



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

LABORATORIO DE ECOLOGIA DE PECES

“ESTUDIO BIOLÓGICO PARA LA REPRODUCCIÓN
EN LABORATORIO Y ESTANQUES DEL CHARAL
Chirostoma jordani DEL LAGO DE XOCHIMILCO”

T E S I S

Q U E P R E S E N T A

MARIBEL NATIVIDAD MIRANDA GUTIERREZ

P A R A O B T E N E R E L T Í T U L O D E

B I O L Ó G A



DIRECTOR: M. EN C. ADOLFO CRUZ GOMEZ
ASESORA: BIOL. ASELA RODRIGUEZ VARELA

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



U.N.A.M. CAMPUS



El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ecología de peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, a cargo del M. en C. Adolfo Cruz Gómez y la Biol. Asela Rodríguez Varela y en el Centro de Investigaciones Biológicas de Acuicultura, UAM unidad Xochimilco, a cargo de la Dra. Virginia Graue Wiechers, instituciones a las que les agradezco su colaboración y apoyo.



Agradecimientos

Gracias a Dios por lo que me da y me dio.

A mi Madre, quien me ayuda a seguir adelante con mis ideas y sueños.

A mi Padre, a quien a fin de cuentas le agradó que cumpliera mi "capricho".

Les doy gracias a todos mis hermanos por su apoyo permanente y los diferentes aspectos de cada uno que admiro y respeto.

A los sinodales de esta tesis, por su tiempo, interés y atentas sugerencias para la realización de esta tesis.

Al M. en C. Adolfo Cruz Gómez, director de tesis, que me trató como un Padre (aunque no lo admita, argumentando dureza de corazón).

A la Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela, asesora de esta tesis, persona a la que venero y estimo por su apoyo constante, incondicional, firme y perseverante.

A la memoria de Diana, amiga de la que guardo gratos recuerdos de los años que convivimos, así como nuestras confidencias personales, es a ella a quien dedico también, subir este último peldaño para llevar a buen término este trabajo.

A mis compañeros de laboratorio, Norma, Fátima, Arturo, Braulio, Felipe y Daniel de los que conservo agradables memorias.

A todas aquellas personas que en poco o mucho me proporcionaron su apoyo y no encuentre un nombramiento directo en estos agradecimientos.

ÍNDICE

	PAG.
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2-4
ANTECEDENTES	4-7
OBJETIVOS	8
ÁREA DE ESTUDIO.....	9-10
MÉTODO.....	11-13
PROCESAMIENTO DE DATOS.....	14-15
RESULTADOS	
Certificación de la especie.....	16
Descripción de <i>Chirostoma jordani</i> del Lago de Xochimilco.....	17-20
Situación actual del charal en el lago de Xochimilco.....	21-27
Mantenimiento y aclimatación de la especie.....	28
Parámetros fisicoquímicos.....	29
Análisis de la comunidad planctónica.....	30-39
Selección alimenticia de <i>Chirostoma jordani</i>	40-51
Evaluación de la mortandad en peceras y estanques y las posibles enfermedades.....	52-53
Reproducción de los organismos.....	53
DISCUSIÓN.....	54-60
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
LITERATURA CITADA.....	63-68

RESUMEN

Xochimilco forma parte de la gran extensión lacustre del Valle de México, es una región de gran valor biológico, por su grado de acumulación de endemismos y variedad de paisajes, lo que la ha convertido en zona prioritaria de conservación. Sin embargo, el avanzado proceso de degradación y la contaminación desmedida de los mantos acuíferos, disminuyó considerablemente su fauna lacustre, poniendo en riesgo la biodiversidad del ecosistema. Por lo que este estudio proporciona información sobre aspectos de mantenimiento, aclimatación y reproducción en cautiverio de *Chirostoma jordani*, con fines de preservación en el lago de Xochimilco. Se realizaron una serie de muestreos quincenales y se registraron parámetros fisicoquímicos con técnicas convencionales. Los peces se transportaron en cubetas y se colocaron en peceras estandar equipadas y en estanques de 8,100 litros pertenecientes al Centro de Investigaciones Biológicas y de Acuicultura de Cuemanco, en jaulas de PVC. Se muestreó el plancton presente para conocer su diversidad y abundancia, por medio de la técnica de volumen desplazado y se determinó a los organismos colectados, se aplicaron índices de selectividad y amplitud de nicho para determinar las preferencias de la especie por talla y sexo. En las peceras se mantuvieron 6 organismos en condiciones favorables para la especie. Los charales tardaron aproximadamente 14 días en acostumbrarse al alimento seco. Su comportamiento inicial fue activo, con visible estrés, sin embargo, cambió con el tiempo a condiciones más estables. En las peceras la mortalidad alcanzó del 75-90%, a causa de las altas temperaturas registradas y la presencia de infecciones, esto aunado al tipo de alimentación de los peces en estos sistemas fueron factores determinantes para que no se presentara la reproducción. En estanques la mortandad fue de 33%, los peces maduraron y se reprodujeron exitosamente; de 87 organismos reproductores se obtuvieron 536 alevines. Aunque en las primeras semanas la mortalidad de alevines era de 87%, al paso del tiempo, disminuyó a un 32% en juveniles. La mejor opción para mantener y aclimatar a los charales fueron los estanques que además contaron con alimento natural compuesto por copépodos y cladóceros que es su dieta preferencial. Las peceras son una buena opción para exhibición y apreciación de fauna de peces nativos mexicanos, utilizando una baja concentración de salinidad para evitar muertes por infecciones causadas por bacterias oportunistas, así como la adición de vegetación para disminuir el estrés de los peces.

INTRODUCCIÓN

En el Valle de México existía una gran extensión lacustre de aproximadamente 2000 Km², formada por los lagos de Zumpango y Xaltocan al norte, Texcoco en el centro y Xochimilco y Chalco al sur. Esta característica confería al lugar una gran abundancia en la caza y la pesca, lo que permitía el establecimiento de grupos humanos bajo una economía mixta, basada en la agricultura y los productos lacustres, además de tener las condiciones ideales para el cultivo en chinampas (Fernández, 1986).

Hoy en día Texcoco y Xochimilco son considerados como los últimos bastiones del sistema lacustre del Valle de México, por lo cual en la actualidad existe un gran interés en estos lagos y muy particularmente en Xochimilco, pues este es considerado como un símbolo de la ciudad y ha sido declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO desde 1987 (Pérez-Fons, 1993).

Xochimilco es, además, un lugar de historia, de tradición y de agua y como tal, es una región que está sujeta a las condiciones por las que atraviesan las cuencas hidrológicas del país; como la insuficiencia, la sobreexplotación y la transferencia de agua de una región a otra (Pérez-Fons *op. cit.*).

Por estas circunstancias, el agua se ha relacionado en Xochimilco de manera estrecha a su evolución histórica, dinámica y económica (Pérez-Fons *op. cit.*).

Desde la época de Moctezuma I y debido al crecimiento de la Ciudad de México, se han desarrollado obras hidráulicas para el abastecimiento de agua potable a la población y evitar las inundaciones. Estas obras han afectado los sistemas acuáticos de la zona disminuyendo el volumen del líquido, con el consecuente deterioro ecológico de los mismos. Este desvío de agua de los manantiales de Xochimilco hacia el centro de la ciudad comenzó a principios de este siglo, lo que provocó que para 1950, el sistema quedara casi seco, afectando las actividades aledañas así como la fauna existente (Fernández, *op. cit.*).

La cuenca fue víctima de un avanzado proceso de degradación y estuvo a punto de desaparecer, poniendo así mismo en peligro la existencia de una cultura, la permanencia de un pueblo, la vitalidad de

un paisaje y la supervivencia de uno de los últimos bastiones del legendario sistema lacustre del Valle de México (Fernández *op. cit.*).

