



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Laboratorio de Ecología de Peces

“Estudio biológico de *Heterandria bimaculata* (Pisces:
Poeciliidae) con fines forrajeros en estanques con aguas
tratadas”

TESIS DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

GABRIEL MATA SALCEDO

Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela
Directora

M. en C. Adolfo Cruz Gómez
Co-director



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edomex. 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



El presente trabajo fue apoyado por la UNAM a través de la DGAPA, PAPIIME No. de Proyecto EN203804 y de la Facultad de Estudios Profesionales Iztacala, a través del proyecto PAPCA 2006-2007 y se realizó en el Laboratorio de Ecología de Peces a cargo de los profesores Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela y M. en C. Adolfo Cruz Gómez, instituciones y laboratorio a los que agradezco su apoyo.

DEDICATORIA:

A Zoila quien me dio la vida, a ella y a mi familia por guiarme, apoyarme y siempre confiar en mi, por dejarme aprender de ellos y con esto la capacidad de elegir tomando sabías decisiones, que me han permitido llegar aquí.

Esto es todo respecto al carácter

Ve tus pensamientos;
se convierten en palabras.
Ve tus palabras;
se convierten en acciones.
Ve tus acciones;
se convierten en hábitos.
Ve tus hábitos;
se convierten en carácter.
Ve tu carácter;
se convierte en tu destino.

Frank Outlaw

AGARADECIMIENTOS:

A mis asesores Ásela y Adolfo por compartir sus conocimientos, por su apoyo y dedicación, a la UNAM como institución por darme esta formación, a mis profesores, compañeros de carrera que con ellos aprendí y a todas las personas de la sociedad que han colaborado en esta tarea.

En especial a Irandini C. G. por estar cerca de mi sin dudarlo, dedicarme tiempo, entenderme y apoyarme en la culminación de este trabajo.

A fin de cuentas,
Conservaremos sólo lo que amamos,
amaremos sólo lo que entendemos,
y entenderemos sólo lo que nos enseña

Baba Dioum

ÍNDICE

	PAG.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	5
ANTECEDENTES	6
DIAGNOSIS	
Familia Poeciliidae.....	8
<i>Heterandria bimaculata</i>	9
ÁREA DE ESTUDIOS	11
MATERIAL Y MÉTODOS	15
RESULTADOS	
Parámetros fisicoquímicos.....	20
Composición y abundancia de zooplancton.....	23
Índice de mortalidad.....	29
Factor de condición.....	34
Fecundidad.....	36
Fertilidad.....	41
Crías.....	42
Composición específica y valor comercial del microcharal.....	44
DISCUSIÓN	
Parámetros fisicoquímicos.....	51
Composición y abundancia de zooplancton.....	53
Índice de mortalidad.....	55
Fecundidad y fertilidad.....	55
Composición específica y valor comercial del microcharal.....	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	61

RESUMEN

Con el objeto de estudiar los aspectos biológicos y propiciar la reproducción del “gupy” *Heterandria bimaculata* en estanque con aguas tratadas con fines forrajeros y proponerla como una alternativa de explotación en el Lago de Xochimilco, se colocaron 208 peces en un estanque con capacidad de 8100 L en una porción sexual de 3:1, registrándose periódicamente parámetros fisicoquímicos convencionales, muestras de zooplancton, número, longitud y peso de todos los peces, fijándose una muestra de ellos para el análisis de fecundidad en el laboratorio. Durante el período de estudio los peces se mantuvieron en promedio a una temperatura de 18.9 °C, pH de 8.2, oxígeno disuelto de 7.6 mg/l, amonio de 3.2 mg/l y nitritos 2.5 mg/l. La composición de zooplancton no varió, la biomasa húmeda se elevó en otoño con un valor de 1.5 g/l y en primavera con 1.1 g/l, estuvo compuesto principalmente por cladóceros del género *Cerodaphnia* con 26%, *Daphnia* con 22%, anfípodos del género *Hyaella* 15%, *Bosmina* 13% y *Pleuroxus* 8.16% del grupo de cladóceros y copépodos del género *Limnocalanus* 7% y *Cyclops* con 7.61%. El índice de mortalidad de los peces que se colocaron en el estanque durante el periodo de estudio fue del 48%. La fecundidad en hembras de 30 mm a 63 mm de longitud y 0.8 g a 4.38 g de peso fue en promedio 37 elementos, 14 como mínimo y 102 como máximo y la fertilidad en promedio fue de 16 embriones, mínimo 14 y máximo de 37 embriones, en hembras de 1.3 g a 3.13 g y de 31 mm a 55 mm. El número de crías cuantificado durante y al final del periodo de estudio para hembras de 35 mm a 65 mm de longitud fue de 42. El análisis de mercado realizado a especies forrajeras vendidas como “microcharal”, determinó que esta especie forma parte importante dentro estas especies en el centro de producción “El Corral” en Atizapán, Estado de México, en el mercado de distribución Emilio Carranza, D. F. y acuarios del área metropolitana, cuyo costo es de 24 centavos por pez. Para esta especie, las condiciones fisicoquímicas son adecuadas en los estanques en el Lago de Xochimilco para inducir su reproducción, pero es necesario realizar más estudios con ésta especie para concluir si puede producirse con fines forrajeros y proponerla como alternativa de explotación, al igual que otras especies introducidas en nuestros sistemas naturales, para conocer sus aspectos biológicos y ecológicos y determinar su sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El término acuicultura engloba todas las actividades que tienen por objeto la producción, crecimiento (desarrollo) y comercialización de organismos acuáticos, animales o vegetales de aguas dulces, salobres o saladas (Barnabe, 1991) representando una alternativa para el aprovechamiento óptimo de los recursos acuáticos (Pillay, 1997; Barry, 2002).

El fin fundamental de los acuacultivos es la producción de materia viva en un medio acuático, manipulación de condiciones ambientales para la producción de especies útiles al hombre y por tanto, incluye todas las actividades de crianza o cultivo de organismos que viven en dichos ambientes, abriendo el camino al cumplimiento de objetivos múltiples del desarrollo de las comunidades rurales, desarrollo ecológico, económico y social como un mismo proceso y permite aprovechar los ciclos naturales, asegurándose una administración del ambiente, su conservación y regeneración (Barry, 2002).

Una de las ramas de la acuicultura es la piscicultura, generalmente el fin principal es la producción de peces en estanque, producción de una cantidad tan grande como sea posible de peces de consumo o repoblación de gran valor comercial (Pillay, 1997; Barry, 2002).

Históricamente el Lago de Xochimilco fue utilizado por las culturas prehispánicas para el cultivo de alimentos, lo cual permitió que los nahuatlacas se establecieran en sus alrededores y se dispusieran a intensificar el cultivo en tierras altas introduciendo un nuevo sistema de cultivo (las chinampas) (Pérez, 2003).

Los pobladores de la zona, además de explotar la porción terrestre, se proveían de especies acuáticas, ya que en la zona existía una gran variedad de peces nativos que permitían junto con las cosechas de chinampas, satisfacer las necesidades alimentarias de los pobladores (Pérez, 2003).

Con el crecimiento urbano en el Distrito Federal los manantiales que alimentaban al lago fueron desviados para el abastecimiento de agua potable a la población, por lo tanto se causó el vertido de materiales biológicos y sustancias a los canales en concentraciones que han sobrepasado la capacidad de auto recuperación del sistema ante el exceso de contaminantes y patógenos en las aguas que aun contenían los canales de Xochimilco (Pérez, 2003).

El desvío de las aguas provocó que para 1950 el sistema lacustre de Xochimilco estuviera casi seco, afectando actividades humanas, así como flora y fauna existente (Aguilar, 1982; Pérez, 2003). Para contrarrestar tales efectos el Departamento del Distrito Federal decide el tratamiento de las aguas residuales y su recanalización a la zona de Xochimilco, por lo que instalan las plantas de tratamiento, “Cerro de la Estrella” y “San Luis Tlaxialtemalco” pero desafortunadamente estas aguas salen semitratadas causando perturbaciones agrícolas (Balanzario, 1976; Burali, 1989; Pérez, 2003).

La Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la Delegación Xochimilco, realizó en 1980 un estudio sobre la calidad del agua en los canales, determinando por el método de Dinus, que esta fue dudosa para el contacto con actividades recreativas, recomendable solo para organismos de naturaleza muy resistente, con previo tratamiento en la mayor parte de los procesos agrícolas e industriales y solo aceptable para la navegación (Fernández, 1986).

Actualmente en el Lago de Xochimilco muchas de las especies nativas han desaparecido tal es el caso *Chirostoma regani*, *Chirostoma humboldtianum* y *Alganacea tincella* entre otras, debido a las condiciones de deterioro ambiental a que han estado sujetas, ya sea por el alto grado de contaminación o por modificaciones de su hábitat y otras se encuentran en peligro como la medusa *Craspedacua sowerby*, una de las pocas medusas de agua dulce en el mundo, el ajolote *Ambystoma mexicanum* endémica de Xochimilco y *Girardinichthys viviparus*, que conforman una riqueza científica nacional no bien estudiadas y que deben de ser conservadas (Ávila, 2000).

Por el contrario, las especies no endémicas y/o introducidas se encuentran en gran abundancia, tal es el caso de los integrantes de la familia Poeciliidae y por ende *Heterandria bimaculata* que son importantes como fauna forrajera, alcanzando un alto desarrollo poblacional en lagunas bajas y aguas estancadas, cuando logran ingresar a los centros acuícolas se convierten en plagas difíciles de eliminar (Cabrera-Cano, 1995).

Heterandria bimaculata fue registrada por primera vez en los canales del Lago de Xochimilco por Espinoza *et. al* (1993), es conocida comúnmente como “guatapote manchado” o “gupy” la cual es extraída por los lugareños para utilizarla y venderla como forraje de especies ictiófagas acuariofilas.

En el país es comercializada como pez de ornato, sirven para eliminar mosquitos y sus larvas, además se les utiliza como alimento para peces (trucha, pez blanco, lobina, entre otros).

Por lo anterior la presente investigación forma parte de estudios tendientes al manejo de la fauna introducida en el Lago de Xochimilco, especialmente con *Heterandria bimaculata* y determinar la viabilidad del cultivo en estanques con aguas tratadas provenientes del Canal Nacional del Lago de Xochimilco, su posible producción y explotación por los lugareños y que éste no sea extraído directamente del Lago; pues en dicha colecta también se afectan otro tipo de especies, entre ellas a *Chirostoma jordani* (charal) y la endémica *Girardinichthys viviparus* (maxcalpique), que además es una especie con la categoría de amenazada según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-Ecol-2001 (SEMARNAT, 2002).

OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo estudios biológicos de *Heterandria bimaculata* con fines forrajeros, en estanque con aguas tratadas provenientes del Lago de Xochimilco.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Registrar los parámetros fisicoquímicos del agua del estanque en el que el pez será cultivado.
2. Determinar la composición y abundancia del zooplancton presente en el estanque, durante el periodo de cultivo.
3. Estudiar el índice de mortalidad por estanque.
4. Obtener la fecundidad y fertilidad para la especie bajo estas condiciones.
5. Registrar el número de crías obtenidas por periodo reproductivo.
6. Evaluar la producción total de crías obtenidas.
7. Realizar un análisis económico con lo producido en el estanque y un análisis de mercado de la especie en acuarios comerciales y su centro de distribución.

ANTECEDENTES

Rosen y Bailey (1963) realizaron una diagnosis de la especie, Álvarez del Villar (1970) y su actualización en Miller *et al.* (2005) proporcionan las características para identificarla tanto merísticas como morfológicas y Miller (1974) describe características del aparato reproductor masculino.

Reza-Ureta y Díaz-Pardo (1994) estudiaron algunos aspectos de la biología reproductiva de *Heterandria bimaculata* (Poeciliidae) en el embalse de los Carros, Municipio de Axochiapan, Morelos, tomando en cuenta estadios gonádicos, embrionarios por el color y forma de los ovarios, definiendo que el ciclo de madurez ovárica se compone de seis estadios y la temporada reproductiva se estableció de febrero a octubre, con tres máximos reproductivos (febrero, mayo y septiembre) lo cual se corroboró con el índice gonadosomático.

Guzmán-Santiago *et al.* (1995) realizaron un estudio con el cual determinaron algunos aspectos biológicos del “guppy” como índice de fecundación y relación peso-longitud con el fin de conocer las características de esta especie de la laguna “El Rodeo”, Estado de Morelos.

Guzmán-Santiago y Olvera-Soto (1996) realizaron estudios sobre la biología del pez ornamental “gupy” (*Heterandria bimaculata*) y su relación con algunos parámetros físicos, químicos y biológicos en la laguna el Rodeo, Edo. de Morelos abarcando aspectos como crecimiento, reproducción, contenido estomacal, entre otros.

Schmitter-Soto (1998) determinó aspectos reproductivos de la especie en ambientes de Quintana Roo, definiendo épocas reproductoras, fecundidad, crecimiento y aspectos de distribución y abundancia.

Trujillo-Jiménez (1998) estudió como se llevó a cabo la repartición del alimento entre los peces vivíparos que se encuentran interactuando en el río Amacuzac, Morelos, describiendo que *Heterandria bimaculata* se alimenta principalmente de insectos registrándose un porcentaje de ingestión de 91.81% en donde los himenópteros fueron los más ingeridos, esta especie no presentó variaciones en su dieta con respecto al tiempo, sexo y tallas, además de ser considerada como carnívora.

Trujillo-Tobar y Paulo-Maya (1999) realizaron estudios en el mismo río analizando la estructura trófica de la ictiofauna presente en dos posas del mismo y reportan que *Heterandria bimaculata* tuvo un comportamiento carnívoro en las dos localidades pero con diferente elenco alimenticio. *H. bimaculata*, *Astianax fasciatus*, *Cichlasoma nigrofasciatum* e *I. whitei* son las especies con mayor amplitud de nicho y con respecto al solapamiento de nicho en la posa de Huajintla existe coincidencia significativa en la utilización de ciertos recursos alimenticios entre *A. fasciatus* con *H. bimaculata* y *C. nigrofasciatum* con *H. bimaculata*.

Arteaga-Landa *et al.* (1999) realizaron una caracterización espacio-temporal de seis especies de la familia Poeciliidae en el Estado de Morelos mostrándose en los resultados que *H. bimaculata* y *Poecilia sphenops*, tuvieron las mayores densidades en registros que comparten siete y nueve años respectivamente. Estos resultados muestran a estas especies como las más exitosas.

Gómez-Márquez *et al.* (1999) estudiaron la reproducción y el crecimiento de *Heterandria bimaculata* en un embalse de la cuenca del Río Balsas, obteniendo el índice gonadosomático y la relación entre fertilidad y longitud.

Rodríguez *et al.* (1999) proporcionan un listado ictiofaunístico del Lago de Xochimilco y presentan entre las especies abundantes a *H. bimaculata*.

Ávila (2000) realiza un estudio sobre la composición actual de la ictiofauna del Lago de Xochimilco y determina que *H. bimaculata* es la especie más abundante con el 60% en abundancia relativa.

Martínez-Leyva *et al.* (2002) describen algunos aspectos de la historia de la vida de *H. bimaculata*, tomando en cuenta datos de temporada, localidad, dimensiones: maduración, inversión reproductiva utilizando (IGS) para hembras y longitud del gonopodio para machos y número promedio y peso de embriones, definiendo una relación entre altitud, productividad y temporalidad con el modelo de historia de la vida en dos localidades del Estado de Hidalgo.

Trujillo-Jiménez (2003) realizó un estudio para conocer la composición de flora y fauna en la parte media y baja del río Amacuzac en el Estado de Morelos, registrando a *Heterandria bimaculata* en nueve de las nueve localidades donde se realizó el proyecto.

Vega-Cendejas (2004) realizó un listado de la ictiofauna de la Reserva de la Biosfera de Celestún, Yucatán, para contribuir al conocimiento de la biodiversidad, registrando a *Heterandria bimaculata* y especificando que es una especie perteneciente al componente dulceacuícola.

No existe información sobre las características biológicas, ecológicas, cultivo y/o producción de *Heterandria bimaculata* en el lago de Xochimilco u otro lugar cercano, por lo cual este proyecto pretende aportar información sobre esta especie específicamente en este lugar y definir si puede ser manejada por los lugareños.

DIAGNOSIS

Familia Poeciliidae

Los miembros del Orden Cyprinodontiformes son cosmopolitas en latitudes templadas y tropicales y son especialmente notables por el intervalo de aguas dulces y hábitats salinos que ellos ocupan. El orden es frecuentemente dividido en siete familias, de ellas, la Poeciliidae, Anablepidae, Jenynsiidae y la Goodeidae, son endémicas del Nuevo Mundo, y con la excepción de una especie, sus miembros son ovovivíparos (Rosen y Bailey, 1963; Meefe; Snelson, 1989; Miller *et al.* 2005).

Los poecílicos son casi exclusivamente peces ovovivíparos, a la cual pertenecen los mollys, platys, gupys y son estrictamente americana, incluyendo las Antillas y tiene una distribución continental (Cabrera-Cano, 1995).

En México es la familia que contribuye con mas géneros y especies a la fauna de peces. Un número de pequeños pero bien diferenciados géneros, son endémicos en varias regiones de Mesoamérica como *Xenodesia*, *Priapella*, *Xiphophorus* y *Belonesox* (Cabrera-Cano, *op. cit.*).

Estos peces ovovivíparos muestran diferencias sexuales en tamaño, estructura y coloración. En los machos la parte de la aleta anal (usualmente tercero, cuarto y quinto radio) se desarrolla un gonopodio, esta estructura se usa para insertar paquetes de espermatozoides de un solo apareamiento en el tracto genital de la hembra y puede fertilizar varios paquetes de huevos (Meefe y Snelson, 1989; Cabrera-Cano, *op. cit.*).

***Heterandria bimaculata*, Heckel (1856)**

Los organismos que se encuentran en el género *Heterandria* presentan las siguientes características: aletas pélvicas iguales en los dos sexos, la aleta dorsal muy prolongada e insertada muy por delante de la anal. En el cráneo, los parietales están débil o fuertemente desarrollados y bordean el margen posterior de los frontales o están parcialmente fusionados con los frontales y con los epióticos; la serie de huesos epióticos están presentes o ausentes, los supraoccipitales están presentes y bien desarrollados; su mandíbula posee dientes ligeramente comprimidos y punteadas, lanceolados o recurvados y cónicos. Las costillas pleurales posteriores en los machos están ligeramente curvadas en toda su longitud y muchos casos se inclinan bruscamente en sus extremos (Rosen y Bailey, 1963).

