



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO
DE *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848)
EN LAGO COATETELCO, MOR.**

T E S I S

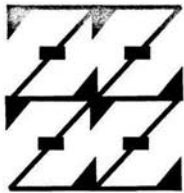
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A N :

SÁNCHEZ HERRERA ABBY KIM

SASTRÉ BÁEZ LEONARDO



LO HUMANO EJE DE NUESTRA
REFLEXION

DIRECTOR:
DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer especialmente al Dr. José Luis Gómez Márquez, y a la Dra. Bertha Peña Mendoza por brindarnos su apoyo, y dedicación, principalmente por su amistad que fue la mayor enseñanza, su ayuda y consejo que nos brindaron desde el momento que nos conocimos, así como su asesoría para la presentación de este trabajo.

Así mismo queremos agradecer a los miembros del jurado Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, Biol. Angélica E. González Schaff, y al Biol. Ernesto Mendoza, por el tiempo e interés invertido y las sugerencias para enriquecer este trabajo.

Al laboratorio de limnología y a todos sus integrantes por el apoyo brindado.

A nuestros amigos. Abraham, Alejandro, Ezequiel, Ángel Enrique y Braulio por los buenos momentos.

DEDICATORIA

A mis padres y hermana por su fortaleza, constancia y carácter y todo el apoyo que recibí de ellos durante mi formación profesional y personal, por no dejar de creer en mí, en ningún momento y haberme inculcado grandes valores así como a toda mi familia en especial a mis primos que siempre estuvieron conmigo y nunca dejaron de apoyarme.

A mis amigos Pablo, Mauricio, Erick, Raúl, y Josué que estuvieron en todo momento y que siempre me han apoyado, y han sabido estar en todo momento conmigo.

Con mucho cariño para Abby por su gran amor, cariño y amistad que me ha brindado día con día. A tu familia por brindarme su confianza y cariño y, haberme dado la oportunidad de conocerte y conocerlos un poco más y hacerme uno de ustedes.

DEDICATORIA

A mis padres Rodolfo Sánchez C. y Ma. Elena Herrera R., por depositar todo su amor y confianza en mí. Gracias por apoyar todas mis metas y sueños, son ustedes quienes me impulsan a seguir adelante, a nunca darme por vencida sabiendo que tras todo lo que hago se encuentran Uds.

A mis hermanas Susy y Charie por todo su cariño, gracias por escucharme en los momentos difíciles, y estar conmigo cuando las necesito, las quiero.

A Leonardo por ser mi amigo incondicional durante toda la carrera, Gracias por tu cariño, amor y paciencia.

INDICE

- RESUMEN1
 - INTRODUCCION... ..2
 - ANTECEDENTES... ..4
 - AREA DE ESTUDIO8
 - DIAGNOSIS DE LA ESPECIE.....10
 - DESCRIPCION... ..11
 - OBJETIVO12
 - MATERIAL Y METODOS... ..13
 - RESULTADOS... ..18
 - DISCUSION... ..36
 - CONCLUSIONES... ..41
 - BIBLIOGRAFIA... ..42
-

REPRODUCCION Y CRECIMIENTO DE *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) EN LAGO COATETELCO, MOR.**RESUMEN**

Poeciliopsis gracilis ocupa una amplia región de la subcuenca del Amacuzac debido a una introducción artificial, ya que estos peces están catalogados como organismos de utilización ornamental. Sin embargo debido a la escasa información que existe sobre la especie tanto en condiciones naturales como en el laboratorio, el objetivo de este trabajo es analizar el ciclo reproductivo de *P. gracilis* en el lago de Coatetelco, Morelos.

Para esto, se realizaron muestreos mensuales en el lago de Coatetelco, Morelos de mayo del 2002 a abril de 2003, con una red de luz de malla de 0.005 m y 20 metros de longitud. Se capturaron un total de 1,225 organismos, donde las hembras representaron el 65.14% (798), los machos el 28.16% (345) y las crías (82) cuyo sexo no pudo ser definido. Se observó que existe un dimorfismo sexual evidente en los rasgos morfológicos secundarios. La proporción del sexo hembra:macho fue de 2.3:1 a favor de las hembras. La talla de primera reproducción para las hembras fue de 22.3 mm y en los machos de 22mm de longitud patrón.

De acuerdo a la relación peso-longitud la especie en estudio presentó un crecimiento alométrico negativo, es decir, el crecimiento es mayor en longitud que en peso. Con base en los estadios de madurez gonádica (V) de las hembras, el máximo valor del índice gonadosomático (IGS) y el índice hepatosomático (IHS), la especie se reproduce en mayor proporción entre agosto y octubre (época de lluvias) y de enero a abril (época de secas), aunque estas e llevo a cabo en menor proporción durante todo el año. Respecto a la fertilidad el número de embriones ovarios vario entre 1 y 12, con promedio de 4 embriones. La fecundidad presentó una baja relación con la longitud patrón cuyo número de óvulos oscilo entre 2 y 74, con promedio de 44. El factor de condición (f.C) para las hembras y los machos mostró incrementos desde junio a octubre, durante el auge reproductivo. La temperatura del agua oscilo entre 25 y 32 °C con pH entre 8-9, concentraciones de oxigeno disuelto de 2 a 7 mg/l y dureza total entre 150 y 300 mg/l de CaCO₃.

Para llevar el análisis de distribución de frecuencias de tallas se aplico el análisis de densidad por kernel, este proporcionó un tamaño de intervalo de 0.16 para la población total, 0.14 para los machos y 0.18 para las hembras. Con la aplicación del método de Bhattacharya, se encontraron 6 clases para el total de la población, 6 clases en las hembras y 5 clases de talla para los machos.

Los resultados mostraron que las hembras alcanzan una mayor longitud y peso ($L_{\infty}= 6.75$, $P_{\infty}= 3.42$) a diferencia de los machos ($L_{\infty}= 4.42$, $P_{\infty}= 0.87$) esto debido a que los machos cesan su crecimiento a una determinada longitud y destinan esa energía a los procesos reproductivos en comparación con las hembras, las cuales se desarrollan con mayor lentitud pero alcanzan un crecimiento mayor tanto en peso como en longitud. Se aplico el análisis multivariado de la T^2 de Hotelling para analizar el crecimiento entre dos poblaciones de peces (en este caso hembras y machos) de *P. gracilis* a través de la comparación de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (L_{∞} k y t_0) de este análisis multivariado se muestra que el valor critico que mas influye en la ecuación de crecimiento para ambas poblaciones es el valor de L_{∞} .

INTRODUCCION

México es un país cuyas características climáticas y orográficas permiten el desarrollo de muchas especies de organismos acuáticos. Sin embargo, existe una gran cantidad de cuerpos de agua epicontinentales que no han sido objeto de estudios limnológicos detallados, a pesar de su importancia biológica y económica. Sugunan (1997) menciona que México dispone de recursos acuáticos importantes que representan más de 2.9 millones de hectáreas de aguas continentales, las cuales incluyen cerca de un millón de hectáreas de lagos y reservorios y 29 182 ha de estanques.

Asimismo, el conocimiento de las especies acuáticas con las que se cuenta actualmente en los embalses, es poca y se deben ampliar las posibilidades de su conservación y aprovechamiento con el fin de que puedan representar un significativo ingreso para la economía nacional, por lo cual se hace necesario realizar trabajos que proporcionen la información básica para la conservación de los recursos acuáticos.

Los miembros del orden Cyprinodontiformes son cosmopolitas y forman a uno de los grupos animales dominantes en las aguas epicontinentales y salobres de América en latitudes tropicales. Los poecílidos conforman el más pequeño y polimórfico grupo de vertebrados vivientes y poseen modificaciones sexuales secundarias. En los machos la aleta anal esta modificada, 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 espermatozoides a los genitales femeninos. El desarrollo del sistema gonopodial marca el principio de la diferenciación somática del sexo en los poecílidos, además el periodo de crecimiento y diferenciación de las estructuras sexuales secundarias varía de acuerdo a las características físicas y químicas del medio en que se desarrollan (Rosen y Bailey, 1963).

La familia Poeciliidae incluye cerca de 200 especies de pequeños peces la mayor parte de estos de no más de 5 cm de longitud corporal, con una distribución geográfica que abarca principalmente en Centro y Sudamérica (Meffe y Snelson, 1989). *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) ha sido registrada en el río Balsas, básicamente en los estados de Morelos y Puebla lo cual representa una distribución netamente tropical, con temperaturas que oscilan entre 22 y 28°C (Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinosa, 1996).

Muchos de estos peces han desarrollado y sufrido especializaciones en el proceso de superfecundación (desarrollo continuo de óvulos en diferente estadios), el cual se basa en un alto grado de viviparismo. En otros poecílidos la superfecundación no es tan común y en algunos casos errática, que aparentemente ésta no es tan funcional y usan ciclos normales de reproducción. (Rosen y Bailey, 1963).

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. En los peces, dicho cuidado, se presenta en muchas formas incluida la retención de los embriones por parte de la hembra (Trexler, 1985).

La superfetación es un fenómeno particular e interesante, ya que representa un cambio que va de discreta a potencial y continua reproducción con la consecuente selectividad evolutiva, la cual resulta ventajosa en la supervivencia de las especies que la poseen. Cheong *et al.* (1984) sugieren que una fuerza selectiva resultó dentro de la evolución de la superfetación y la mencionan, como una ventaja selectiva para las especies cuyo tamaño de cuerpo es muy pequeño.

Monaco *et al.* (1983) sugieren que la superfetación es paralela al desarrollo de la viviparidad en los teleósteos; además, la superfetación se ve favorecida ante las fluctuaciones ambientales, ya que utiliza al máximo los recursos disponibles para la producción de nuevas crías.

La biología reproductiva de *P. gracilis* ha engendrado un inusual interés, en diversas investigaciones a través de todo el mundo, debido a que representa gran utilidad en la industria acuícola (Parenti, 1989), ya que esta exhibe una alta resistencia, rápido ciclo de reproducción y un fácil manejo en diversas condiciones.

En la biología pesquera es importante el estudio de los aspectos poblacionales de las especies ícticas y entre los más importantes está el análisis de la edad y el crecimiento cuyo conocimiento resulta indispensable para el manejo racional de los recursos pesqueros (Salgado-Ugarte, 1992). Por lo tanto, el crecimiento tiene una particular significancia en la fecundidad, ya que esta puede incrementar de acuerdo al tamaño del cuerpo (Roff, 1983).

El crecimiento y la edad son influenciados genética y socialmente en algunos poecilidos y las características ambientales y los recursos disponibles por lo tanto, tienen influencia directa en el crecimiento. En muchas especies de peces, el crecimiento disminuye en ambos sexos al llegar a 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 se detiene el crecimiento al llegar a la etapa reproductiva, ya que durante la gestación, se producen altos gastos de energía tanto en gónadas como el tejido somático, así como en el mantenimiento de los embriones (Roff, 1983).

A nivel mundial la pasión por los peces ornamentales es un pasatiempo con una industria multimillonaria. Para el mercado norteamericano representa un ingreso de \$9.1 millones de dólares, lo que corresponde solo a peces ornamentales. Es importante señalar que las especies dominantes en este mercado son de agua dulce, ya que representan un fácil manejo y menor cuidado. En América Latina 32 especies dominan el mercado encontrándose dentro de estas representantes de la familia Poeciliidae, los cuales son vendidos como alimento para otros organismos o como mascotas, entre los que destaca el "guppy" (*Poecilia reticulata*) (Chapman *et al.* 1997).

Lo anterior justifica la necesidad de analizar algunos aspectos biológicos importantes de *P. gracilis* que permitan en alguna medida, una adecuada administración y explotación de este recurso renovable en la actualidad, ya que información sobre la biología reproductiva de esta especie a nivel nacional y para el estado de Morelos es escasa y aún más, bajo las condiciones que prevalecen en el lago Coatetelco, Morelos.