Para contrarrestar estos efectos, las autoridades del Departamento del Distrito Federal, deciden el tratamiento de las aguas negras de la Ciudad de México y su recanalización al área de Xochimilco (1958-1967). Sin embargo, la introducción de estas al sistema trajo como consecuencia cambios graves en el medio (Fernández *op. cit.*).

La contaminación desmedida en los mantos disminuyó considerablemente la fauna lacustre, poniendo en riesgo la biodiversidad del ecosistema (Pérez-Fons, 1993).

Esta situación y el hecho de ser considerada una región de gran valor biológico; por su alto grado de acumulación de endemismos y por su gran variedad de paisajes han convertido a Xochimilco en una zona prioritaria de conservación (CONABIO, 1998).

Por esta razón, diversos organismos como la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Asociación Mexicana para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos (AMSELA), el Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Agricultura y Ganadería, han intentado la repoblación de los canales con diversas especies, como la carpa de israel (*Cyprinus carpio*), lobina negra (*Micropterus salmoides*), tilapia (*Tilapia nilótica*) y charales (*Chirostoma sp.*). De estas últimas, el género *Chirostoma* es nativo del lugar y hasta hace algunos años era considerada como uno de los más comunes en el lago (Burali, 1989).

Este género estaba representado por tres especies: *Ch. humboldtianum*, *Ch. regani* y *Ch. jordani*, de las cuales sus poblaciones se han visto drásticamente disminuidas, a tal grado que en la actualidad solo se registra a *Ch. jordani*, y según Burali *op. cit.* solo capturó tres ejemplares. Sin embargo el personal responsable de la colección ictiológica de la UNAM reporta que la especie habitante del Lago de Xochimilco es *Ch. humboldtianum*, por lo que fue necesaria una revisión taxonómica de los ejemplares en detalle para su correcta determinación, misma que fue realizada en el presente trabajo.

Por tal, motivo el presente estudio pretende contribuir con los esfuerzos del Gobierno de la Ciudad de México y de otras instituciones para conservar los canales del Lago de Xochimilco con fauna nativa y restablecer su equilibrio ecológico, proporcionando información para el mantenimiento y reproducción en cautiverio de *Ch. jordani*.

ANTECEDENTES

El género *Chirostoma* ha sido ampliamente estudiado por diversos autores, que han abordado aspectos como taxonomía, distribución, abundancia, reproducción y crecimiento (Cházaro *et al.*, 1989). Sin embargo, estos estudios se han realizado solo en sus ambientes naturales de distribución y poco se sabe de su comportamiento en laboratorio.

- Navarrete (1981), realizó estudios sobre la biología del charal *Chirostoma jordani*, en el embalse Taxhimay, donde resalta aspectos de fecundidad, mortalidad, sobrevivencia, crecimiento y aspectos de alimentación en los que cabe destacar que menciona que la dieta principal de los charales del embalse Taxhimay fue principalmente: Copépodos, cladóceros e insectos.
- Cházaro (1989), estudia aspectos biológicos del charal *Chirostoma jordani*, en el embalse Trinidad de Fabela, entre los que se destaca la alimentación en su estudio estacional y por talla y mediante el método volumétrico y porcentaje de frecuencia; en los que se menciona que consumen principalmente, copépodos, cladóceros, dípteros y hemípteros, además de mencionar que es un consumidor primario que se alimenta de zooplancton y complementa su dieta con bentos.
- Cházaro *et al.* (1989), realizaron la evaluación de la reproducción y crecimiento de *Chirostoma jordani* en el embalse Trinidad de Fabela, en la que marca una reproducción de 473 a 915 alevines por época de reproducción.
- Hernández (1993), evaluó algunos aspectos alimentarios de *Chirostoma jordani*, en el embalse Macua, Estado de México, obteniendo que el charal de este embalse es zooplantófago y

que consumen principalmente: Copépodos (*Diaptomus* y *Cyclops*) y cladóceros (*Daphnia* y *Diaphanosoma*).

- Navarrete *et al.* (1995), estudian la selección del zooplancton por el charal *Chirostoma jordani*, en el que obtuvieron seis géneros de consumo del charal entre los que se cuentan copépodos (*Diaptomus*, *Cyclops*), cladóceros (*Daphnia*, *Diaphanosoma* y *Bosmina*) y rotíferos (*Asplanchna*); mencionan que su alimentación varía en función de su talla y la disponibilidad de alimento en el ambiente presentando hábitos zooplanctófagos.
- Suárez (1996), en la presa Villa Victoria, hace mención de los hábitos alimentarios de *Chirostoma sp.* en fase juvenil (menos de cinco centímetros) que se alimenta de micropartículas planctónicas como algunas algas unicelulares (clorofíceas y diatomeas), protozoarios, rotíferos y algunos cladóceros y copépodos; en organismos más grandes: Copépodos, cladóceros y decápodos, complementando con larvas de insectos.
- Soria-Barreto *et al.* (1999), realizaron un análisis de la literatura relacionada con las especies del género *Chirostoma*, de las 18 especies, las mejores estudiadas son *Ch. jordani* y *Ch. humboldtianum* y se ha concentrado el mayor interés en especies del lago de Pátzcuaro y Chapala.
- Barriga-Tovar *et al.* (2000), del instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, realizaron estudios sobre los efectos de la temperatura y salinidad en la sobrevivencia y crecimiento en larvas de *Chirostoma estor estor*, pez blanco, en condiciones de laboratorio, obteniendo una temperatura óptima de 24.9 °C con un 53.3% de sobrevivencia posterior de 15 días.
- Figueroa-Lucero *et al.* (2000), observaron la tolerancia a la salinidad en larvas de *Chirostoma humboldtianum* en condiciones de laboratorio, experimentando con salinidades de 0-32 ppm, obtuvieron una sobrevivencia del 100% en la salinidad de 0-16 ppm después de 96 horas.
- Morales-Ventura *et al.* (2001), en el Laboratorio de acuicultura del área de ecología en ENCB del IPN, llevaron a cabo

investigaciones sobre la producción en cautiverio del charal, crecimiento de larvas de *Chirostoma humboldtianum* a distintas densidades (25 larvas/L, 50 larvas/L y 75 larvas/L) alimentadas con *Brachionus rubens* (130 rotíferos/ml) obteniendo el mejor peso promedio de 0.01274 y una sobrevivencia de 92 % ambas en la densidad de 25 larvas/L.

- González *et al.* (2001), por parte de la UNAM, FES Iztacala; en la unidad de morfofisiología (UMF), han realizado estudios sobre la especie de *Chirostoma humboldtianum*, a nivel gonádico, describiendo la estructura del ovario.
- Mientras que Rodríguez *et al.* (2001) en el Laboratorio de Ecología de Peces llevaron a cabo la aclimatación y mantenimiento de la especie en estanques con aguas tratadas logrando una sobrevivencia del 100 % después de pasar por la etapa crítica de aclimatación (60 días) donde se presentó mortalidad significativa.
- Hernández-González *et al.* (2001), de la Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mor. Mich. estudiaron el efecto de la densidad de población en el crecimiento de larvas del pez blanco *Chirostoma estor estor* mostrando una densidad óptima de 10 larvas/L.
- Comas *et al.* (2001), para la especie *Chirostoma estor estor* de Pátzcuaro, llevaron a cabo evaluaciones de crecimiento y mortalidad a diferentes salinidades mostrando en sus resultados una salinidad óptima de 10 ‰.

En cuanto a los trabajos en el área de Xochimilco, estos se han realizado desde el siglo pasado y se han enfocado principalmente a su distribución y abundancia, tal y como a continuación se refiere:

- Herrera (1890) reporta a la especie *Ch. humboldtianum* como muy abundante en Chalco, Xochimilco y Xaltocan en aquella época.
- Soto (1953) registra en la zona de Xochimilco a *Ch. regani* y *Ch. jordani*.
- Navarro (1955) encuentra a *Ch. humboldtianum* en menor abundancia que la registrada por Herrera en 1890.