Llamado comúnmente como “Guatopote manchado, spottail killifish” (Miller *et al.*, 2005) los peces de la especie *Heterandria bimaculata* son pequeños, el tamaño máximo es de 6 a 7 cm, la altura máxima del cuerpo es de 3 a 4 veces menor que la longitud estándar. La altura mínima del pedúnculo caudal es de 1.3 a 1.6 veces menor que la longitud cefálica, así mismo, la distancia interorbital es de 1.7 veces menor que ésta. La aleta dorsal tiene de 11 a 17 radios, la anal de 8 a 12 radios y posee de 28 a 31 escamas en una serie longitudinal. Son de color pardo u oliváceo, algunas o todas las veces son de margen oscuro. Generalmente tienen una mancha oscura por encima de los pectorales y otra en la parte superior del pedúnculo caudal (Álvarez del Villar, 1970; Miller *et al.*, 2005).

El gonopodio es alargado, los radios que lo forman están en un mismo plan, no imbricados para formar un tubo cerrado. El extremo de quinto radio y de la rama posterior del cuarto sólo con vestigios de un pequeño gancho retorcido. La rama anterior del cuarto radio, sin nódulo abultado; siempre sin espinas en el borde posterior del quinto radio; cuarto y quinto radio contiguos en la parte distal, nunca separados por una hendidura en la membrana; borde posterior del mismo radio con numerosos dientes de sierra y su borde anterior corrugado (Álvarez del Villar, *op. cit.*).

En su gonopodio el segmento terminal del cuarto radio anterior es elongado, su punta está fuertemente arqueada, como un gancho o a manera de una letra “J”, además lo cubre la membrana; el margen anterior presenta prominencias

como quillas; el cuarto radio posterior no alcanza la punta curveada del gonopodio (Miller, 1974).

Alcanza la madurez sexual antes del primer año de vida, hacia los 3-4 cm LP. Vivíparo, durante la temporada reproductora tiene alumbramientos a intervalos de unos 40 días, a fines de la primavera; puede producir hasta cien pececillos por temporada. Hay más de dos hembras por cada macho. Crecimiento alométrico (Schmitter-Soto, 1998).

En cuanto a su distribución geográfica, esta especie tiene su límite norte incierto, pero no se extiende a la Cuenca del río Nautla; se distribuye en los ríos Misantla, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Sarabia, siendo éste su límite sur en el Edo. de Oaxaca, en elevaciones que van desde cerca del nivel del mar hasta al menos 1430 m.s.n.m. (Miller, 1974), su localidad típica es arrollo en las montañas de Orizaba, Ver. y fue introducido al alto Balsas y a Xochimilco. Tolera hasta 7‰ de salinidad, pero prefiere el agua dulce. Habita cerca de riberas con vegetación, en aguas lóxicas o lénticas, frías o cálidas. Merodea cerca de la superficie en busca de insectos, aunque también se alimenta de plantas y crustáceos bénticos; más activo de día (Schmitter-Soto, *op. cit.*).



Fig. 1. *Heterandria bimaculata*

ÁREA DE ESTUDIO

Geografía

La delegación Xochimilco se localiza al sudeste del Distrito Federal entre los 90°, 09', 4" y 99°, 00', 21" de la longitud occidental a partir del Meridiano de Greenwich, y entre los 19°, 17', 35" y 18°, 08', 57" de la Latitud Norte. Abarca 12,202 hectáreas que representan el 8.9 % de la superficie total de la ciudad de México, presenta una altitud de la planicie de 2,250 m.s.n.m y una altitud de zona montañosa de 3,200 m.s.n.m. (Fig. 2).

Hidrografía

La delegación cuenta con tres corrientes intermitentes principales que bajan de las laderas del Ajusco y del Cuautzin y una permanente, que es el Río San Buenaventura y en la actualidad sirve de límite delegacional y es usado para conducir aguas negras: a) Río Santiago, b) Río San Lucas, c) Río San Gregorio. Estos cauces presentan diversos grados de contaminación generados por asentamientos humanos irregulares.

La importancia hidrológica de Xochimilco la componen los canales que limitan a las chinampas y las comunican, los principales canales son: Cuemanco, Apatlaco, Nacional, del Bordo, Japón y el canal de Chalco (Fig. 3).

Vegetación

La vegetación propia de esta zona lacustre está formada principalmente por ahuejotes típicos de la región y que fueron sembrados para fijar las chinampas. Bordeando los canales se encuentran también casuarinas, sauces, alcanfores y eucaliptos.

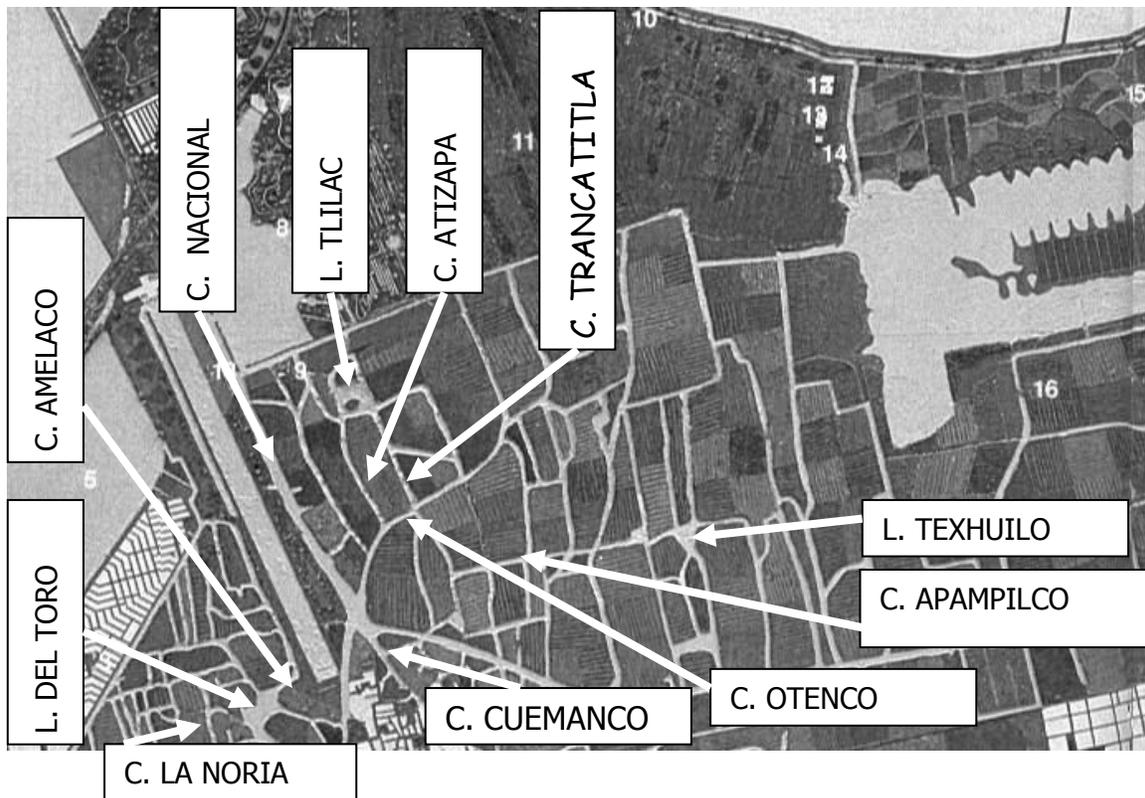


Fig. 3. Ubicación de los canales de Xochimilco (Tomado de Ávila, 2000).

A la orilla de los canales encontramos espadañas, asociaciones de *Ceratophyllum demersum* y abundantes hojas de flecha y alcatraces. En las partes elevadas hay pequeñas zonas de bosque mixto con algunos pinos, cedros, ahuehuetes, ocotes, encinos y tepozanes. En zonas de menor altura se haya capulines, eucaliptos, alcanfores, jarillas, pirús y tepozanes.

Fauna

Con el objeto de rescatar y de preservar sus recursos, la FAO (Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura de la Naciones Unidas) tomó bajo su protección, a partir de 1986 la zona rural y lacustre de Xochimilco. A su vez el gobierno de la ciudad ha realizado importantes obras para rescatar el quebrantado equilibrio ecológico de esta región, logrando purificar y renovar sus aguas, restablecer la calidad del agua que alimenta a los canales, recuperar para el cultivo tierras ociosas, mejorar las condiciones de cultivo en las chinampas y restituir la belleza del paisaje que ha sido mundialmente reconocido.

Clima

El clima de la delegación según la clasificación de Köepen, modificada por García, es Cwb (Templado Subhúmedo) en la llanura y región baja de los declives, y Cwc (Templado con Invierno Frío) en las partes altas. El clima de Xochimilco es templado lluvioso, la época de lluvias tiene lugar principalmente en verano y otoño.

(Descripción tomada de:

<http://www.df.gob.mx/delegaciones/xochimilco/geografia/index.html>)

MATERIAL Y MÉTODOS

Campo

Se realizó un muestreo prospectivo en los canales del Lago de Xochimilco en el mes de mayo del año 2000, con el fin de coleccionar a los organismos, para lo cual se utilizó una trajinera, una red de cuchara y cubetas para la transportación de éstos al laboratorio, donde fueron fijados para identificarlos con literatura especializada (Álvarez del Villar, 1970; Miller *et al.*, 2005).



Se utilizó un estanque propiedad del Centro de Investigaciones Biológicas y de Acuicultura de Cuernavaca (CIBAC) con capacidad de 8100 L, lavado adecuadamente, llenado con agua del canal Nacional a través de una bomba eléctrica, fertilizado naturalmente sólo una vez con vegetación del lugar, "lirio acuático", "lentejila" y "cola de zorra", además de proporcionarle una aireación adecuada por medio de una bomba. Se mantuvo en este estado durante tres semanas (de abril a mayo del año 2000) antes de introducir los peces para lograr una adecuada estabilidad biológica (De la Lanza y Martínez, 1998).



De acuerdo con De la Lanza (1998) y De la Lanza y Hernández (1998) a cada estanque se realizó un análisis semanal de agua que incluyó:

1. Temperatura del agua y conductividad del agua.- Se registró con un conductímetro YSI modelo 30.
2. Oxígeno disuelto del agua.- Se registró con un oxímetro YSI modelo 51B.
3. pH .- Se registró con un potenciómetro de campo de la marca Orión modelo 290-A.

4. Amonio y nitritos se determinaron por pruebas colorimétricas marca Merk.

Se tomaron muestras de zooplancton filtrando veinte litros de agua a través de una red de 28 micras de abertura de malla, 15 cm de diámetro y 31 cm de largo, para definir la composición y abundancia presente en el estanque utilizando los criterios de Pennak (1978) y Smith (2001). Estas muestras se colocaron en frascos de plástico de 30 ml y se fijaron con formalina al 4% (15 ml).



Se utilizó la técnica de volumen desplazado para determinar la biomasa zooplanctónica con uso de una báscula electrónica digital modelo Ohaus marca Scout con capacidad de 200 g y precisión de 0.01g. La abundancia por especie se expresó en individuos/litro (Gómez-Aguirre y Martínez, 1998; Suárez-Morales, 1998).

Posteriormente se realizó la colecta de organismos sexualmente maduros (tres cm de longitud según Schmitter-Soto, 1998) en el mes de mayo del año 2000, usando una red de cuchara con estructura metálica triangular de 50 cm por lado y abertura de malla de 1mm la cual se dividió en dos muestras, una fue transportada al laboratorio de Ecología de Peces de la FES Iztacala y otra a los estanques del CIBAC.

La cantidad de peces, que fueron introducidos al estanque dependió de la recomendación de que por cada centímetro de longitud estándar del pez se necesita de un litro de agua, esto con el fin de no sobrepasar la capacidad de carga del estanque (Wardley, 1992). Tomando en cuenta la proporción de sexos para la familia Poeciliidae que es de tres hembras por cada macho (Moreno, 1995).



Una vez introducidos los peces en el estanque (208; 116 hembras y 92 machos), se dejaron pasar dos meses para lograr una adecuada aclimatación al medio. Fue extraído todo lo contenido en el estanque con un chinchorro de 4.15 m de largo x 1.90 de ancho con una abertura de malla de 1.5 mm para contar las crías que nacieron, así como el número de hembras y de machos presentes, se pesaron con el uso de una báscula Ohaus marca Scout con capacidad de 200 g, precisión de 0.01g se registró su longitud con un ictiómetro (mm) y se regresaron los machos y hembras sexualmente maduros al estanque mientras que las crías se retiraron de él. A una muestra de machos y hembras maduros y en estado de gestación se les inyectó directamente al tracto digestivo formalina al 10% y se les fijó para ser trasladados al laboratorio. Cada dos meses se llevó a cabo este procedimiento.



Laboratorio

A los peces extraídos del estanque y fijados se les realizó la disección, extracción, descripción y toma de fotografías de la gónada. Se describieron y contaron con el uso de un microscopio estereoscópico (Karl Zeiss) y equipo fotográfico y microfotográfico marca Pentax y Exacta los ovocitos, huevos maduros y embriones, todo ello para obtener las características de fertilidad de la especie.



Con el objeto de comprobar si el zooplancton u otros organismos producidos naturalmente en el estanque fueron consumidos por el pez, se realizó un análisis de contenido estomacal, el cual consistió en identificar y contar todas las formas de organismos presentes en el tracto digestivo de acuerdo a lo establecido por Prejs y Colomine (1981).



Con el fin de hacer observaciones económicas y de mercado se compraron al azar y en diferentes fechas del año bolsas de peces conteniendo el forraje comercial denominado “microcharal” proveniente del Centro de producción “El Corral”, Centro de distribución Mercado Emilio Carranza y algunos acuarios comerciales de la zona sur, centro y norte del Área Metropolitana para identificar y cuantificar las especies que en éstas se encontrarán. Se registró el peso, longitud y elaboraron tablas y gráficas que mostraron la proporción por especie y se observó cual es el tamaño más frecuente y vendido en esta muestra comercial. Se determinaron en diferentes acuarios comerciales, costo, tamaño más vendido y ganancias que se presentan con la especie.

Procesamiento de datos

Para machos y hembras reproductores se determinó:

Porcentaje de ganancia en longitud (Ricker, 1975).

$$PGL = \frac{\text{Longitud final en cm} - \text{longitud inicial en cm}}{\text{Longitud inicial en cm}} \times 100$$

Porcentaje de ganancia en peso (Ricker, *op. cit.*).

$$\text{PGP} = \frac{\text{Peso final en gramos} - \text{peso inicial en gramos}}{\text{Peso inicial en gramos}} \times 100$$

Índice de mortalidad (Ricker, *op. cit.*).

$$\text{IM} = \frac{\text{No. de peces iniciales} - \text{No. de peces finales}}{\text{No. de peces iniciales}}$$

Factor de condición (Ricker, *op. cit.*).

$$\text{FC} = \frac{\text{Peso del pez en gramos}}{(\text{Longitud del pez en cm})^3} \times 100$$

Producción total de crías: Con base en la evaluación de Schmitter-Soto (1998) durante la temporada reproductiva tiene alumbramientos a intervalos de unos 40 días, a fines de la primavera; puede producir hasta 100 pececillos por temporada, se determinará la producción total de crías de acuerdo a las hembras maduras colocadas en la experimentación.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

Los peces fueron mantenidos en las siguientes condiciones: temperatura del agua promedio de 18.6 °C, con una variación entre 17.1 y 20.4 °C, pH promedio de 8.2 con una mínima de 7.7 y un máximo valor de 9.5, oxígeno disuelto de 7.7 mg/l con una variación entre los 7.0 y 8.5 mg/l, amonio de 0 mg/l y nitritos de 0 mg/l (Tabla 1).

Tabla 1. Valor promedio, máximos y mínimos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del estanque donde fueron mantenidos los peces.

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
Temperatura del agua (°C)	18.9	20.4	17.1
pH	8.2	9.5	7.7
Oxígeno disuelto (mg/l)	7.6	8.5	7
NH ₄ (mg/l)	3.2	23	0
NO ₂ (mg/l)	2.5	18	0

Se monitorearon los parámetros fisicoquímicos durante 306 días, en este periodo de estudio no se presentaron cambios significativos, ya que estuvieron correlacionadas con las temporadas climáticas prevalecientes y el comportamiento de cada uno fue el siguiente (Tabla 2).

Tabla 2. Valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos durante el periodo de estudio.

Tiempo (días)	0	22	34	86	107	203	306
Temp. del agua (°C)	20.4	18.6	18.5	18.1	20.3	19.2	18.6
pH	9.5	7.7	8	7.9	8.2	9.3	8.5
Oxig. disuel. (mg/l)	7.5	8.5	7.8	7	7.6	7.3	8.2
NH ₄ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	23
NO ₂ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	18

La temperatura promedio durante los 306 días fue de 18.9 °C con un máximo en el mes de junio de 20.4°C que correspondió a la primavera y un mínimo en el verano con 18.1°C correspondiente al mes de septiembre con una variación entre estos de 2.3°C (Fig. 4).

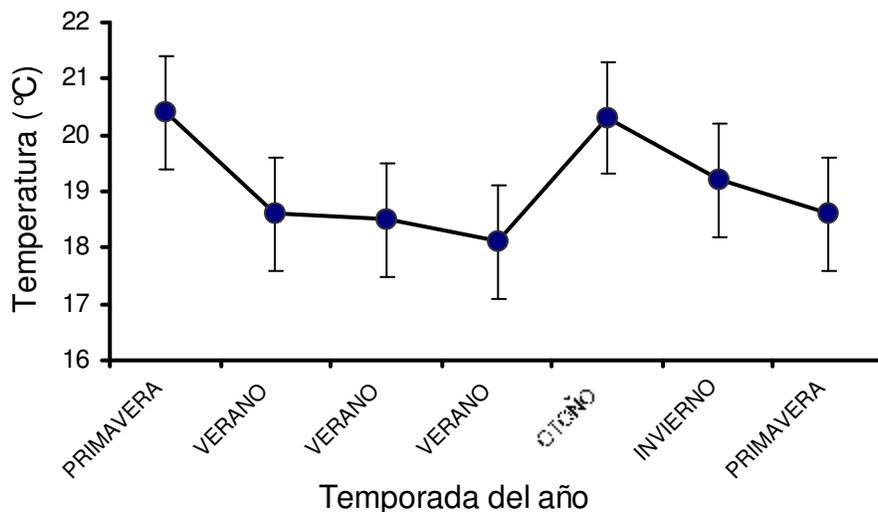


Fig. 4. Variaciones en el tiempo de la temperatura registrada en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

El valor de pH promedio a lo largo del periodo de estudio fue de 8.2, su registro más alto fue en el mes de junio con 9.5 en temporada primaveral, su registro mas bajo fue en julio con 7.7 en verano y una variación entre estos dos valores de 2.2 (Fig. 5).

