	MACHOS	χ^2	P	DOMINANTE
Sep 04	57	27	30	0.158	n	
Oct	50	33	17	5.120	s	H
Nov	87	44	43	0.011	n	
Dic	56	38	18	7.143	s	H
Ene 05	93	50	43	0.527	n	
Feb	161	133	28	68.478	s	H
Mar	127	34	93	27.409	s	M
Abr	72	18	54	18.000	s	M
May	92	47	45	0.043	n	
Jun	68	56	12	28.471	s	H
Jul	48	29	19	2.083	n	
Ago	45	27	18	18.000	s	H
Total	956	536	420	14.075	s	H

n (no significativo), s (significativo)

Para determinar que variable entre la longitud total ó patrón se debería de utilizar con el peso, se aplicó el análisis de correlación entre estas variables (Tabla 3) y se encontró que existe un mayor grado de asociación relación entre el Peso Total (PT) con la longitud total (LT).

Tabla 3. Análisis de correlación para hembras y machos

Hembras	LT	LP	PT
LT	1		
P	0.000		
LP	0.9919	1	
P	0.000		
PT	0.9379	0.9345	1
P	0.000	0.000	

Asimismo, cuando se aplicó el análisis de covarianza entre la longitud total y el peso total considerando el sexo, se encontró que existían diferencias estadísticas entre los

sexos (Tabla 4), por lo que el análisis de la relación entre el peso y la longitud se realizó por sexos separados.

Tabla 4. Análisis de covarianza para la longitud total (LT) y el peso para ambos sexos

Fuente	Suma de c	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	1.95090441	3	.650301469	200061.11	0.0000
loglt	1.08651553	1	1.08651553	334259.59	0.0000
sexo	.002072407	1	.002072407	637.56	0.0000
loglt*sexo	.002160043	1	.002160043	664.52	0.0000
Residuo	.003094489	952	3.2505e-06		
Total	1.9539989	955	.002046072		

Numero de obs = 956
Raiz ECM = .001803
R² = 0.9984
R² adj = 0.9984

La relación peso total-longitud total para las hembras mostró una tendencia de tipo potencial (Figura 5) y los datos del análisis de regresión se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Valores para la relación peso-longitud para las hembras de *P. gracilis*

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs	F(1, 534)	Prob > F	R-cuadrad	R-cuadrad Adj	Raiz ECM
Modelo	645.855375	1	645.855375	536	28146.11	0.0000	0.9814	0.9813	.15148
Residuo	12.2534438	534	.022946524						
Total	658.108819	535	1.23010994						

logpt	Coef.	Err. Est.	t	P> t	[Intervalo Conf. 95%]
loglt	3.06319	.0182585	167.77	0.000	3.027323 3.099058
_cons	-4.412809	.0277922	-158.78	0.000	-4.467405 -4.358214

Los datos de la relación muestran que el tipo de crecimiento para las hembras es alométrico positivo.

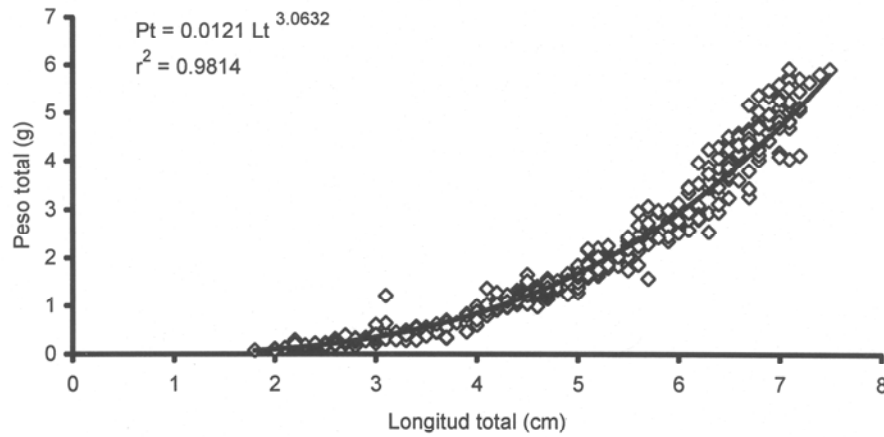


Figura 5. Relación peso total- longitud total para las hembras de *P. gracilis*

La relación peso total-longitud total para los machos mostró una tendencia de tipo potencial (Figura 6) y los datos del análisis de regresión se observan en la tabla 6.

Tabla 6. Valores para la relación peso-longitud para los machos de *P. gracilis*

Fuente	SC	gl	CM	Número de obs =	420
Modelo	184.667204	1	184.667204	F(1, 418) =	7773.09
Residuo	9.93052916	418	.023757247	Prob > F =	0.0000
Total	194.597733	419	.46443373	R-cuadrado =	0.9490
				R-cuadrado Adj =	0.9488
				Raíz ECM =	.15413
logpt	Coef.	Err. Est.	t	P> t	[Intervalo Conf. 95%]
loglt	2.776267	.0314894	88.17	0.000	2.714369 2.838164
_cons	-4.131962	.0342186	-120.75	0.000	-4.199224 -4.0647

Los datos de la relación muestran que el tipo de crecimiento para los machos es alométrico negativo (Tabla 6).

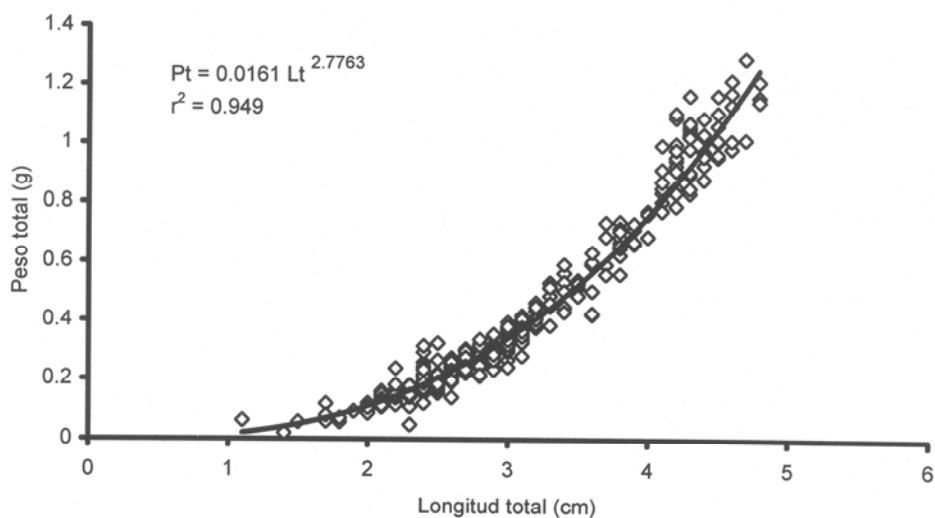


Figura 6. Relación peso total y longitud total para los machos de *P. gracilis*

La relación peso total-longitud total para los indeterminados mostró una tendencia de tipo potencial (Figura 6) y los datos del análisis de regresión se observan en la tabla 7.

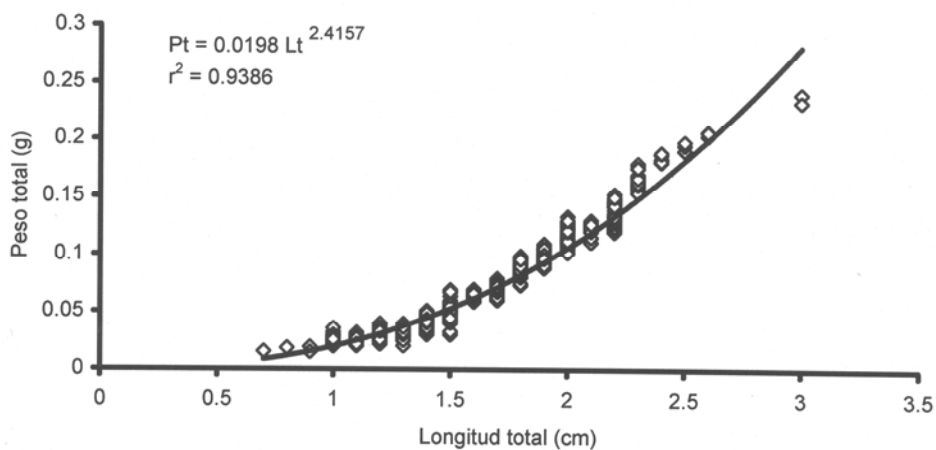


Figura 7. Relación peso total y longitud total para los indeterminados de *P. gracilis*

Los datos de la relación muestran que el tipo de crecimiento para los indeterminados es alométrico negativo (Tabla 7).