- Navarro y Álvarez del Villar (1957) publican la disminución de la abundancia de *Ch. humboldtianum* y registran a *Ch. regani* y *Ch. jordani*.
- Pérez (1971) establece que en los canales de Xochimilco hay peces como el mexclapique (*Girardinichthys viviparus*), el charal (*Chirostoma sp.*), la carpa (*Carassius auratus*), el juil (*Algansea tincella*) y (*Evarra eigenmanni*) abundantes en los canales de Tláhuac, Mixquic y Xochimilco.
- Salcedo (1978) registra también a *Ch. regani* y *Ch. jordani* en el área de Xochimilco y Chalco.
- Vargas (1987) nuevamente registra a *Ch. regani* y *Ch. jordani*.
- Burali (1989) registra solo tres ejemplares de *Ch. jordani* y ningún ejemplar de *Ch. regani*.
- Orozco *et al.* (1997) de la UAM Xochimilco, reporta algunos aspectos de *Chirostoma jordani* en la zona lacustre de Xochimilco, en el que reportó un periodo de adaptación al cautiverio de 20 días, desoves de mayo a julio.
- Arcos *et al.* (2000) evidenciaron la presencia de metales pesados en *Chirostoma jordani* del lago de Xochimilco, como recurso pesquero, en el que presentaron plomo y zinc en niveles elevados y cadmio en niveles bajos, sin embargo, esto ocasiona problemas para la salud.
- Para la especie que es el objetivo de esta investigación *Chirostoma jordani*, Arana-Magallón *et al.* (2001) por parte de la UAM Xochimilco, han realizado estudios de reproducción seminatural, incubación, crecimiento y supervivencia en estanques, logrando de 60 individuos reproductores 300 eclosiones lo que equivale aproximadamente a cinco alevines por hembra, sin embargo, no trata aspectos de aclimatación y mantenimiento en peceras.
- Revelo (2002) realizó la aclimatación y mantenimiento de *Ch. humboldtianum* con aguas tratadas, es decir, logró adaptarlo a las condiciones fisicoquímicas del lago de Xochimilco, con la finalidad de iniciar los estudios de repoblamiento del lago con la fauna nativa que en la actualidad se sabe que desapareció.

OBJETIVOS

Debido a que la información sobre los aspectos de mantenimiento, aclimatación y reproducción de *Chirostoma jordani* en laboratorio son escasos, en el presente trabajo se han planteado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Aclimatar, mantener y reproducir al charal *Chirostoma jordani* en condiciones de laboratorio (peceras y estanques).

Objetivos particulares

Describir las características morfométricas y merísticas de *Chirostoma jordani* en el Lago de Xochimilco.

Conocer la situación actual de la población del charal *Chirostoma jordani* en el Lago de Xochimilco.

Conocer las características alimentarias de *Chirostoma jordani* y su relación con la abundancia del medio.

Aclimatar y mantener al charal *Chirostoma jordani* en estanques y en condiciones similares a su ambiente natural.

Modificar las condiciones de temperatura, fotoperiodo y tipo de agua que puedan inducir la reproducción del charal en las peceras.

Evaluar la mortandad de los organismos en las peceras y estanques.

Proporcionar información elemental de su reproducción y mantenimiento en condiciones de laboratorio.

ÁREA DE ESTUDIO

El Distrito Federal se localiza en la República Mexicana a los 19° 35' y 19° 03' de latitud norte y a los 98° 56' y 99° 20' de longitud oeste; ocupando una superficie de 1479 km². La delegación Xochimilco ocupa el 7% de esta superficie y se localiza en los 19° 19' y 19° 19' latitud norte y los 99° 00' y 99° 09' de longitud oeste (Fig. 1). Esta delegación está incluida en la región prioritaria para la conservación en México denominada "Sur del Valle de México" esto gracias a su gran cantidad de endemismos consecuencia de ser el centro de la zona transicional de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical. Presenta además un alto índice de degradación de los hábitats naturales por causa de la urbanización, la agricultura intensiva y la deforestación, razón por la cual queda incluido en las regiones prioritarias para la conservación (CONABIO, 1998).

El Lago pertenece a esta delegación y se localiza en los 19° 15' de latitud norte y los 99° 06' longitud oeste y una altitud de 2240 msnm. Se encuentra rodeado por elevaciones como el volcán Tehutti con 2710 msnm, el Zempole con 2650 msnm, el cerro de Xochitapel con 250 msnm y el cerro Tlacualleli con 2420 msnm (Fig. 1). Pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico Transversal, Subprovincia de los Lagos y Volcanes Anáhuac y a la región hidrológica del Pánuco de la cuenca del río Moctezuma en la subcuenca del lago de Texcoco-Zumpango; cuenta con un área de 128 km² donde sobresalen por su tamaño la presa San Lucas, los canales Nacional, Chalco, Santiago y Cuemanco. Su topografía consiste en una llanura de suelo lacustre perteneciente a la era cenozoica, periodo cuaternario.

El clima de la zona es del tipo C (w) que corresponde a templado subhúmedo con lluvias en verano y una humedad media con una precipitación total promedio de cero mm en enero a 2000 mm en julio. Su temperatura promedio es de 15 °C, el mes más caluroso es mayo con 20 °C y el más frío enero con 10 °C. Asociado a la zona de canales se encuentra la zona de chinampas que es una zona agrícola de la cual se obtienen leguminosas y plantas de ornato, existe una zona de pastizales y una área de bosques en la que encontramos oyamel, encinos, pinos y madroños (INEGI, 1998 a, b).