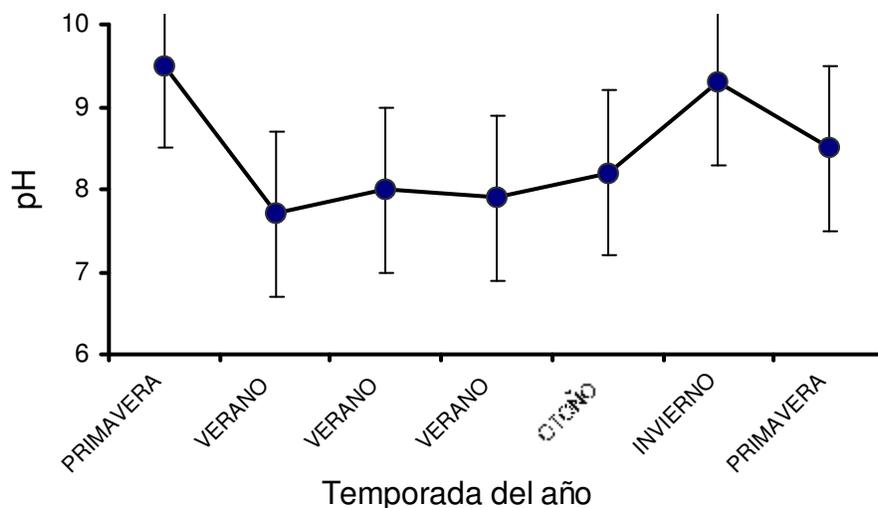


Fig. 5. Variaciones en el tiempo del pH registrada en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

El valor promedio del oxígeno disuelto en el estanque fue de 7.6 mg/l, con un valor máximo de 8.5 mg/l en el mes de junio correspondiente al verano y un mínimo de 7.0 mg/l registrado igualmente en verano pero en el mes de septiembre, con una variación de 1.5 mg/l entre estos (Fig. 6).

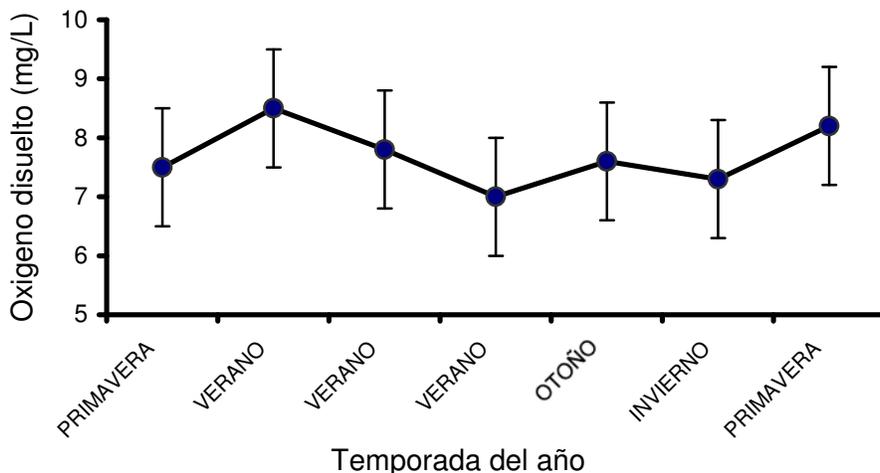


Fig. 6. Variaciones en el tiempo del oxígeno disuelto registrado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

El amonio tuvo un valor promedio de 3.2 mg/l, disparándose en el último registro con un máximo de 23 mg/l en el mes de abril correspondiente a primavera y un mínimo de 0 mg/l en los registros anteriores, por lo que la variación que existió fue muy grande 23 mg/l.

Los valores registrados de nitritos durante el periodo de estudio se muestran que el registro más alto fue en abril con 18 mg/l que se disparó en primavera, el mínimo de 0 mg/l durante el resto del estudio por lo que el promedio fue de 2.5 mg/l y la variación de 18 mg/l.

Composición y abundancia de zooplancton

La biomasa húmeda en (g/l) del estanque donde se mantuvo al pez a lo largo de la experimentación se presenta en la figura 7.

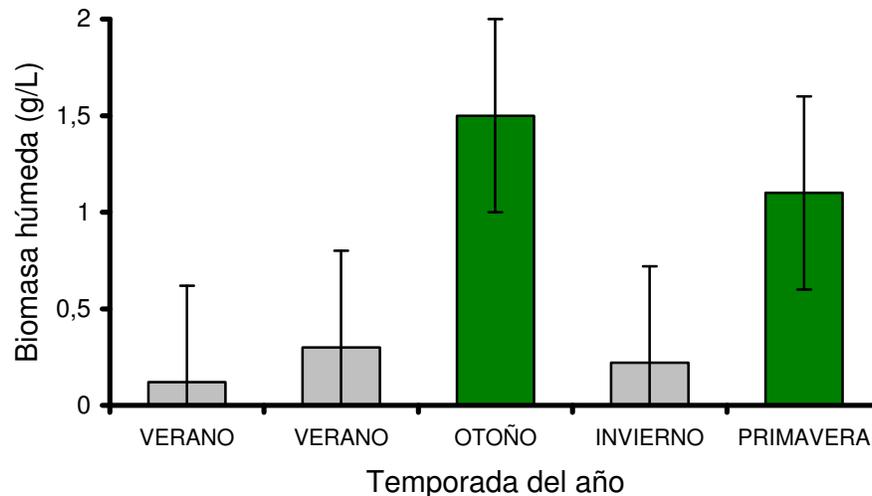


Fig. 7. Variaciones en el tiempo de la biomasa húmeda registrada en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

La producción del estanque tuvo dos picos elevados de biomasa húmeda, el máximo de 1.5 g/l en el mes de octubre que correspondió al otoño y un registro de 1.1 g/l en primavera durante el mes de abril, a diferencia de los otros registros con solo 0.3 g/l de biomasa húmeda aproximadamente. Este comportamiento concuerda con el ciclo de producción de alimentos en zonas con clima templado y templado frío.

El zooplancton del estanque estuvo compuesto principalmente por cladóceros del género *Cerodaphnia* sp. con 25.98% y *Daphnia* sp. con el 22.45%, después estuvieron los anfípodos del género *Hyalella* sp. con el 15.03%, en menor porcentaje *Bosmina* sp. con 12.99% y *Pleuroxus* sp. con 8.16% del grupo cladóceros y por último copépodos del género *Limnocalanus* sp. con 7.79% y *Cyclops* sp. con 7.61% (Fig. 8).

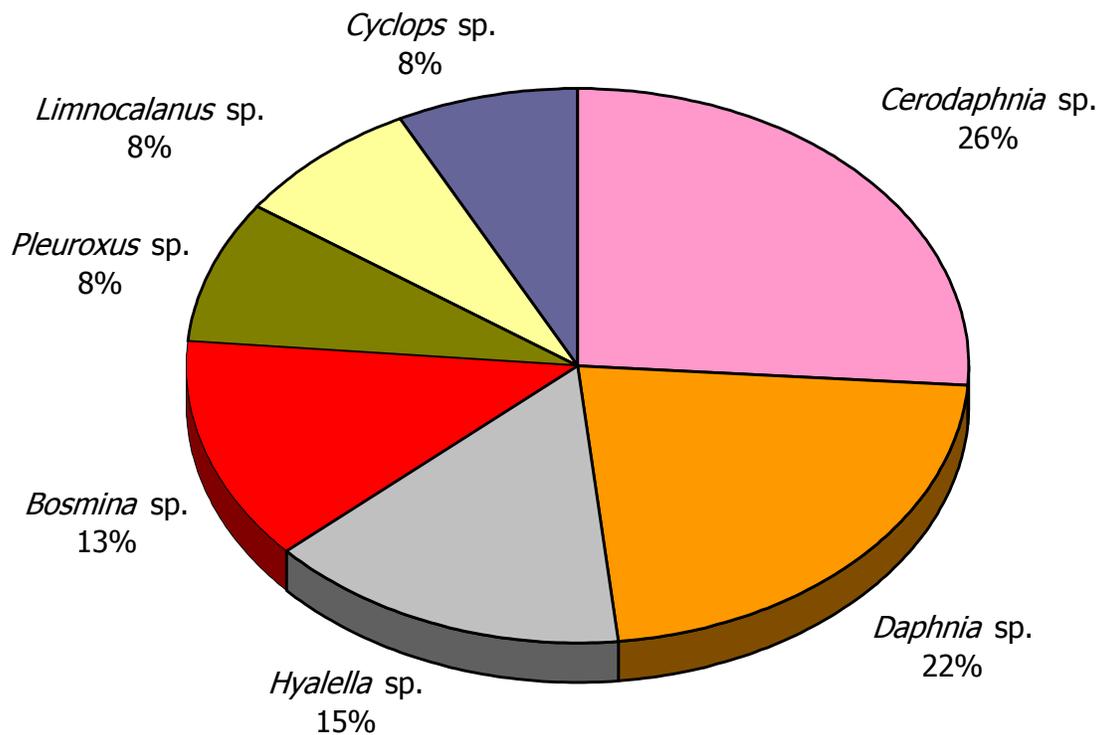


Fig. 8. Porcentaje total de géneros identificados en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

Los cambios del zooplancton a través del tiempo de cada género colectado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata* se presentan a continuación:

Cerodaphnia fue el género de los cladóceros más abundante y a lo largo del estudio aumentó su población, sus máximas abundancias fueron a los 107 días de registro en el mes de octubre y correspondiente a otoño con 37 organismos/litro y a los 272 días con 39 organismos/litro que correspondieron a primavera en el mes de abril (Fig. 9).

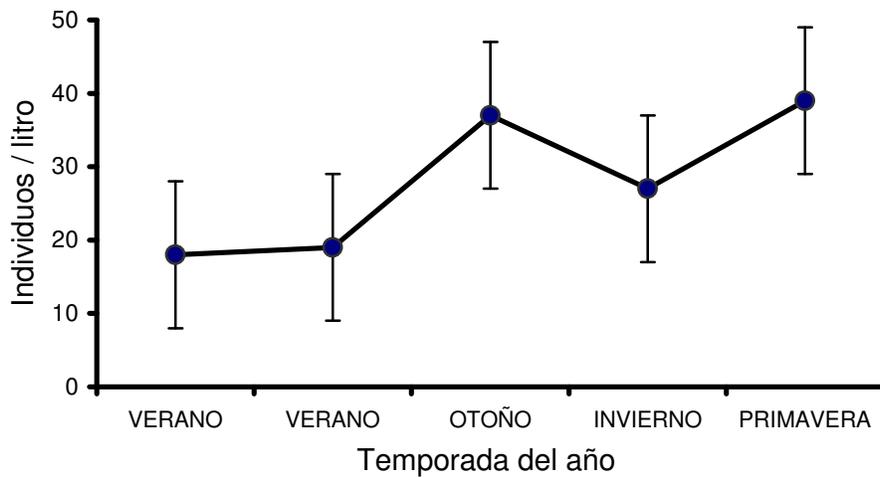


Fig. 9. Variaciones en el tiempo del género *Cerodaphnia*, colectado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

El género *Daphnia* tuvo su nivel máximo de abundancia relativa en el mes de abril correspondiente a primavera con 44 organismos/litro al final de la investigación y su valor mínimo al principio del estudio con 12 organismos/litro correspondiente al verano (Fig.10).

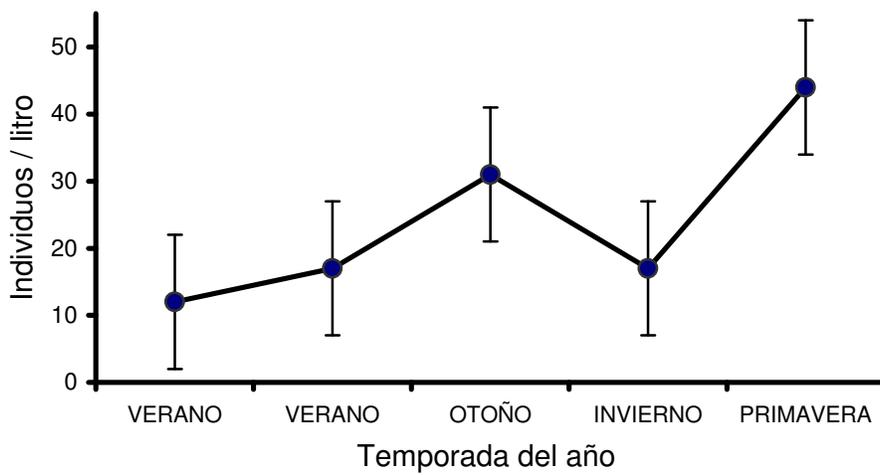


Fig. 10. Variaciones en el tiempo del género *Daphnia*, colectado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

A lo largo del periodo de estudio los anfípodos del género *Hyalella* mantuvieron constante su población de 25 organismos/litro aproximadamente y solo tuvieron un ligero aumento en el mes de octubre con 21 organismos/litro correspondiente al otoño (Fig. 11).

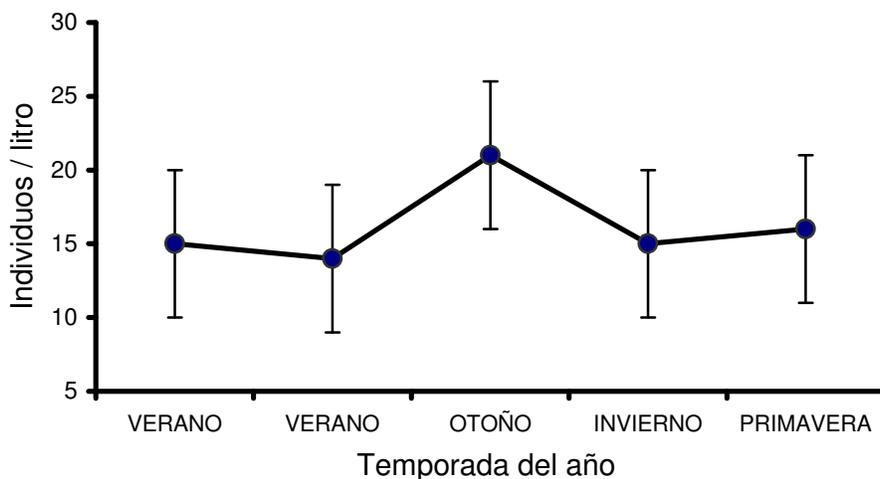


Fig. 11. Variaciones en el tiempo del género *Hyalella*, colectado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

Los cladóceros del género *Bosmina* tuvieron un máximo de 26 organismos/litro en primavera correspondiente al mes de abril y un mínimo al principio del estudio con ocho organismos/litro en verano correspondiente al mes de septiembre (Fig. 12).

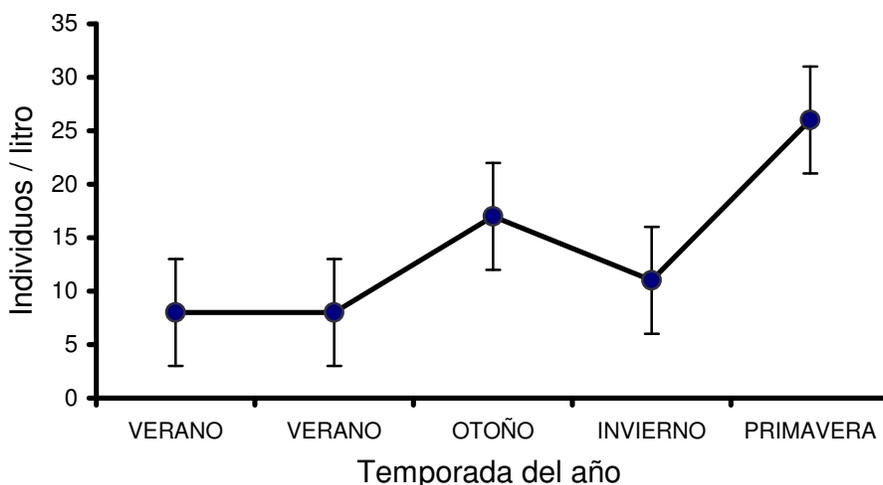


Fig. 12. Variaciones en el tiempo del género *Bosmina*, colectada en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

La abundancia relativa de los cladóceros del género *Pleuroxus* tuvo algunas variaciones, a los 73 días se presentó su máximo con 12 organismos/litro en el mes de octubre correspondiente al otoño y un mínimo de 6 organismos/litro a los 169 días correspondientes a la temporada invernal en el mes de enero (Fig. 13).

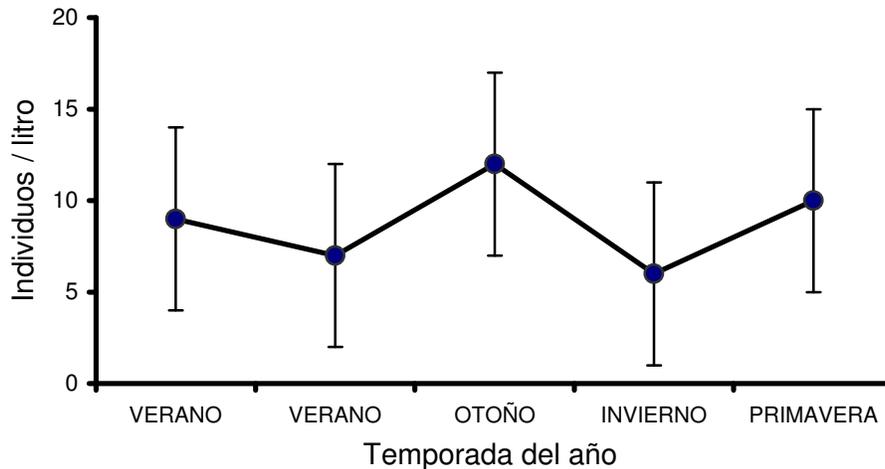


Fig. 13. Variaciones en el tiempo del género *Pleuroxus*, colectada en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

La población de calanoideos del género *Limnocalanus* aumentó al principio del estudio, de su mínima abundancia de cuatro organismos/litro en septiembre hasta su máximo con 13 organismos/litro en octubre correspondiente al otoño, para después decaer hasta siete organismos/litro en el mes de abril correspondiente a la primavera (Fig. 14).