ANTECEDENTES

P. gracilis tiene una amplia distribución en México y Centroamérica; ocupa una amplia región de la subcuenca del Amacuzac distribuyéndose en la porción que corresponde al río Cuautla y la parte baja del Río Amacuzac. La plasticidad génica, la viviparidad y el amplio espectro trófico de la familia Poeciliidae así como la capacidad de colonización, mostrado por la alta dispersión de *P. gracilis*, apoyan aparentemente el éxito en la invasión de nuevas áreas dentro de la Cuenca del Balsas (Mejía, 1992).

Acerca de la familia Poeciliidae se han realizado trabajos a nivel mundial sobre aspectos relacionados con el crecimiento, reproducción, filogenia y ecología. Cabe mencionar que la biología de dichas especies, es poco conocida y la información con que se cuenta en muchos casos proviene de estudios en el laboratorio (Meffe y Snelson, 1989).

En México, existen algunos estudios vinculados con esta especie como el realizado por Mejía (1992) en el cual describe la especie por primera vez para el estado de Morelos, cuya presencia en la Cuenca del Balsas hace suponer que sea debida a la introducción artificial por parte de acuaristas.

Contreras-MacBeath y Ramírez-Espinoza (1996) analizaron algunos aspectos de la estrategia reproductiva de *P. gracilis* en el río Cuautla, Mor. Las observaciones durante este estudio revelan que es una especie dimórfica con marcadas diferencias sexuales secundarias en el tamaño y presencia del gonopodio en los machos, una característica compartida por todos los poecílidos; con proporción sexual a favor de las hembras además de que se determinaron seis estadios de maduración para las mismas.

Gómez-Márquez *et al.* (2002) llevaron a cabo el estudio del efecto que tienen diferentes tipos de alimento sobre el crecimiento de *P. gracilis* y recomiendan que estos organismos deben ser alimentados con alimento vivo durante las primeras etapas de desarrollo y posteriormente utilizar alimento balanceado con 25% de proteína animal para un mejor desarrollo.

Guerrero y Uribe (2002) realizan la descripción de la estructura histológica folicular del ovario de *P. gracilis* durante los estados de gestación y no gestación en organismos capturados en el Río Amacuzac, Mor. Mencionan que durante el desarrollo embrionario las células foliculares permanecen como un epitelio escamoso y los vasos sanguíneos de la teca interna incrementan en número, características relacionadas con la transferencia de metabolitos en el intercambio embrión-madre durante la gestación.

Gómez *et al.* (1999) realizaron estudios de reproducción y crecimiento en *Heterandria bimaculata* en la laguna El Rodeo, Mor. y observaron que es una especie monomórfica con diferencias sexuales bien marcadas en tamaño así como una relación directa entre el peso y la longitud de los especímenes.

Martínez-Leyva *et al.* (2002) realizaron un estudio sobre la historia de vida de *H. bimaculata* en diferentes localidades en Hidalgo, México y encontraron que existen diferencias estadísticas en el tamaño de madurez gonádica, así como en el número promedio de óvulos y embriones los cuales son más grandes en la población que habita en el río que la que se encuentra en el manantial.

Burns (1985), estudio la influencia de los fotoperíodos en la reproducción de hembras y machos de *Poeciliopsis gracilis* y *Poecilia sphenops*; observó que los ovarios de las hembras de *P. gracilis* y *P. sphenops* que estuvieron expuestas a un tiempo mayor de fotoperíodos contenían un número mayor de óvulos y embriones a diferencia de las hembras que se expusieron a fotoperíodos cortos. Los machos de ambas especies que se expusieron a fotoperíodos largos presentaron altos índices gonadosomáticos a diferencia de los que se expusieron a fotoperíodos cortos. Estos experimentos demostraron diferencias significativas en el aspecto reproductivo influenciado por la estimulación de grandes periodos de luz.

Cabrera y Solano (1995) efectuaron el análisis reproductivo en hembras de *Poeciliopsis turrubarensis*, colectadas en Panamá; y reportan que las especies son superfetantes y sexualmente activas todo el año. La fertilidad media fue de 31 (huevos y embriones) y la fecundidad osciló alrededor de 18 óvulos. La talla mínima registrada para las hembras fue de 35 mm de longitud total.

Schoenherr (1977), analizó la proporción sexual y el número de embriones, influenciado por la cantidad de oxígeno, temperatura, fotoperíodos, alimento y depredación, donde la influencia nutricional y la depredación son proporcionales a la densidad de población. El más claro ejemplo de la variación reproductiva, es la proporción en la densidad que se incrementa de acuerdo a la fertilidad y fecundidad. Así como los parámetros ambientales que sirven de estimulante primario para la reproducción.

Scrimshaw (citado en Rosen y Bailey, 1963) encontró que la superfetación en poecilidos es sensitiva a la luz en la latitud Norte y Turner (citado en Rosen y Bailey, 1963) cree que en los poecilidos posponen la ovulación, ya que la maduración y fertilización del óvulo (retención embrionaria) se basa en los niveles de hormonas gonadotropinas en la pituitaria, en cuyo caso el nacimiento está bajo el control de dicha glándula.

Snelson (1982) revisó la teoría que menciona que los machos pertenecientes a la familia Poeciliidae, cesan su crecimiento una vez obtenida su madurez sexual, esto principalmente en *Poecilia latipinna* bajo condiciones de laboratorio. Y concluye que el crecimiento en machos maduros sexualmente, llega en ocasiones a ser igual al de las hembras y que los machos de talla pequeña son fenotípicamente similares a las hembras. Los machos de tallas grandes llegan a desarrollar características como un crecimiento en la aleta dorsal y una distintiva pigmentación; además notó que el crecimiento en los machos maduros se da pero en escalas muy pequeñas.

Snelson (1984), estudió la maduración temporal y crecimiento en poblaciones naturales de *Poecilia latipinna* y reporta patrones que sugieren que los machos maduros crecen durante todo el año y, que el tamaño obtenido en los machos maduros esta en función de la edad y que la transformación se presenta en la postmaduración.

Cheong *et al.* (1984), analizaron la relación existente entre el tamaño y la fecundidad en hembras de *Heterandria formosa* y observaron que la variación en el tamaño de las hembras puede producir una variación en el grado de superfetación y, que la relación entre el tamaño y fecundidad se ve limitada por el alimento, además de que las hembras de longitudes mayores son las que obtienen mayor cantidad de alimento, así como un mayor número de embriones.

Monaco *et al.* (1983), distinguieron cinco etapas en el desarrollo embrionario de *Poecilia formosa*; notaron que la superfetación también esta asociada a especies bisexuales como *P. mexicana* y *P. latipinna*. Observaron la interacción unisexual-bisexual en el periodo de gestación en el género *Poecilia* spp así como en ocasiones la ausencia de superfetación en *P. formosa*

Meffe (1985) estudio los patrones reproductivos y la ecología de *Gambusia marshi*, poecílido endémico de Cuatro Ciénegas, Coahuila donde este se reproduce temporalmente y la fecundidad se incrementa en función del tamaño de la hembra. Además reporta que la reproducción esta fuertemente ligada al hábitat y que la superfetación no es frecuente en esta especie; noto que sus hábitos alimenticios se componen principalmente de detritus e insectos y en los juveniles principalmente de materia vegetal, así como la presencia de los parásitos que afectan a esta especie.

Trexler (1985), analizó el grado de viviparidad en *Poecilia latippina* y observó que las hembras muestran una pérdida del peso del 40% antes del parto, al igual que los embriones durante el desarrollo. Esto es debido a los altos costos energéticos que acarrea la superfetación lo cual se le atribuye al alto grado de viviparidad de la especie.

AREA DE ESTUDIO

El lago de Coatetelco pertenece al Municipio de Miacatlán, Morelos (figura 1) y se ubica entre los 18° 49' latitud Norte y 99° 20' longitud Oeste, a una altitud de 958 m.s.n.m. (Anónimo 1981).

De acuerdo a la clasificación de Köepen modificada por García (1978), se presenta un clima Aw'(w)(i)'g, cálido subhúmedo con lluvias en verano con canícula y lluvias invernales de 5 a 10.2 %. La temperatura media anual oscila entre 24-26 °C presentándose la más alta en mayo (32°C) y la más baja en diciembre y enero (20-21°C). La precipitación media anual fluctúa entre los 800 y 1000 mm y los meses más secos corresponden a enero febrero y marzo, con menos de 5mm.

Con respecto a la vegetación, al norte del lago se localizan manchones de pastizal inducido para uso pecuario donde predominan pastos (*Leucaena* sp y *Stevia* sp); al este selva baja caducifolia con vegetación secundaria (*Ipomonea* sp), donde predomina el huizache (*Acacia farnesiana*) encino (*Quercus* sp), amate (*Picus petiolaris*) y al oeste presenta agricultura de temporal y una pequeña porción de praderas de alta montaña.

Desde el punto de vista geológico se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, limitada por el eje Neovolcánico; Subprovincias Sierras y Valles Guerrerenses con dolinas. Las estructuras más importantes de las rocas de esta provincia son en primer lugar los pliegues producidos en las rocas del Cretácico, originadas por perturbaciones orogénicas de fines del Cretácico y principios del Terciario. En una parte de esta zona se da un traslape de rocas de la era Cenozoica, periodo Terciario (rocas sedimentarias, areniscas y conglomerados) y rocas de la era Mesozoica, periodo Cretácico (calizas).

La formación de la cuenca se debió a la disolución de rocas calcáreas y anhidritas de las formaciones cretácicas hechas por las abundantes corrientes secundarias de la zona; esto originó un hundimiento dando lugar a este cuerpo acuático (Arredondo-Figueroa y Aguilar-Díaz, 1987).

Con respecto a los tipos de suelo alrededor del lago; al norte se encuentra Feozem háplico y Vertisol pélico de textura media a fina y al oeste Regosol eútrico y Litosol de textura media. (Anónimo, 1981).

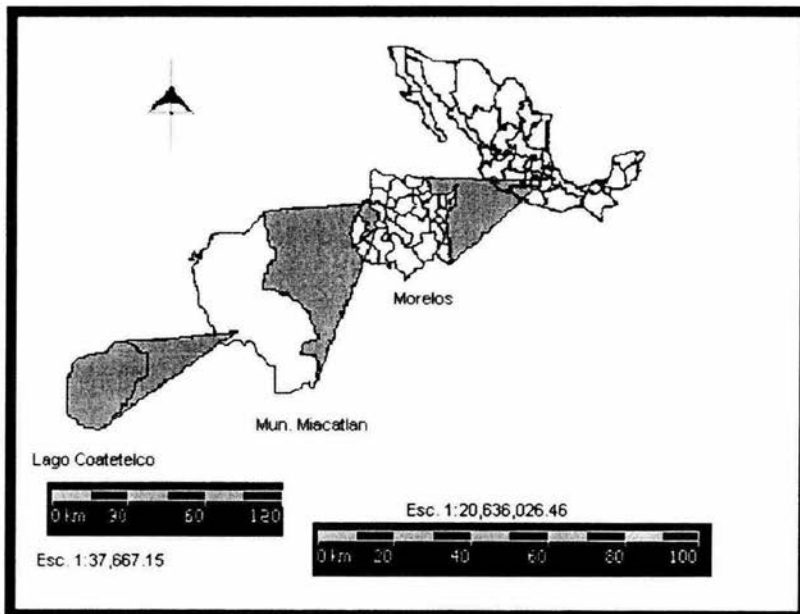


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Diagnosis de la especie:***Poeciliopsis gracilis* (Heckel)**

Nombre vernacular: "Guatopote jaracho" (Espinosa *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.); Rarchenberger, 1989^a:367 (lista); Page y Burr, 1991:240 (diagnosis; distr.); Espinosa *et al.*, 1993:51 (lista).

El género *Poeciliopsis* es un miembro de la Subfamilia Poeciliinae, el cual se encuentra clasificado dentro de la tribu Poeciliini, integrada por cerca de 190 especies (Nelson 1994). Son peces de talla pequeña, la mayoría de menos de 50 mm de longitud total, se distribuyen en los trópicos y subtropicos del continente americano desde el noreste de los Estados Unidos hasta el sur del Río de la Plata; Argentina, con un gran número de especies localizadas en México, Centro y Sudamérica (Rosen y Bailey, 1963).