Tabla 7. Valores para la relación peso-longitud para los indeterminados de *P. gracilis*

Fuente	Sc	gl	CM			
Modelo	656.674313	1	656.674313	Número de obs =	2206	
Residuo	42.967857	2204	.019495398	F(1, 2204) =	33683.56	
Total	699.642169	2205	.317298036	Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrad =	0.9386	
				R-cuadrad Adj =	0.9386	
				Raíz ECM =	.13963	

logpt	Coef.	Err. Est.	t	P> t	[Intervalo Conf. 95%]	
loglt	2.415711	.0131624	183.53	0.000	2.389899	2.441523
_cons	-3.920398	.005385	-728.02	0.000	-3.930958	-3.909837

La relación peso total-longitud total para la población mostró una tendencia de tipo potencial (Figura 8) y los valores del análisis de la regresión se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8. Valores para la relación peso-longitud para la población de *P. gracilis*

Fuente	SC	gl	CM			
Model	1228.89619	1	1228.89619	Numero de obs =	3162	
Residual	17.0099949	3160	.00538291	F(1, 3160) =	.	
Total	1245.90619	3161	.39414938	Prob > F =	0.0000	
				R-cuadrad =	0.9863	
				R-cuadrad Adj =	0.9863	
				Raíz ECM =	.07337	

logpt	Coef.	Err. Est.	t	P> t	[Intervalo Conf. 95%]	
loglt	2.762488	.0057816	477.80	0.000	2.751152	2.773824
_cons	-1.753313	.0020497	-855.39	0.000	-1.757331	-1.749294

Los datos de la relación muestran que el tipo de crecimiento para toda la población es alométrico negativo y es altamente significativa dicha relación.

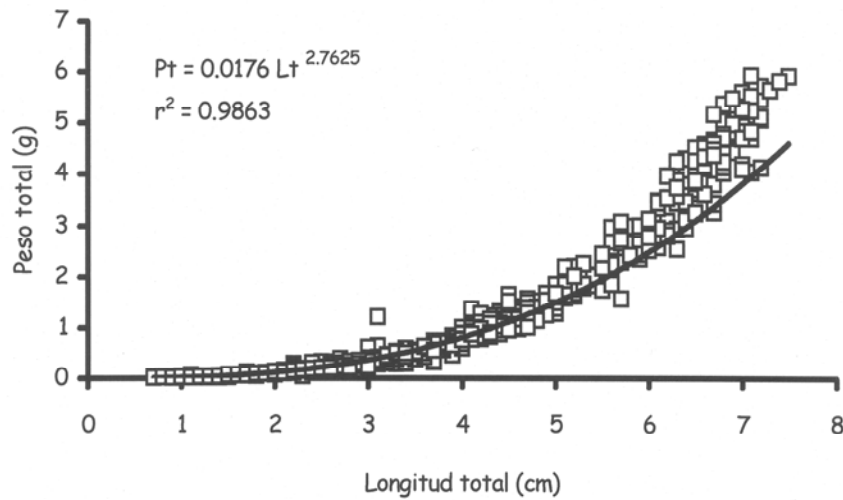


Figura 8. Relación peso total y longitud total para la población de *P. gracilis*

Después del análisis de regresión de la relación peso-longitud, al valor de la pendiente de dicha relación se le aplicó la prueba de t-student para determinar si el valor correspondía a una isometría o alometría y los resultados se pueden observar en la tabla 9.

Tabla 9. Valores de la prueba de t-student para el valor de la pendiente de la relación peso-longitud para *P. gracilis*

	Hembras	Machos	Indeterminados
r^2	0.981	0.94	0.93
b	3.06	2.77	2.41
t-student (p<0.05)	3.45	-7.09	-44.38

Lo anterior muestra que los valores de la pendiente de la relación peso-longitud para cada sexo es diferente de tres, lo que significa que el tipo de crecimiento no es isométrico. Asimismo, se observó que para una misma longitud patrón, las hembras fueron mas pesadas que los machos y la relación indicó que el tipo de crecimiento que presentan las hembras fue alométrico positivo, en los machos alométrico negativo al igual que a los indeterminados.

Factor de condición múltiple (KM)

Para este caso, se utilizó el análisis del factor de condición múltiple porque considera además del peso y la longitud, a la variable altura y con esto un mejor análisis de la información. Al analizar el factor de condición múltiple (KM) en las hembras hay un incremento en los meses de junio y agosto (Figura 9). En cuanto a los machos el mayor incremento se registró de junio a octubre (Figura 10).

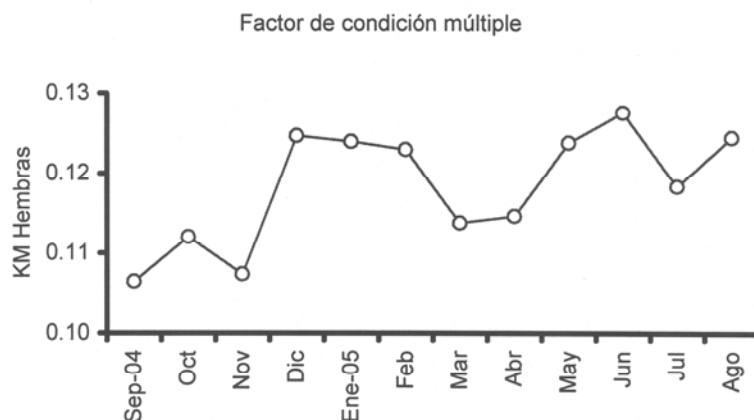


Figura 9. Comportamiento del KM a lo largo del estudio en hembras de *P. gracilis*

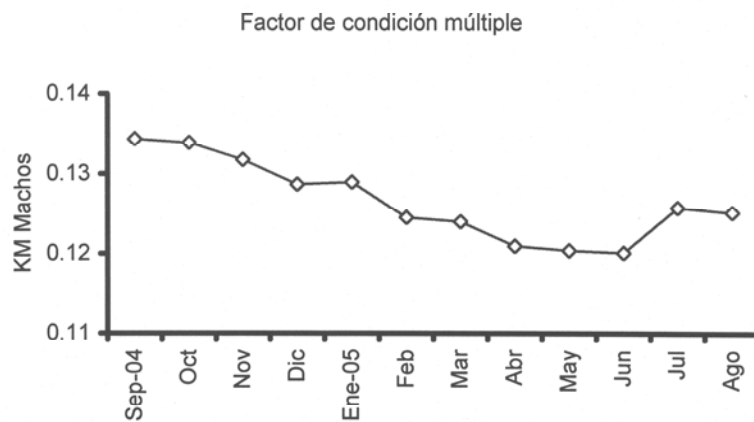


Figura 10. Comportamiento del KM a lo largo del estudio en machos de *P. gracilis*

Al relacionar el KM de las hembras y los machos con la concentración de oxígeno disuelto, no se observó una relación de manera gráfica entre estas variables y tampoco de manera estadística ($r^2=-0.057$ y $r^2=0.0195$ respectivamente; $P<0.05$)(Figura 11).

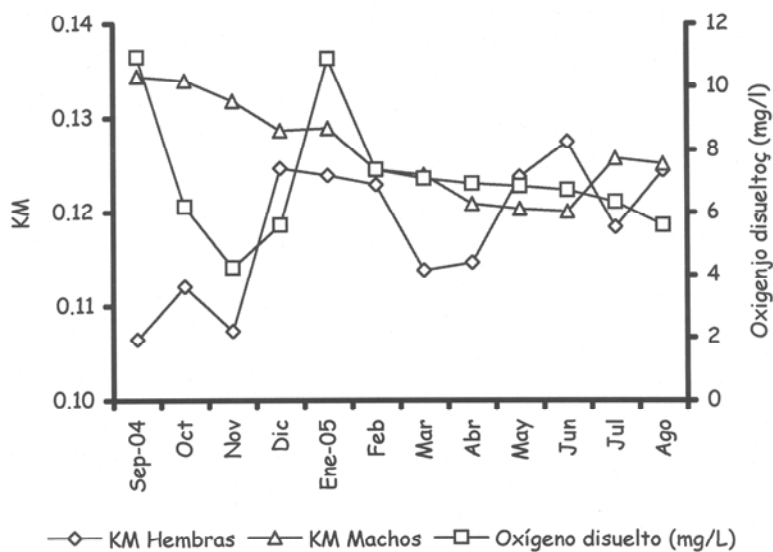


Figura 11. Relación del KM con la concentración de oxígeno disuelto

La condición de los machos y la temperatura del agua muestra una relación inversa de manera gráfica y estadística aunque baja ($r^2=-0.473$; $P<0.05$) (Figura 12), en comparación con la condición de las hembras que gráficamente no se observa una tendencia (Figura 12) y además con relación directa estadísticamente baja ($r^2= 0.237$; $P<0.05$).