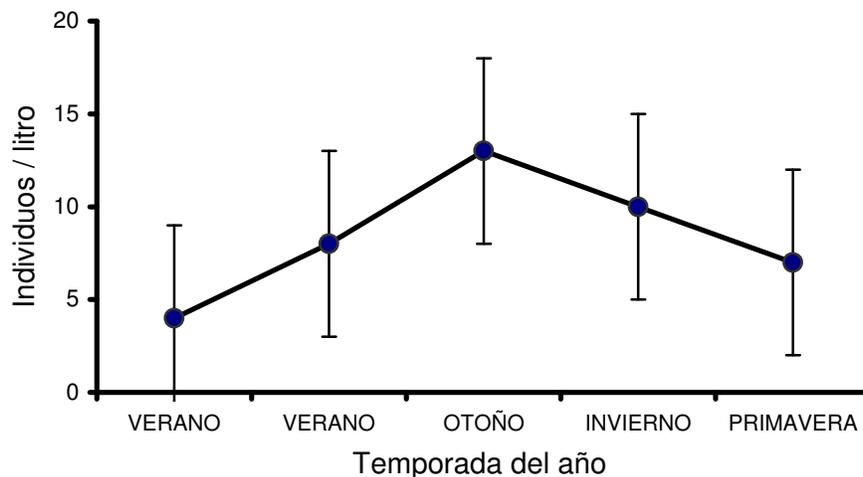


Fig. 14. Variaciones en el tiempo del género *Limnocalanus*, colectado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

Uno de los organismos menos abundantes junto con el género *Limnocalanus* y *Pleuroxus* fueron los ciclopoideos del género *Cyclops* que tuvieron su máximo a los 169 días de registro en el mes de enero correspondiente a la temporada invernal con 13 organismos/litro y su mínimo a los 52 días en el mes de septiembre correspondiente al verano (Fig. 15).

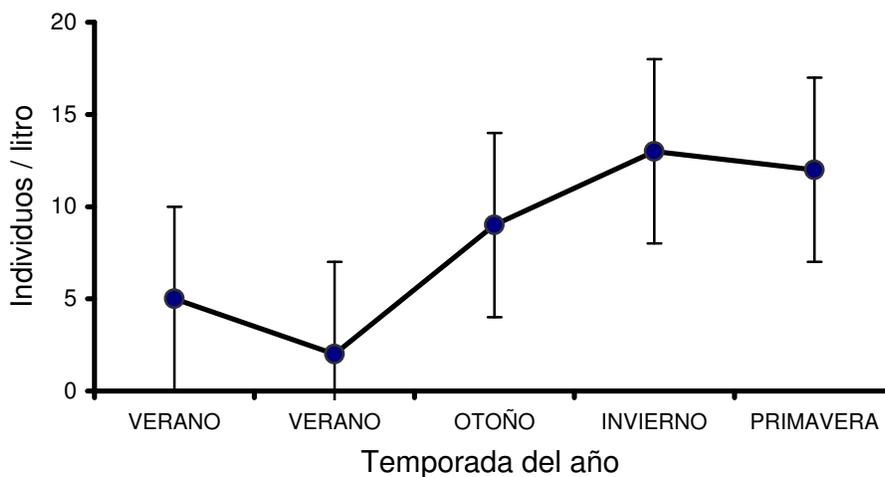


Fig. 15. Variaciones en el tiempo del género *Cyclops*, colectado en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*.

Índice de mortalidad

El número de peces adultos que se colocaron en el estanque y que se mantuvo durante el periodo de estudio disminuyó, se inició en el mes de julio correspondiente al verano con 79 peces, este número decayó a los 272 días de registro hasta un mínimo de 41 peces en el mes de abril correspondiente a la primavera por lo que el índice de mortalidad durante toda la investigación fue del 48% (Fig. 16).

El índice de mortalidad del 48 % fue alto y se debió a factores externos observados pero no cuantificados tales como: depredación por aves, serpientes, larvas de odonatos y coleópteros ya que no se evidenció enfermedad alguna por bacterias y hongos.

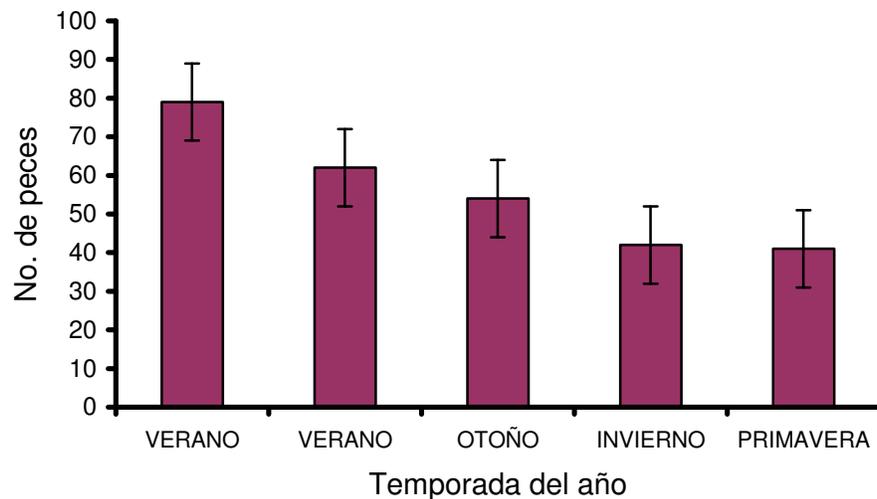


Fig. 16. Mortalidad en el estanque de *Heterandria bimaculata* a lo largo del periodo de estudio.

Porcentaje de ganancia en longitud

Se registró para hembras y machos el peso y la longitud promedio a lo largo del periodo de estudio.

Se presentó un aumento en el registro de la longitud promedio de los machos, el máximo fue de 3.528 cm, en el mes de abril correspondiente a primavera, y un mínimo de 3.032 cm en el mes de julio durante verano (Fig. 17).

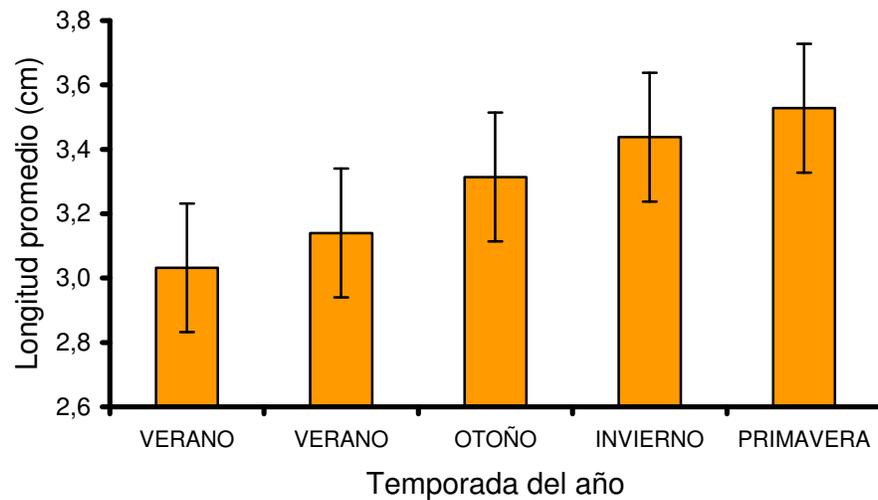


Fig. 17. Variaciones en la longitud promedio para machos de *Heterandria bimaculata*.

El porcentaje promedio de ganancia en longitud fue de 35%.

Con respecto al peso promedio registrado a lo largo del periodo experimental para los machos se presentó un máximo con 1.05 gramos en el mes de abril correspondiente a primavera y un mínimo en el mes de julio correspondiente al verano con 0.6 g (Fig. 18).

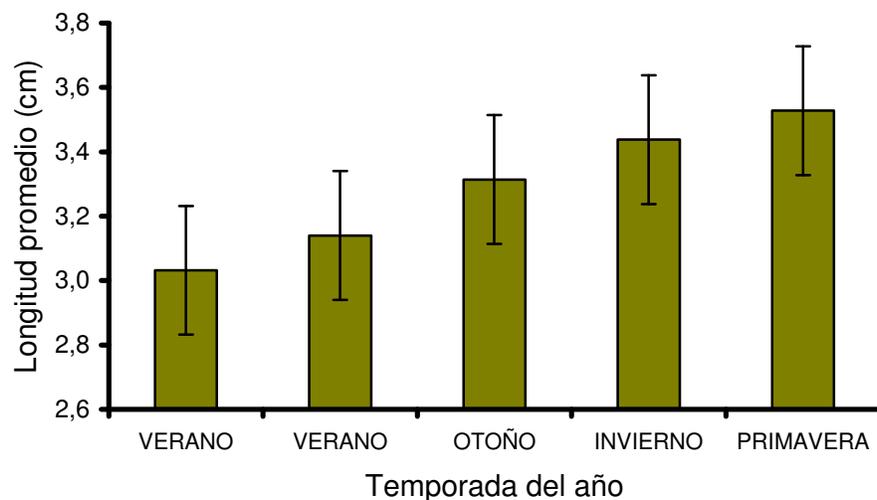


Fig. 18. Variaciones a lo largo del periodo de estudio del peso promedio para machos de *Heterandria bimaculata*.

El porcentaje de ganancia en peso promedio fue de 75%.

Se presentó un aumento en el registro de la longitud promedio de las hembras, el máximo fue al final del experimento con 4.65 cm en promedio en el mes de abril correspondiente a primavera, un mínimo de 3.58 cm en el mes de julio correspondiente al verano (Fig. 19).

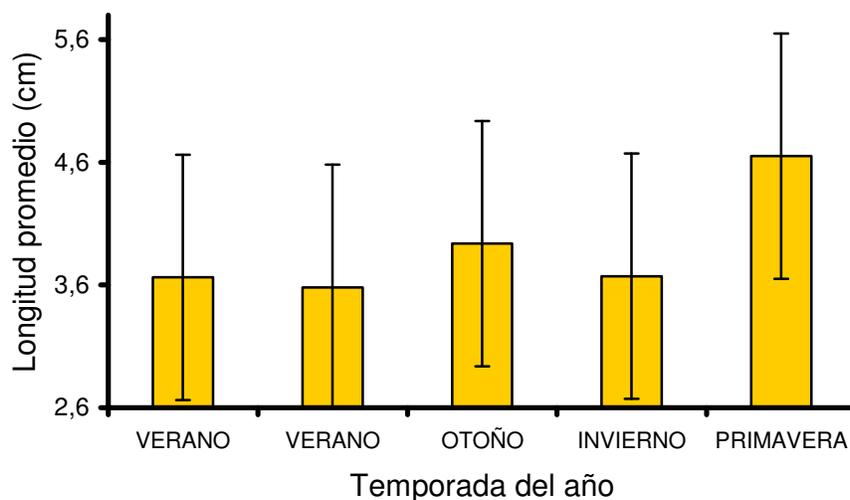


Fig. 19. Variaciones en la longitud promedio para hembras de *Heterandria bimaculata*.

El porcentaje de ganancia en longitud promedio para hembras fue de 27%.

Con respecto al peso promedio registrado a lo largo del periodo experimental para hembras, se presentó un máximo al final con 3.37 gramos en el mes de abril correspondiente a la primavera y un mínimo en el mes de septiembre correspondiente al verano con 1.35 g (Fig. 20).

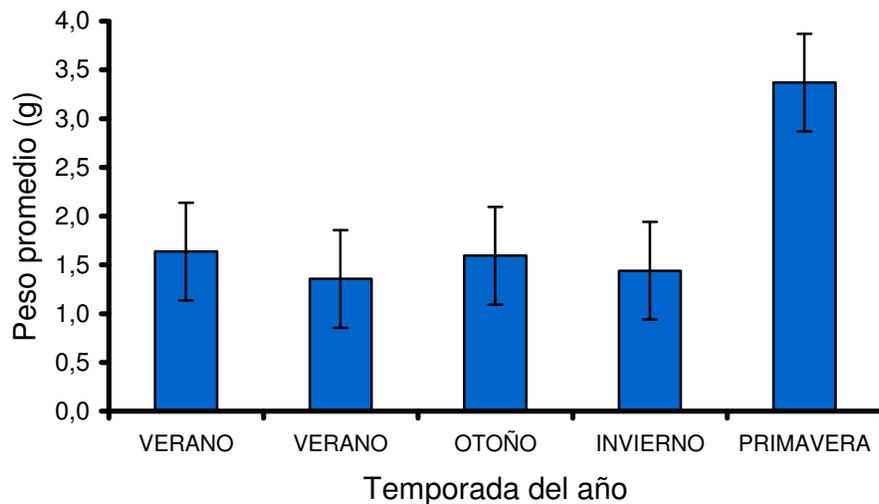


Fig. 20. Variaciones a lo largo del periodo de estudio del peso promedio para hembras de *Heterandria bimaculata*.

Factor de condición

El factor condición para los peces colectados del Lago del Xochimilco, antes de que fueran introducidos al estanque, para su aclimatación y reproducción fue de 2.15% al final de la experimentación fue de 2.40%, las variaciones que se presentaron durante el periodo de estudio son mostradas en la figura 21.

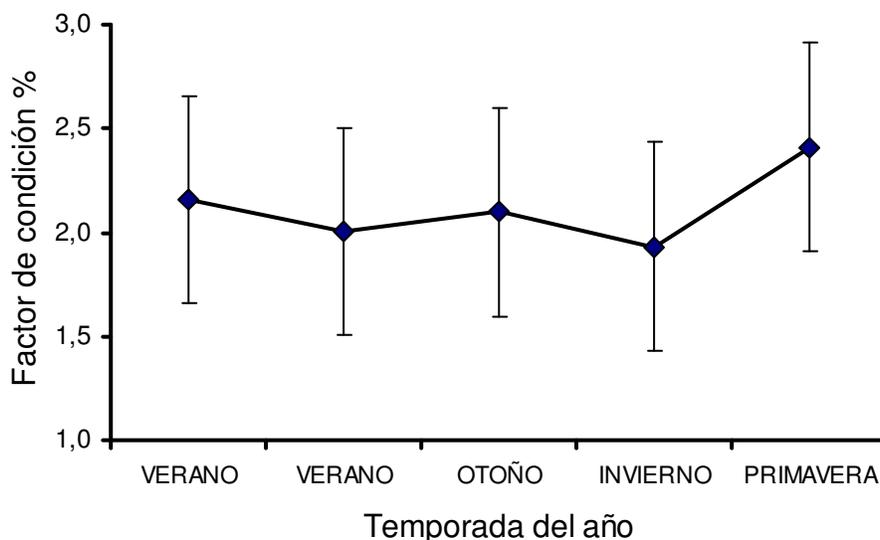


Fig. 21. Variaciones en el factor de condición de machos de *Heterandria bimaculata* a lo largo del periodo de estudio.

Hasta los primeros 169 días del periodo de estudio en el mes de enero en el invierno el factor de condición varió muy poco, indicando que los peces estaban aclimatándose a las nuevas condiciones de su hábitat en el estanque, después de los 169 días el factor de condición se elevó, lo que demostró que los peces lograron adaptarse a las condiciones del estanque y el bienestar de estos mejoró al final del periodo de estudio en el mes de abril al inicio de la primavera.

El factor de condición para las hembras antes de que fueran introducidos al estanque, para su aclimatación y reproducción fue de 3.33% al final de la experimentación fue de 3.35%, las variaciones que se presentaron durante el periodo de estudio son mostradas en la figura 22.

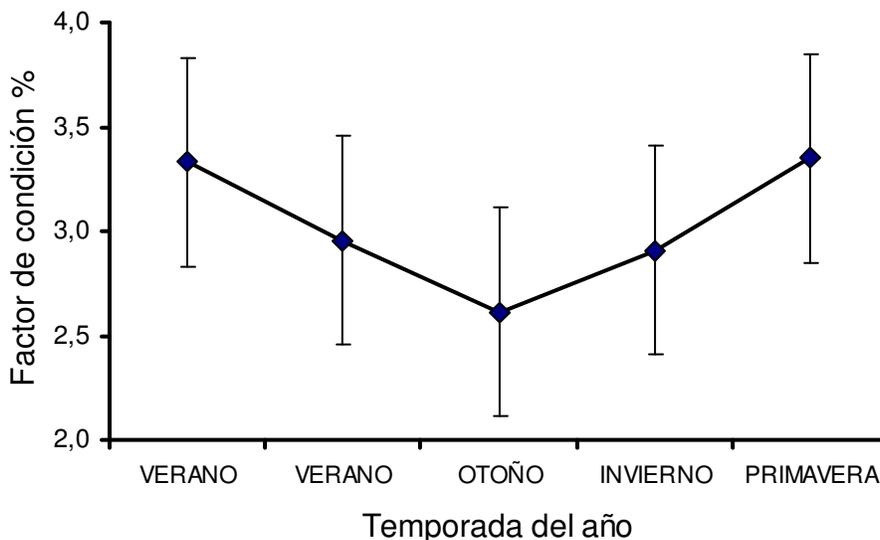


Fig. 22. Variaciones en el factor de condición para las hembras a lo largo del periodo de estudio.

Al inicio del periodo de estudio el factor de condición tuvo una caída hasta el mes de octubre durante el otoño, debido a la aclimatación y a las crías que expulsaban, desde este punto al final del periodo de estudio el factor de condición mejoró hasta regresar al valor inicial.

Fecundidad

El número total de elementos como lo son (ovocitos, ovocitos maduros y embriones) en la gónada de 21 hembras de 3.0 a 6.3 cm que fueron tomadas del estanque durante el periodo de estudio con respecto a la longitud (mm) se muestra a continuación en la figura 23.

El promedio general de elementos en la gónada fue de 37 con un mínimo de 14 y un máximo de 102. Se observó cuatro peces de longitudes variables con un mayor número de elementos en la gónada y que en promedio fue 81 con una mínima de 66 en una hembra con 50 mm de longitud y un máximo de 102 en una hembra de 53 mm de longitud (Fig. 23).