Estos peces habitan ambientes dulceacuícolas y salobres, constituyen un fauna continental extensa y bien adaptada a ambientes no favorables para muchas especies estrictamente de agua dulce o marina (Meffe y Snelson, 1989).

El género *Poeciliopsis* se distribuye en la vertiente del Pacífico desde Arizona en los Estados Unidos hasta Colombia. En el Atlántico no se conoce más al norte del río Chachalacas, Veracruz y al sur hasta Guatemala y Honduras (Rosen y Bailey, 1963).

Descripción

Esta especie presenta el cuerpo esbelto con la cabeza picuda, la talla máxima que alcanzan los machos en estadio adulto es de 3 a 4 cm y las hembras de 5 a 6 cm. 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 en *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. 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.

En el premaxilar se pueden contar 39 dientes. El número de radios en la aleta dorsal para esta especie es de 8 en machos, que puede variar en las hembras entre 8 y 9 radios (D:8-9), la aleta pectoral presenta 13 radios (P:13), la aleta anal presenta 10 radios (A:10) y en la caudal el número de radios es de 30 a 33. Se observan de 31 a 32 escamas en una serie longitudinal (figura 2). El número de vértebras es de 30. En el suspensorio gonopodial, los procesos uncinados de la gonapófisis I están dirigidos hacia la parte anterior de esta. En la gonapófisis II se presenta un engrosamiento en la parte dorsal de los procesos uncinados. La primera espina hemal después del suspensorio es de mayor grosor y longitud. Las prolongaciones ventrales de las vértebras que sostiene al suspensorio alcanzan un cuarto de la longitud del eje de las gonapófisis. El gonopodio presenta los segmentos terminales del radio con sierra a partir del segmento 8 de la parte distal a la base del radio. (Huidobro-Campos, 2000)

En el complejo hipural se presentan dos pequeñas y delgadas prolongaciones del centro ural más centrum pleural 1, de base ancha, dirigidas hacia la base de la espina pleural 2, la parhipural se encuentra unida con el centro ural. El espacio entre la unión de hipurales casi la mitad de la longitud de estas. Son más desarrolladas las prolongaciones cartilagosas de los centros pleurales y la base de las espinas neurales. La base de la hipural 2 abarca la longitud del centro pleural 2. (Huidobro-Campos, 2000)

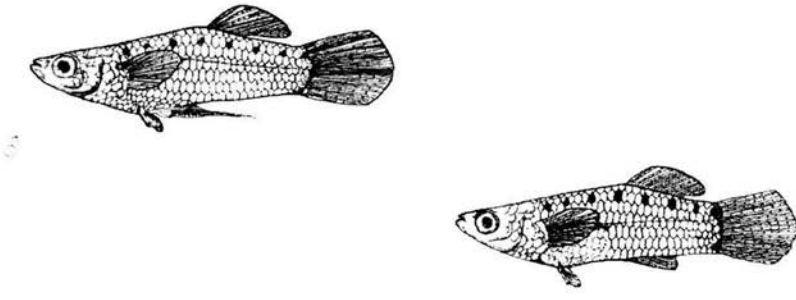


Figura 2. *Poeciliopsis gracilis* Heckel, 1848

OBJETIVO

- ☞ Examinar el crecimiento y la reproducción de *P. gracilis* en el Lago Coatetelco, por medio del análisis de la distribución de frecuencias de tallas, los estadios de madurez gonádica, índice gonadosomático y hepatosomático, fecundidad, fertilidad y talla de primera madurez sexual

Particulares:

- ☞ Obtener la relación entre talla y madurez gonádica y determinar la primera talla de madurez para ambos sexos.
- ☞ Reconocer la temporada reproductiva por medio de la variación en la proporción de fases de madurez a lo largo del estudio, así como la variación del índice gonadosomático y hepatosomático.
- ☞ Obtener la relación fecundidad^{Ntalla} y fertilidad^{Ntalla} para la especie en estudio.
- ☞ Determinar la relación peso-longitud y las variaciones del factor de condición.
- ☞ Analizar la distribución de frecuencia de tallas por medio de los EDK's con la amplitud de banda optima de Silverman.
- ☞ Obtener los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy
- ☞ Analizar la influencia de los factores físicos y químicos en la reproducción y crecimiento

MATERIALES Y METODOS

En la actividad de campo se efectuaron muestreos mensuales de mayo del 2002 a abril de 2003 de *P. gracilis* en Lago Coatetelco en la zona suroeste debido a la accesibilidad del sistema, mediante un chinchorro playero de 10 m de largo, 1.5 m de ancho y 0.5 de luz de malla. Los organismos fueron fijados con formalina comercial al 10%, neutralizada con borato de sodio y transportados en botes de polietileno para su posterior análisis en el laboratorio.

A la par se tomaron muestras de agua con una botella van Dorn de dos litros de capacidad para el registro de la temperatura ambiental y del agua (termómetro $\pm 1^\circ\text{C}$), oxígeno disuelto (Winkler, modificación de azida de sodio), conductividad (conductímetro de campo), pH (potenciómetro de campo), alcalinidad total (método volumétrico) y dureza total (método complejométrico) (APHA AWWA, 1980).

Una vez en el laboratorio, los especímenes fueron determinados taxonómicamente de acuerdo sus características y la descripción contenida en las claves de Álvarez del Villar (1970) y Rosen y Bailey (1963); posteriormente se tomó la siguiente biometría: longitud total (Lt) y patrón (Lp) con un vernier de 0.1 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 examinaron realizando un corte ventral desde la abertura anal hasta la cintura escapular, para dejar al descubierto las gónadas, de las cuales se extrajeron y contaron el número de óvulos (No), número de huevos (Nh) y número de embriones (Ne). Las fases de desarrollo fueron establecidas por inspección de gónadas (ContrerasMacBeath y Ramírez-Espinoza, 1996) considerando las fases de desarrollo sexual recomendada por Mendoza (1962) las cuales se citan a continuación:

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

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

Estadio III (ovarios con huevos crecientes): En esta categoría todos los huevos se encuentran 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 huevos libres): Los huevos jóvenes se incluyen dentro de las membranas del huevo y siguen creciendo en espiral alrededor de la yema del huevo 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 N 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.

Y para los machos solo se considerara el desarrollo por completo del gonopodio, lo cual nos indicara la madurez del individuo.

Se determinó la fertilidad ($F = N_e + N_o$) y la fecundidad ($F = N_o$) de la especie (Cabrera y Solano, 1995).

Índice gonadosomático (IGS). Este índice asume que el ovario se incrementa en tamaño con el aumento del desarrollo, aquí se comparó la masa de la gónada (GM) con el total de la masa del animal (TM).

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

(King 1995).

Índice hepatosomático (IHS). De igual forma que el anterior, se comparó el peso total del hígado con la masa corporal del individuo.

$$IHS = 100 \times (HM / TM)$$

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. Para los machos se consideraron las estructuras del gonopodio completamente formadas (Contreras-Mac Beath y Ramírez-Espinoza, 1996).

La relación entre la longitud y el peso del pez puede expresarse generalmente por la siguiente ecuación (Pauly, 1984):

$$P = a L^b$$

Donde:

P = Peso total

L = Longitud Patrón

a y b = Constantes empíricas

La transformación logarítmica de esta expresión resulta ser una función lineal:

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

La obtención de las constantes empíricas (a y b) se obtuvo aplicando el método de regresión lineal por medio de los mínimos cuadrados aplicado a los valores logarítmicos. De esta forma se generaron las ecuaciones de la relación Peso N Longitud para el total de machos, hembras e indeterminados.

Al valor de la pendiente obtenido se le aplicó una prueba de t-student para determinar si el valor representa crecimiento alométrico ($b \neq 3$) o isométrico ($b = 3$). Antes de obtener la relación peso-longitud se aplicó a los datos, un análisis de Covarianza (ANDECOVA) para determinar si existen diferencias entre las pendientes de los sexos.

Otra manera de relacionar la longitud y el peso es definir un factor de condición (f.C) tal que:

$$F.C. = P \times 100/L^3$$

el cual se graficó contra la temperatura para conocer su efecto sobre la condición y la reproducción de la especie.

Para determinar la edad en los peces existen varios métodos, entre los que se encuentra el estudio de la frecuencia de tallas. En algunos casos cuando se analiza la distribución de la frecuencia de tallas resulta claro el comportamiento multimodal y la existencia de varios componentes gaussianos. Sin embargo, en peces pequeños al graficar la frecuencia de las tallas resulta difícil la identificación de componentes gaussianos y por lo tanto de los grupos de edad. Es bien conocido el carácter polimodal de los datos de frecuencia de tallas en biología pesquera y el ecología. Esto indica por lo general varias distribuciones unimodales mezcladas; a este respecto las estimaciones de densidad por kernel proporcionan varias formas para probar y evaluar la multimodalidad. (Salgado-Ugarte, 1992)

Los estimadores de densidad por Kernel (EDK's) respecto a los histogramas eliminan la discontinuidad y el problema del origen. Estos métodos producen estimaciones de frecuencia suaves que permiten comparar distribuciones. Existen varias guías para determinar el ancho de banda (intervalo) mas adecuado para la representación de la distribución de frecuencias (Salgado-Ugarte, 2002)

Una vez conocida la multimodalidad de los datos y la amplitud de banda adecuada, se aplico el método de Bhattacharya (1967), el cual consiste básicamente en separar cada una de las distribuciones normales (componentes gaussianos), las cuales representan una cohorte de peces. A cada una de las distribuciones normales se les aplica logaritmo para transformar la curva normal en una parábola y posteriormente, se obtiene la diferencia entre los logaritmos para obtener rectas con pendiente negativa que representa la distribución normal. (Sparre y Venema, 1992).

Una vez determinada la primera distribución normal, se repite el mismo procedimiento hasta que ya no sea posible separar otras distribuciones normales de la distribución total. (Sparre y Venema, 1992). Este método puede ser útil en la determinación de la edad, siempre y cuando los intervalos de clases de tallas que se escojan sean pequeños y las frecuencias de cada clase estén bien representadas (Gómez, 1994).

Un modelo matemático que se ajusta al crecimiento observado en la mayoría de las especies de peces es la ecuación de von Bertalanffy (Sparre y Venema, 1992). Esta considera dos criterios importantes: Se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de los peces y pueden incorporarse fácilmente a modelos para la evaluación de poblaciones (Gómez, 1994).

$$L_t = L_\infty * [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Biológicamente los datos se interpretan como:

- L_∞ = Talla media de un pez muy viejo o longitud asintótica
- k = Tasa de crecimiento o tasa de catabolismo, determina la rapidez con la que el pez alcanza L_∞ .
- t_0 = Parámetro de condición inicial, determina el punto en el tiempo en el que el pez tiene talla cero.
- $L(t)$ = Talla o longitud del pez.
- t = Edad del pez.

Si se observan diferencias pronunciadas, los datos de entrada deben ser separados por el sexo y los valores de k , L_∞ y t_0 se deben estimar para machos y hembras. Estos se pueden derivar a partir de datos de tallas por edades mediante métodos gráficos, que siempre se basan en una conversión a una ecuación de tipo línea, como en el método de Ford-Walford (1949), Gulland (1969), Gulland y Holt (1959), Chapman (1961), Beverton y Holt (1957) (Sparre y Venema, 1992).