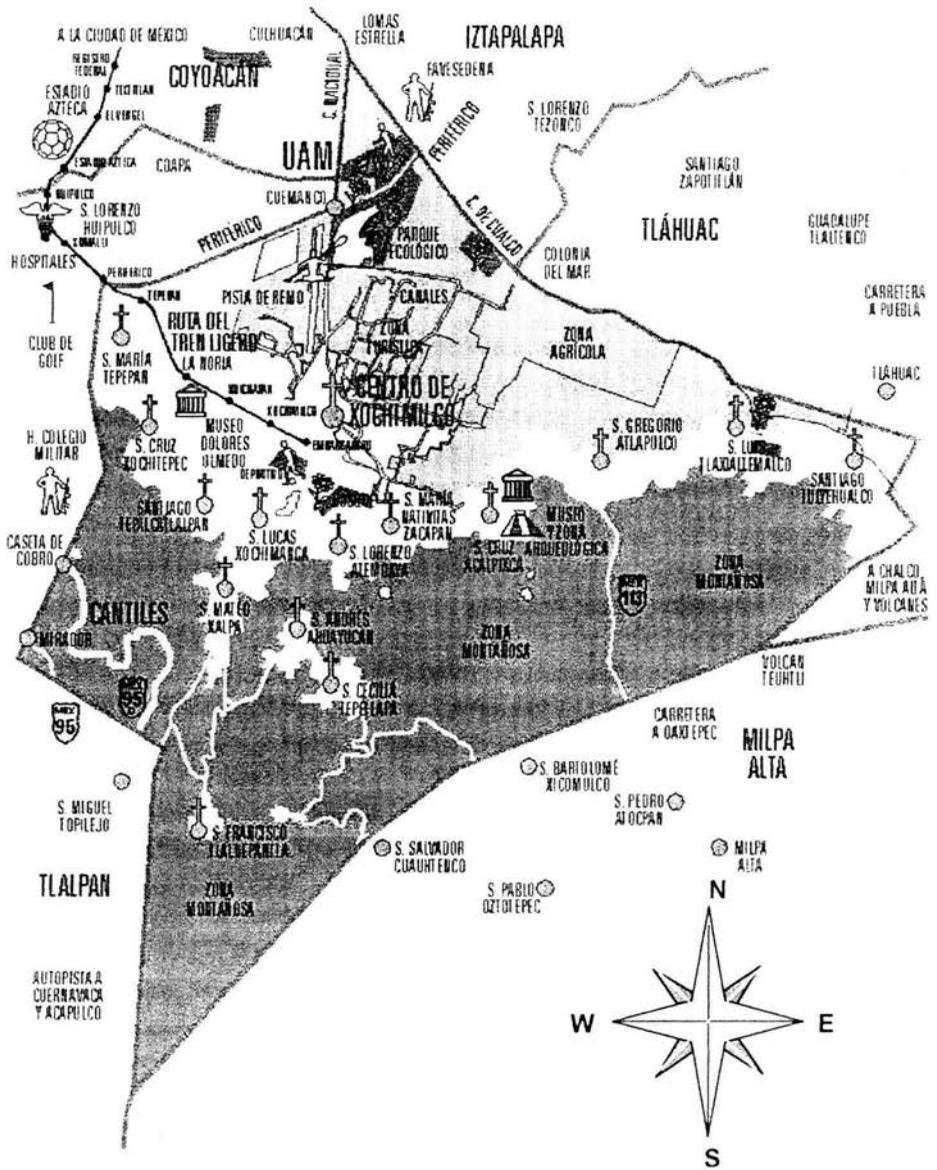


Fig. 1. Toponimia de la delegación Xochimilco y la ubicación de los canales del Lago de Xochimilco.

MÉTODO

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se realizó un reconocimiento prospectivo en el área de estudio, con el fin de ubicar las estaciones de muestreo, estandarizar técnicas de los parámetros físico-químicos, artes de pesca, así como una colecta preliminar.

A partir de ello se realizó una serie de muestreos mensuales de septiembre de 1998 a marzo de 1999. En cada uno de ellos y en cada una de las estaciones se registraron los siguientes parámetros físico-químicos: Oxígeno disuelto en agua con oxímetro YSI 51B y calibrado con la técnica Winckler modificada; pH con potenciómetro digital marca ORION 290 A; temperatura y conductividad con un conductímetro YSI 30; transparencia con un disco de Secchi señalado cada 50 cm y sondaleza marcada cada 50 cm para medir profundidad (De la Lanza, 1998).

Adicionalmente se realizó un muestreo con el fin de identificar los organismos del plancton presente, así como su abundancia, filtrando 20 litros de agua a través de una red de plancton de 28 μ de abertura de malla, 15 cm de diámetro y 31 cm de longitud. La muestra colectada se colocó en frascos de plástico de 300 ml y se fijó con formalina al 4% (15 ml). La estimación de la biomasa se realizó por medio de la técnica de volumen desplazado, su abundancia se expresó en organismos/m³ (Gómez-Aguirre y Martínez, 1998; Suárez-Morales, 1998). Se determinó a los organismos colectados con base en lo propuesto por Ruttner-Kolisko (1962, 1974), Needham y Needham (1978), Pennak (1991), Thorp y Covich (1991).

Una vez registrados los parámetros físicoquímicos y realizado el muestreo de plancton, se realizó la colecta de los peces por medio de una red de cuchara de 2 mm de abertura de malla y 0.25 m² de abertura de boca y se seleccionaron los organismos correspondientes al género *Chirostoma*, para identificarlos con claves específicas de Álvarez del Villar (1970) y Barbour (1973). Debido a la problemática para la determinación de la especie, estos fueron comparados con ejemplares de la colección ictiológica de la ENCB del IPN, colección ictiológica del Instituto de Biología y Laboratorio de Acuicultura, Departamento del Hombre y su Ambiente de la UAM Xochimilco.

Se les realizó un análisis del contenido estomacal, según lo propuesto por Prejs y Colomine (1981), el cual se realizó de manera general, talla y sexo, mediante porcentaje de frecuencia e índices citados en Krebs (1993).

Los organismos vivos y destinados a su mantenimiento y reproducción se colocaron en cubetas y/o bidones con agua del lugar de colecta y fueron transportados a peceras de cuarentena instaladas en el laboratorio de Ecología de Peces de la FES Iztacala y el CIBAC (Centro de Investigaciones Biológicas y de Acuicultura de Cuernavaca) perteneciente a la UAM Xochimilco, estas peceras eran de tipo estándar de vidrio, acondicionadas únicamente con una bomba de aire y un calentador con termostato para mantener una temperatura de 21-25 °C, de acuerdo a lo observado en el muestreo prospectivo y lo realizado por Orozco *et al.*, 1997 y Arana-Magallón *et al.* 2001 que tienen temperaturas de experimentación de 17-25 °C. Los peces se mantuvieron en estas condiciones por dos semanas, durante las cuales se les dio alimento comercial seco y se observó mortalidad, sobrevivencia y etología.

Los estanques en que se mantuvo a la especie eran de concreto y contaron con las siguientes dimensiones: 6 m de largo, 2.5 m de ancho y 1 m de profundidad; estuvieron completamente irrigados con agua del canal de Cuernavaca filtrada, hasta completar un volumen real de 8,100 L y con un sistema de aireación; fueron fertilizados orgánicamente adicionando vegetación de la zona (De la Lanza y Martínez, 1998). Para tener un mejor control de los peces en los estanques, fueron colocados en jaulas hechas con tubo de PVC con una dimensión de 55 X 54 X 39 cm, cubiertas con malla a las cuales se les colocó vegetación natural característica de la zona que sirvió de sustrato en caso de que se presentara la ovoposición (Pérez-Salmeron, 1982).

La cantidad total fue de 21 peces adultos de acuerdo a la recomendación de Burgess y Price *com. pers.* (1998), de que por cada centímetro de longitud estándar de pez, se necesita un litro de agua. Se colocaron en una proporción sexual de un macho por dos hembras (Guzmán *et al.*, 1982; citado por Alcocer y Flores, 1993) y los juveniles se mantuvieron en diferente jaula hasta que alcanzaron su madurez sexual y pudieran formar parte del stock reproductivo. Se

volvieron a realizar colectas de organismos vivos dependiendo de la mortandad que se presentó y de las necesidades de recuperación del stock (Burgess y Price, *op. cit.*). Cada semana en los estanques se registraron los mismos parámetros físico-químicos que en el Lago utilizando las mismas técnicas. Adicionalmente se realizó un muestreo de plancton presente para cuantificar la abundancia e identificar los tipos alimenticios, con el mismo procedimiento antes descrito para el Lago.

En el laboratorio de Ecología de Peces de la FES Iztacala, se instalaron cuatro peceras de vidrio con capacidad de 40 litros; equipadas con filtro de plataforma, grava, calentador, termómetro comercial, aire, tapa y decoradas con vegetación artificial para simular las condiciones naturales y como sustrato para la ovoposición. El número de organismos por pecera se realizó con base en las mismas condiciones antes descritas en los estanques y fueron seis adultos (cuatro hembras y dos machos).

Con la finalidad de inducir la reproducción del charal en el laboratorio, se realizaron cambios a las condiciones de temperatura, fotoperiodo y tipo de agua a las que están sometidos en su medio natural y/o estanques. Para lo cual se utilizaron cuatro peceras divididas en dos grupos, el primero contenía agua del canal de Cuemanco y el segundo contenía agua de las tomas de la FES Iztacala. Al primer grupo se le mantuvo a una temperatura de 26 °C y fotoperiodo de 14 horas de luz por 10 de oscuridad y al segundo se le sometió a un fotoperiodo de 16 horas de luz por 8 de oscuridad con una temperatura igual.

Diariamente se registró la temperatura con termómetro de cubeta, el amonio con un potenciómetro digital marca ORION 290 A y un electrodo selectivo al amonio marca ORION 95-12; se contó el número de peces, se verificó el comportamiento de los mismos, se dió el alimento comercial seco (en 5% de proporción de biomasa) repartido en una ración en la mañana y otra por la tarde; el alimento fue pesado con una balanza digital marca ACCULAB modelo Pocket Pro C-50 con capacidad máxima de 10 g y una precisión de 0.002 g y se eliminó el exceso de materia orgánica con una red de acuario y sifón (De la Lanza, 1998; De la Lanza y Hernández, 1998).