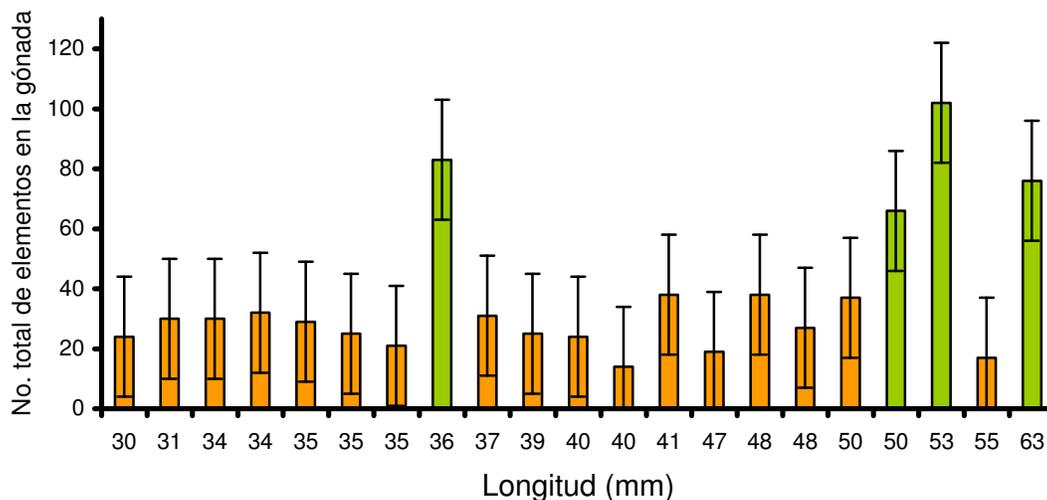


Fig. 23. Fecundidad absoluta con respecto a la longitud de *Heterandria bimaculata* durante el periodo de estudio.

El número total de elementos en la gónada de 21 hembras de 0.8 g a 4.38 g que fueron tomadas del estanque durante el periodo de estudio con respecto al peso (g) se muestra en la figura 24.

El promedio general de elementos en la gónada fue de 37 con un mínimo de 14 y un máximo de 102. Se observó cuatro peces de pesos variables con un mayor número de elementos en la gónada y que en promedio fue 81 con una mínima de 66 en una hembra con 2.46 g de peso y un máximo de 102 en una hembra de 1.74 g de peso.

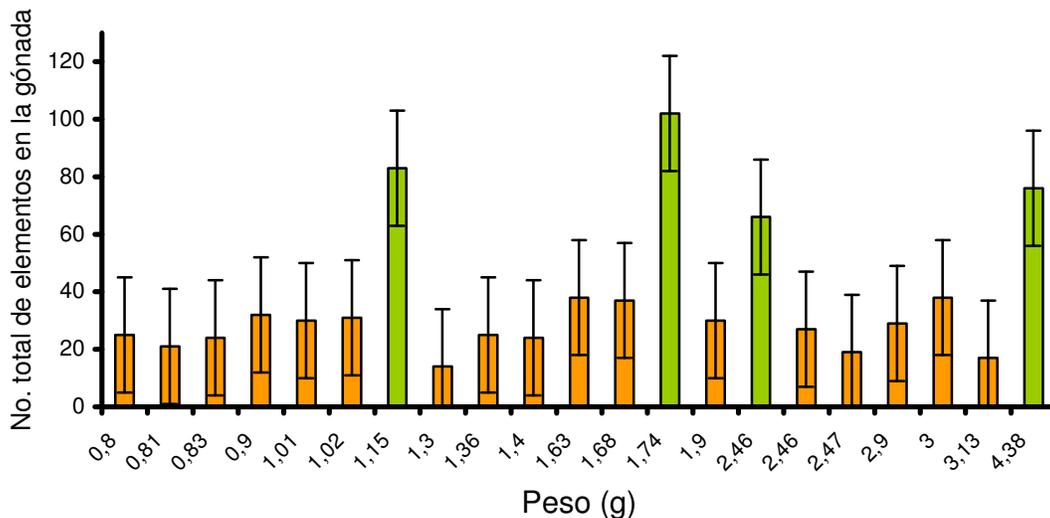


Fig. 24. Fecundidad absoluta de *Heterandria bimaculata* con respecto al peso durante el periodo de estudio.

Existen diferentes grados de desarrollo en los elementos de la gónada de las hembras con respecto a la longitud y estos fueron; ocho con 16 embriones en promedio, máximo de 38 en una hembra de 50 mm de longitud y mínimo de 14 en una hembra de 55 mm; hubo 11 hembras con 37 ovocitos maduros en promedio, máximo de 83 en una hembra de 36 mm de longitud y mínimo de 21 en una hembra de 35 mm de longitud; solo dos hembras con ovocitos, 102 en una hembras de 53 mm de longitud y 76 ovocitos en una hembra de 63 mm de longitud (Fig. 25).



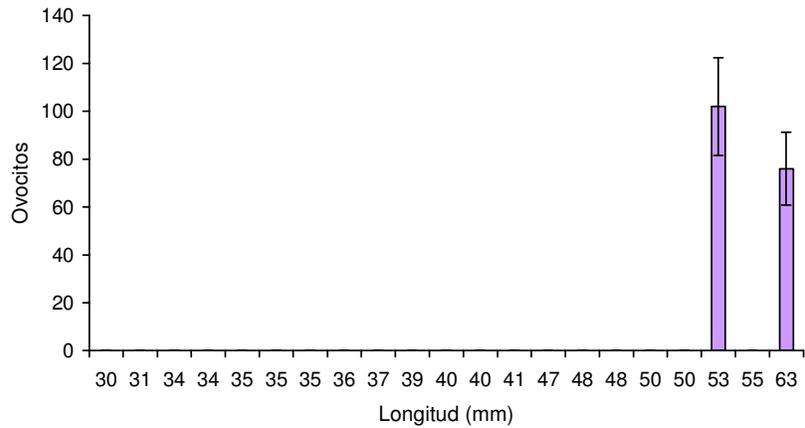
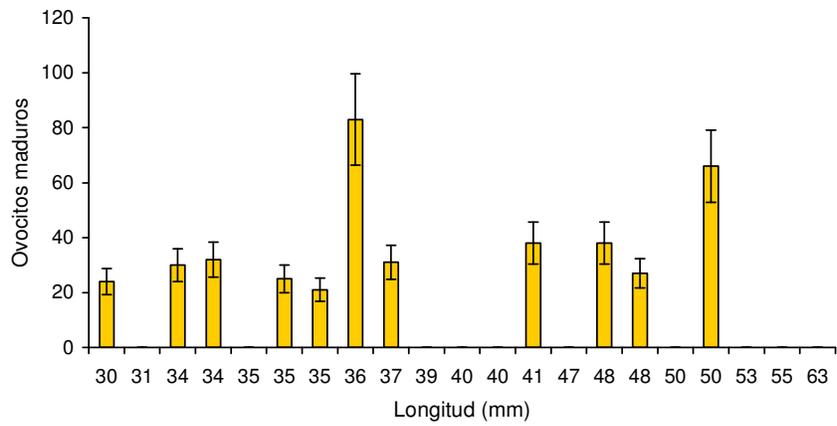
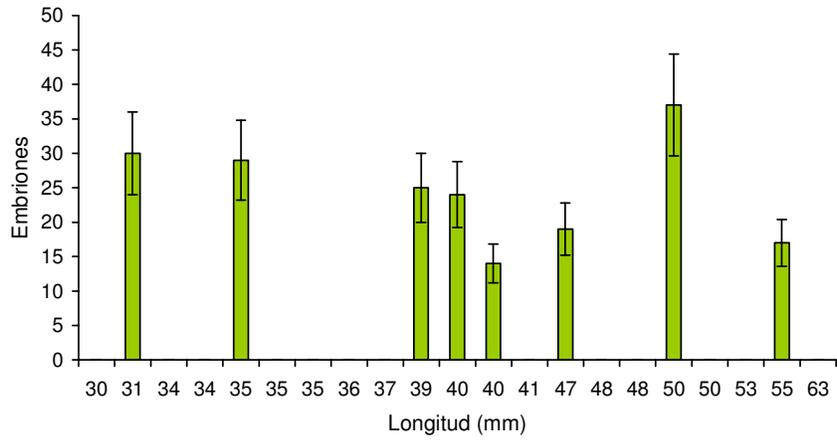


Fig. 25. Número de embriones, ovocitos maduros y ovocitos con respecto a la longitud de *Heterandria bimaculata*.

La descripción de los diferentes grados de desarrollo de los elementos de gónada con respecto a su peso fue: ocho hembras tuvieron 16 embriones en promedio, el máximo de 37 en una hembra de 1.68 g de peso y mínimo de 14 en una hembra de 1.3 g; 11 hembras con 19 ovocitos maduros en promedio, máximo de 83 en una hembra de 1.15 g de peso y mínimo de 21 en una hembra de 0.81 g de peso; solo dos hembras con ovocitos, 102 en una hembra de 1.74 g y 76 ovocitos en un hembra de 4.38 g (Fig. 26).

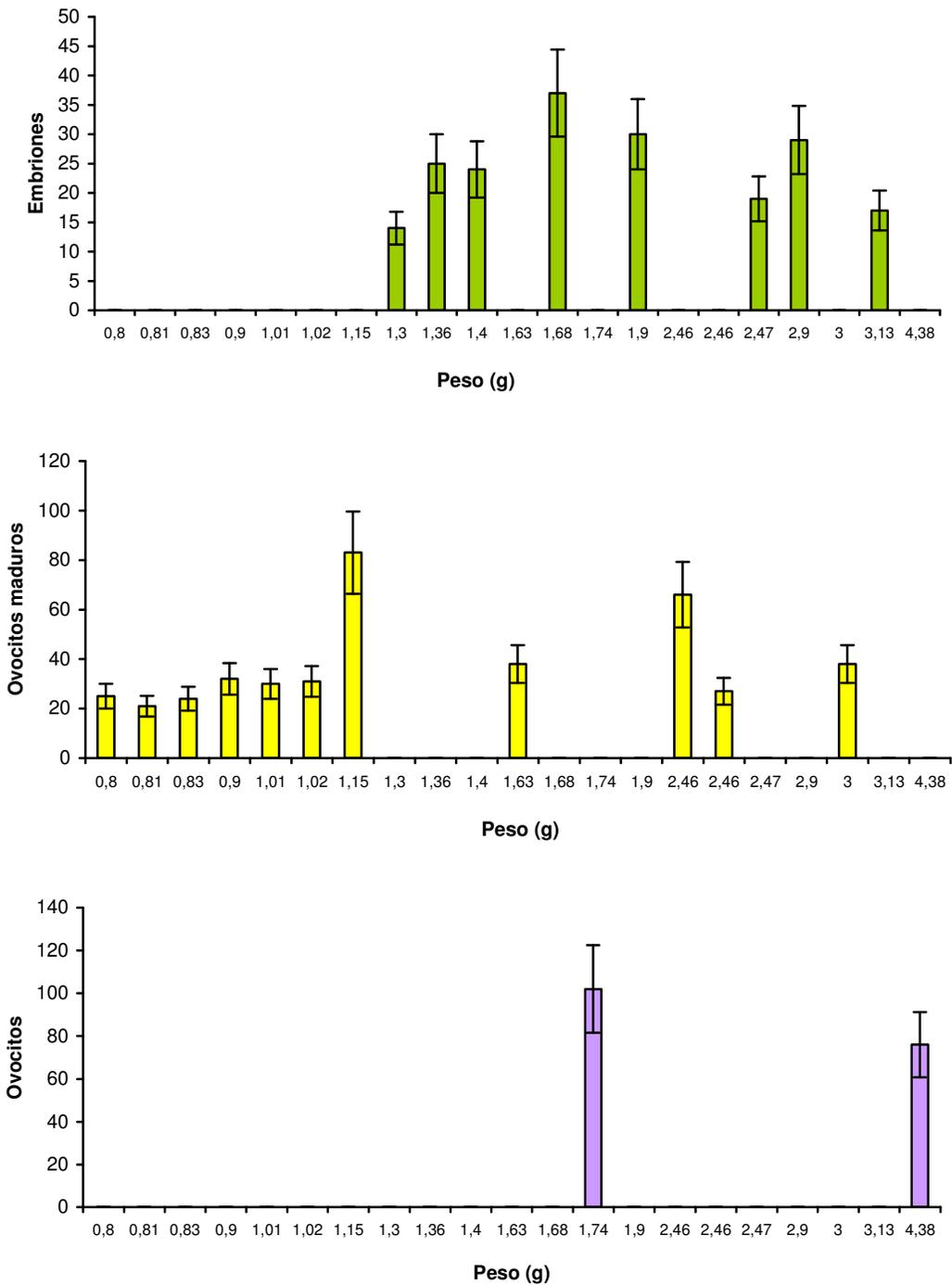


Fig. 26. Número de embriones, ovocitos maduros y ovocitos con respecto al peso de *Heterandria bimaculata*.

Estos resultados nos muestran que todas las 21 hembras estaban maduras sexualmente, aunque por su longitud y peso las mas grandes (53 y 63 mm de longitud) ya habían llevado a cabo la reproducción, nacimiento de crías y estaban comenzando a producir nuevamente ovocitos para iniciar la etapa

reproductiva, 11 hembras de 30 a 50 mm de longitud estaban en desarrollo de ovocitos maduros y ocho de 31 a 55 mm de longitud estaban a punto de nacer las crías por el desarrollo avanzado en que se encontraron los embriones. Todas las hembras excepto dos estaban en etapa reproductiva, lo que nos indica que habían expulsado a sus crías recientemente y estaban iniciando su etapa de madurez gonádica ya que tienen un peso y tamaño superior a otras hembras que tienen embriones.



Fertilidad

Existió una gran variabilidad en el número de embriones con respecto al peso de las hembras que vario de 1.3 g a 3.13 g, condición normal en peces ovovivíparos y vivíparos, de las ocho hembras con embriones, el promedio fue 16, mínimo de 14 embriones en una hembra 1.3 g de peso, máximo de 37 en una hembra de 1.68 g de peso (Fig. 27).

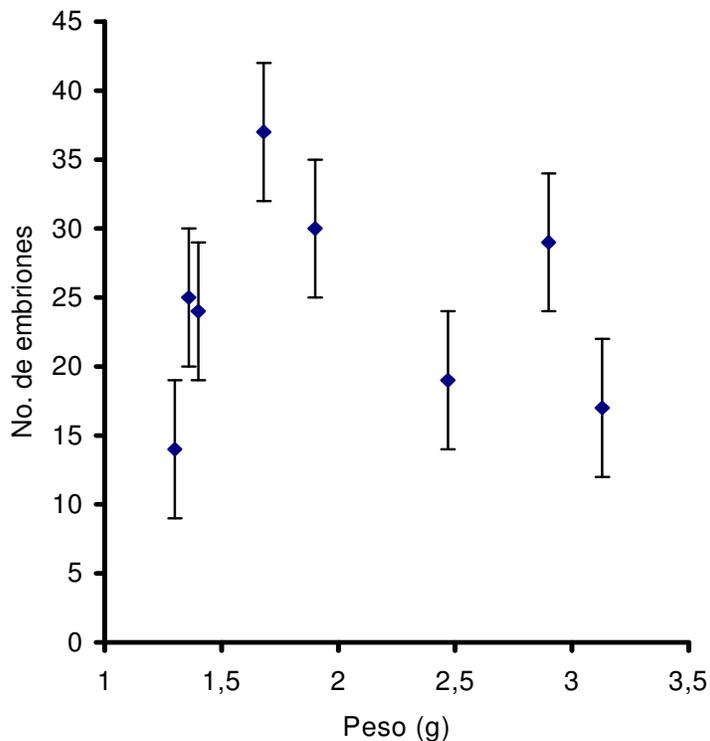


Fig. 27. Fertilidad con respecto al peso de hembras de *Heterandria bimaculata*.

Al igual que en la gráfica anterior, se observó una gran variabilidad en el número de embriones con respecto a la longitud, en hembras de 31 a 55 mm, el promedio de las ocho hembras con embriones fue 16, máximo de 37 en una hembra de 50 mm de longitud y mínimo de 14 en una hembra de 55 mm (Fig. 28).

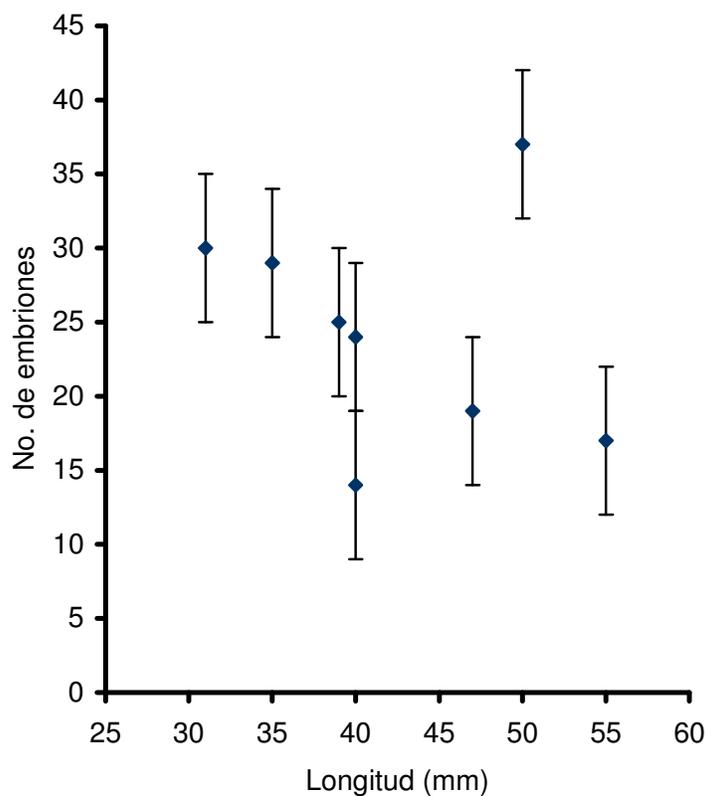


Fig. 28. Fertilidad con respecto a la longitud de hembras de *Heterandria bimaculata*.

Crías

Las crías cuantificadas a lo largo del periodo de estudio en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata* se presenta a continuación en la figura 29.