Para conocer los valores de las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, se utilizó el método propuesto por Gulland y Holt (1959).

$$\Delta L / \Delta t = k * L_\infty - k * \bar{L}(t)$$

esta relación lineal puede ser derivada de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy de la forma:

$$\Delta L / \Delta t = a + b \bar{L}(t)$$

donde:

$$k = -b \quad \text{y} \quad L_\infty = -a/b$$

Los procesos de determinación de los parámetros de las expresiones de crecimiento, consisten en ajustar dichas expresiones a los valores observados mediante una selección de parámetros los cuales hacen que la curva expresada por la función de crecimiento pase tan próxima como sea posible a la mayoría de los puntos (Gómez, 1994)

El método de mínimos cuadrados realiza una estimación utilizando análisis de regresión no lineal, el método calcula los parámetros de crecimiento de tal manera que la suma de los cuadrados de las desviaciones entre el modelo y las observaciones se reduce al mínimo, es decir la suma disminuye con respecto a los parámetros k , L_{∞} y t_0 .

$$\sum_{i=1}^n [L(i) - L_{\infty} [1 - \exp(-k(t(i) - t_0))]]^2$$

Una vez obtenido el valor de L_{∞} se procedió a utilizar el método de von Bertalanffy par obtener los valores de k y t_0 a partir de la siguiente expresión:

$$-\ln [1 - L(t)/L_{\infty}] = k \cdot t_0 + k \cdot t$$

donde:

$$k = b \text{ y } t_0 = a/b$$

A estas expresiones se les aplicó el Análisis Exploratorio de Datos (Salgado-Ugarte, 1992) seguido de unas pruebas de t-student y ANDECOVA (Sokal y Rohlf, 1979) para verificar la igualdad de las pendientes de los sexos (coeficientes de regresión) de las ecuaciones de regresión.

RESULTADOS

Durante el periodo de muestreo de mayo del 2002 a abril del 2003 se capturaron un total de 1225 organismos de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848), con intervalos de talla para hembras de 2.0 a 5.0 cm de longitud total (peso de 0.1 a 5.0 g) y para machos de 1.9 a 4.3 cm (peso de 0.08 a 0.72 g) (Tabla 1).

Tabla 1. Intervalos de peso y longitud total para hembras y machos de *P. gracilis*

	HEMBRAS			MACHOS		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Longitud total (cm)	2.0	5.0	3.8	1.9	4.3	2.97
Peso total (g)	0.1	5.0	0.9	0.08	0.72	0.31

De los 1 225 organismos capturados el 65.14% correspondió a hembras (798), el 28.16% a machos (245) y el 6.69% a crías cuyo sexo no pudo ser definido (82). La proporción sexual hembra:macho fue de 2.3:1 ($\chi^2 = 89.76$; $p < 0.05$). La variación mensual de dicha proporción (Tabla 2) mostró que las hembras dominaron durante el periodo de muestreo excepto en febrero (0.97:1). La mayor cantidad de hembras fue registrada en junio (22.2:1).

Tabla 2. Resultados de χ^2 para el análisis de las frecuencias absolutas mensuales de hembras y machos de *Poeciliopsis gracilis*

Mes	Total	Hembras	Machos	χ^2	p	Dominante
Mayo 2002	104	79	25	14.01	*	h
Junio	116	111	5	48.43	*	h
Julio	104	64	40	2.76	ns	h
Agosto	120	89	31	14.01	*	h
Septiembre	119	86	33	11.80	*	h
Octubre	120	86	34	7.86	*	h
Noviembre	79	42	37	0.15	ns	h
Diciembre	34	22	12	1.47	ns	h
Enero 2003	78	42	36	0.23	ns	h
Febrero	87	43	44	0.0057	ns	m
Marzo	59	41	18	4.48	*	h
Abril	123	93	30	16.13	*	h
Total	1143	798	345	89.76	*	h

* = $p < 0.05$, significativa; ns = no significativa

Para *P. gracilis* se encontró dimorfismo sexual en cuanto a características morfológicas secundarias, ya que los machos presentan la modificación de la aleta anal en un órgano intromitente llamado gonopodio, cuya formación completa determina el grado de madurez sexual para el macho.

La proporción de estadios de madurez gonádica en las hembras, (estadios de desarrollo IV a VI) se registró todo el año con un alto porcentaje del estadio V en abril, junio enero y octubre, lo cual coincide en este último mes con la época de lluvias. Para el estadio VI los máximos valores se observaron en junio y diciembre y estuvo ausente en julio, agosto, septiembre y de enero a marzo; el estadio I estuvo presente en mayor proporción en agosto marzo y noviembre, durante el resto del año presentó bajos porcentajes. El estadio II no se registró durante el mes de octubre, los valores máximos se observaron en mayo, agosto, diciembre y enero y febrero; respecto al estadio III este se observó casi todo el año pero con bajos porcentajes a excepción del mes de junio (figura 3).

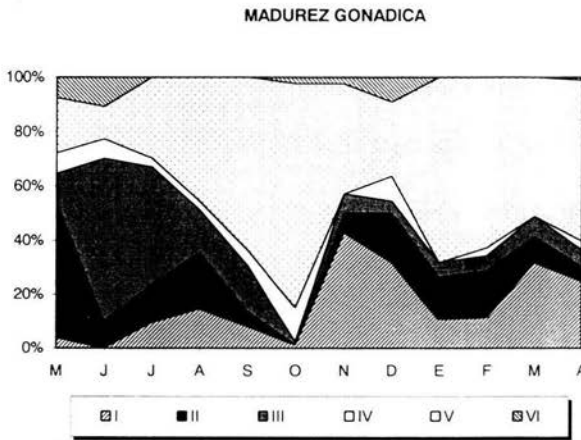


Figura 3. Variación temporal de los estadios gonádicos de *P. gracilis*

Se registró diferencia significativa entre los sexos con respecto al tamaño de inicio de madurez sexual (t -student = 0.5367 $p < 0.05$) y de acuerdo con el criterio empleado (longitud total) la talla de primera maduración para las hembras de *P. gracilis* es de 32 mm. En los machos, el espécimen más pequeño con el gonopodio completamente formado fue de 22 mm.

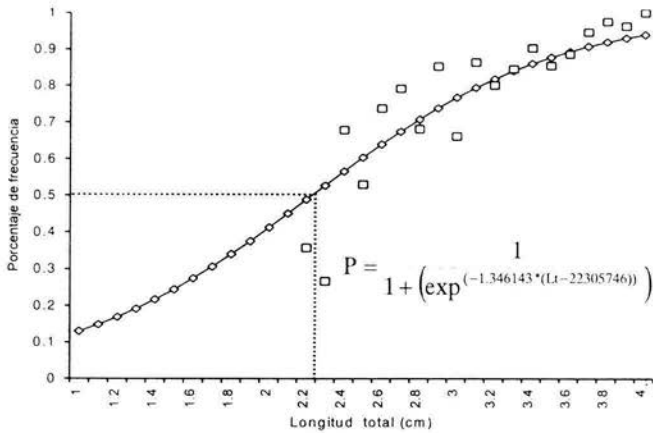


Figura 4. Talla de primera madurez para hembras de *P. gracilis*

Al realizar la relación entre el peso total y la longitud patrón para los individuos se encontraron diferencias significativas entre los sexos por medio del análisis de covarianza (ANDECOVA: $F=12.37$; $p<0.05$) (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de covarianza para la longitud total (Lt) y el peso por sexos

Número de obs =	1225	R^2 =	0.9283		
Raíz ECM =	.312763	R^2 adj =	0.9282		
Fuente	Suma de C	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	1628.24522	3	542.748406	5548.39	0.0000
lnlt	1157.87513	1	1157.87513	11836.68	0.0000
sexo	2.42047445	2	1.21023723	12.37	0.00013
Residuo	125.699903	1285	.097820936		
Total	1753.94512	1288	1.36175864		

Para una misma longitud patrón, las hembras fueron más pesadas que los machos y la relación indica que el tipo de crecimiento que presentan las hembras fue alométrico negativo con tendencia a la isometría (Tabla 4) (t -student = -7.4361 ; $p<0.05$).

Tabla 4. Análisis de regresión logarítmica peso total-longitud total para las hembras

Fuente	Suma de C	gl	C.medios	Numero de obs = 798		
Modelo	1083.45584	1	1083.45584	F (1, 858)	= 9890.00	
Residuo	93.9944963	858	.109550695	Prob > F	= 0.0000	
Total	1177.45034	859	1.37072216	R ²	= 0.9202	
				R ² adj	= 0.9201	
				Raiz ECM	= .33098	

lnpt	Coef.	Err. Std	t	P> t	[95% Interval. Conf]	
lnlt	2.844272	.0286005	99.448	0.000	2.788137	2.900407
_cons	-4.199182	.0319443	-131.453	0.000	-4.26188	-4.136483

Para los machos el tipo de crecimiento fue alométrico negativo (Tabla 5). (t -student=-1.5586; $p<0.05$).

Tabla 5. Análisis de regresión logarítmica peso total-longitud patrón para los machos

Fuente	Suma de C	gl	C.medios	Numero de obs = 345		
Modelo	59.6849817	1	59.6849817	F(1, 258)	= 856.85	
Residuo	24.0314147	345	.069656275	Prob > F	= 0.0000	
Total	83.7163964	346	.241954903	R ²	= 0.7129	
				R ² adj	= 0.7121	
				Raiz ECM	= .26392	

lnpt	Coef.	Err. Std	t	P> t	[95 Interval. Conf]	
lnlt	2.654956	.0906995	29.272	0.000	2.476563	2.83335
_cons	-4.084309	.0948389	-43.066	0.000	-4.270844	-3.897773

Para los organismos inmaduros el crecimiento fue alométrico negativo (t -student=1.0560; $p<0.05$) (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de regresión logarítmica longitud total-peso total en organismos inmaduros

Fuente	Suma de C	gl	C.medios	Numero de obs = 82		
Modelo	15.6924757	1	15.6924757	F(1, 52)	= 186.93	
Residuo	6.71582377	80	.083947797	Prob > F	= 0.0000	
Total	22.4082994	81	.276645672	R ²	= 0.7003	
				R ² adj	= 0.6966	
				Raiz ECM	= .28974	

lnpt	Coef.	Err. Std	t	P> t	[95 Interval. Conf]	
lnlt	2.34304	.1713715	13.672	0.000	2.002	2.68408
_cons	-4.219673	.0482248	-87.500	0.000	-4.315643	-4.123703

Con respecto a la relación peso total-longitud total para la población y por sexos, esta mostró que los datos tienen un comportamiento de tipo potencial (figura 5)

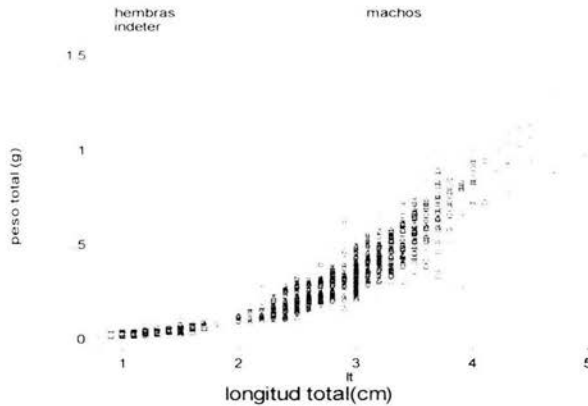


Figura 5. Relación peso total y longitud total para *P. gracilis*

La relación entre el peso total y la longitud total para ambos sexos mostró un valor de pendiente de 2.863144 (Tabla 7), lo que nos indica un crecimiento de tipo alométrico negativo (t -student = -2.476281 $p < 0.05$) pero con tendencia hacia la isometría.

Tabla 7. Análisis de Regresión logarítmica entre peso total-longitud total para ambos sexos

Fuente	Suma de C	gl	C.medios	Numero de obs. = 1289	
Modelo	1625.82474	1	1625.82474	F(1, 1287) = 16331.80	
Residuo	128.120378	1287	.099549633	Prob > F = 0.0000	
Total	1753.94512	1288	1.36175864	R ² = 0.9270	
				R ² aj. = 0.9269	
				Raiz ECM = .31551	
lnpt	Coef.	Error. Est.	t	P> t	[95% de confianza]
lnlt	2.863144	.022404	127.796	0.000	2.819192 2.907097
_cons	-4.247629	.0238336	-178.220	0.000	-4.294385 -4.200872

En todos los casos el tipo de crecimiento fue alométrico negativo, lo que significa que el crecimiento de los peces es mayor en longitud que en peso.

Para determinar la época de reproducción de la especie se utilizó la variación del índice gonadosomático (IGS) para cada sexo, así como los valores del índice hepatosomático (IHS) de las hembras. Los resultados mostraron un constante incremento en el IGS en las hembras desde el mes de mayo hasta octubre del 2002 donde se registra el valor más alto (mediana=6.52); después se observa una disminución para incrementar de nuevo de enero a marzo del 2003 (figura 6).