Una vez por semana se realizó el registro de las características del agua siguiendo el mismo procedimiento que en lago y los estanques (excepto transparencia y profundidad).

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se analizaron mensualmente las características físico-químicas y la abundancia y la distribución de los charales en los canales del lago.

En peceras y estanques, se analizó la supervivencia y la mortandad, con base en el número inicial de organismos, el número de sobrevivientes y las características físicoquímicas.

Se describió el efecto producido para la modificación de la temperatura, tipo de agua y cantidad de luz aplicados para inducir la reproducción de los organismos mantenidos en las peceras y su comparación con los contenidos en los estanques.

Para determinar la selectividad alimenticia del charal se aplicó el índice de elección de Ivlev (1961) según la fórmula (Krebs, 1993):

$$E = (R_i - P_i) / (R_i + P_i)$$

Donde:

R_i = Proporción del taxón en la dieta.

P_i = Proporción del mismo en el medio acuático.

El intervalo es de -1 (no selecciona a la presa), +1 (selección preferencial de la presa) y 0 indica que el taxón presa es consumido en la misma proporción que aparece en el medio.

Los criterios en los que se basó la clasificación fueron:

Valor de I_{vlev}	Descripción
1-0.5	Alimento seleccionado preferentemente.
0.49-0.1	Alimento seleccionado pero no preferentemente.
0	Alimento consumido de acuerdo a su proporción en el ambiente.
-0.01—0.9	Alimento consumido ocasionalmente.
-1	Taxa existente en el ambiente pero no consumido

Para medir la amplitud de nicho y determinar si el charal del Lago de Xochimilco podría ser un consumidor especialista o generalista tanto como por sexo como por talla se utilizó el índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1993):

$$H = - \sum p_i \log p_i$$

Donde :

H = Índice de amplitud de nicho

P_j = Proporción de individuos encontrados en o en uso del recurso j .

n = Número total de estados de recurso.

RESULTADOS

CERTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

De acuerdo con las claves taxonómicas utilizadas, la especie colectada fue determinada como *Chirostoma jordani*, ya que todas las características evaluadas coincidieron con las descritas por Álvarez del Villar (1970) y Barbour (1973).

Debido a la problemática para la determinación de las especies pertenecientes al género *Chirostoma*, esta fue certificada por el Dr. Díaz-Pardo de la ENCB del IPN y el M. en C. Arana Magallón del laboratorio de Acuicultura del Departamento del Hombre y su Ambiente de la UAM Xochimilco.

Se constató que la única especie de la familia Atherinidae que en la actualidad existe en el lago es *Chirostoma jordani*, ya que en ninguno de los muestreos realizados se encontraron organismos pertenecientes a las especies de *Chirostoma humboldtianum* ni de *Chirostoma regani* que años atrás también habitaban en el lago.

DESCRIPCIÓN DE *Chirostoma Jordani* DEL LAGO DE XOCHIMILCO.

Ubicación taxonómica

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Pisces

CLASE: Osteichthyes

SUBCLASE: Actinopterygii

SUPERORDEN: Teleostei

ORDEN: Mugiloformes

FAMILIA: Atherinidae

GÉNERO: *Chirostoma*

ESPECIE: *Chirostoma jordani*

(Álvarez, 1970)

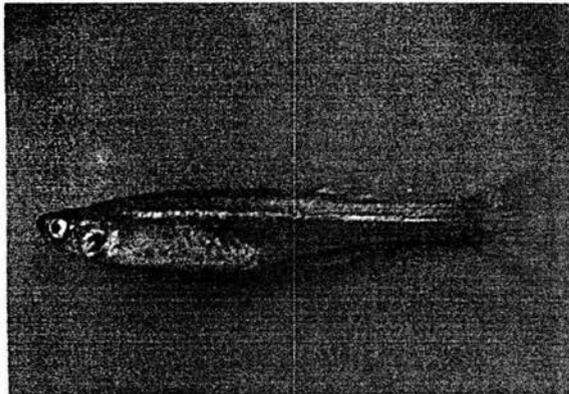


Fig. 2. Ejemplar colectado en el Lago de Xochimilco perteneciente a *Chirostoma jordani*.

Características

Chirostoma jordani es una especie de tamaño pequeño; de las tallas registradas, la máxima fue de 5.9 cm, mínima de 2.6 cm y el promedio fue de 4.46 cm. Su cuerpo es comprimido mide 1 cm y ocupa de 3.5 a 4 en la longitud estándar del pez; ojos grandes (2.71 mm en promedio) hocico corto con dientes pequeños y labios delgados. Presentó de 14 –34 branquiespinas en la rama inferior (en promedio 16), de 35-45 escamas medias laterales (42 promedio), escamas postoccipitales iguales a las del resto del cuerpo, escamas predorsales de 16-36 (en promedio 24), de 4 a 5 espinas en la primera aleta dorsal (4 promedio), en la segunda dorsal una espina y de 9-10 radios (9 promedio), aleta pectoral con 11-13 radios (12 en promedio) y 18-21 radios (19 promedio) y una espina en la aleta anal (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Datos merísticos obtenidos de *Chirostoma jordani* del Lago de Xochimilco.

	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
NÚMERO DE ESPINAS			
1ª aleta dorsal	4	3	6
2ª aleta dorsal	1	1	1
Aleta anal	1	1	1
NÚMERO DE RADIOS			
2ª aleta dorsal	9	8	11
Aleta anal	19	17	21
Aleta pectoral	12	11	17
Escamas en serie longitudinal	41	32	43
Branquiespinas rama inferior del primer arco branquial	16	16	16
Series laterales escamas de 1ª a 2ª dorsal	8	8	8
Escamas predorsales	24	21	25

Tabla 2. Datos morfométricos obtenidos de *Chirostoma jordani* del Lago de Xochimilco en etapas larval, juvenil y adulto.

	MÍNIMO	MÁXIMO
PESO (g)	0.21	2.67
LONGITUD TOTAL (cm)	2.09	6.65
LONGITUD ESTÁNDAR (cm)	2.6	5.9
LONGITUD PREANAL (cm)	1.4	3.05
LONGITUD POSTANAL (cm)	1.25	3.4
LONGITUD CEFÁLICA (cm)	0.5	2.1
LONGITUD HOCICO (cm)	0.08	0.35
DIÁMETRO DEL OJO (cm)	1.7	3.7
ALTURA DEL CUERPO (cm)	0.31	1.5
BASE DE LA DORSAL (cm)	2.5	8.5
BASE DE LA ANAL (cm)	0.5	1.5
BASE DE LA CAUDAL (cm)	2.1	6.7
ALTURA PEDÚNCULO (cm)	1.9	5.8
No. DE VECES ALTURA MÁXIMA EN LONGITUD PATRÓN	4	5
No DE VECES DIÁMETRO DEL OJO EN LONGITUD CEFÁLICA	3	3
No DE VECES LONGITUD CEFÁLICA EN LONGITUD PATRÓN	3	5

Las especies de la familia Atherinidae, se presentan en aguas marinas, salobres y dulceacuícolas, a pesar de su origen marino. Los atherinidos de agua dulce están representados por los géneros *Poblana* y *Chirostoma* exclusivos de la República Mexicana (Cházaro *et al.*, 1989).

El género *Chirostoma* es característico de la mesa central contando con 17 especies y una extinta (Barbour, 1973) En la región del lago de Chapala soporta la subsistencia pesquera desde los últimos siglos (Lyons *et al.*, 1991).

Por lo general viven en aguas lénticas templadas, claras a medio turbias, prefieren los fondos arenosos o gravas litorales con vegetación acuática y ligero olaje (Rosas-Moreno, 1968).