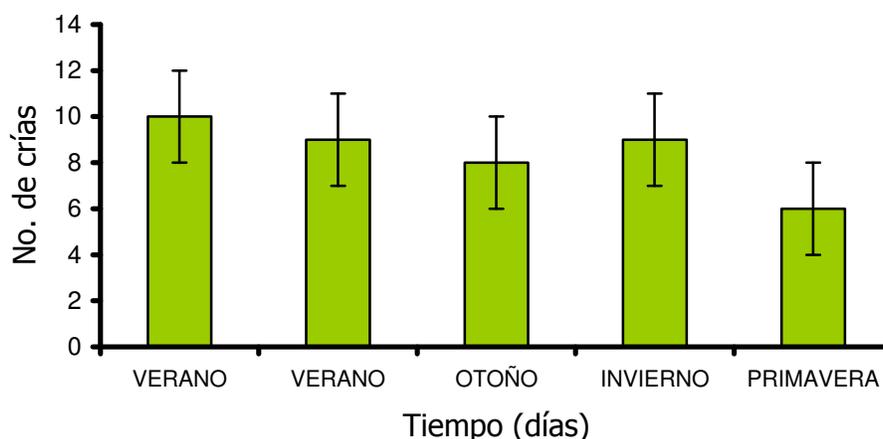


Fig. 29. Número de crías cuantificadas de *Heterandria bimaculata* a través del tiempo en el estanque donde se mantuvo al pez.

El número de crías colectadas por *Heterandria bimaculata*, fueron de un máximo de 10 crías a los cero días de registro en el mes de julio, correspondiente al verano y un mínimo de seis crías colectadas en abril a los 272 días de registro correspondiente a la primavera.

Al final del periodo experimental, después de 272 días de registro, se obtuvo en el estanque una producción total de 42 crías de *Heterandria bimaculata* de 20 hembras de 35 mm a 65 mm de longitud registradas al fin del periodo de estudio.

Con referencia a lo mostrado por los datos de fecundidad y fertilidad de *Heterandria bimaculata* se puede decir que en teoría 20 hembras de 30 mm a 63 mm pueden producir en promedio 180 crías cada 50 días y en 272 días 980 crías, por lo que el número de crías cuantificado al final del periodo de estudio fue muy bajo.

Esto se debió principalmente al método de captura y cuantificación de las crías ya que en el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata* la vegetación formada principalmente por “lentejilla” y algunas hojas o ramas de árboles que caían al estanque aumentaba rápidamente cada semana e impedían la captura y el conteo correcto de las crías, todo esto aunado a la depredación por larvas de insectos, aves y serpientes o canibalismo.

Composición específica y valor comercial del microcharal

Se tomaron tres muestras del mercado Emilio Carranza, de las cinco especies identificadas, la más abundante fue *Poecilia latipunctata* con 83%; tamaño promedio 30 mm oscilando de 17 mm como mínima longitud hasta 56 mm que fueron las tallas mayores y en peso el promedio fue de 0.64 g con un mínimo de 0.27 g y máximo 2.53, siguió *Poecilia sphenops* con 10%; tamaño promedio de longitud de 38 mm con un mínimo de 21 mm y máximo 46 mm, un peso promedio de 0.71 g máximo 3.39 g y mínimo 0.24 g *Heterandria bimaculata* con 5%; tamaño promedio fue de 25 mm máximo de 60 mm y mínimo de 23 mm, con respecto al peso el promedio es de 0.71g máximo 3.39 y mínimo de 0.24, *Astyanax fasciatus* 2%; promedio en longitud de 25 mm mínimo de 20 mm y máximo de 30 mm, con 0.38 g de peso promedio mínimo de 0.23 g y máximo de 0.8 g, *Xiphophorus helleri* con 0.4%; 40 mm de longitud promedio máximo de 52 mm y mínimo de 30 mm, un peso promedio de 0.73 g, máximo 1.12 g y mínimo de 0.86 g y *Cichlasoma nigrofasciatum* 0.07%; longitud promedio de 33 mm máximo 37 mm y mínimo 26 mm, un peso promedio de 0.77 g máximo de 1.25 g y mínimo de 0.86 g (Fig. 30).

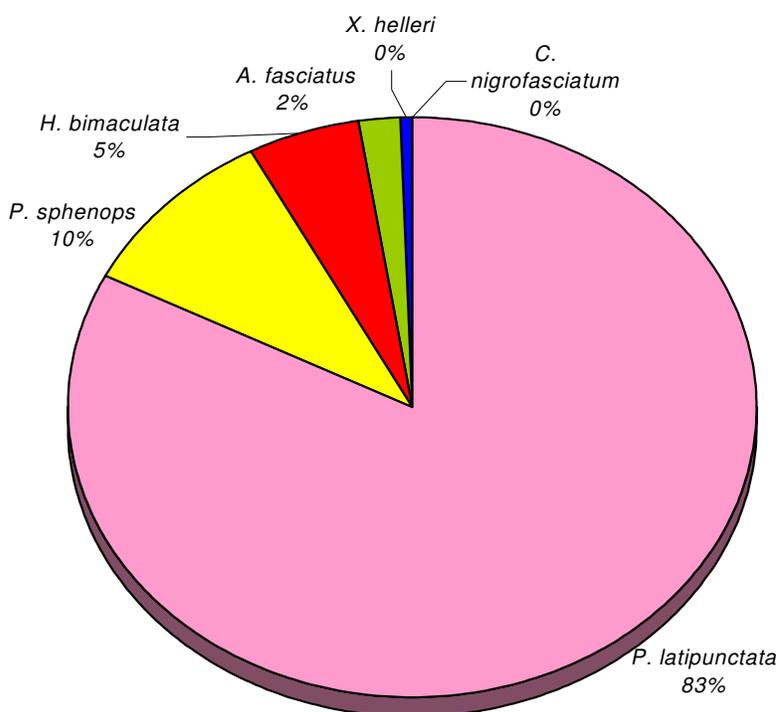


Fig. 30. Abundancia relativa de especies forrajeras del Mercado Emilio Carranza.

Se determinó durante diferentes fechas del año que la composición específica siempre se conservó a excepción de *X. helleri*, es decir, se presentaron las mismas especies y aunque el porcentaje varió poco, *H. bimaculata* siempre ocupó el tercer lugar en importancia relativa (Fig. 31).

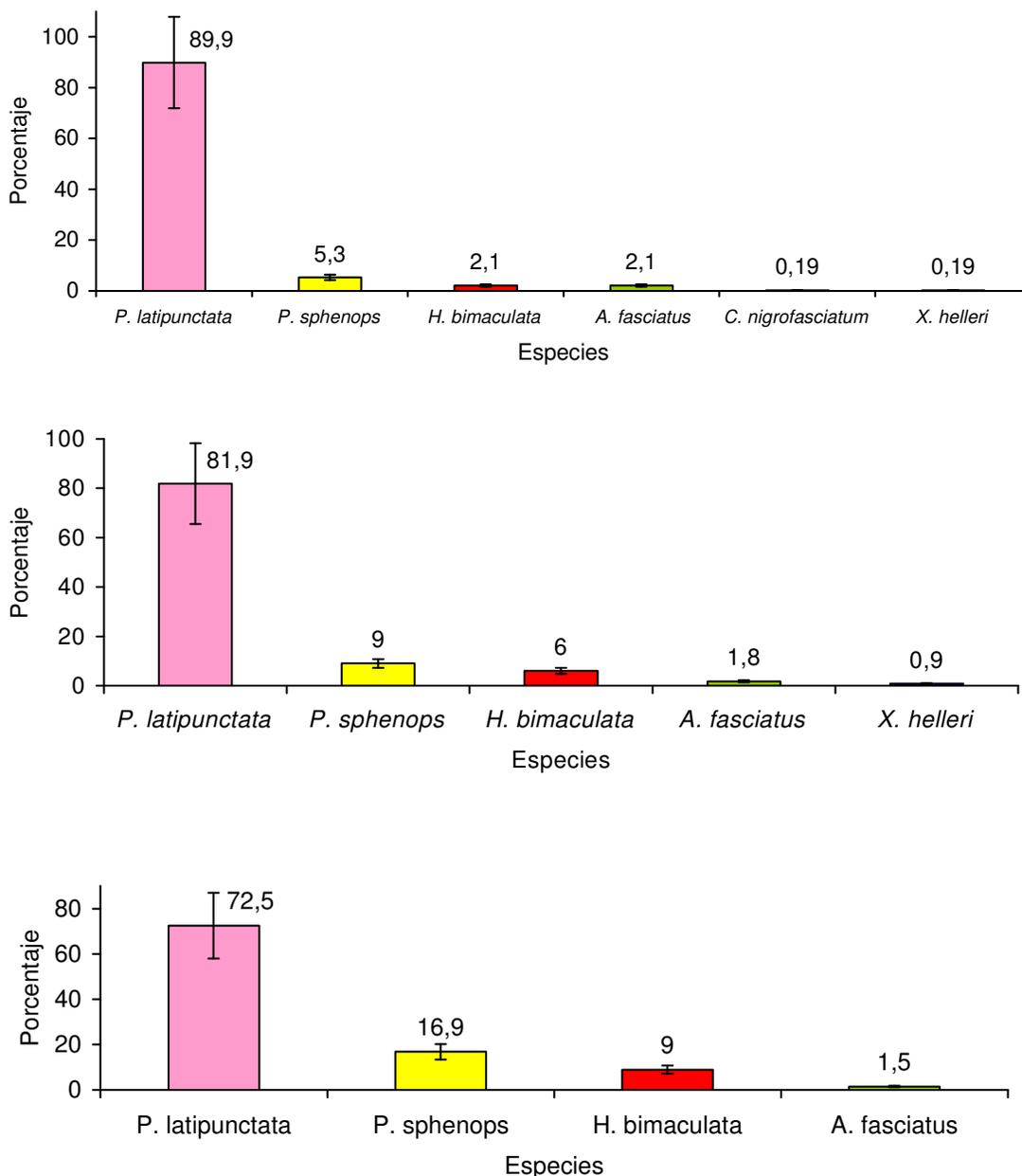


Fig. 31. Abundancia relativa por especie de peces forrajeros "microcharal" comprados en el Mercado Emilio Carranza.

De los muestreos realizados en el “Corral”, se determinaron tres especies; *P. latipunctata* con porcentaje de 71%; promedio general en longitud fue de 28 mm con un mínimo de 12 mm y máximo de 56 mm, con respecto al peso el promedio fue de 0.62 g mínimo de 0.23 g y máximo de 2.16 g, *P. reticulata* con 24%; promedio de longitud fue de 24 mm con un mínimo de 15 mm y máximo de 29 mm y *H. bimaculata* con 5%; promedio en longitud de 33 mm un máximo de 46 mm y un mínimo de 19 mm, con respecto al peso el promedio fue de 0.67 g un mínimo de 0.28 y máximo de 3.09 g (Fig. 32).

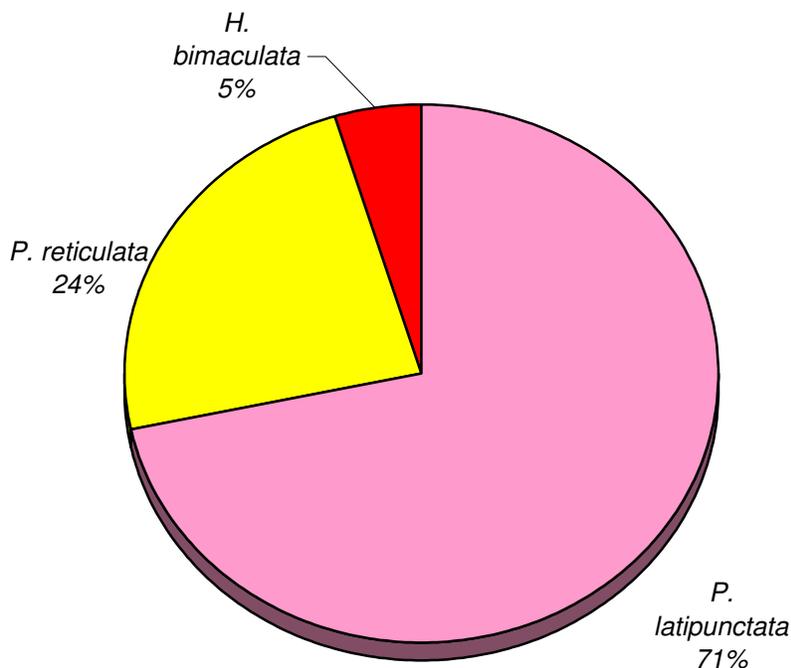


Fig. 32. Abundancia relativa de especies forrajeras del “Corral”.

Durante las diferentes fechas de muestreo del Centro de Producción “El Corral” se determinó como la especie más abundante a *P. latipunctata* y *H. bimaculata* ocupó al igual que en el Mercado Emilio Carranza el tercer lugar de abundancia relativa (Fig. 33).

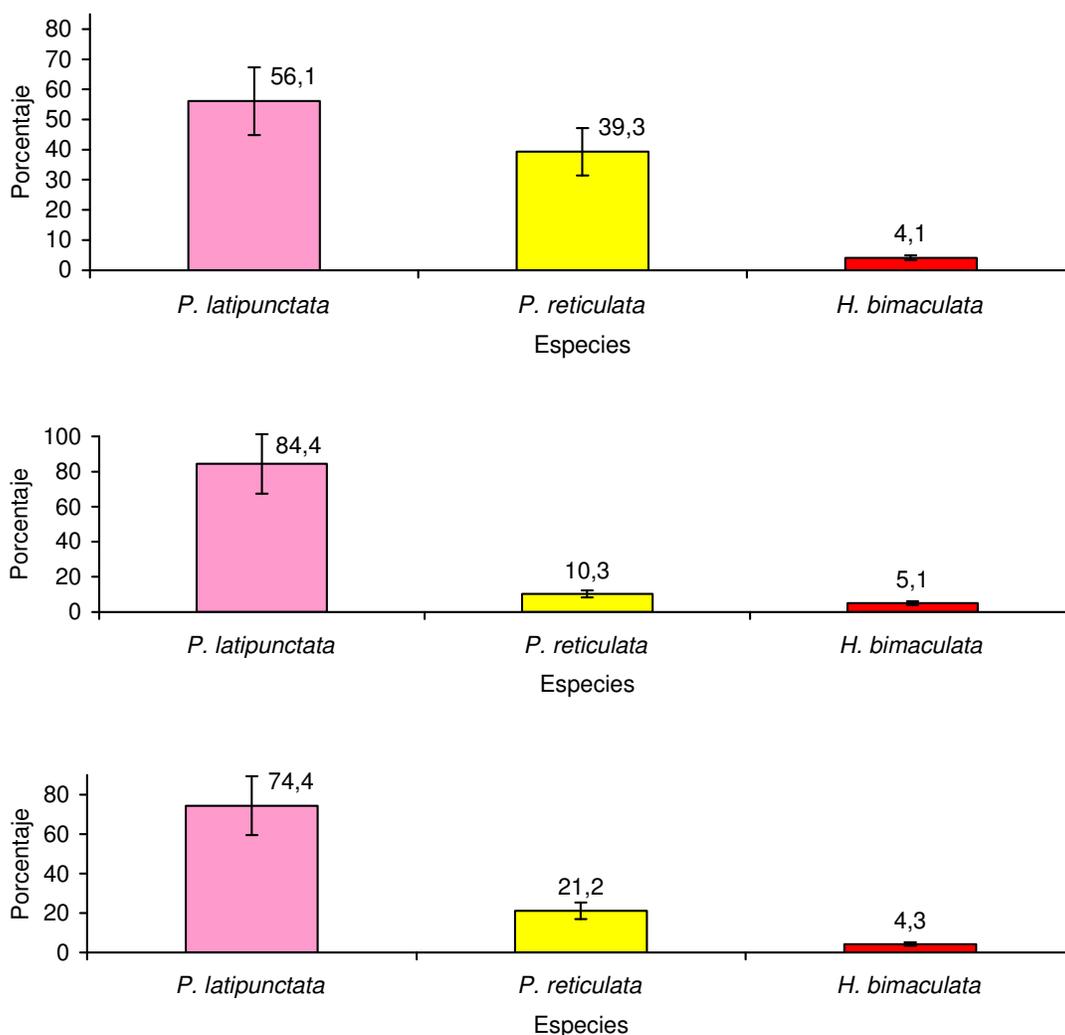


Fig. 33. Abundancia relativa por especie de peces forrajeros "microcharal" comprados en "El Corral".

Cabe señalar que existieron diferencias en la composición por especie entre los diferentes centros de distribución, ya que fue mas rico en especies el "microcharal" proveniente del Mercado Emilio Carranza que el del "Corral" con solo tres especies.

De los acuarios comerciales se pudo observar que sólo tres especies fueron las vendidas como "microcharal", de las cuales la mas abundante fue *P. latipunctata* con 42%; el promedio en longitud fue de 43 mm con un mínimo de 23 mm y máximo de 59 mm, con respecto a su peso el promedio es de 1.27 g, mínimo de 0.42 g y máximo de 2.40, le siguió *P. reticulata*; el promedio en

longitud fue de 36 mm con un mínimo de 22 mm y máximo de 43 mm en el peso un promedio de 1.35 g, mínimo de 0.38 g y máximo de 2.37 y *H. bimaculata* con el 29%; el tamaño promedio fue de 43 mm con un mínimo de 26 mm y un máximo de 62 mm, el peso promedio fue de 2.17 g, mínimo de 0.48 g y máximo de 3.70 g (Fig. 34).

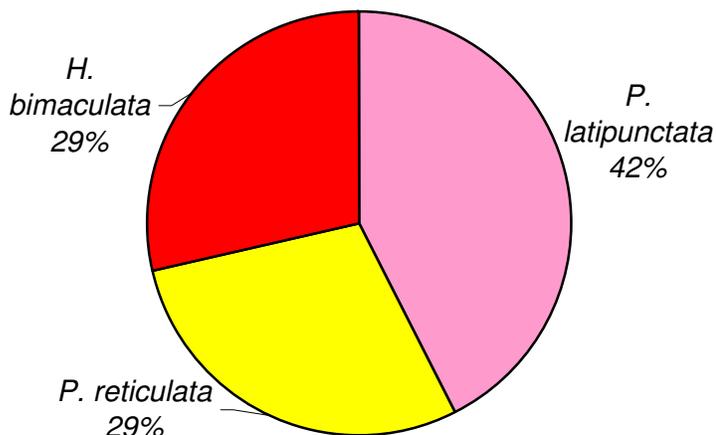


Fig. 34. Abundancia relativa de peces forrajeros de acuarios del Área Metropolitana.