Asimismo, es durante estos meses cuando se produce la mayor cantidad de embriones. Respecto al IGS en machos se registraron los valores más altos en septiembre y diciembre y marzo (2.30, 2.43 y 3.5% respectivamente) y el más bajo en octubre y febrero. (Figura 7).

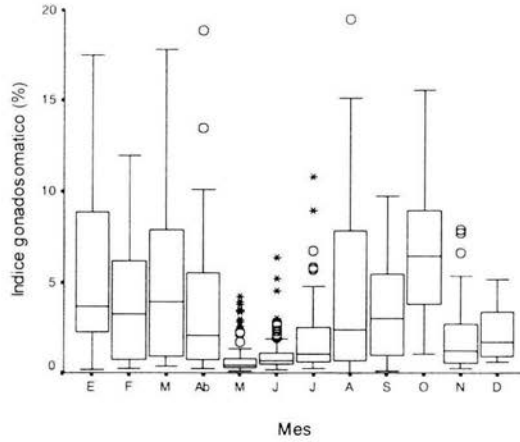


Figura 6. Variación estacional del IGS para las hembras de *P. gracilis*

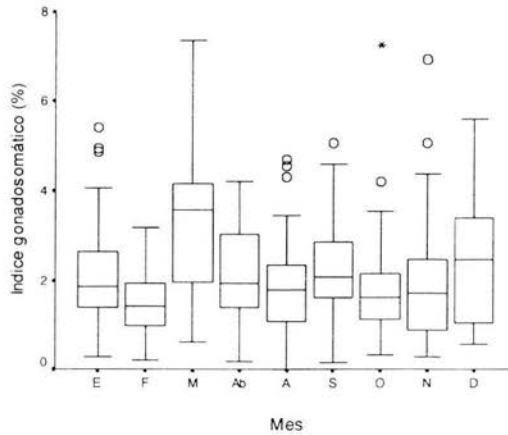


Figura 7. Cambio estacional en el IGS para los machos de *P. gracilis*

Los valores del índice hepatosomático (IHS) para las hembras mostraron su valor máximo de mediana en septiembre (1.84%), es decir un mes antes del periodo de reproducción (octubre) para posteriormente disminuir en los meses siguientes e incrementar hacia enero (2.61%) (figura 8).

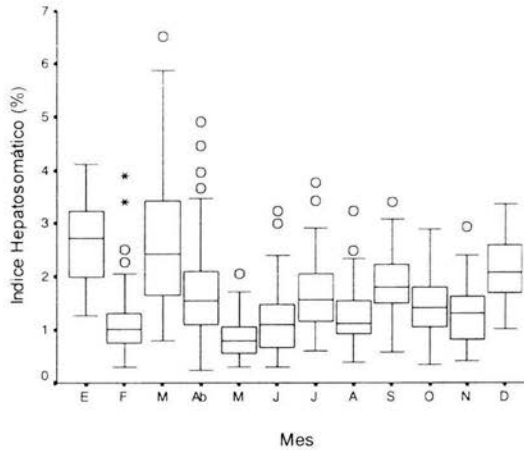


Figura 8. Variación estacional del IHS para las hembras de *P. gracilis*

La fecundidad (No de óvulos + No de embriones) se realizó en 355 hembras, fecundidad que osciló entre 2 y 74 óvulos con un promedio de 44. Al analizar la relación lineal entre las dos variables así como también cuando se aplicó la función logarítmica (Tabla 8) y semilogarítmica, no se encontró relación entre el tamaño y el número de óvulos presentes y la correlación para estas variables fue baja y no significativa.

Tabla 8. Análisis de regresión logarítmica entre la fertilidad y la longitud patrón

Fuente	Suma de C	gl	C. medios	Numero de obs =	
Modelo	5.00107648	1	5.00107648	355	
Residuo	94.2169119	353	.266903433	F(1, 353) = 18.74	
Total	99.2179884	354	.280276803	Prob > F = 0.0678	
				R ² = 0.0504	
				R ² adj = 0.0477	
				Raiz ECM = .51663	
lne	Coef.	Error Std..	t	P> t	[95%inter de confianza]
lnlp	.8502907	.1964322	4.329	0.000	.463966 1.236615
_cons	.1981922	.2025535	0.978	0.329	-.2001712 .5965556

Asimismo, al analizar los datos entre la fecundidad y la longitud total (Tabla 9) no se observa ninguna tendencia entre estas dos variables, lo cual se debe a la característica del proceso reproductivo de la especie.

Tabla 9. Relación talla-fecundidad (No+Ne) para *P. gracilis*

L. patrón (cm)	Frecc.	Fecundidad		
		Mínimo	Máximo	promedio
2.1	1	25	25	25
2.2	4	19	46	34
2.3	4	2	35	23
2.4	10	13	47	27
2.5	26	6	50	29
2.6	19	2	60	29
2.7	45	14	65	30
2.8	29	13	74	31
2.9	24	14	56	28
3.0	37	13	66	27
3.1	7	24	42	30
3.2	18	17	55	31
3.3	7	14	52	26
3.4	4	15	46	27
3.5	13	15	65	35
3.6	3	21	48	31
3.7	1	13	13	13
3.8	2	29	30	29
3.9	1	48	48	48
4.0	2	14	35	24
4.1	1	20	20	20

Respecto a la fertilidad se analizaron las gónadas de 355 hembras, cuyo número de embriones fluctuó entre 1 y 12 con un promedio de 4. Al relacionar la talla de hembras con el número de embriones, no se observó alguna tendencia entre estas variables (Tabla 10).

Tabla 10. Relación talla-No. de embriones en hembras de *P. gracilis*

L. patrón (cm)	Frec.	No. de Embriones		
		Mínimo	máximo	Promedio
2.1	1	3	3	3
2.2	4	1	3	2
2.3	4	2	3	2
2.4	10	1	4	2
2.5	21	1	6	3
2.6	19	1	6	3
2.7	45	1	9	3
2.8	29	1	8	4
2.9	24	1	8	3
3.0	37	1	10	4
3.1	7	1	5	3
3.2	18	1	6	3
3.3	7	2	5	3
3.4	4	2	7	4
3.5	13	1	12	4
3.6	3	1	8	4
3.7	1	5	5	5
3.8	2	2	3	2
3.9	1	5	5	5
4.0	2	3	4	3
4.1	1	1	1	1

Del análisis de regresión entre la fertilidad y la longitud patrón (n=355) se obtuvo que el coeficiente de correlación fue de 5.04% aunque el análisis mostró significancia, lo cual indica que no existe relación entre el número de embriones y el tamaño de la hembra (Tabla 10).

$$F=1.578 Lp^{0.8502}; R^2=5.04\%$$

El factor de condición de Fulton (f.C.) para las hembras mostró incrementos de julio a octubre que es el periodo durante el cual las hembras están más activas y esto coincide con la primera época de reproducción, al registrar un valor alto en octubre y posteriormente disminuir hacia el mes de diciembre por la presencia de nuevos individuos, debido probablemente a la etapa de reclutamiento de la población con individuos de menores tallas, y posteriormente volverse a elevar de enero a abril, que coincide con la segunda época de reproducción de esta especie (figura 9).

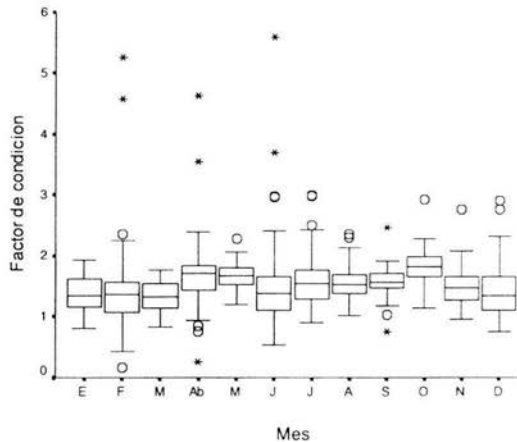


Figura 9. Variación del Factor de condición de Fulton para las hembras

En el caso de los machos se muestran los valores más altos en enero, febrero y posteriormente en junio y noviembre comportamiento muy diferente al de las hembras. Sin embargo, se observó que gráficamente existe relación entre el f.C. y la temperatura, ya que en la mayoría de los casos es uno de los factores más relacionados con la reproducción de las especies (figura 10).

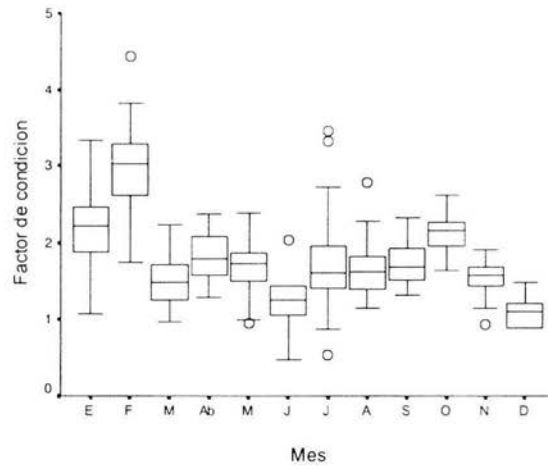


Figura 10. Variación del Factor de condición de Fulton para los machos

Al analizar la variación del factor de condición (f.C) de las hembras y de los machos con la temperatura del agua, se puede apreciar que existe relación directa entre estas variables de manera gráfica, aunque no se observó correlación desde el punto de vista estadístico ($t\text{-student} = -1.425$ $p < 0.05$) (figura 11).

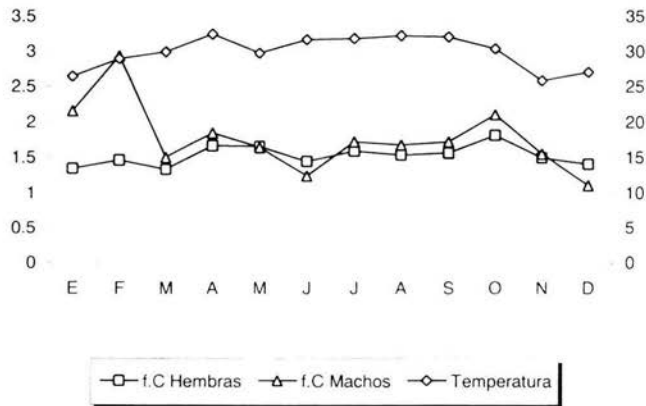


Figura 11. Variación del factor de condición (f.C.) y la temperatura para *P. gracilis*

Para llevar a cabo el análisis de distribución de frecuencias de tallas se aplicó el análisis de densidad por kernel (Salgado-Ugarte *et al.* 2002) el cual permite establecer la amplitud o el tamaño de las bandas adecuado para obtener el número de modas de dicha distribución, el propuesto por la amplitud de banda óptima Gaussiana de Silverman fue el que mejor se ajustó (Tabla 11).

Tabla.11. Parámetros de suavización sugeridos para la elección de la amplitud del intervalo/banda para la población de *Poeciliopsis gracilis*

Algunas reglas prácticas para elección y amplitud de intervalo/banda para estimación de densidad por histogramas, polígonos de frecuencia y estimadores por kernel. (mes 4).	
No. de intervalos de Sturges	11.3320
No. sobreesuavizado de intervalos	13.7118
No. sobreesuavizado de intervalos en PF	9.8925
Amplitud óptima Gaussiana de Scott	0.2913
Amplitud óptima robusta de freedman-Diaconis	0.1838
Amplitud sobreesuavizada de Terrell y Scott	0.2990
Amplitud sobreesuavizada homocedástica	0.3103
Amplitud sobreesuavizada robusta	0.2392
Amplitud óptima Gaussiana en PF	0.4649
Amplitud sobreesuavizada en PF	0.5038
Amplitud de banda óptima Gaussiana de Silverman	0.1593
Amplitud de banda óptima mejorada de Hardle	0.1876
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.2479

Este proporcionó un tamaño de intervalo de 0.16 para la población total (tabla 11), 0.14 para machos (tabla 12) y 0.18 para hembras (tabla 13). Para asegurar que el uso de este método fuera el más adecuado se utilizó la validación cruzada y mínimos cuadrados; sin embargo, se observó que la distribución es unimodal y por lo tanto su aplicación para este tipo de peces con un intervalo pequeño de talla no permite obtener un análisis adecuado.