La fecundación de estos organismos es externa, ya que la hembra libera los óvulos al medio acuático previa excitación del macho por frotamiento. El número de óvulos es siempre menor a la producción de células masculinas. Las hembras pueden desovar durante todo el año, intensificándose este proceso durante los meses de marzo a junio. La puesta de huevecillos se presenta en las raíces de la vegetación como lirio y pastos, a poca profundidad (0.80-1.550 m), ya que la incubación requerirá de una buena oxigenación; de lo contrario se desarrollarían hongos que podrían infectar los huevecillos (Pérez-Salmeron, 1982).

Antes de la fecundación de los óvulos, estos tienen una membrana poco resistente y no presentan filamentos ya que éstos últimos aparecen cuando los óvulos han sido ya fecundados. Los huevecillos pueden medir de 1000 a 1100 μ , por lo general su forma es esférica, pudiendo presentarse alguno deforme y sin embargo pueden ser fecundados, estos huevos se pueden clasificar como tipo telolécitos (Pérez-Salmeron *op.cit.*).

La destrucción de los huevecillos y alevines en la mayoría de los casos es ocasionada por insectos y otros animales depredadores. En condiciones naturales existe una gran diferencia proporcional entre el número de huevecillos desovados y la cantidad de alevines que logran sobrevivir hasta alcanzar un estadio juvenil, el porcentaje que lo logra en algunos casos no llega ni al 10% (Pérez-Salmeron *op.cit.*).

Una vez absorbido el saco vitelino, inicia su alimentación con zooplancton, pero también llegan a aceptar alimento preparado, como yema de huevo cocido, levadura, carne fresca molida, alimentos frescos molidos como el camarón y los caracoles, alimentos secos como la misma *Daphnia sp.*, e incluso alimento peletizado (Rubín, 1981).

SITUACIÓN ACTUAL DEL CHARAL EN EL LAGO DE XOCHIMILCO.

De las colectas realizadas se registraron cinco familias: Poeciliidae, Atherinidae, Goodeidae, Cichlidae y Cyprinidae, siendo la familia Atherinidae la predominante y por lo tanto la especie más abundante fue *Chirostoma jordani*. Esta especie fue colectada en los siguientes canales: Nacional, Atizapa, Trancatilla y la Noria y las lagunas del Toro y Tlilac; mientras que en los canales de Amelalco, Cuemanco, Otenco, Ampampilco y laguna de Texhuilo no se encontró ningún charal (Fig. 3).

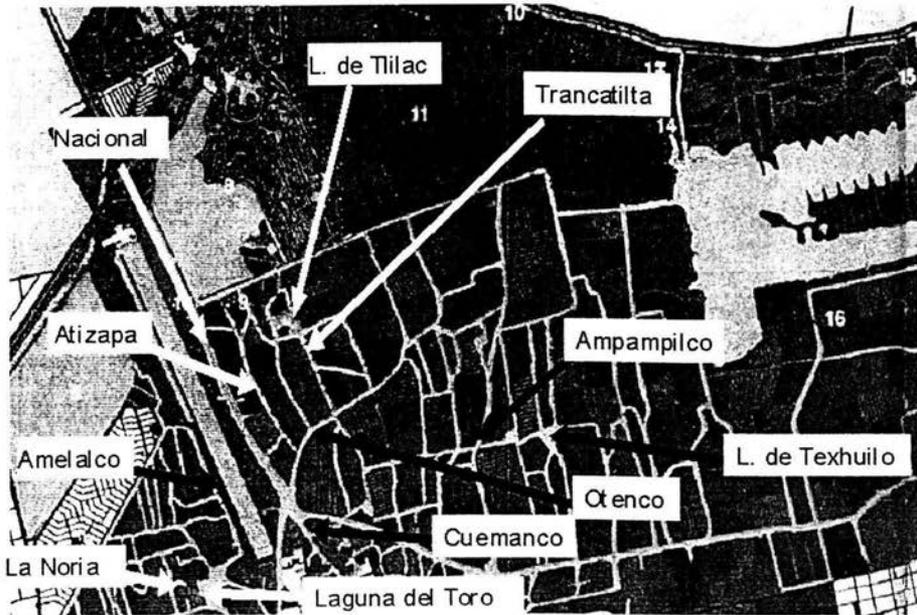


Fig. 3. Ubicación de los canales del Lago de Xochimilco muestreados durante la presente investigación (tomado de Ávila, 2000).

De acuerdo con estas capturas la mayor abundancia se presentó en el canal de la Noria con un total de 350 peces lo cual representó 55.11%, le siguió el canal Nacional con un total de 128 organismos equivalente a 20.18%; la laguna del Toro con 119 organismos (18.76%); laguna de Tlilac con 24 ejemplares lo que

representó 3.78%; le siguió el canal de Trancatitla con ocho ejemplares representando el 1.26% y finalmente el canal con menor abundancia fue Atizapa donde se encontraron cinco con un porcentaje de 0.78% del total de organismos capturados (Fig. 4).

Porcentaje de abundancia de los canales donde fue encontrado *Chiostoma jordani*

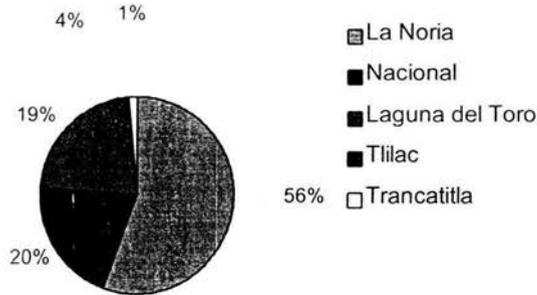


Fig. 4. Abundancia relativa de *Chiostoma jordani* en canales del Lago de Xochimilco.

Las características físico-químicas promedio de los canales muestreados fueron los siguientes: Profundidad 132 cm, transparencia 38.62 cm, temperatura ambiental 23.21 °C, temperatura del agua 18.76 °C, oxígeno disuelto en agua 9.19 ml/L, conductividad de 1083.55 μ S, pH de 8.42, amonio 0.926 mg/L NH_4 , nitratos 14.58 mg/L NO_3 y nitritos 0.442 mg/L NO_2 (Tabla 3).

Los valores mínimos de estos parámetros en los canales son los siguientes: Profundidad 45 cm en Atizapa; 27 cm de transparencia en Ampampilco; 18.3 °C de temperatura ambiental en Cuemanco y Atizapa; 17 °C temperatura del agua en Atizapa Ampampilco y Cuemanco; 4.80 ml/L de oxígeno disuelto en laguna de Tlilac; conductividad de 688 μ S y pH 7.24 en el canal Nacional; 0.20 mg/L NH_4 de amonio en Ampampilco y Trancatitla; 5.00 mg/L NO_3 de nitratos en Atizapa y Trancatitla y 0.05 mg/L NO_2 de nitritos en el canal de Atizapa (Tabla 3).

Los valores máximos de estas características se dieron de la siguiente manera en los canales: Profundidad de 209 cm y conductividad de 1440 μS en el canal de Atizapa; temperatura del agua de 22 °C y oxígeno disuelto en agua de 14.60 ml/L en Trancatitla; transparencia de 67 cm en Cuemanco; pH de 8.9 Laguna de Tlilac; temperatura ambiente de 28 °C en canal la Noria; 3.2 mg/L NH_4 de amonio en la Noria y Nacional; 32.5 mg/L NO_3 de nitratos en el canal Nacional y 1.00 mg/L NO_2 de nitritos en Amelalco, la Noria, Nacional y Laguna de Tlilac (Tabla 3).

Tabla 3. Características fisico-químicas generales de los canales del Lago de Xochimilco que fueron muestreados.