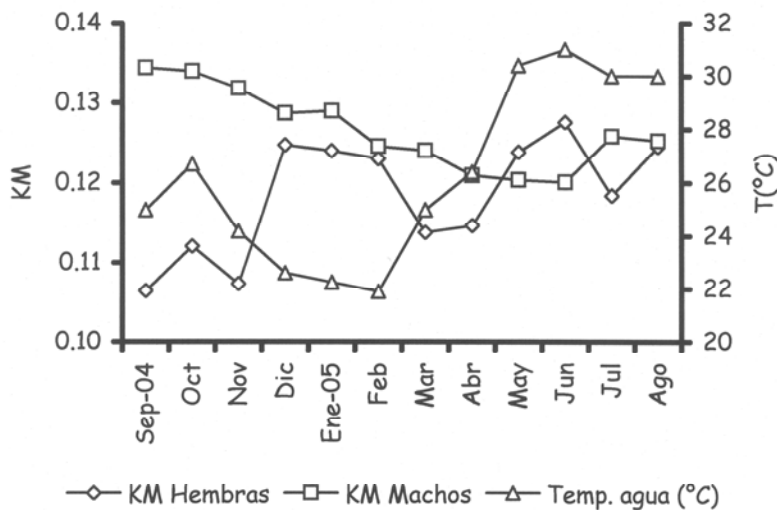


Figura 12. Relación del KM con la temperatura del agua

Al analizar el KM de las hembras y la alcalinidad total se observa una relación gráfica, aunque no se observó una relación estadística ($r^2=-0.07$; $P<0.05$)(Figura 13) y con respecto a los machos no existe relación gráfica, pero sí estadística aunque baja ($r^2=0.508$; $P<0.05$).

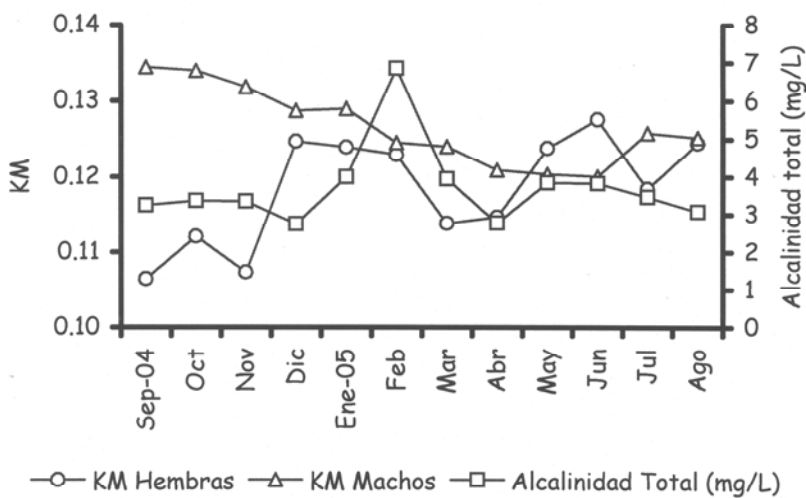


Figura 13. Relación del KM con la alcalinidad total

Al analizar la dureza total y el KM de las hembras se observó una relación gráfica, aunque no una relación estadística ($r^2=0.255$; $P<0.05$)(Figura 14) y con los machos no hay relación gráfica y tampoco estadística ($r^2=-0.195$; $P<0.05$) aunque de manera inversa.

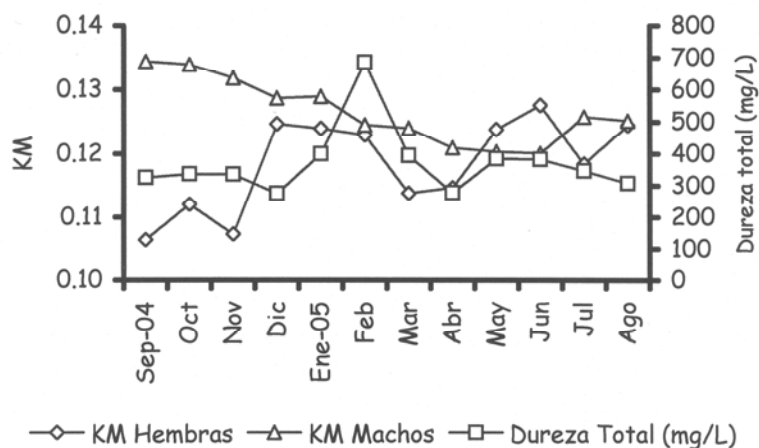


Figura 14. Relación del KM con la dureza total

La talla de inicio de madurez sexual o la talla a la cual el 50% de la población de hembras es madura, obtenida con el modelo logístico y con el criterio de la variable empleada (longitud total), la longitud para las hembras de *P. gracilis* es de 36 mm (Figura 15). En los machos, el espécimen más pequeño con el gonopodio completamente formado fue de 22 mm.

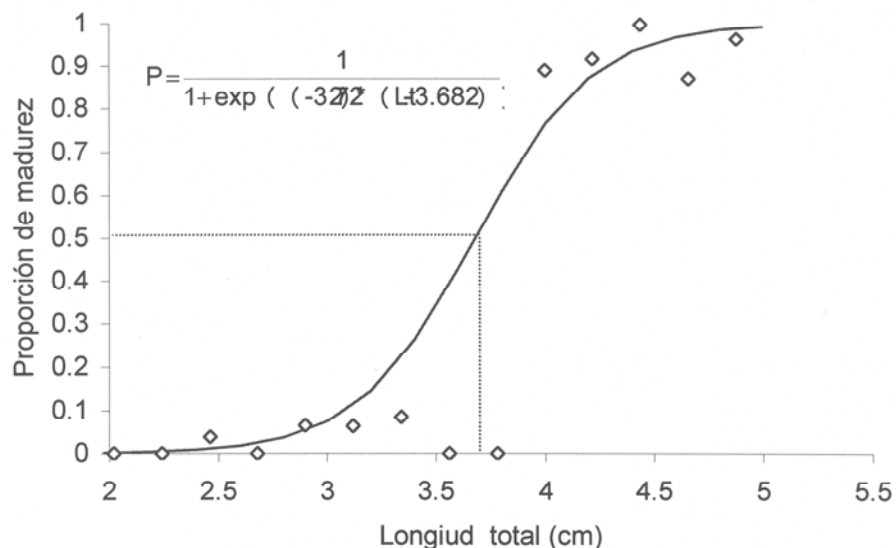


Figura 15. Talla de primera madurez para hembras de *P. gracilis*

Con respecto a la proporción de estadios de madurez gonádica en las hembras durante el desarrollo de la investigación, se muestra que existen dos periodos de máxima reproducción, uno en diciembre y el otro en junio (Figura 16), aunque se observa que dicho proceso se realiza todo el año, pero con menor intensidad (número de reproductores).