Tabla.12. Parámetros de suavización sugeridos para la elección de la amplitud del intervalo/banda para machos de *Poeciliopsis gracilis*

Algunas reglas prácticas para elección y amplitud de intervalo/banda para estimación de densidad por histogramas, polígonos de frecuencia y estimadores por kernel. (mes 2).	
No. De intervalos de Sturges	6.4263
No. sobreesuavizado de intervalos	4.4140
No. sobreesuavizado de intervalos en PF	5.0113
Amplitud óptima Gaussiana de Scott	0.3508
Amplitud óptima robusta de freedman-Diaconis	0.2854
Amplitud sobreesuavizada de Terrell y Scott	0.2945
Amplitud sobreesuavizada homocedástica	0.3738
Amplitud sobreesuavizada robusta	0.3715
Amplitud óptima Gaussiana en PF	0.3558
Amplitud sobreesuavizada en PF	0.3856
Amplitud de banda óptima Gaussiana de Silverman	0.1489
Amplitud de banda óptima mejorada de Hardle	0.1754
Amplitud de banda sobreesuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.1893

Tabla 13. Parámetros de suavización sugeridos para la elección de la amplitud del intervalo/banda para hembras de *Poeciliopsis gracilis*

Algunas reglas prácticas para elección y amplitud de intervalo/banda para estimación de densidad por histogramas, polígonos de frecuencia y estimadores por kernel (mes 6).	
No. De intervalos de Sturges	7.7944
No. Sobresuavizado de intervalos	6.0550
No. Sobresuavizado de intervalos en PF	6.0579
Amplitud óptima Gaussiana de Scott	0.4030
Amplitud óptima robusta de freedman-Diaconis	0.2913
Amplitud sobresuavizada de Terrell y Scott	0.4459
Amplitud sobresuavizada homocedástica	0.4293
Amplitud sobresuavizada robusta	0.3391
Amplitud óptima Gaussiana en PF	0.4638
Amplitud sobresuavizada en PF	0.5026
Amplitud de banda óptima Gaussiana de Silverman	0.1821
Amplitud de banda óptima mejorada de Hardle	0.2145
Amplitud de banda sobresuavizada para kernel Gaussiano de Scott	0.2468

La variación de la talla de *P. gracilis* durante el periodo de estudio, se muestra en la figura 12. En ella puede observarse que de mayo a julio aparece una clase de edad perteneciente al intervalo de tallas menor de 2 cm, lo que denota la presencia de crías aunque existe la presencia de organismos de tallas mayores. De agosto a marzo se observa un aumento en la distribución de tallas en la que prevalecen peces de 2 a 5 cm para volver a registrarse organismos menores de 2 cm de marzo hasta el mes de mayo.

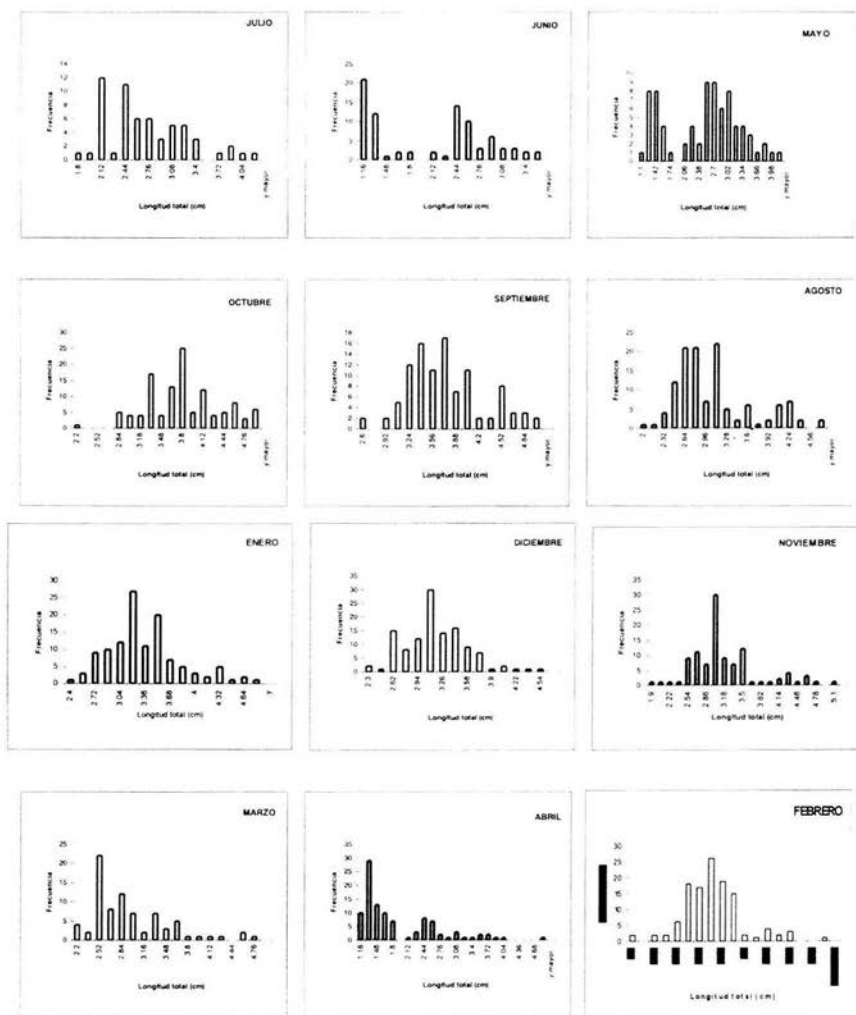


Figura 12. Distribución de frecuencias de talla mensual para la población de *Poeciliopsis gracilis*

Con la aplicación del método de Bhattacharya, se detectaron 6 clases de tallas para el total de la población, 6 clases en las hembras y 5 clases de talla para los machos (Tablas 14-16 y figuras 13-15). El mes que se utilizó para obtener las clases de talla por estar mejor representado en número de organismos e intervalo de tallas para las hembras fue el 4 y para machos el 2.

Tabla 14. Valores de las clases de edad obtenidas por medio del método de Bhattacharya para los machos de *P. gracilis*

Grupo No:	Población	Media	Desviación estándar (d.e.)	Índice de separación
1	22.00	2.418	0.10421	---
2	3.81	2.754	0.06851	3.8876
3	3.87	3.034	0.06317	4.2522
4	2.05	3.244	0.04221	3.9859
5	1.88	3.454	0.19322	1.7839

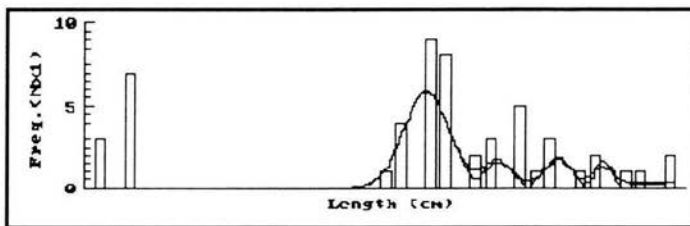


Figura 13. Distribución de frecuencias para los machos por el método de Bhattacharya

Tabla 15. Valores de las clases de edad obtenidas por medio del método de Bhattacharya para las hembras de *P. gracilis*

Grupo No:	Población	Media	Desviación estándar (d.e.)	Índice de separación
1	6.00	2.902	0.06521	---
2	22.00	3.280	0.00100	5.1725
3	33.00	3.717	0.06039	6.1770
4	16.99	4.024	0.05270	5.4323
5	8.00	4.480	0.07630	7.0684
6	8.99	4.819	0.05492	5.1718

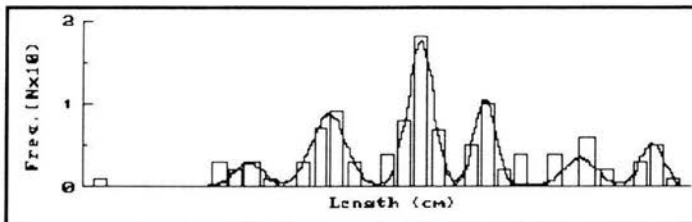


Figura 14. Comportamiento modal de la distribución de frecuencias obtenidas por el método de Bhattacharya para las hembras

Tabla 16. Valores de las clases de edad obtenidas por medio del método de Bhattacharya para la población de *P. gracilis*

Grupo No:	Población	Media	Desviación estándar (D.S)	Índice de separación
1	5.00	2.300	0.14413	--
2	44.72	2.609	0.11418	2.3920
3	34.81	3.093	0.09365	4.6606
4	6.97	3.581	0.08270	5.5263
5	10.00	4.067	0.07612	6.1205
6	5.88	4.220	0.14751	1.3730

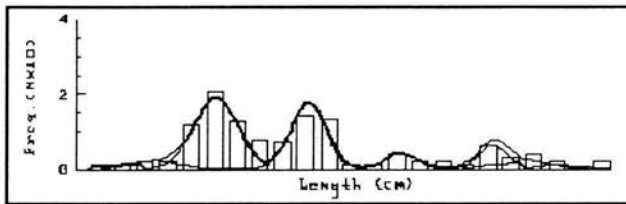


Figura 15. Comportamiento modal de la distribución de frecuencias obtenidas por el método de Bhattacharya para toda la población

Los valores promedio que se utilizaron para obtener las constantes del modelo de von Bertalanffy aparecen en la Tabla 17.

Tabla 17. Valores promedio de longitud patrón (cm) por grupos de edad obtenidos mediante el método de Bhattacharya

	1	2	3	4	5	6
Hembras	2.902	3.280	3.717	4.024	4.480	4.819
Machos	2.418	2.754	3.034	3.244	3.454	
Total	2.300	2.609	3.093	3.581	4.067	4.220

En la Tabla 18 se presentan los valores de las constantes de crecimiento (L_{∞} , k y t_0) para el modelo de von Bertalanffy que se obtuvieron por medio del método de Gulland (1969) y de von Bertalanffy (1939). Para el cálculo del valor de P_{∞} , se utilizó el valor de la longitud asíntótica y de la constante de regresión (b) de la relación peso-longitud.

Tabla 18. Estimación de los valores de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para *Poeciliopsis gracilis*

	L_{∞}	P_{∞}	k	T_0
Total	7.90	5.33	0.090	-1.62
Machos	4.42	0.87	0.179	-3.40
Hembras	6.75	3.42	0.138	-0.86

Los gráficos correspondientes a las ecuaciones para la longitud total y el peso total para cada grupo de peces de *P. gracilis* con base en el modelo de crecimiento de von Bertalanffy, se muestran en las figuras 16 y 17 respectivamente.

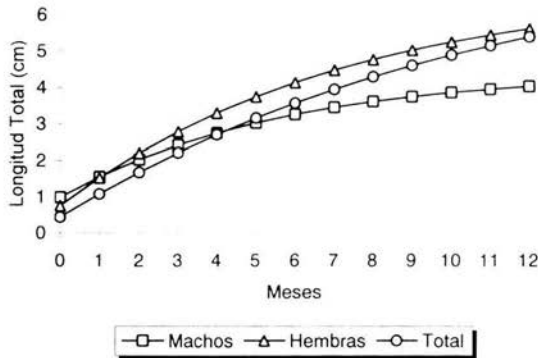


Figura 16. Curva de crecimiento en talla para *P. gracilis*

En dichas gráficas se observa que los machos presentan el menor crecimiento tanto en peso como 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.