PARÁMETRO	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PROFUNDIDAD (cm)	132.02	45.00	209.00
TRANSPARENCIA (cm)	38.62	27.00	67.00
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	23.21	18.30	28.00
TEMPERATURA AGUA (°C)	18.76	17.00	22.00
OXÍGENO DISUELTO (ml/L)	9.19	4.80	14.60
CONDUCTIVIDAD (μS)	1083.55	688.00	1440.00
PH	8.42	7.24	8.90
AMONIO (mg/L NH_4)	0.926	0.20	3.20
NITRATOS (mg/L NO_3)	14.58	5.00	32.50
NITRITOS (mg/L NO_2)	0.442	0.05	1.00

En los canales donde fue colectado el charal se presentaron en promedio las siguientes características fisico-químicas:

Profundidad de 123.48 cm (60.50-144cm), transparencia 33.75 cm (14-44.50 cm), temperatura ambiente 20.49 °C (19.93-28 °C), temperatura de agua 18.84 °C (17.60-20.40 °C), oxígeno disuelto 9.27 ml/L (9-12 ml/L), conductividad 1026.63 μS (720-1424 μS), pH 8.34 (7.74-8.77), amonio 1.08 mg/L NH_4 (0.31-32.50 mg/L NH_4), nitratos 12.22 mg/L NO_3 (7.50-32.50 mg/L NO_3), nitritos 0.53 mg/L NO_2 (0.12-1 mg/L NO_2) (Tabla 4).

Tabla 4. Valores promedio, mínimo y máximo de las características fisicoquímicas de los canales donde fue encontrado el charal.

PARÁMETRO	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PROFUNDIDAD (cm)	123.48	60.50	144
TRANSPARENCIA (cm)	33.75	14	44.50
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	20.49	19.93	28
TEMPERATURA AGUA (°C)	18.84	17.60	20.40
OXÍGENO DISUELTO (ml/L)	9.27	9	12
CONDUCTIVIDAD (μ S)	1026.63	720	1424
PH	8.34	7.74	8.77
AMONIO (mg/L NH ₄)	1.08	0.31	3.20
NITRATOS (mg/LNO ₃)	12.22	7.50	32.50
NITRITOS (mg/L NO ₂)	0.53	0.12	1

De manera general las características fisicoquímicos en los canales donde se presentó el charal fueron: Noria: profundidad 60.50 cm, transparencia 14 cm, temperatura ambiental 28 °C, temperatura del agua 20.40 °C, oxígeno disuelto en agua 9.00 ml/L, conductividad del agua de 818 μ S, pH 7.74, amonio 3.2 mg/L NH₄, nitritos 1.00 mg/L NO₂; canal Nacional: profundidad 120.75 cm, transparencia 40 cm, temperatura ambiental 26 °C, temperatura del agua 19.14 °C, oxígeno disuelto en agua 10.85 ml/L, conductividad 821.50 μ S, 8.21 de pH, amonio 1.93 mg/L NH₄, nitratos 32.50 mg/L NO₃, nitritos 0.83 mg/L NO₂; laguna del Toro: profundidad 144 cm, transparencia 31 cm, temperatura ambiental 26 °C, temperatura del agua 17.6 °C, oxígeno disuelto en el agua 12ml/L, conductividad 720 μ S, pH 8.55, amonio 0.40 mg/L NH₄, nitratos 25.00 mg/L NO₃, nitritos 1.00 mg/L NO₂; Laguna de Tlilac: Profundidad 166 cm, transparencia 44.50 cm, temperatura ambiental 26 °C, temperatura del agua 18.20 °C, oxígeno disuelto en agua 5.10 ml/L, conductividad 1268 μ S, pH 8.77; Trancatitla: Profundidad 128.33 cm, transparencia 39.67 cm, temperatura ambiental 23 °C, temperatura del agua 19.77 °C, oxígeno disuelto en agua 10.31 ml/L, conductividad 1108.33 μ S, pH 8.44, amonio 0.31 mg/L NH₄, nitratos 7.50 mg/L NO₃, nitritos 0.12 mg/L NO₂

y por último Atizapa: Profundidad 121.33 cm, transparencia 33.33 cm, temperatura ambiental 19.93 °C, temperatura del agua 17.97 °C, oxígeno disuelto en agua 8.36 ml/L, conductividad 1424 μ S, pH 8.36, amonio 0.67 mg/L NH₄, nitratos 8.33 mg/L NO₃, nitritos 0.24 mg/L NO₂ (Tabla 5).

Tabla 5. Características fisico-químicas que se presentaron en los canales donde se encontró a *Chirostoma jordani*.

ESTACIONES	Noria	Nacional	L. del Toro	Tlilac	Trancatitla	Atizapa
PROFUNDIDAD (cm)	60.50	120.75	144	166	128.33	121.33
TRANSPARENCIA (cm)	14	40	31	44.50	39.67	33.33
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	28	26	26		23	19.93
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	20.40	19.15	17.60	18.20	19.77	17.97
OXIGENO DISUELTO (ml/L)	9	10.85	12	5.10	10.31	8.36
CONDUCTIVIDAD (μS)	818	821.50	720	1268	1108.33	1424
PH	7.74	8.21	8.55	8.77	8.44	8.36
AMONIO NH₄ (mg/L)	3.20	1.93	0.40		0.31	0.67
NITRATOS NO₃ (mg/L)		32.50	25		7.50	8.33
NITRITOS NO₂ (mg/L)	1	0.83	1		0.12	0.24

Mientras que en los canales donde no se encontró el charal presentaron las siguientes características fisico-químicas promedio:

Profundidad de 113.50 cm (90-157 cm), transparencia 44.50 cm (35.50-67 cm), temperatura ambiente 22.30 °C (18.30-26.50 °C), temperatura de agua 18.09 °C (17-19.60 °C), oxígeno disuelto 7.91

ml/L (5.20-11.90 ml/L), conductividad 751.16 μ S (726-770 μ S), pH 8.26 (7.77-8.67), amonio 0.86 mg/L NH_4 (0.23-1.60 mg/L NH_4), nitratos 6.6 mg/L NO_3 (7-10 mg/L NO_3), nitritos 0.35 mg/L NO_2 (0.15-1 mg/L NO_2) (Tabla 6).

Tabla 6. Valores promedio mínimo y máximo de las características fisicoquímicas de los canales en donde no se encontró al charal.

PARÁMETRO	PROMEDIO	MÍNIMO	MÁXIMO
PROFUNDIDAD (cm)	113.50	90	157
TRANSPARENCIA (cm)	44.50	35.50	67
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	22.30	18.30	26.50
TEMPERATURA AGUA (°C)	18.09	17	19.60
OXÍGENO DISUELTO (ml/L)	7.91	5.20	11.90
CONDUCTIVIDAD (μ S)	751.16	726	770
PH	8.26	7.77	8.67
AMONIO (mg/L NH_4)	0.86	0.23	1.60
NITRATOS (mg/L NO_3)	6.6	7	10
NITRITOS (mg/L NO_2)	0.35	0.15	1.00

Los valores fisicoquímicos de los canales donde no se encontró el charal fueron: Otenco: Profundidad 90 cm, transparencia 41 cm, temperatura ambiental 18.30 °C, temperatura del agua 18 °C, oxígeno disuelto en agua 7.40 ml/L, pH 8.22, amonio 0.60 mg/L NH_4 , nitratos 10.00 mg/L NO_3 , nitritos 0.18 mg/L NO_2 ; Cuemanco: Profundidad 157 cm, transparencia 67 cm, temperatura ambiental 18.30 °C, temperatura del agua 17 °C, oxígeno disuelto en agua 5.20 ml/L, pH 7.77, amonio 1.60 mg/L NH_4 , nitratos 7.00 mg/L NO_3 , nitritos 0.25 mg/L NO_2 ; Amelalco: Profundidad 100 cm, transparencia 40 cm, temperatura ambiental 26 °C, temperatura del agua 17.50 °C, oxígeno disuelto en agua 6.20 ml/L, conductividad 770 μ S, pH 8.67, amonio 0.60 mg/L NH_4 , nitratos 10.00 mg/L NO_3 , nitritos 1.00 mg/L NO_2 ; Texhuilo: Profundidad 123 cm, transparencia 35.5 cm, temperatura ambiental 26.5 °C, temperatura del agua 19.6 °C, oxígeno disuelto en agua 11.9 ml/L, conductividad 726 μ S, pH 8.49, amonio 0.23 mg/L

NH₄, nitritos 0.18 mg/L NO₂ y Ampampilco: Profundidad 97.5 cm, transparencia 39 cm, temperatura ambiental 22.4 °C, temperatura del agua 18.35 °C, oxígeno disuelto en agua 8.85 ml/L, conductividad 757.5 µS, pH 8.15, amonio 1.30 mg/L NH₄, nitratos 10.00 mg/L NO₃, nitritos 0.15 mg/L NO₂ (Tabla 7).