Las tres especies encontradas en acuarios comerciales son la mismas que en el “Corral”, *P. latipunctata* y *H. bimaculata* también se encontraron en las muestras del Mercado Emilio Carranza y en todos los casos estas dos especies ocupan el mismo lugar en importancia relativa aunque existen diferencias en el tamaño y peso de los peces determinados en acuarios comerciales, con respecto a los centros de distribución.

Existen diferencias en el porcentaje entre acuarios comerciales del área Metropolitana, en el sur la especie más abundante fue *P. reticulata* con 38.2%, le siguió *H. bimaculata* con 36.1% y al final *P. latipunctata* con 25.5%; en la zona centro la más abundante fue *P. latipunctata* con 40.4%, seguida de *H. bimaculata* con 35.7% y al final *P. reticulata* con 23.8%; en la zona norte *P. latipunctata* fue la más abundante con 61.2%, *P. reticulata* con 21.4% y al final *H. bimaculata* con 14.2% (Fig. 35).

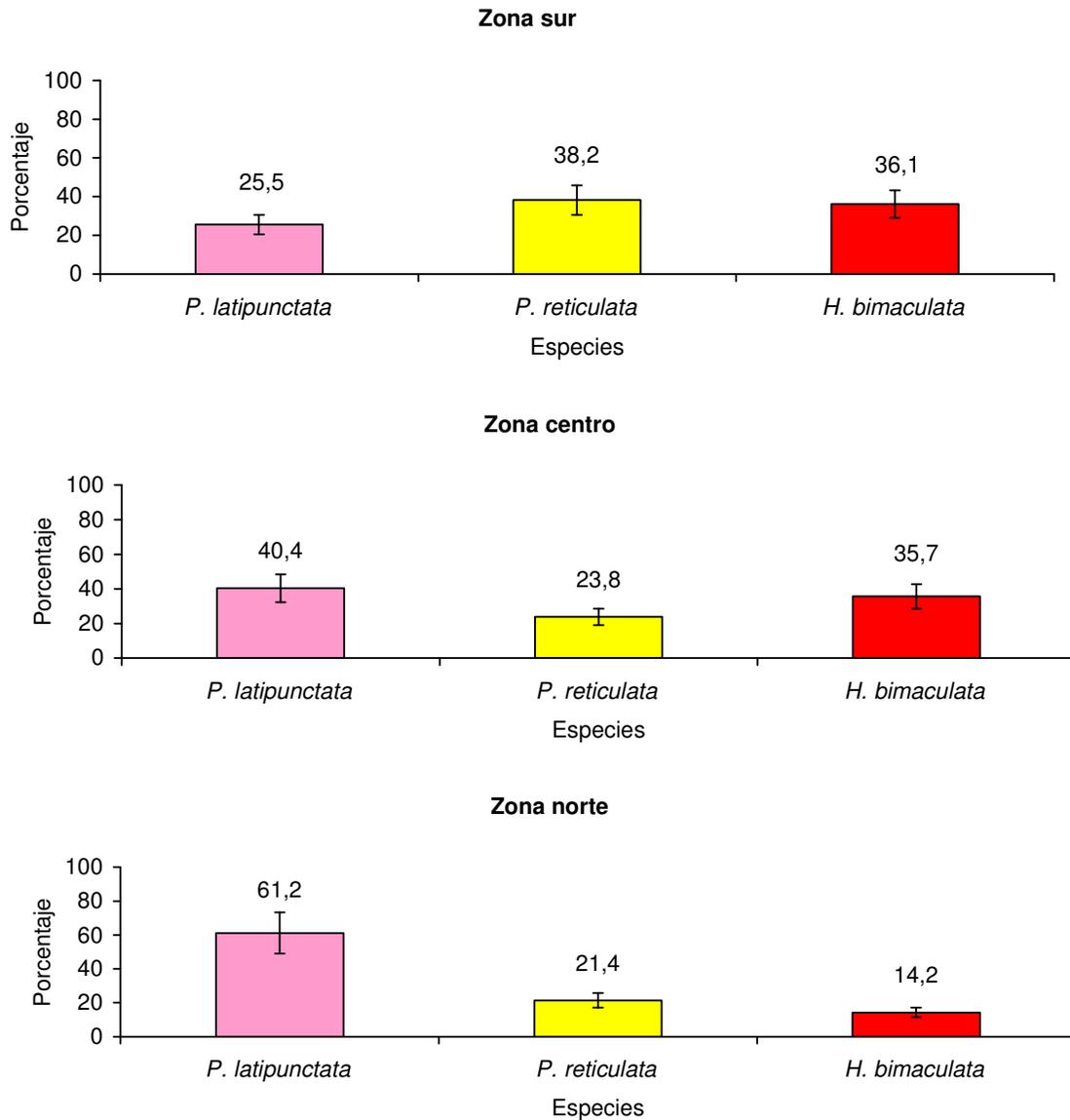


Fig. 35. Abundancia relativa por especie de peces forrajeros “microcharal” comprados en algunos acuarios comerciales del Área Metropolitana.

Los peces “microcharal” fueron comprados en los centros de distribución por bolsas de millar y en los acuarios comerciales solo se consiguieron por bolsitas de 20 a 30 peces.

El número máximo de peces provenientes del Mercado Emilio Carranza en bolsas de un millar fue de 650, el mínimo de 593 y un promedio de 617; con respecto al mercado el “Corral” el número de peces aumentó, el promedio fue de 808, máximo de 845 y el mínimo de 801.

En la Tabla 3, se observa que el precio por “millar” de “microcharal” en el mercado Emilio Carranza fue de \$90 pesos, de tres muestreos se obtuvo que el promedio de “microcharal” en bolsas de un millar es de 551 con un costo de \$ 90 pesos, por lo que cada pez tuvo un costo promedio de \$ 0.14 pesos en el mercado Emilio Carranza equivalente a \$14 centavos; en el “Corral” el costo por millar fue menor de \$80 pesos con un mayor número de peces con respecto al mercado Emilio Carranza de 808 peces/millar por lo que cada pez tuvo un costo de \$ 0.09 pesos equivalente a \$ 9 centavos.

Tabla 3. Precio/millar de “microcharal” en el mercado Emilio Carranza y en el “Corral”.

# peces/muestra Emilio Carranza	Precio/millar	# peces/muestra “Corral”	Precio/millar
650	\$ 90 pesos	815	\$ 80 pesos
593	\$ 90 pesos	808	\$ 80 pesos
610	\$ 90 pesos	801	\$ 80 pesos
Promedio 617	\$ 90 pesos	Promedio 808	\$ 80 pesos

En los acuarios comerciales el “microcaharal” fue comprado en bolsas que contenían en promedio 27 peces con un costo promedio de \$ 6.6 pesos, por lo que cada pez costo \$ 0.24 pesos equivalente a \$ 24 centavos (Tabla 4.).

Tabla 4. Precio/pez “microcharal” en acuarios comerciales.

# peces/muestreo	Precio
28	\$ 7 pesos
30	\$ 8 pesos
25	\$ 5 pesos
Promedio 27	\$ 6.6 pesos

DISCUSIÓN

La calidad del agua del Lago de Xochimilco se ha deteriorado debido al crecimiento de la mancha urbana, así como al tratamiento y recanalización de aguas residuales, impidiendo que estas sean utilizadas para procesos agrícolas, industriales o cría de peces comestibles (Ávila, 2000). Este alto grado de contaminación ha provocado que muchas especies nativas hayan desaparecido y otras estén en peligro, por lo contrario especies introducidas como *H. bimaculata* que es útil como fauna forrajera ha alcanzado un alto desarrollo poblacional.

La acuicultura abre camino al cumplimiento de los objetivos múltiples del desarrollo de las comunidades rurales, desarrollo ecológico, económico y social como un mismo proceso y permite aprovechar los ciclos naturales, asegurándose una administración del ambiente, su conservación y regeneración (Olmos, 1990).

Por ello se propone como recurso sustentable a *Heterandria bimaculata* que es la especie mas abundante en los canales del Lago de Xochimilco gracias a su capacidad de resistir las condiciones de las aguas contaminadas, por lo cual es viable su reproducción masiva, su extracción y venta en acuarios como especie de forraje; siempre y cuando esta producción sea en un espacio controlado, evitando así, la libre reproducción de estos peces en todos los canales de Xochimilco y la aceleración de los procesos que causan la pérdida de las especies endémicas (Ávila, 2000).

El presente estudio, contribuye a la investigación del gupy en Xochimilco como ejemplo de una especie introducida en los sistemas acuáticos y que ha contribuido a la desaparición de especies nativas, a pesar de ello hay que estudiarla y dar alternativas, en este caso, hacia los lugareños del Lago de Xochimilco ya que este pez es un recurso potencial y tiene valor y demanda comercial.

Parámetros fisicoquímicos

La temperatura media anual en la zona del Lago de Xochimilco es de 15 °C (INEGI, 2006). El comportamiento de la temperatura del agua a lo largo del año presenta diferencias de acuerdo a las estaciones del año, Olvera (2004) registró una temperatura del agua en los canales máxima de 23 °C en el mes

de mayo y en diciembre a más baja con 15.2 °C. Estos valores presentan ligeras diferencias con respecto a lo registrado en este estudio, debido a la capacidad de volumen de agua (8100 L) y la profundidad del estanque (1 m), en el que se registró un mínimo de 17.1 °C, máximo de 20 °C y promedio de 18 °C explicado por la propiedad del agua de acumular calor y balancearlo a través de la evaporación principalmente.

Con respecto a la temperatura del agua que tolera esta especie, Otto (1973 en Meffe y Snelson, 1983), reporta que para la familia Poeciliidae el intervalo de tolerancia de temperatura oscila de 0.5 a 38 °C, y también como lo menciona Schmitter-Soto (1998), habita en aguas frías o cálidas, por lo que se puede considerar que el intervalo de temperaturas obtenidas durante el periodo de estudio en los estanques (18.9 °C en promedio mínimo de 17 °C y máximo de 20.4 °C) fueron adecuadas para el desarrollo de esta especie.

No existen datos específicos de pH adecuado para *H. bimaculata*, pero para *Xiphophorus helleri* especie con muy parecidas tolerancias a *H. bimaculata* se mantiene adecuadamente con un pH que oscila entre 7 y 7.4 (Marty y Couto, 1983), con lo que se puede esperar que los valores registrados en los que fue mantenida la especie objeto de estudio (promedio 8.02, mínimo 7.7, máximo 9.5) no afectaron su desarrollo, ya que el valor promedio obtenido no varió en más de una unidad con respecto al promedio comparado. Valores semejantes fueron registrados por Olvera (2004), quien registró un pH promedio en sus mediciones de 8.4, un mínimo de 8.0 y máximo de 8.9 en los canales del lago de Xochimilco. Lo que muestra que el pH del estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata* no presentó variaciones significativas con respecto a los canales.

Con respecto al oxígeno disuelto Kramen (1981 en Maffe y Snelson, 1983), menciona que los pecilidos están adaptados a condiciones hipóxicas ya que los organismos de la familia en forma general viven en la interfase agua-aire es posible que puedan soportar concentraciones de oxígeno disuelto de aproximadamente 1 mg/l, por lo que se considera que el intervalo registrado en el estanque es adecuado para el desarrollo de *Heterandria bimaculata*, ya que se obtuvieron valores en la concentración de oxígeno más altos durante todo el periodo de estudio (promedio de 7.6 mg/l, mínimo 7 mg/l, máximo 8.5 mg/l). Adicionalmente Olvera (2004) registró valores de oxígeno disuelto más altos en los canales que permiten el adecuado desarrollo de la especie en estos (promedio 14.1, mínimo 9.5, máximo 19.5).

De acuerdo con lo anterior se puede decir que los datos obtenidos en los parámetros fisicoquímicos indican que el estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata* tuvo las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de esta especie y de organismos que lo habitan, aunque no son los ideales como consecuencia de la ubicación geográfica del Lago de Xochimilco. Se debe tomar en cuenta que este organismo tiene gran flexibilidad y se adapta a diversas condiciones medioambientales, aunque no sean las óptimas para su crecimiento, desarrollo y reproducción.

Composición y abundancia de zooplancton

El clima de Xochimilco de acuerdo a la clasificación de Köepen, modificada por García (1973), es templado subhúmedo con moderado grado de humedad, lluvias en verano y parte del otoño, por lo cual el sistema acuático del Lago de Xochimilco presenta características de lugares templados.

Esto tiene como consecuencia que la composición y abundancia del zooplancton cambie de acuerdo a la temporada. Las variaciones de biomasa húmeda registradas en el estanque donde se mantuvo a *H. bimaculata* durante el periodo de estudio muestra dos máximos, uno durante el mes de enero y otro en el mes de julio lo que coincide con el comportamiento del ciclo de producción de los alimentos en zonas de clima templado (Wetzel, 2001).

Las características del estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata* y los organismos encontrados en las muestras de zooplancton coinciden con lo escrito por Margalef (1983) para España, ya que menciona que la concentración y las características del alimento disponible definen los grupos dominantes, cuyas poblaciones se ajustan a las condiciones existentes. Por ejemplo embalses con agua más eutrófica son más ricos en fitoplancton en general y en especial en sus elementos de menor tamaño, con lo que favorece más a los cladóceros que a copépodos. Esto puede observarse retomando la figura 10, donde se aprecia que el zooplancton del estanque estuvo compuesto por cladóceros principalmente y en menor proporción por copépodos.

Margalef (1983), también describe que en estos cuerpos de agua, la composición del plancton de crustáceos manifiesta regularidades que parecen sencillas. Como representantes de los cladóceros hay generalmente una *Daphnia*, a veces *Cerodaphnia*, casi siempre *Bosmina* y dentro de los copépodos es regular encontrar algún (ciclópido) carnívoro grande (*Cyclops*),

organismos que corresponden a lo encontrado en las muestras de zooplancton del estanque donde se mantuvo a *Heterandria bimaculata*, ya que se encontró a *Daphnia* en un 22% del total de los géneros, *Ceriodaphnia* con 26%, *Bosmina* 13% y *Cyclops* con 8%, adicionalmente *Pleuroxus* 8%, anfípodos del género *Hyaella* 15% y finalmente otro copépodo del género *Limnocalanus* 8%.

Después de la fertilización con vegetación natural (“lirio acuático”, “lentejilla” y “cola de zorra”) que se hizo en el estanque al inicio del periodo de estudio, el proceso de maduración se evidenció con las muestras de zooplancton, ya que después de la alta producción de fitoplancton natural que hay durante la primavera, se propició el aumento de organismos zooplanctónicos (Margalef, 1983), esta sucesión se aprecia a través de la figura 11 a 17, donde el número de los zooplanctontes encontrados aumenta después de la producción fitoplanctónica para después disminuir y al final del periodo de estudio estabilizarse.

Aunque no fue un objetivo del presente trabajo determinar la dinámica trófica de *Heterandria bimaculata*, se realizaron observaciones en el contenido estomacal y se observó que consumió una gran cantidad de organismos zooplanctónicos, correspondientes a géneros presentes en las muestras de zooplancton, crustáceos como anfípodos del género *Hyaella* con un 15%; cladóceros del género *Daphnia* con 12%; copépodos del género *Limnocalanus* con el 3% y *Cyclops* 3%, larvas de insectos dípteros del género *Chironomus* con el 66%; determinando que se alimenta principalmente de insectos, tal y como lo señala Trujillo-Jiménez (1998), esto demuestra que los gupys explotan diversos alimentos, ya que existen dentro del tracto digestivo una mezcla de invertebrados acuáticos (Meffe y Snelson, 1989), adaptándose al medio en el que se encuentren.

Heterandria bimaculata es considerada por Trujillo-Tobar y Paulo-Maya (1999), como carnívora debido a un alto porcentaje de ingestión de insectos en ambientes naturales no contaminados, también puede alimentarse de crustáceos bénticos (Schmitter-Soto 1998.), adaptaciones que le permiten ser peces muy prolíficos.

En este estudio *Heterandria bimaculata* en el Lago de Xochimilco se confirma que es carnívora por comer proteínas de origen animal, es un consumidor de segundo orden por alimentarse de zooplancton y ocupa el tercer nivel trófico en la estructura del Lago de Xochimilco.

Índice de Mortalidad

Existió un alto grado de mortalidad a causa de la depredación natural por serpientes, aves, larvas de odonatos y ranas o al grado de estrés que fueron sometidos durante el periodo de encierro y no a las características fisicoquímicas del estanque, a enfermedad alguna o falta de alimento, ya que *Heterandria bimaculata* tiene una gran flexibilidad de adaptación a ambientes con condiciones extremas (Guzmán-Santiago y Olvera-Soto, 1996).

El factor de condición mostró que al final del periodo de estudio, que correspondió a principios de la primavera, el bienestar de los peces mejoró, ya que en mayo al comenzar la época de lluvias, aumentó la abundancia de insectos que es el alimento preferencial de *Heterandria bimaculata* (Guzmán-Santiago y Olvera-Soto *op. cit.*), también como lo menciona, el factor de condición se vio afectado por el contenido de huevos presentes en la gónada y las condiciones ambientales, así: altos valores de temperatura aumentan el peso, debido al crecimiento de los embriones dentro de las gónadas y sobre todo cuando el periodo reproductivo es más alto, por lo tanto, existe una disminución del factor de condición hacia los meses fríos, debido al gasto energético ocupado para el crecimiento de las crías y a las condiciones medioambientales adversas (Gómez-Márquez *et al.*, 1999).

El controlar la depredación es un factor que se deberá tomar en cuenta para evitar la mortalidad, si se planea su comercialización o producción, ya que este efecto repercutió en los registros de longitud y peso, en donde se observó una disminución en ambas variables, es decir, al morir los peces más grandes los registros periódicos se verán afectados.

Fecundidad y fertilidad

Con respecto al análisis de la gónada se considera a *Heterandria bimaculata* como un organismo no superfetado, es decir que cuando ocurre la fecundación todos los óvulos son fertilizados y su desarrollo es al mismo tiempo, mientras que las hembras superfetadas poseen la capacidad de tener óvulos fecundados en diferentes etapas de desarrollo, dando origen a organismos en diferentes tiempos (Meffe y Snelson, 1989).