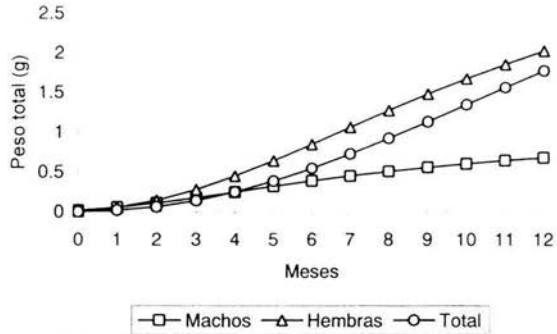


Figura 17. Curva de crecimiento en peso para *P. gracilis*

Para corroborar los datos obtenidos con el método lineal para la ecuación de von Bertalanffy, también se aplicó el mismo modelo pero de forma no lineal, con la cual se observó que los valores obtenidos por ambos métodos (lineal y no lineal) fueron casi similares. (tablas 19 y 20)

Tabla.19 Análisis no lineal para la ecuación de von Bertalanffy para machos de *P. gracilis*

Fuente	Suma de C	gl	C. medios	Numero de Obs.		
Modelo	45.089789	3	15.0299297	= 5	F(3, 2)	= 116589.23
Residuo	.000257827	2	.000128914		Prob. > F	= 0.0000
Total	45.0900468	5	9.01800937		R ²	= 1.0000
					R ² Adj.	= 1.0000
					Raíz ECM	= .011354
					Res. dev.	= -35.17391

Función de crecimiento von Bertalanffy, Longt=b0*(1-exp.(-b1*(Edad-b2)))

Longt	Coef.	Error Std.	t	P> t	[95% Interv de confianza]	
b0	4.394668	.1834801	23.952	0.002	3.605217	5.184119
b1	.1838263	.0241229	7.620	0.017	.080034	.2876186
b2	-1.351706	.3143368	-4.300	0.050	-2.704188	.0007758

Tabla.20 Análisis no lineal para la ecuación de von Bertalanffy para hembras de *Poeciliopsis gracilis*

Fuente	Suma de C.	gl	C. medios	Numero de Obs. =	7
Modelo	97.3020643	3	32.4340214	F(3, 4)	= 6564.01
Residuo	.019764746	4	.004941187	prob. > F	= 0.0000
				R ²	= 0.9998
				R ² Adj.	= 0.9996
Total	97.3218291	7	13.9031184	Raíz ECM	= .0702936
				Res. dev.	= -21.22322
Función de crecimiento von Bertalanffy, Longt=b0*(1-exp.(-b1*(Edad-b2)))					
Longt	Coef.	Error Std.	t	P> t	[95% interv de confianza]
b0	5.741391	.3510752	16.354	0.000	4.76665 6.716132
b1	.1804037	.0320437	5.630	0.005	.0914359 .2693714
b2	-.7465681	.3531508	-2.114	0.102	-1.727072 .2339357

Para concluir con el trabajo programado, se aplicó el análisis multivariado de la T² de Hotelling para analizar el crecimiento entre dos poblaciones de peces (en este caso hembras y machos) de *P. gracilis* a través de la comparación de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (L_{∞} , k y t_0) y determinar cual es el parámetro que tiene mayor peso y es más significativo en la ecuación de crecimiento para ambas poblaciones. Con esta prueba se describen por separado los efectos de los diferentes parámetros observados de la ecuación.

Con el resultado de este análisis multivariado se muestra que el valor crítico que más influye en la ecuación de crecimiento para ambas poblaciones es el valor de L_{∞} , el cual es el parámetro que presentó mayor significancia (Tabla 21).

Tabla 21. Análisis de T² para la Población de *Poeciliopsis gracilis*

Prueba multivariada para la comparación de la función de crecimiento de dos poblaciones (basada en Bernard, 1981)					
Matriz S			Matriz S inversa		
.08741825	-.00836755	-.08719223	612.6623	9991.44011	-356.063567
	.00084885	.00942167		176720.804	-6941.96474
		.11435234			309.210589

-1.3467	0.0034	-0.6051	= [P1 - P2]'		

T ² = 1699.7173	T ² _{0.05; 3,8} =	15.2481	F _{0.05; 3,8} =	4.0662	

Intervalo de confianza de 95%			Valor critico		
-2.0228	<= L_inf1 - L_inf2	<= -0.6707	16.1365		
-0.0632	<= K1 - K2	<= 0.0700	0.0107		
-1.3783	<= t_o1 - t_o2	<= 0.1681	2.4907		

DISCUSION

La mayor captura de organismos (abundancia relativa) se obtuvo de agosto a octubre (lluvias) mientras que la menor captura se obtuvo de diciembre del 2002 a enero del 2003 (secas), posiblemente por el efecto de la disminución de la temperatura así como por la facilidad del manejo del arte de pesca lo cual dificulta la captura de peces. Además, se observó que aunque el máximo de la etapa reproductiva se realiza en octubre, este proceso se continúa a lo largo del año (aunque en menor proporción) y el reclutamiento de las crías parece ser independiente de la estación del año.

La longitud total máxima registrada fue de 50 mm para las hembras y de 43 mm para los machos. 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 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.

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 poecilidos. 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.

Del total de organismos obtenidos el 69.82% correspondió a hembras, el 24.98% a machos y el 5.19% a las crías lo que permite estimar una proporción sexual de 2.3:1 a favor de las hembras. Esta proporción fue menor a la reportada por Contreras-Mac Beath y Ramírez-Espinoza (1996), ya que citan que *P. gracilis* presentó una proporción de 4.5:1, en el río Cuautla, Mor.

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

Referente a la talla de primera madurez *P. gracilis* inicia su etapa reproductora a los 2.23 mm en hembras y en 22 mm para los machos. Contreras-Mac Beath y Ramírez Espinoza (1996), refieren para la misma especie tallas de 36 mm para hembras y 22 mm para machos, valores que no son diferentes a los obtenidos en este estudio. Esta diferencia en tamaño entre sexos es debida a que los machos son precoces comparados con las hembras y éstas tienen un largo periodo de crecimiento antes de la maduración, altas tasas de crecimiento y baja longevidad.

La relación entre la longitud total y el peso total de los organismos fue de tipo potencial y al aplicar el análisis de regresión a los datos, se obtiene un coeficiente (b) de 2.86, lo que indicó un crecimiento de tipo alométrico negativo una tendencia hacia la isometría. (machos t -student = -1.5586; $p < 0.05$) y (hembras t -student = -7.4361; $p < 0.05$).

Esto implica que los peces realizan un mayor crecimiento en longitud que en biomasa en las primeras etapas de crecimiento, para evitar ser depredados y posteriormente crecen más en peso que en longitud con el fin de perpetuar la especie.

El único reporte de este tipo de crecimiento se debe a Contreras-Mac Beath y Ramírez-Espinoza (1996), los cuales reportan un coeficiente (b) de 3.07 para la misma especie, que posiblemente indique que los peces tienen un crecimiento isométrico, ya que no aplicaron la prueba para determinar isometría o alometría.

De acuerdo a 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, se determinó que el máximo periodo de reproducción se realiza de agosto a octubre, durante la época de lluvias.

Contreras-Mac Beath y Ramírez-Espinoza (1996), citan que *P. gracilis* se reproduce en el río Cuautla, Morelos, durante la estación lluviosa (agosto y septiembre), lo cual parece ser de manera general la estación de reproducción para esta especie en el estado de Morelos, ya que la ubicación de los sitios de muestreo de las poblaciones que se trabajaron son muy diferentes.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por otros autores como Rosen y Bailey (1963) los cuales mencionan que en las zonas templadas y subtropicales el ciclo reproductivo de los poecílidos disminuye al final del verano y otoño y termina en invierno.

Para apoyar la época de reproducción se utilizó el índice hepatosomático (IHS), el cual solo fue efectuado en las hembras, ya que en el hígado de éstas se producen las vitalogeninas, proteínas que son depositadas en el folículo ovárico durante la madurez gonadal. Estas además contienen compuestos de calcio (calcitonina) que ayudan a prevenir una descalcificación en las hembras gestantes (Redding y Patiño, 1993).

El IHS muestra un incremento de sus valores en septiembre, dicho incremento es necesario para poder mantener los altos costos reproductivos que se presentaron en el mes de octubre, en el que la maduración de las gónadas es mayor.

Para *P. gracilis* la fertilidad se consideró como el número de embriones en la gónada. Cabrera y Solano (1995) reportan como fertilidad el número de embriones + No. de huevos y la fecundidad como número de óvulos. Sin embargo, Shoenherr (1977) cita que los términos de fertilidad y fecundidad no son del todo aplicables a los poecílidos debido a que existen especies que presentan superfecundación y los óvulos, los huevos y los embriones aparecen simultáneamente en sus etapas de desarrollo. La fertilidad usualmente se refiere al actual número de embriones que han sido desarrollados por completo en el año. En este

estudio la fertilidad se considero como el total de embriones que tenía la hembra en el momento de la captura.

Así, los resultados obtenidos en este trabajo muestran un promedio de 3 embriones 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.

Respecto a la fecundidad, se asume que el número de óvulos y embriones representan el número potencial de organismos que lograrán nacer en la siguiente camada. El resultado osciló entre 2 y 74 con un promedio de 44. Al vincular esta variable con la longitud patrón no se encontró relación entre la talla y el número de óvulos y embriones presentes en la hembra.

Shoenherr (1977) menciona que la fecundidad se refiere al complejo de los óvulos que podrían ser fertilizados en el año y en este papel la fecundidad se refiere al número total de óvulos y embriones que se encuentran en todas las etapas del desarrollo del pez, donde las frecuencias obtenidas para cada variable permite deducir que esta especie presenta un alto grado de viviparismo.

Durante el periodo de máxima reproducción de la especie, el factor de condición (f.C.) en las hembras también mostró su máximo incremento; esto concuerda con los resultados obtenidos por Vargas y Sostoa (1996) para *Gambusia holbrooki* en donde el máximo f.C. se reportó como consecuencia de un aumento en el peso debido al crecimiento de los embriones y la disminución en los meses siguientes en dicha variable, se atribuye posiblemente a la mortalidad de los peces mayores después de la época de reproducción, a la disminución del peso de los organismos y a la llegada de nuevas cohortes de crías con tallas aún muy pequeñas.

La determinación de edad mediante el análisis de frecuencias de tallas de una población, se basa en la suposición de que en un mes o estación del año, las tallas de los peces, pertenecientes a diferentes cohortes (grupos de peces con edad semejante), presenten una distribución normal. Así al representar gráficamente la distribución de las frecuencias de tallas de una población, se muestra una serie de máximos modales que puede interpretarse como las tallas medias de los peces a una edad determinada. (Gallardo, 1986)

Varios autores consideran que el análisis de frecuencia de tallas es un método no adecuado para determinar el crecimiento y la edad debido a que se presenta solapamiento 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 por ejemplo otolitos) como la mejor técnica para determinar la edad en peces de vida corta. (Snelson, 1989).

Gómez-Márquez *et al.* (1999) consideran que los valores obtenidos mediante el método utilizado en el presente estudio son adecuados, ya que la complejidad de los factores sociales, ambientales y genéticos no controlables en la naturaleza, pueden influir en el crecimiento, la maduración y reproducción de la especie.

El método de Bhattacharya puede ser útil en la determinación de componentes gaussianos siempre y cuando los intervalos de las clases de tallas que se escojan sean pequeños y las frecuencias de cada clase estén bien representadas. Las deficiencias de este método, se presentan en la obtención gráfica de las longitudes medias, ya que en ocasiones se observa la dispersión de algunos puntos, los cuales no se pueden agrupar, resultando difícil establecer un criterio objetivo, sobre que puntos se deben tomar en cuenta para trazar las rectas.

El problema puede acentuarse cuando se observan superposiciones, debido a que los componentes de la distribución no están lo suficientemente espaciados. Lo anterior puede dar lugar a graves errores en la estimación de las longitudes medias. (Gallardo, 1986)

Por otra parte, los resultados obtenidos por el método de Bhattacharya pueden ser adecuados para determinar las tallas de los primeros grupos de edad y en este caso parece que fue lo suficientemente adecuado, ya que la especie con la que se trabajó es de vida corta.