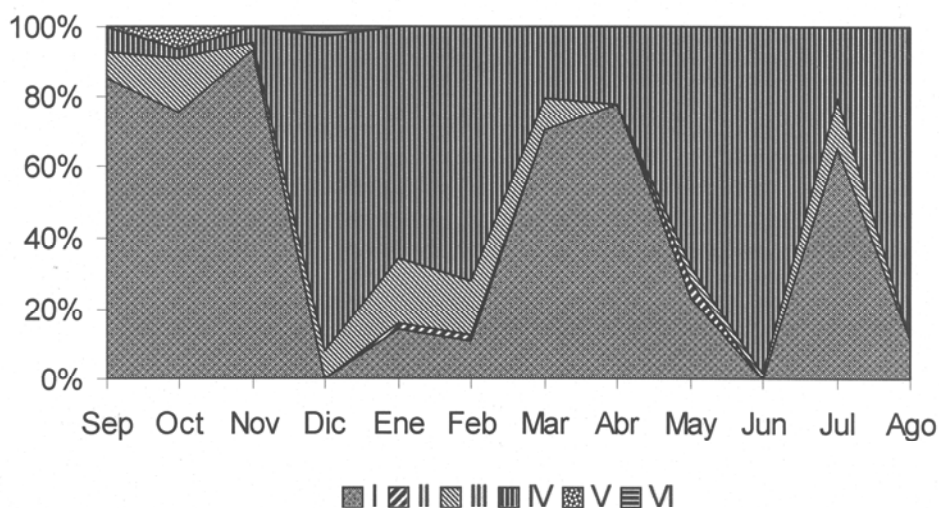


Figura 16. Variación temporal de los estadios de madurez gonádica para *P. gracilis*

Para apoyar la determinación de la época de reproducción de la especie, se utilizó la variación del índice gonadosomático (IGS) para las hembras y los resultados mostraron un incremento del IGS en diciembre del 2004, donde se registra el valor más alto así como en junio del 2005, observándose una disminución en octubre.

Por otra parte, los valores del índice hepatosomático (IHS) muestran su valor máximo en abril; sin embargo, durante noviembre también se obtiene el máximo de esta variable antes del evento reproductivo de diciembre tal y como debe ser el comportamiento (Figura 17).

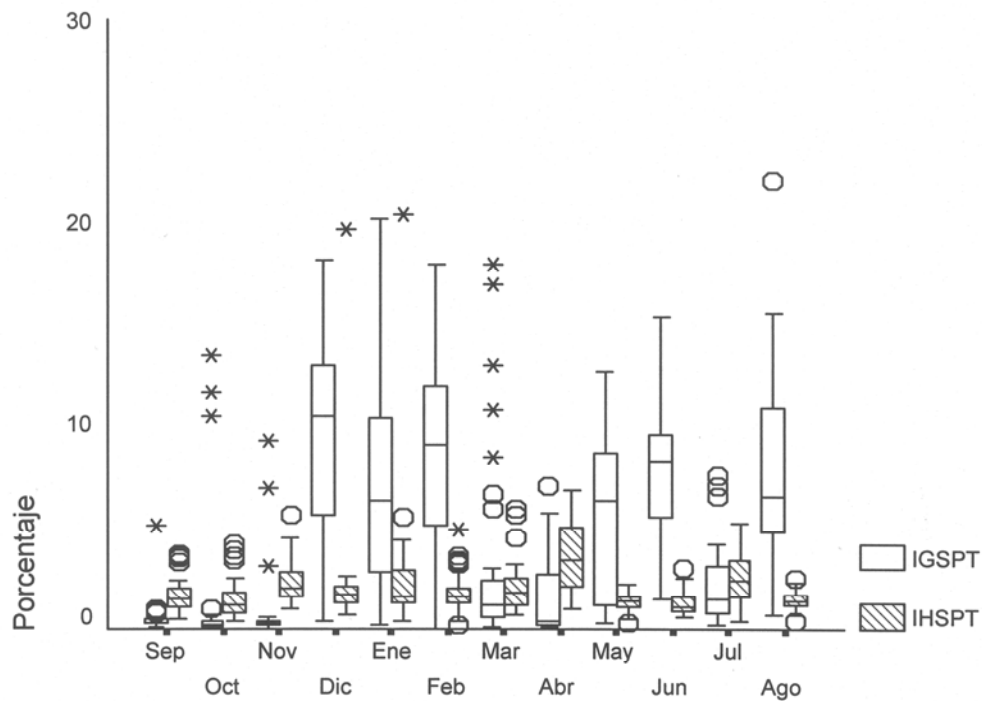


Figura 17. Variación estacional del IGS y del IHS para las hembras de *P. gracilis*

En la figura 18 se observa que conforme se lleva a cabo la maduración de las gónadas, el peso de estas últimas se ve influenciado en el estadio de madurez IV por la presencia de óvulos, huevos y principalmente por embriones.

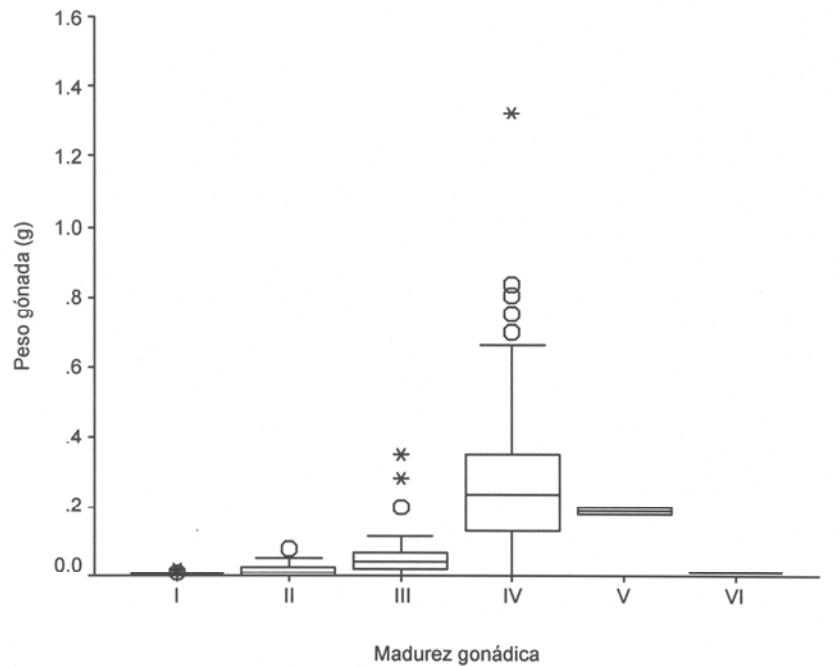


Figura 18. Comportamiento del desarrollo de la madurez gonádica

Fecundidad

Para la fecundidad se trabajó con 534 organismos y se observó que no existe una relación significativa con la longitud total ($r^2= 0.04$, $P<0.05$) y tampoco con el peso total ($r^2= 0.05$, $P<0.05$); asimismo la relación no fue significativa.

Fertilidad

Para determinar la fertilidad de la especie enfocada a las hembras, se trabajó con 536 organismos y se observó que no existía alguna relación con la longitud total ($r^2= 0.01$; $P<0.05$) y tampoco con el peso total ($r^2= 0.009$, $P<0.05$).

El valor mínimo de los embriones cuantificados fue de 1 y el máximo de 55, con un promedio de 7, en algunas hembras con grandes tallas se registró un número bajo de embriones.

En la tabla 10 se observa que la longitud del ovario es mayor en el estadio IV y en cuanto al diámetro del óvulo hay un incremento en el estadio V y en el VI decrece. El promedio de número de óvulos es mayor en el estadio II (Figura 19 y 20).

Tabla 10. Relación entre los estadios gonádicos, longitud de ovario, diámetro del óvulo y numero de óvulos para las hembras de *P. gracilis*.

ESTADÍO	LONGITUD PROMEDIO DEL OVARIO (μm)	INTERVALO DE LONGITUD DEL OVARIO (μm)	PROMEDIO DEL DIÁMETRO DEL OVULO (μm)	INTERVALO DEL DIÁMETRO DEL OVULO (μm)	PROMEDIO DE NO. OVULO	INTERVALO DEL NO. DE OVULO
I	2219	600–6400	173.9	40--846	40	12--98
II	3083	1300–5500	225.4	100--353	40	24–56
III	5052	2200–10000	290.6	110--500	38	14--110
IV	7736	1000–16000	338.9	53--786	32	2--150
V	4500	4500	795	630--960	28	24--32
VI	2900	2900	270	270	38	38