Considerando la fecundidad, como el número total de elementos presentes en la gónada, en todas las etapas de desarrollo, al tiempo en el que el pez fue

preservado (Schoenherr, 1977), se determinó que hembras de 30 mm a 63 mm de longitud y 0.8 g a 4.38 g de peso fue en promedio de 37 elementos, 14 como mínimo y 102 como máximo, pero se registraron hembras excepcionales de 1.74 g y 53 mm que tuvieron 102 ovocitos, hembras de 1.15 g y 36 mm que tuvieron 83 huevos maduros y hembras de 1.68 g y 50 mm, desarrollaron 37 embriones, esto demuestra que estos peces fueron también muy prolíficos en el lago de Xochimilco, tal y como Vega-Cendejas *et al.* (1997) en la península de Yucatán lo han determinado.

La fertilidad de *Heterandria bimaculata* entendida como el número de embriones en la gónada llevados por la hembra al momento de su captura y preservación (Schoenherr, 1977), fue de 16 embriones en promedio, variando de 14 hasta 37 embriones para hembras de 31 a 55 mm y de 1.3 a 3.13 g, esto difiere a lo descrito por Reza-Ureta y Díaz-Pardo (1994) donde hembras de 40-50 mm tienen en promedio 23 embriones, las de 51-60 mm 38 y las de 60-70 mm 37 embriones, también difiere a lo mencionado por Gómez-Márquez *et al.* (1999) donde describen que para hembras de 56 a 64 mm de longitud patrón, el promedio fue de 40 embriones en un ambiente con temperatura promedio de 26.2 °C como lo es la laguna “El Rodeo” en el estado de Morelos a diferencia de las características ambientes predominantes en el Lago de Xochimilco que fueron de 18.9 °C en promedio, lo que impide que se alcancen dichos tamaños, no registrando longitudes mayores a 55 mm.

Los resultados de fertilidad para este estudio no son similares a lo descrito por Schmitter-Soto (1998), donde menciona que durante la temporada reproductiva *Heterandria bimaculata* tiene alumbramientos a intervalos de 40 días y a fines de primavera puede producir hasta 100 pecilidos por temporada, en ambientes naturales tropicales no contaminados, pero debido a que las aguas del lago de Xochimilco presentan un alto grado de eutrofización y contaminación además de tener un clima templado, no pueden ser comparadas con las características mencionadas por este autor.

Se encontró una relación entre la longitud patrón y el número de embriones. Gómez-Márquez (*op cit.*) menciona que conforme se incrementa la talla, se presenta un aumento en el número de embriones, así: el mayor tamaño de las hembras permite un número mayor de ovocitos y mayor tamaño de cada uno de los embriones, aunque también se presentó, que hembras de mayor peso tienen igual número de embriones que hembras de menor peso, lo cual coincide también con lo reportado por Guzmán-Santiago y Olvera-Soto (1996).

Reza-Ureta y Díaz-Pardo (1994), establecieron la temporada reproductiva de febrero a octubre, con tres máximos reproductivos en (febrero, mayo y septiembre) coincidiendo en parte con lo antes mencionado por Schmitter-Soto (1998), a lo largo de este estudio el número de crías cuantificadas no presentan grandes variaciones, lo que impidió establecer alguna temporada reproductiva que coincida con lo mencionado por estos autores.

El número de crías cuantificadas se debió a las siguientes variables no controladas, la principal es que el método utilizado de captura no fue muy eficiente, ya que impedía una captura total de las crías, otro inconveniente fue la gran cantidad de vegetación presente en el estanque lo que ocasionaba que al ser extraída y aun después de ser revisada minuciosamente llevaba un gran número de crías, además al alto grado de depredación natural por serpientes, aves, larvas de odonatos y ranas, ó canibalismo ahí presente.

Composición específica y valor comercial del microcharal

A través de las muestras de peces obtenidas en dos de los principales centros de distribución de especies acuariofilas en el área metropolitana: “Mercado Emilio Carranza”, D. F. y “El Corral” Atizapán, Edomex., se pudo determinar que *Heterandria bimaculata* forma parte fundamental dentro de las especies vendidas como peces forrajeros “microcharal”, ya que se encontró en todas las muestras y a pesar de que no fue la especie mas representativa con un porcentaje entre 5-29% su alto desarrollo poblacional en los sistemas dulceacuícolas (Cabrera-Cano, 1995), le permite a los productores y comercializadores de peces ser vendida para la alimentación de peces (trucha, pez blanco, lobina, entre otros) (SEPESCA, 1979) y especies ictiófagas acuariofilas (Habitantes, com. pers. 2000) junto con otras especies como *Poecilia latipunctata*, *Poecilia sphenops*, *Astyanax fasciatus*, *Xiphophorus helleri* y *Cichlasoma nigrofasciatum*.

La reproducción de esta especie en estanques con aguas tratadas del Lago de Xochimilco, como un proyecto de orientación social y económica, no requiere posiblemente de una alta inversión y podría ser rentable, ya que los pies de cría podrían ser tomados del lago y la alimentación de ellos y sus crías se da a través de los procesos naturales, por lo tanto, un proyecto de esta naturaleza, podría resultar “sostenible”, siempre y cuando exista una adecuada revisión y mantenimiento. Por lo tanto, el valor comercial, determina su valía, ayudando a mejorar el nivel económico de la comunidad aledaña y permitiendo la

conservación de especies endémicas del lugar, como el ajolote *Ambystoma mexicanum* y *Girardinichthys viviparus* (Ávila, 2000), aprovechando otras introducidas como es el caso de *Heterandria bimaculata*.

La diversidad de la ictiofauna de especies dulceacuícolas en México demanda una organización y planeación que permita el estudio, la conservación y el uso sustentable de este recurso para su aprovechamiento. Ya que en la actualidad esta diversidad esta siendo afectada por las actividades humanas que desvían las cuencas fluviales y contaminan el agua, ocasionando la pérdida de ecosistemas naturales donde habitan las especies, muchas de ellas endémicas. Este problema se agrava debido a la introducción de especies y a la falta de investigación (Espinosa *et al.*, 1998; DDF, 1993, 1996; Pérez-Fons, 1993), por lo cual, es necesario realizar estudios con estas especies introducidas en nuestros sistemas naturales, para conocer sus aspectos biológicos y ecológicos, determinar su uso o potencialidad, y para el caso de *Heterandria bimaculata* en el Lago de Xochimilco que tiene dicha potencialidad asociada con una demanda comercial, es prioritaria una línea de investigación.

CONCLUSIONES

A pesar de las condiciones ambientales y de calidad de agua que se presentan en el Lago de Xochimilco, *H. bimaculata* ha alcanzado alto desarrollo poblacional como especie introducida.

La ubicación geográfica del Lago de Xochimilco, puede determinar condiciones fisicoquímicas adecuadas en los estanques, para la manutención y reproducción de *H. bimaculata*, a pesar de ser una especie que habita aguas cálidas.

La composición zooplanctónica residente en el lago es variada por lo que *H. bimaculata* está bien alimentada, clasificada como una especie carnívora primaria y que ocupa el tercer nivel trófico en el ecosistema como consumidor secundario.

Es un pez que no solo explota para su alimentación el zooplancton, sino que ingiere insectos en diversas etapas y crustáceos bénticos, características que le dan mayores estrategias de sobrevivencia.

La mortalidad por depredación natural fue alta derivada del consumo por serpientes, aves, larvas de odonatos y ranas.

La fecundidad de la especie fue de 37 elementos en promedio, 14 como mínimo y 102 como máximo, mientras que la fertilidad en promedio fue de 16 embriones variando desde 14 hasta 37 embriones, valores menores a si el pez estuviera en condiciones tropicales o cálidas.

H. bimaculata en el lago de Xochimilco sobrevive, se alimenta bien, se reproduce, y los nuevos individuos crecen, por lo cual podría ser producida comercialmente con fines forrajeros.

Es una especie con demanda comercial, ya que es utilizada como alimento vivo para especies ictiófagas de ornato, por lo cual constituye un recurso natural potencial.

RECOMENDACIONES

- Controlar a sus depredadores naturales para disminuir su mortalidad.
- Evaluar de manera más eficiente el número de crías producidas.
- Deberían ser objeto de estudio, las especies introducidas, para determinar sus aspectos biológicos, ecológicos y en su caso determinar su uso y potencialidad, para aprovechar sus estrategias cuando invadan otros hábitats como son alta tasa de reproducción y crecimiento.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ DEL VILLAR, J., 1970. *Peces mexicanos*. Servicio de Investigación Pesquera. Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras en México. México, D.F., 166 p.
- AGUILAR, J., 1982. *Las chinampas una técnica muy productiva*. Arbol-Inst. Nal. Para Educación de los adultos, México, 85 p.
- ARTEAGA-LANDA, G., GARCÍA-NAVARRETE, M. Y GONZÁLEZ-ASTORGA, J., 1999. Caracterización espacio-temporal de seis especies de la familia *Poeciliidae* (Osteichthyes) en el Estado de Morelos. *XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología*, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic Nayarit, 115 p.
- ÁVILA, R. B. E., 2000. *Composición actual de la ictiofauna del Lago de Xochimilco*. Tesis profesional, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México, 73 p.
- BALANZARIO, J. R., 1976. *Contaminación de las aguas de los canales de Xochimilco*. Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 45 p.
- BARRY A. C. P. 2002. Ecological aquaculture: the evolution of the blue revolution. University of Rhode Island UK. Blackwell Publishing. 382 p.
- BURALI, B. L. C., 1989. Estudio comparativo de la abundancia y algunas características morfológicas de *Poecilia reticulata* y *Girardinichthys viviparus* en los canales de Xochimilco, México. Informe de Servicio Social, UAM Xochimilco, México, 1-21 p.
- CABRERA-CANO, G. C., 1995. Posibilidades acuaculturales de la ictiofauna de la cuenca baja del Río Papaloapan. *Oceanología*, año 3, 2(6), 78 p.
- DDF, 1993. *Xochimilco, El rescate Ecológico*. Memoria técnica, Ciudad de México, 1993
- DDF, 1996. *Xochimilco 1955-1996, Monografía*. Gobierno de la Ciudad de México, 1996
- DE LA LANZA, E. G., 1998. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. pp. 1-26. En: Martínez, C. L. R., 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. A. G. T. Editor, México, 227 p.
- DE LA LANZA, E. G. Y S. HERNÁNDEZ, P., 1998. Nutrientes y productividad primaria en sistemas acuícolas. pp 27-65. En: Martínez, C. L. R., 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. A. G. T. Editor, México, 227 p.
- DE LA LANZA, E. G. Y L. R. Martínez, C., 1998. Fertilización en los sistemas acuícolas. pp 67-76. En: Martínez, C. L. R. 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. A. G. T. Editor, México, 227 p.

- ESPINOSA-PÉREZ, H., P. FUENTES MATA, M.T. GASPAR DILLANES Y V. ARENAS., 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.) *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. pp. 279-305.
- ESPINOSA P. H., M. T. D. GASPAR & P. M. FUENTES., 1993. *Listados Faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México., 99 p.
- FERNÁNDEZ, A. M. A., 1986. *El sistema chinampero como una alternativa para el cultivo de peces*. Tesis profesional, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México, 45 p.
- GARCÍA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen; Instituto de Geografía, UNAM. D.F., 2ª ed., México, 252 p.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. Y L. R. MARTÍNEZ, C., 1998. El fitoplancton pp. 77-44. En: Martínez, C. L. R., 1998. *Ecología de los sistemas dulceacuícolas*. A. G. T. Editor, México, 277p.
- GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L., GUZMÁN-SANTIAGO Y OLVERA-SOTO A., 1999. Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna “El Rodeo”, Morelos, México. San José. Costa Rica. 47 (3): 581-592.
- GUZMÁN-SANTIAGO, J. L., OLVERA-SOTO, J. A. Y GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L., 1995. Estudio de la biología del guppy *Heterandria bimaculata*, Heckel (1856), de la Laguna El Rodeo, Edo. de Morelos. *Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Zoología*. Morelia , Michoacán. 157 p.
- GUZMÁN-SANTIAGO, J. L. Y OLVERA-SOTO, J. A., 1996. *Contribución al estudio de la biología del pez ornamental guppy Heterandria bimaculata y su relación con algunos parámetros físicos y biológicos en la Laguna El Rodeo, Estado de Morelos*. Tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México, 47 p.
- INEGI, 2006. Xochimilco, Distrito Federal. Cuaderno Estadístico Delegacional, 2006, México 1-22 p.
- MARGALEF, L. R. 1983. *Limnología*. Barcelona, Omega. 1010 p.
- MARTTY, H. A. Y COUTO, D. D., 1983. *Espadas y platys (Xiphophorus)*. Albatros. Buenos Aires. Argentina., 107 p.
- MARTÍNEZ-LEYVA, A. A., MÉNDEZ-SANCHEZ, J. F. Y SOTO-GALERA E., 2002. Historia de vida comparativa de *Heterandria bimaculata* (Pisces: Poeciliidae) en diferentes localidades de Hidalgo, México. *II Simposio Internacional sobre peces vivíparos*. Querétaro, Qro. México.
- MEFFE, G. K. & F. F. SNELSON JR. 1989. *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 453 p.

- MILLER, R. R., 1974. Mexican species of the genus *Heterandria*, subgenus *pseudoxiphophorus* (Pisces: Poeciliidae). *Transaction of the San Diego Society of History*. 17(17)., 235-250 p.
- MILLER, R. R., W. L. MINCKLEY & S.M. NORRIS. 2005. *Freshwater fishes of México*. University of Chicago Press, U.S.A. 490 p.
- MORENO, S. M. G., 1995. La cría de poecílicos. *Splash*. 15: 8-10.
- OLMOS, T. E., 1990. *Situación actual y perspectivas de las pesquerías derivadas de la acuicultura*. Secretaría de Pesca. México, D. F., 78 p.
- OLVERA, B. Y M., 2004. *Aspectos poblacionales de Chirostoma jordani (Woolman) Pisces: Atherinidae) en el sistema lacustre de Xochimilco, México, D.F.* Tesis Maestría (Maestría en Ciencias) (Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos))-UNAM, Facultad de Ciencias. 115 p.
- PENNAK, R. W., 1978. *Freshwater invertebrates of the United States*. 2da Ed. Jhon Wiley and Sons, New York. 803 pp.
- PÉREZ, Z. J. M., 2003. Xochimilco, Ayer I. Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. Gobierno del Distrito Federal, Delegación Xochimilco. México D.F., 141 p.
- PÉREZ-FONS, R., 1993. Xochimilco: Rescate de un pueblo y un paisaje. *Tiempo*, Noviembre. 6-13 p.
- PILLAY, T. V. R., 1997. *Acuicultura. Principios y prácticas*. Limusa, México, 699 p.
- PREJS, A. Y G. COLOMINE, 1981. *Métodos para el estudio de los alimentos y relaciones tróficas de los peces*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 129 p.
- REZA-URETA, B. S. Y DÍAZ-PARDO, E., 1994. Algunos aspectos de la biología reproductiva de *Heterandria bimaculata* (Poeciliidae). *Resúmenes del IV Congreso Nacional de Ictiología*. Morelia, Michoacán. 148 p.
- RICKER, W. E., 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Department of the Environmental Fisheries and Marine Service, Bulletin 191, 382p.
- RODRÍGUEZ, V. A. Y A. CRUZ, G. Y B. E. ÁVILA E., 1999. Estado actual de la ictiofauna del Lago de Xochimilco. *XV Congreso Nacional de Ictiología y VII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología.*, Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic Nayarit.
- ROSEN, D. E. AND R. M. BAILEY, 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes) their structure zoogeography and systematics. *Bull of the American Museum of Natural History*. Vol. 126 (1-3).
- SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-2001). Diario Oficial de la Federación. México, D.F. Marzo 6. 71 p

- SEPESCA, 1979. *Aprovechamiento integral de los recursos acuáticos para el desarrollo rural*. Primer Simposium Internacional, Educación y Organización Pesquera. México.
- SCHOENHERR, A. A., 1977. Density dependent and density independent regulation of reproduction in the gila topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard) *Ecology* 58: 438-444.
- SMITH, D. G. 2001. *Pennak's freshwater invertebrates of the United States. Porifera to Crustacea*. 4 ed. John Wiley & Sons, Inc. United States, 699 p.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1998. Zooplancton y acuicultura. pp. 95-118. En: Martínez, C. L. R., 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. A. G. T. Editor, México, 227 p.
- SCHMITTER-SOTO, J., 1998. *Catálogo de peces continentales de Quintana Roo*. Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México, 94-96 p.
- TRUJILLO-JIMÉNEZ, P., 1998. Food partitioning among fishes of the Amacuzac river, Morelos. *Meeting Program. International Symposium on Viviparous Fishes*. Sociedad Mexicana de Zoología, A. C., La Red Regional en Recursos Bióticos y el Centro e Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Mor., 24 p.
- TRUJILLO-JIMÉNEZ, P., 2003. Biodiversidad acuática del río Amacuzac, Morelos, México. Informe final* del Proyecto S150. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas. 41 p. www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfS150.pdf
- TRUJILLO-TOVAR, A. Y PAULO-MAYA, J., 1999. Estructura trófica de la ictiofauna presente en dos pozos del río Amacuzac, Morelos. *XV Congreso Nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología*, Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic Nayarit, 74 p.
- VEGA-CENDEJAS, M., HERNÁNDEZ DE SANTILLANA M. Y DE LA CRUZ-AGÜERO, G., 1997. *Los peces de la reserva de Celestún*. CINVESTAV-PRONATURA, Mérida, 171 P.
- VEGA-CENDEJAS, M., 2004. Ictiofauna de la Reserva de la Biosfera Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su biodiversidad. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 75(1): 193-206 p.
- VILLA, R. F., 1992. Evaluación de la resistencia de *Xiphophorus variatus* de Xochimilco ante dos contaminantes: detergentes y cadmio, mediante pruebas toxicológicas. En: UAM Xochimilco (Comps.), 1993. *Primer Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. Memorias, UAM Xochimilco*, México. 250p.
- WARDLEY CORPORATION, 1992. *Manual del acuario*. Wardley Corporation. U.S.A.

WETZEL, G. R., 2001. *Like and river ecosystems*. 3da. ed. Unite States of America. 1006 p.

Descripción de Xochimilco: <http://www.df.gob.mx/delegaciones/xochimilco/geografia/index.html>)<http://www.unescomexico.org/xochimilco/docs/docs2/docs-proeycto/Informe-Ambiental.pdf#search=%22depredadores%20lago%20xochimilco%22>