Los resultados mostraron que las hembras alcanzan una mayor longitud y peso ($L_{\infty}=6.75$, $P_{\infty}=3.42$) a diferencia de los machos ($L_{\infty}=4.42$, $P_{\infty}=0.87$) ($V.C = 16.13$ $p > 0.005$), esto debido a que los machos cesan 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 sufren un desarrollo 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, durante el tiempo que el pez es joven. Por lo tanto, la relativa significancia entre L_{∞} y k se considera es una típica diferencia entre la fisiología reproductiva y el comportamiento sexual de los organismos (Bernard, 1981).

Gómez-Márquez *et al.* (1999) indican que el crecimiento de las hembras de los poecílidos es exponencialmente lento como el que presentan los grandes peces, condición que en las hembras de *Heterandria bimaculata* se presenta porque son más grandes en longitud y poseen mayor peso que los machos al igual que las hembras de *P. gracilis*. Sin embargo las tasas de crecimiento mayores favorecen la supervivencia de los juveniles, porque si ellos son grandes, pueden alimentarse sobre grandes presas y evitar la depredación y por lo tanto disminuir su tasa de mortalidad.

Por lo tanto, en este estudio los machos alcanzan su estadio adulto en menor tiempo y por consiguiente su etapa reproductiva, por lo que presentan menor longevidad y alta mortalidad, ya que están más expuestos a la depredación por diferentes especies que habitan en el sistema acuático.

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 más temprana y en la mayoría de las especies los machos envejecen y mueren a una más temprana edad que las hembras.

La T^2 nos describe que las condiciones ambientales, son similares para ambos sexos, e influyen de igual manera, durante la etapa juvenil; sin embargo, después de la maduración sexual las diferencias en la fisiología reproductiva y el comportamiento, son diferentes en cada sexo y en este caso es donde la L_{∞} es más influyente en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Bernard, 1981).

Posiblemente factores como bajo nivel de agua, pequeña área de hábitat, inadecuado arte de pesca utilizado así como la distribución de los peces en el lago, no permitieron que se obtuvieran organismos de mayor talla para obtener una mejor estimación de las constantes de crecimiento así como de la primera talla de madurez sexual.

Por lo tanto, los resultados presentados en este trabajo se consideran adecuados y representativos del comportamiento de la especie para el tiempo y espacio en que fueron obtenidos, con la salvedad de que si se hubieran aumentado los sitios de monitoreo en el lago, posiblemente se hubieran encontrado tallas mayores que modificarían los resultados aquí presentados.

Con los resultados obtenidos para la especie se amplía la información biológica para un recurso que si bien tiene importancia comercial desde el punto de vista del acuarismo por los pobladores que explotan este recurso, desde el punto de vista ecológico no existe información al respecto y esto es importante al ser una especie que ocupa un lugar en el sistema acuático.

CONCLUSIONES

Poeciliopsis gracilis es una especie dimorfica, con marcadas diferencias sexuales secundarias.

Se estimó una proporción sexual de 2.3: 1 a favor de las hembras.

La talla de primera madurez en las hembras fue de 2.23 cm y 2.2 cm de longitud total en machos.

Al determinar la relación entre la longitud patrón y el peso total las hembras presentaron un crecimiento alométrico, con tendencia a la isometría, y en machos y crías un crecimiento alométrico negativo.

La variación de los estadios gonádicos *P. gracilis*, presenta un pico de reproducción en el mes de octubre, que coincide con la época de lluvias, y en enero - abril, época de secas.

En cuanto a la fecundidad ($N_o + N_e$) se mostró un promedio de 44, con un coeficiente de correlación de 5.04% lo cual indica que no existe relación entre el tamaño del cuerpo y a el Número de embriones.

La fertilidad para esta especie fluctuó entre 1 y 12 embriones con un promedio de 4.

El análisis de densidad por kernel propuesto por Silverman fue el que mejor se ajustó este proporcionó un tamaño de intervalo de 0.16 para la población total 0.14 para machos y 0.18 para hembras.

Con el método de Bhattacharya, se encontraron 6 clases de tallas para el total de la población, 6 clases en las hembras y 5 clases de talla para los machos. El mes que se utilizó para dicha obtención de las clases de talla por estar mejor representado en número de organismos e intervalo de tallas.

Las hembras alcanzan una mayor longitud y peso ($L_{\infty}=6.75$, $P_{\infty}=3.42$) a diferencia de los machos ($L_{\infty}=4.42$, $P_{\infty}=0.87$).

La T^2 de Hotelling muestra que el valor crítico que más influye en la ecuación de crecimiento para ambas poblaciones es el valor de L_{∞} .

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo, (1981). Síntesis Geográfica de Morelos. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México. 185 p.
- APHA, AWWA, (1980). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Washington, D:C. 874 p.
- Alejo, P.MC., M.E.M. Laguna y P.T. Ramírez (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes; Cichlidae) en la Laguna "El Rodeo" Estado de Morelos, Tesis de Licenciatura, ENEP Zaragoza, UNAM México. 130 p.
- Alvarez del Villar, J. (1970). Peces Mexicanos. Ser. Inv. Pesq. Inst. Biol. Pesq. México. 1: 1-66.
- Arredondo-Figueroa, J.L y C. Aguilar-Díaz (1987). Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna: 91-133. En Gómez-Aguirre, S y V. Arenas (Ed). Contribuciones en Hidrobiología, UNAM. México.
- Bernard, D.R. (1981). Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 233-236.
- 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.
- Cabrera, P.J. y L.Y. Solano (1995). Fertilidad y Fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae). Rev. Biol. Trop. 43 (1N3): 317N320.
- Chapman, F.A., A.S. Fitz., E.M. Thunberg y C.M. Adams (1997). United States of America trade in Ornamental Fish. J. World Aquaculture Soc. 28 (1): 1-10.
- Cheong, R.T., S. Henrich, J.A Farr. y J. Travis.(1984) Variation in Fecundity and its relationship to body size in a population of the least Killifish *Heterandria formosa* (Pisces:Poeciliidae). Copeia.3:720 - 726.
- Constantz, D.G. (1989). Reproductive Biology of Poeciliid Fishes: 33-50. En: Meffe, G.K. y F.F. snelson Jr. (eds). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Pretince-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Contreras-McBeath, M.J. y E.M. Ramírez-Espinosa (1996). Some aspects of the reproductive strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cuautla River, Morelos, Mexico. J. Freshwater Ecology: 11(3): 327-337.

- 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. 99 p.
- Farr, J.A. (1989). Sexual selection and secondary sexual differentiation in poeciliids: determinants of male mating success and the evolution of female choice. En: Meffe, G.K. y F.F. Snellson Jr. (eds). Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Gallardo-Cabello, M. (1986). Análisis de la frecuencia de tallas por medio de los métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, para la determinación de la edad de la brótola *Phycis blennooides* (Brunnich 1768) en el mediterráneo occidental (Pisces: Gadidae). An. Inst. Cienc. Del mar y Limnol. UNAM, 13 (2): 187-196.
- García, M.E. (1978). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. 2da edición. México. D.F. UNAM: 103-137.
- Gómez, M.J.L., (1994) Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. U.N.A.M. 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): 581-592.
- Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, J.L. Guzmán-Santiago, I.H. Salgado-Ugarte (2002). Food type effect on *Poeciliopsis gracilis* growth. Abstracts of II International Symposium of Livebearing Fishes. March 19-23, 2002. Querétaro, Qro, México. p. 24
- Guerrero, E.S.M. y A.M. Uribe (2002). Follicular histological structure of the ovary of *Poeciliopsis gracilis* (Teleostei:Poeciliidae) during non-gestation and gestation stages. Abstracts of II International Symposium of Livebearing Fishes. March 19-23, 2002. Querétaro, Qro, México. p 25.
- Haynes, L. (1995). Standardized Classification of Poeciliid Development for Life History Studies, Copeia (1) 147-154.
- Huidobro Campos L. (2000). Filogenia del complejo *Poeciliopsis gracilis* Regan (Pisces:Poeciliidae) y su biogeografía. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias U.N.A.M., México 93 p.
- King, M. (1995). Fisheries Biology. Assessment and Management. 2ed. Ed. Fishing News Books. 341p.
- Martínez-Leyva, A.A., J.F. Méndez-Sánchez y E. Soto-Galera (2002). Comparative life-history of *Heterandria bimaculata* (Pisces:Poeciliidae) in different locations in Hidalgo, Mexico. Abstracts of II International Symposium on Livebearing Fishes. March 19-23, Querétaro, Qro. México. p 30.

- Meffe, G.K. (1985) Life history patterns of *Gambusia marshi* (Poeciliidae) from Cuatro Ciénegas, Mexico. *Copeia*. 4: 898 - 905.
- Meffe, G.K. y F.F. Snelson (1989). Ecology and evolution of Livebearing fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice-Hall. 453p. Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Mejía M.H. (1992). Nuevo registro de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) (Pisces: Poeciliidae), para la cuenca del Río Balsas. Universidad: Ciencia y Tecnología. 2(2): 131-136.
- Mendoza, G. (1962) The reproductive cycles of three viviparous teleosts *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldi* y *Neophorus diazi*. *Biological Bulletin*. 123(2): 351-365.
- Monaco, J.P., M.E. Rasch y S.J. Balsand (1983). The occurrence of superfetation in the Amazon Molly *Poecilia Formosa*, and its related sexual species. *Copeia*. 4:969-974.
- Nelson, S.J. (1994). *Fishes of the World*. 3er. Edition. John Wiley & Sons, Inc. 600 p.
- Parenti, L.R. (1989). Systematic overview of the poeciliids: 3-12. En: Meffe, G.K. y Snelson, F.F. (Edit). *Ecology and Evolution of Livebearing fishes (Poeciliidae)*. Ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- 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. 323p.
- Redding J.M y R. Patiño. (1993) Reproductive physiology. En: *The Physiology of fishes*. (Evans, D.H.ed). 515-534. CRC Press, inc.
- 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.
- Reznick, D.N., Meyer, A y Frear, D. (1993). Life history of *Brachyrhaphis rhabdophora* (Pisces: Poeciliidae). *Copeia*. 1: 103 -111.
- Roff, D.A. (1983). An allocation model of growth and reproduction in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1395-1404.
- Rosen E.D. y M.R. Bailey. (1963). The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes) Their structure, zoogeography and systematics. *Bull. American Museum of Natural History* 126: 5N166.
- Salgado-Ugarte, I.H. (1985). Algunos Aspectos biológicos del Bagre *Arius melanopus* Günther (Osteichthyes; Ariidae) en el Sistema Lagunar de Tampamachoco. Tesis Profesional, ENEP Zaragoza, UNAM, México. 108 p. 21 figuras, 20 tablas y un cuadro.

Salgado, U.I.H. (1992) Análisis Exploratorio de datos biológicos, Ed. Marc Ediciones, México. 242p.

Salgado-Ugarte .I.H. (2002) Suavización no paramétrica para el análisis de datos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. México 139 p.

Schoenherr, A. (1977). Density dependent and density independent regulation of reproduction in the gila topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard). Ecology. 58: 438-444.

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

Snelson F.F. (1984). Seasonal maturation and growth of males in a natural population of *Poecilia latipinna*. Copeia. 1: 252 - 255.

Snelson F.F. (1989). Social and environmental control of life history traits in Poeciliid.p.149-161. En Meffe .G.K. y F.F. Snelson (1989). Ecology and evolution of Livebearing fishes (Poeciliidae). Ed. Prentice- Hall. 453p. Englewood Cliffs, Nueva Jersey.

Sparre. P y S. Venema. (1992). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO Chile: 1-245.

Sugunan, V:V(1997). Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular No. 933, Roma, 149 p.

Sumner,T., J. Travis y L.D. Johnson (1994). Methods of female fertility advertisement and variation among males in responsiveness in the sailfin molly (*Poecilia latipinna*).Copeia 1: 27-34.

Trexler, C.J.(1985) Variation in the degree of viviparity in the Sailfin molly. *Poecilia latipinna*. Copeia. 4:999-1004.

Vargas M.J y A. de Sosota.(1996). Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces. Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula).Hydrobiologia 341: 215-224.