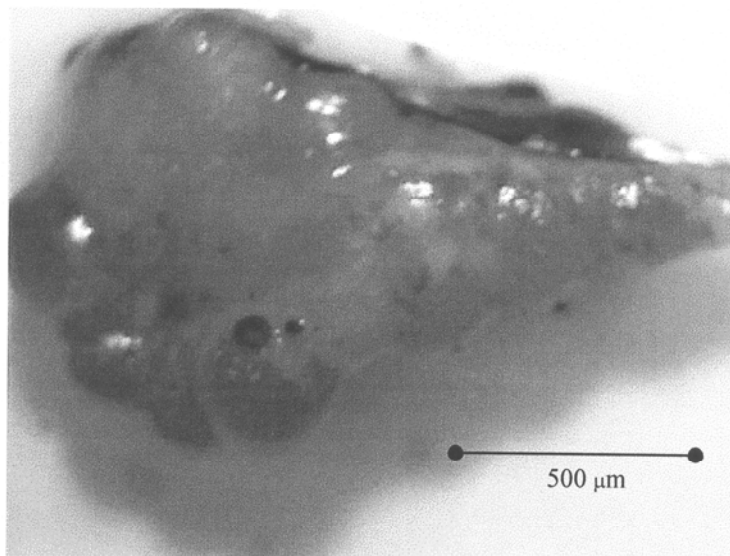


Figura 19. Ovario estadio IV de *P. gracilis*

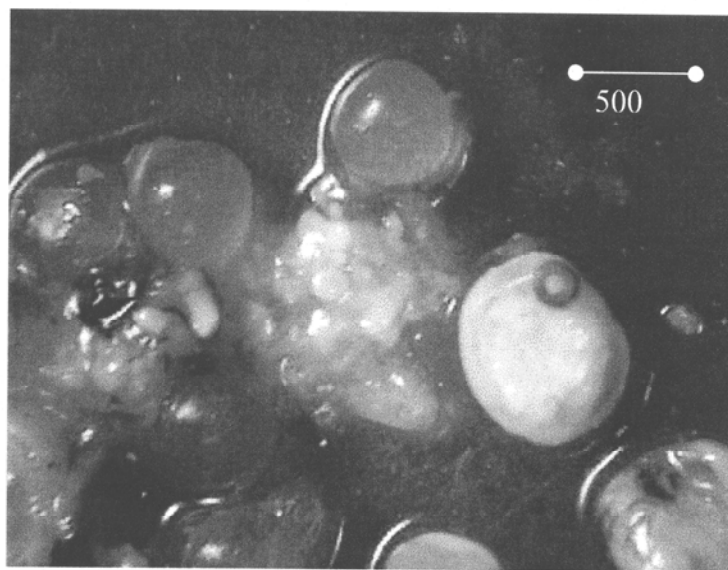


Figura 20. Óvulos y embriones de *P. gracilis*

Factores ambientales

La concentración de oxígeno disuelto para el sistema presenta un máximo en septiembre y otro en enero, a partir de este mes tiende a disminuir de manera constante de febrero a julio con un mínimo en agosto. (Figura 21).

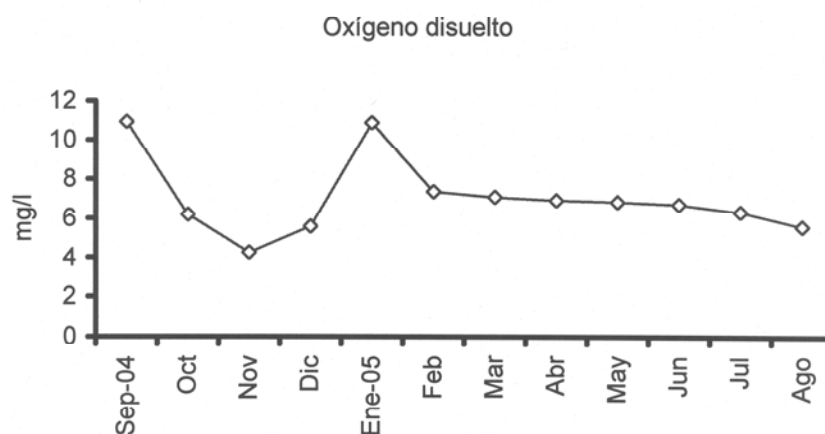


Figura 21. Variación mensual del O_2 (mg/l) en la Presa Emiliano Zapata

En la figura 22 se observa que el valor mínimo de la temperatura en el cuerpo de agua fue en febrero con $21.9\text{ }^\circ\text{C}$, mientras que el valor máximo se registró en junio con 31°C .

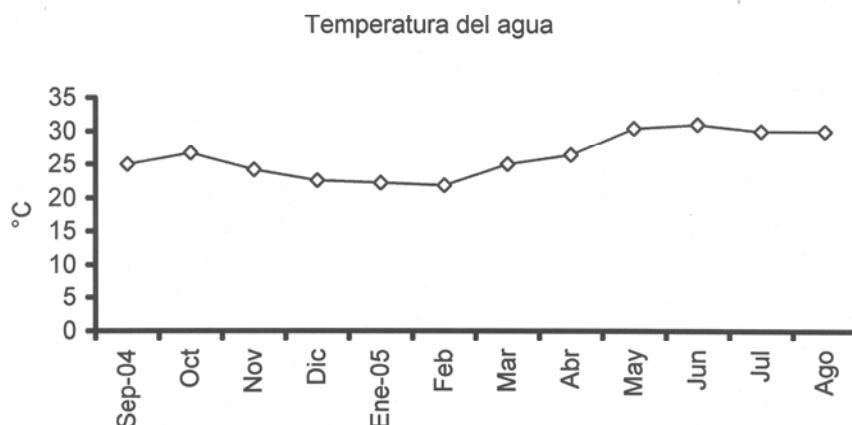


Figura 22. Variación mensual de la temperatura del agua en la Presa Emiliano Zapata

La figura 23 muestra los valores registrados de pH, el valor mínimo se registra en mayo y el valor máximo en enero, con valores que oscilaron entre ligeramente ácidos en mayo y el resto del año se mantuvieron de neutros a ligeramente básicos.

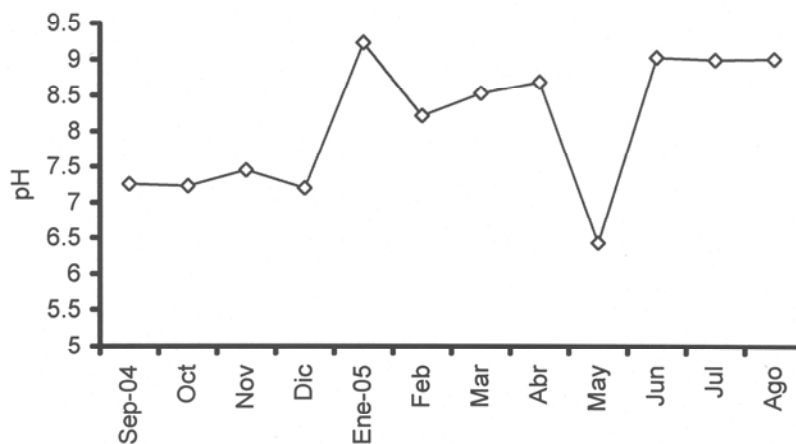


Figura 23. Variación mensual del pH en la Presa Emiliano Zapata

La alcalinidad total fue variable a lo largo del tiempo, el valor mínimo se registró en julio, mientras que el valor máximo en septiembre y octubre durante la época de lluvias, que de acuerdo a este parámetro el sistema en estudio se puede clasificar como poco productivo (Figura 24).

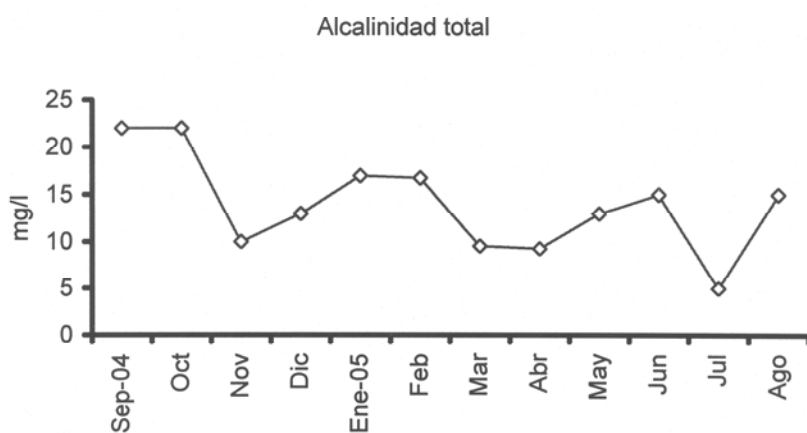


Figura 24. Variación mensual de la alcalinidad total en la Presa Emiliano Zapata

En la figura 25 se observa el comportamiento de la dureza total de la cual se registró un valor mínimo en diciembre y abril así como el valor máximo en febrero, el resto del año permaneció constante. Por lo tanto el agua del embalse se clasifica como un cuerpo de aguas duras.

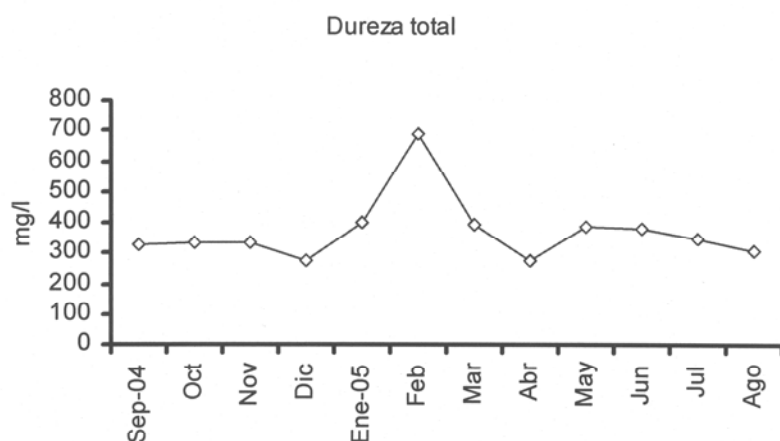


Figura 25. Variación mensual de la dureza total en la Presa Emiliano Zapata

DISCUSIÓN

El mayor número de individuos de *Poeciliopsis gracilis* capturados se obtuvo de enero a marzo (secas), mientras que la menor captura se registró de junio a agosto (lluvias) del 2005, esto se debió posiblemente al periodo de inundación del sistema por ser el inicio de la época de lluvias, la carga de materia orgánica aportada por el depósito de aguas municipales del poblado de Tilzapotla como factor de contaminación, así como por el manejo y tipo de arte de pesca.

Con respecto a la longitud total máxima registrada en este estudio, para las hembras fue de 75 mm y para los machos de 48 mm. Sánchez y Sastre (2004) mencionan que el máximo tamaño para las hembras y los machos fue de 50 mm y 43 mm respectivamente. Contreras-Mac Beath y Ramírez-Espinoza (1996) mencionan que las hembras de *P. gracilis* pueden alcanzar tallas de hasta 74 mm pero en machos no lo reportan. Esta diferencia en la máxima talla registrada en los diferentes estudios puede deberse a factores como disponibilidad de alimento (calidad y cantidad), temperatura del agua, depredación, competencia, área de captura, abertura de luz de malla, estado trófico del sistema, transparencia y aspectos relacionados con la reproducción, en cada uno de los sistemas donde fueron obtenidos.

Durante el estudio se encontró que *P. 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. 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 otro aspecto, el porcentaje global obtenido para las hembras fue de 56% y para los machos de 44%, lo que se puede expresar como una proporción sexual hembra:macho de 1.27:1. Esto no fue así para todos los meses, ya que en marzo y abril dominaron los machos y en octubre, diciembre, febrero, mayo, junio, julio y agosto las hembras, registrando en tres meses la proporción de 1:1 que fueron septiembre, noviembre y enero. Esto podría deberse a varios factores como son las condiciones climáticas, la tasa de desarrollo más rápido que presenta el macho con respecto a la hembra, a la dominancia de las hembras principalmente en los meses de reproducción y a la alta tasa de mortalidad de los machos por la coloración durante el proceso reproductivo.

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) reportan para *P. gracilis* en el río Cuautla, Morelos una proporción de 4.5:1, mientras que Sánchez y Sastre (2004) mencionan para la misma especie una proporción de 2.3:1 a favor de las hembras para el lago Coatetelco, Mor. Aún cuando las condiciones ambientales en ambos sistemas son muy diferentes, la proporción sexual siempre se vio favorecida en mayor proporción hacia el bando de las hembras.

Nikolsky (1963) menciona que la proporción sexual varía considerablemente de especie a especie, pero en la mayoría de los casos es cercana a 1 y puede variar de año en año en la misma población. Es importante considerar el hecho de que las capturas en algún tiempo son compuestas en mayor proporción por hembras, lo cual puede beneficiar a la población para asegurar la perpetuación de la especie en el sistema acuático, como un mecanismo de regulación de la proporción sexual.

Snelson (1984) refiere que las poblaciones silvestres de muchos poecílidos 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.

Con respecto a la longitud total y el peso se obtuvo de los organismos fue de tipo potencial, esto indica que el crecimiento que presenta la especie es alométrico positivo para las hembras y alométrico negativo para los machos e indeterminados, lo cual no coincide con lo reportado por Sánchez y Sastre (2004), quienes mencionan que la especie presenta un crecimiento de tipo alométrico negativo con tendencia a la isometría para ambos sexos. Esto implica que realizan un mayor crecimiento en longitud que en biomasa en las primeras etapas de crecimiento para evitar ser depredados y posteriormente cuando han llegado a la talla de primera madurez sexual, crecen más en peso que en longitud con la finalidad de perpetuar la especie, como una estrategia en sistemas acuáticos. Esta tendencia se ve reforzada por el proceso de reproducción, ya que al ser una especie vivípara el peso de las hembras se incrementa conforme avanza el desarrollo de los nuevos individuos hasta el proceso de eclosión.

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) reportan un coeficiente (b) de 3.07 para la misma especie y mencionan que los peces tienen un crecimiento isométrico; sin embargo, no aplicaron la prueba que determina isometría o alometría. Asimismo, no realizaron el análisis de la relación peso-longitud por sexos, por lo que el trabajo no se puede comparar desde este punto de vista con el realizado en la presas Emiliano Zapata.

De acuerdo a la talla de primera madurez *P. gracilis* inicia su etapa reproductora a los 36 mm en hembras y en 22 mm para los machos. Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) obtuvieron para la misma especie tallas de 36 mm para hembras y 22

mm para machos, no así con el reportado por Sánchez y Sastré (2004) quienes mencionan el valor de 22.3 mm en hembras y 22 mm para machos.

Esta diferencia que se observa al analizar los datos entre cuerpos de agua lénticos, probablemente se deba a la influencia de las características morfométricas, batimétricas y ambientales de ambos sistemas, ya que la presa es clasificada como un cuerpo de agua monomítico cálido, con 16 m de profundidad y eutrófico (González y López, 1997) y el lago Coatetelco, es un sistema que se clasifica como polimítico continuo, somero (profundidad máxima de 2 m), baja transparencia (0.30 m), alta turbiedad e hipereutrófico (Gómez, 2002). Además, esta diferencia en tamaño entre sexos es debida a que los machos son precoces comparados con las hembras y éstos tienen un largo periodo de crecimiento antes de la maduración, altas tasas de crecimiento y baja longevidad. Con respecto al sistema lótico no se registraron las condiciones ambientales para poder realizar una comparación entre sistemas.

Nikolsky (1963) cita que la madurez sexual está en función de la longitud de los individuos, la cual puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad del alimento, la temperatura, el fotoperiodo y por otros factores ambientales que se presentan en las diferentes localidades.

Asimismo, Snelson (1984) propone que los peces que presentan una alta mortalidad tienden a madurar a una más temprana edad y que con esto suplen la alta mortalidad mediante una reproducción mas temprana y en la mayoría de las especies los machos envejecen y mueren a una más temprana edad que las hembras.

En cuanto al factor de condición múltiple (KM) el máximo aumento se dio en los meses de junio, julio y agosto en las hembras, en el caso de los machos este se registró en junio, periodo máximo de reproducción de la especie. Esto podría deberse a que al

inicio de la época de lluvias (junio- agosto), el cuerpo acuático presenta un periodo de circulación, se lleva a cabo una mayor descomposición de la materia orgánica, produciendo así alimento a los peces, asociado al aporte alóctono de materia orgánica al sistema durante este periodo; además alrededor del cuerpo de agua se encuentran campos de cultivo y un cárcamo (depósito de aguas de desecho), que en la temporada de lluvias incorporan una gran cantidad de nutrientes y fertilizantes y una contaminación por coliformes fecales.

La condición que presentan los organismos en el sistema se considera adecuada ya que el máximo para los machos se registro durante la época de lluvias y el valor decrece de este periodo hacia la época de secas y en las hembras se observa el mismo comportamiento, cuyos máximos de condición se observan en el inicio de la época de lluvias, los cuales están relacionados con la etapa de reproducción. Asimismo, el KM mostró una mayor relación con la temperatura que con los demás parámetros evaluados. Esto se debe a la gran cantidad de energía lumínica que en esos meses aumenta la temperatura del agua y la tasa fotosintética y el fotoperiodo es más largo en esta época del año, lo que implica mayor producción de alimento, aunado al poco volumen que tiene el sistema. Burns (1985) menciona que a mayor horas luz aumenta el porcentaje reproductivo hasta un 20% para *P. gracilis* y por lo tanto, mejor condición para los peces.

Para el análisis de la determinación de la época reproductiva de la especie se utilizó el índice gonadosomático (IGS) y el índice hepatosomático (IHS), siendo este último realizado solamente a las hembras, ya que en el hígado de estas segregan vitelogeninas durante la vitelogénesis exógena que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo y por lo tanto, es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo así un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992). Por otra parte, no existen elementos que indiquen que la variación del IHS de los machos no se pude

utilizar como variable de apoyo al proceso reproductivo, ya que no se conoce la relación que existe entre el hígado y los testículos y si se sintetiza alguna sustancia que induzca la madurez testicular y que por lo tanto influya en el proceso reproductivo.

De manera general el IGS mostró un incremento de mayo a junio y otro de menor intensidad de diciembre a febrero, indicando la presencia de dos picos reproductivos para *P. gracilis*, asociando el primer máximo con el inicio de la época de lluvias y con uno de los factores ambientales, principalmente la temperatura del agua, cuyo valor máximo coincide con este proceso biológico y a que el sistema presenta durante este periodo una menor profundidad y volumen. Por otra parte, los valores del IHS muestran su valor máximo antes del periodo de reproducción, manteniéndose constante de septiembre a marzo. En el estudio realizado en el embalse, se obtuvieron dos picos reproducidos uno en época de secas (diciembre y febrero) y otro en época de lluvias (junio).

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996), reportan que *P. gracilis* se reproduce en el río Cuautla, Morelos durante la estación lluviosa (agosto y septiembre) y Sánchez y Sastré (2004) mencionan que con base en la variación del porcentaje de estadios gonádicos durante el estudio, el máximo valor del índice gonadosomático, la presencia de embriones en los ovarios y el valor del factor de condición de las hembras, el máximo periodo de reproducción se realiza de agosto a octubre, también durante la época de lluvias.

Lo obtenido anteriormente concuerda con lo reportado por Rosen y Bailey (1963), quienes mencionan que en zonas templadas y subtropicales el ciclo reproductivo de los poecilidos disminuye al final del verano y otoño y termina en invierno.

Para el análisis de la fertilidad se consideró el número de embriones en la gónada, Cabrera y Solano (1995) reportan como fertilidad el número de embriones más el número de huevos y la fecundidad como el número de óvulos. Sin embargo, Shoenherr (1977) cita que los términos de fertilidad y fecundidad no son del todo aplicables a los poecilidos, debido a que existen especies que presentan superfetación, esto es, que en el ovario se encuentran al menos más de dos estadios de desarrollo de los embriones (Thibault, 1974). La fertilidad usualmente se refiere al actual número de embriones que han sido desarrollados por completo en el año. En este estudio se considero como el total de embriones que tenía la hembra en el momento de la captura. Esto explica su alta adaptabilidad a diferentes tipos de ambientes ya que el presentar huevos y embriones nos dice que es una especie con un alto grado de viviparidad.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran un promedio de 7 embriones con bajo coeficiente de determinación ($r^2 = 0.01$) entre la fertilidad y la talla. Sánchez y Sastré (2004) mencionan que en el lago Coatetelco, Mor., el número promedio de embriones fue de 3, con un coeficiente de correlación de 3.13%, lo cual indica que no existe correlación entre el tamaño del cuerpo y la fertilidad. Reznick y Milles (1989) refieren que un incremento en la longitud del pez no es necesariamente asociado con un aumento en el número de embriones, como ocurre en el caso de especies que no son superfetantes

Con respecto a la fecundidad, la cual representa el número de organismo que nacerán en la siguiente camada, osciló entre 2 y 150 óvulos con promedio de 35. Al relacionar esta variable con la longitud total no se encontró relación ($r^2 = 0.05$) significativa y tampoco con el peso total ($r^2 = 0.06$).

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) mencionan que el tamaño corporal no tiene relación significativa con el número de embriones en especies no superfetantes,

ya que las hembras maduran sexualmente a tallas pequeñas y continuamente están liberando embriones y reabsorbiendo huevos no fecundados aunado al estado de reposo, estas características las presentan también las hembras de mayor tamaño y por consiguiente, es difícil establecer una relación. Thibault y Schultz (1977) indican que para *P. reticulata* el número de jóvenes por camada incrementa con el tamaño de la hembra.

La especie en estudio presenta superfetación de acuerdo Burns (1985), ya que en su estudio concluye al menos el 25% de las hembras son superfetantes. Sin embargo, el porcentaje que se obtuvo en nuestro estudio fue de 6.1% de hembras superfetantes, esto se debe a que Burns (1985) realizó su experimento en condiciones controladas, pero a pesar de ello no se puede decir que la especie es superfetante, ya que para que esto ocurra debería de tener más del 50% como mínimo para que la especie sea considerada superfetante, por lo tanto se hablaría de que *P. gracilis* tiene una tendencia a la superfetación (Figura 26).



Figura 26. Presencia de superfetación en *P. gracilis*

FACTORES AMBIENTALES

La concentración de oxígeno disuelto media anual fue de 7.05 mg/L lo que significa que tiene una buena oxigenación para la reproducción de la ictiofauna y de acuerdo a Hefher (1993) la mínima concentración tolerada para los peces es de 4 mg/L.

Meffe y Snelson (1989) menciona que la temperatura del agua adecuada para *Gambusia nobis* es de 21 a 30°C, siendo letal para *Poecilia reticulata* a los 32°C. Esto muestra que la temperatura media anual en la Presa Emiliano Zapata que es de 26.2 °C es adecuada para el desarrollo y crecimiento de los poecílicos.

Con respecto al valor promedio del pH de la presa (8.1) este se ubica en el intervalo para el desarrollo de la vida acuática y que es de 6.5 a 9.0, encontrándose dentro de los límites de calidad y tratamientos reportados en el Diario Oficial de la Federación (Dorantes y Zavala, 2003).

Aunque el agua de la presa es dura, esta permite el crecimiento de los organismos con estructuras duras al no existir limitación por la cantidad de CaCO_3 y al desarrollarse en un sistema con buena productividad debido a los valores registrados de alcalinidad total y porque se encuentran dentro de los límites permisibles de calidad y tratamiento de agua, de acuerdo con la NOM-127 del Diario Oficial de la Federación (Dorantes y Zavala, 2003).

Asimismo, el cuerpo de agua mantuvo una visibilidad mínima de 23 cm en septiembre y una máxima de 50 cm en agosto, lo que refleja en función de la profundidad, que la zona de producción se encuentra en los dos primeros metros de la capa superficial. Esto es importante porque al ubicarse los organismos en la zona litoral del embalse principalmente durante el evento reproductivo, la disponibilidad de alimento por las

crías no esta limitada y es compartida por otras especies que se desarrollan en este sistema evitando de esta manera la competencia por espacio y recurso alimenticio.

Por último, otra variable que es de importancia en el proceso reproductivo y que no se pudo evaluar durante el desarrollo de este estudio fue el fotoperiodo, ya que como lo mencionan Vargas y De Sostoa (1996) para *Gambusia holbrooki*, especie no superfetante, las fluctuaciones del ciclo reproductivo están en función al fotoperíodo más no a la temperatura. Esto mismo es apoyado por Burns (1985) al realizar su trabajo en América Centra, en donde las condiciones de temperatura son casi constantes y no así las horas luz y oscuridad.

De manera general se puede decir que el conocer ciclo reproductivo de esta especie que fue introducida en la presa, permite poder manejar y conservar este recurso de manera más adecuada, ya que aunque no tiene un valor comercial desde el punto de vista alimenticio para la población aledaña al embalse, si se explota como alimento para otras especies que se cultivan en el estado de Morelos desde el punto de vista del acuarismo, aunada a la importancia que tiene como integrante desde el punto de vista ecológico en el cuerpo de agua, donde se explota otra especie comercial como lo es la mojarra-tilapia.

CONCLUSIONES

Con base en los datos obtenidos la proporción sexual fue a favor de las hembras.

El tipo de crecimiento para las hembras fue alométrico positivo, es decir, mayor aumento en peso que en longitud, debido a la talla y desarrollo gonádico.

El tipo de crecimiento para los machos e indeterminados fue alométrico negativo, es decir, mayor aumento en longitud que en peso.

La talla de primera madurez sexual para las hembras fue más alta que para los machos.

El máximo del Factor de condición múltiple coincide con la época de reproducción de la especie y se registró en la temporada de lluvia.

El índice gonadosomático indicó dos picos reproductivos, uno en época de secas (diciembre) y el otro en lluvias (junio), mientras que el índice hepatosomático tuvo su valor máximo antes del periodo de reproducción.

De acuerdo a la relación entre la fecundidad y la fertilidad con la talla, la especie se considera como no superfetante.

La calidad del agua en la Presa Emiliano Zapata es buena para la reproducción de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ai-Li, A. y D. Reznick, (2000). Life History of *Phalloceros caudiomaculatus*: A novel variation on the theme of livebearing in the Family Poeciliidae. *Copeia*, 3: 792-798.
 - 2) Álvarez del Villar, J., (1970). *Peces Mexicanos (claves)*. Dirección General de Pesca e Industrias Anexas. México. 166 p.
 - 3) Anónimo, (1981). *Síntesis geográfica del Estado de Morelos*. INEGI. S.S.P. México, 110 p.
 - 4) Anónimo, (1998). *Anuario Estadístico del Estado de Morelos*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. 442 p.
 - 5) APHA, AWWA y WPCF, (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* American Public Health Association. 18th edition. Washington, D.C. 1081 p.
 - 6) Burns, J.R., (1985). The effect of low-latitude photoperiods on the reproduction of female and male *Poeciliopsis gracilis* and *Poecilia sphenops*. *Copeia*. (4): 961-965.
 - 7) Bussing, W.A., (1986). *Geographic Distribution of the San Juan Ichthyofauna of Central America with remarks on its origin and Ecology* Invest. Ichthyofauna of Nicaragua Lake. (19): 57-175.
 - 8) Cabrera, P.J. y L.Y. Solano, (1995). Fertilidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae), *Rev. Biol. Trop*, 43 (13): 317-320.
-

- 9) Contreras-MacBeath, M.J. y E.M. Ramírez-Espinoza, (1996). Some aspects of the reproductive strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cuautla River, Morelos, J. Freshwater Ecology: 11(3): 327-337.
 - 10) Dorantes, G.E. y M.B. Zavala, (2003). Estudio de la Calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el Estado de Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 90 p.
 - 11) Espinosa, P.H., M.T. D. Gaspar y P.M. Fuentes, (1993). Listado Faunístico de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología UNAM. 99 p
 - 12) Farr, J.A., (1989). Sexual selection and secondary sexual differentiation in poeciliids: Determinants of male mating success and the evolution of females choice, 91-123: En: Meffe, G.K. y F.F. Snelson, Jr. (Editor). Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
 - 13) García, E., (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros número 6. Instituto de Geografía, U.N.A.M. 80 p.
 - 14) Gómez-Márquez, J.L., J.L. Guzmán-Santiago, A. Olvera-Soto, (1999). Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo" Morelos México, Rev. Biol. Trop. 47(3): 581-592.
 - 15) Gómez, M.J.L., (2002). Estudio limnológico-pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. 181 p.
-

- 16) González, R.J.M., A.G. López, (1997). Aspectos hidrobiológicos de la presa Emiliano Zapata Estado de Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, Mexico. 81 p.
- 17) Hefher, B., (1993). Nutrición de peces comerciales en estanques, Grupo Noriega Editoriales, México, 406 p.
- 18) Huidobro-Campos, L., (2000). Filogenia de complejos *Poeciliopsis gracilis* Regan (Piscies: Poeciliidae) y su biogeografía. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias UNAM, México 93 p.
- 19) King, M., (1995), Fisheries Biology, Assessment and Management, 2 ed. Ed. Fishing News Books. 341 p.
- 20) Meffe, G.K. y F.F. Snelson, (1989) Ecology and evolution of Livebearing fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice - Hall Englewood Cliffs. Nueva Jersey. 453 p.
- 21) Mejía, M.H., (1992). Nuevo registro de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1948), (Pisces: Poeciliidae), para la cuenca del Río Balsas. Universidad: Ciencia y Tecnología. 2(2): 131 - 136.
- 22) Medina-García, M., (1980). El factor de condición múltiple y el factor de condición de alimentos, Manuales técnicos de acuicultura, Año 1 No.1 Ed. Dirección General de Difusión y relaciones públicas del Departamento de Pesca. 34 p.
- 23) Mendoza, G., (1962). The reproductive cycles of three viviparous teleosts *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldi* y *Neophorus diazi*. Biological Bulletin. 123(2): 351-365
-

- 24) Miller, R.R., (1975). Five new species of Mexican poeciliid fishes of the genera *Poecilia*, *Gambusia*, and *Poeciliopsis*. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Mich.* 672: 1-44.
- 25) Nikolsky, G. V., (1963). *The Ecology of fishes*. Academic, Nueva York. 352 p.
- 26) Nelson, S.J., (1994). *Fishes of the World*. 3er Edition. John Wiley & Sons, Inc. 600 p.
- 27) Pauly, D., (1984). *Fish population dynamics in tropical waters. A manual for use with programmable calculators*. Ed. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 323 p.
- 28) Peña-Mendoza, B., Gómez-Márquez, J.L., Guzmán-Santiago, J.L., Flores-Maldonado, O., Salgado-Ugarte, I.H., (2002). Reproduction aspects of *Heterandria bimaculata* at Rodeo lake, Morelos, II International Symposium on Livebearing Fishes, Querétaro, Qro. México, March 19-23, pp 31.
- 29) Ramos, M.S., (2001). *Análisis de calidad del agua y Biomasa del fitoplancton de la Presa Emiliano Zapata, Morelos*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M., 86 p.
- 30) Reznick, D.N. y D.B. Miles, (1989). A review of life history patterns in poeciliid fishes: 125-1448, En: Meffe, G.K. y F.F. Snelson, Jr. (Editor). *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)*. Ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
-

- 31) Reznick, D.N., M. Mateos, M.S., (2002). Springer, Independent Origins and *Rapis* Evolution of the placenta in the fish Genus *Poeciliopsis*, *Science*, 298: 1018-1020.
- 32) Rodríguez, G.M., (1992). Técnicas de Evaluación Cuantitativa de la Madurez Gonádica en Peces, Ed. AGT, México, 79 p.
- 33) Rosen, E.D. y M.R. Bailey, (1963). The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes) Their structure, zoogeography and systematics. Bull. American Museum of Natural History 126: 166 p.
- 34) Sánchez, H.A.K., y L.B. Sastré, (2004). Reproducción y Crecimiento de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1984) en el Lago Coatetelco, Mor., Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 45 p.
- 35) Snelson, F.F. (1984). Seasonal maturation and growth of males in a natural population of *Poecilia latipinna*. *Copeia*. 1: 252-255.
- 36) Síntesis Geográficas de Morelos, (1981). Secretaría de programas y presupuesto coordinación general de los servicios Nacional de Estadística, Geográfica e Informática.. 110 p.
- 37) Shoenherr, A.A., (1977). Density dependent and density independent regulation of reproduction in the gila topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard), *Ecology* 58: 438-444
- 38) Thibault, R.E., (1974). Genetics of cannibalism in a viviparous fish and its relationship to population density. *Nature* 251: 138-140.
-

- 39) Thibault, R.E. y R.J. Schultz, (1977). Reproductive adaptations among viviparous fishes (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Evolution*. 32(2): 320-333.
- 40) Trexler, C.J., (1985). Variation in the degree of viviparity in the sailfin molly, *Poecilia latipinna*. *Copeia*, 4: 999-1004
- 41) Vargas, M.J. y A. De Sosota, (1996). Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces. Poeciliidae in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula). *Hidrobiologia* 341: 215 .224.
- 42) La Reproducción de los Poecílidos I: Fisiología. En <http://www.animalls.net/ARTIC52.HTML>. Última fecha de consulta: 14 de noviembre de 2005.
-