Tabla 7. Características físico-químicas que se presentaron en los canales donde no se encontró a *Chirostoma jordani*.

ESTACIONES	Otenco	Cuemanco	Amelalco	Texhuilo	Ampampilco
PROFUNDIDAD (cm)	90	157	100	123	97.50
TRANSPARENCIA (cm)	41	67	40	35.50	39
TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)	18.30	18.30	26.00	26.50	22.40
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	18	17	17.50	19.60	18.35
OXÍGENO DISUELTO (ml/L)	7.40	5.20	6.20	11.90	8.85
CONDUCTIVIDAD (µS)			770	726	757.50
PH	8.22	7.77	8.67	8.49	8.15
AMONIO (mg/LNH ₄)	0.60	1.60	0.60	0.23	1.30
NITRATOS (mg/NO ₃)	10	7	10		10
NITRITOS (mg/LNO ₂)	0.18	0.25	1.00	0.18	0.15

MANTENIMIENTO Y ACLIMATACIÓN DE LA ESPECIE

Los peces recién colocados (adultos) en las peceras fueron alimentados con artemia, sin embargo, esta no fue tolerada por los charales y morían de inanición, ya que estos al ser peces silvestres solo acostumbran alimento vivo proveniente de su medio natural como copépodos, cladóceros y rotíferos de agua dulce, por lo cual se optó por retirar la artemia de su dieta.

En virtud de esta experiencia fueron alimentados con pulga, la cual fue inmediatamente consumida, posteriormente se les combinó alimento comercial hasta que aceptaran este último sin necesidad de combinarlo con alimento vivo. Los charales tardaron aproximadamente 14 días en acostumbrarse al alimento comercial de hojuelas.

Como consecuencia de estas experiencias, la dieta más adecuada, cuando se mantengan charales adultos en peceras, será la combinación de alimento comercial en hojuelas complementada con pulga de agua del 5 al 10% de su biomasa.

El comportamiento de los peces recién colocados fue muy activo, visiblemente alterados y asustados, golpeando contra los cristales de la pecera y escondiéndose entre la vegetación artificial colocada en ellos. Al paso del tiempo el comportamiento de los peces se tornó más sereno, dejaron de esconderse incluso al acercarse a ellos para proporcionarles el alimento.

Es importante mencionar que después de colocar los organismos en las peceras, los niveles de amonio se tornaban elevados a consecuencia del estrés de estos, registrando los niveles más altos que se hayan presentado de 0.5-0.8 mg/L NH_4 .

Por otra parte los organismos colocados en los estanques se mantuvieron generalmente en buenas condiciones ya que al contenerlos dentro de las jaulas se tuvo un buen control de los peces y también estuvieron protegidos de los depredadores. En estos sistemas el mantenimiento de los peces fue bueno ya que presentaron pocas muertes y no existieron enfermedades, además de tener una alimentación buena y constante a base de plancton que se encontró de manera natural en los estanques, así como contar con condiciones casi análogas a las de su hábitat natural.

IZT.**PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS**

Las características físico-químicas en las peceras se consideraron como poco favorables ya que no se encontraron en los requerimientos mínimos que son: 5-6 ml/L de oxígeno disuelto en agua, 19-24 °C de temperatura y 7.6-7.8 pH según Pérez-Salmeron, (1982) y se presentaron valores de 4.92-9.36 ml/L de oxígeno disuelto, 22.93-27.98 °C de temperatura, 8.24-8.72 de pH y 0.14-0.87 mg/L NH₄ de amonio. Los promedios de estos parámetros fueron los siguientes: Oxígeno disuelto (ml/L) 6.5, temperatura (°C) 26, pH 8.29 y amonio (mg/L NH₄) 0.41 (Tabla 8).

Tabla 8. Valores promedio, mínimos y máximos en mantenimiento del charal.

Parámetros fisicoquímicos	Promedio	Mínimo	Máximo
Oxígeno disuelto (ml/L)	6.5	4.92	9.36
Temperatura del agua (°C)	26	22.93	27.98
PH	8.29	8.24	8.72
Amonio (mg/L NH ₄)	0.41	0.14	0.87



Los valores para el estanque fueron los siguientes: Oxígeno disuelto en agua 7 ml/L con un mínimo de 4.44 ml/L y máximo de 11.43 m/L, temperatura promedio 17 °C, mínima 10.07, máxima 21.09 y pH de 9, mínimo 8.18 y máximo 9.81. Por otra parte en este sistema aunque hubo algunos días valores muy altos de amonio, estos no salieron fuera del límite tolerado presentando un promedio igual a 0.22 mg/L NH₄, con un mínimo de 0.08 mg/L NH₄ y máximo de 0.22 mg/L NH₄ (Tabla 9).

Tabla 9. Valores promedio, mínimos y máximos presentes en el estanque manteniendo al charal.

Parámetros fisicoquímicos	Promedio	Mínimo	Máximo
Oxígeno disuelto (ml/L)	7	4.44	11.43
Temperatura del agua (°C)	17	10.07	21.09
PH	9	8.18	9.81
Amonio (mg/L NH ₄)	0.22	0.08	0.27

ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD PLANTÓNICA

La comunidad planctónica presente en el estanque y en el Lago de Xochimilco, estuvo conformada por dos Phyla: Rotifera y Arthropoda. El primero con dos órdenes, ocho familias y nueve géneros; el Arthropoda con dos subphyla, seis clases, diez órdenes, doce familias y trece géneros (Tabla 10, Fig. 5).

Tabla 10. Arreglo taxonómico de los organismos planctónicos y de la Clase Insecta colectados en el Lago de Xochimilco y estanque.

Phylum Rotifera	Phylum Arthropoda	
	<u>Subp. Crustacea</u>	<u>Subp. Unirramia</u>
Clase Monogononta	Clase Malacostraca	Clase Insecta
Orden Ploima	Orden Amphipoda	Orden Diptera
Familia Asplachnidae	Familia Tlatridae	Familia Chironomidae+
Género <i>Asplachna</i> Δ+	Género <i>Hyaella</i> Δ+	Orden Heteroptera
Familia Brachionidae	Superorden Eucarida	Familia Corixidae+
Género <i>Brachionus</i> Δ+	Orden Decapada	
<i>Keratella</i> Δ+	Infraorden Astacidea	
Familia Colurelidae	Familia Cambaridae	
Género <i>Colurella</i> Δ+	Género <i>Cambarus</i> Δ+	
Familia Euchlanidae	Clase Branchiopoda	
Género <i>Euchlanis</i> Δ+	Subclase Diplostraca	
Familia Lecanidae	Orden Cladocera	
Género <i>Lecane</i> +	Familia Chidoridae	
Familia Synchaetidae	Género <i>Pleuroxus</i> Δ+	
Género <i>Polyarthra</i> Δ+	Familia Daphnidae	
Familia Trichocercidae	Géneros <i>Ceriodaphnia</i> +	
Género <i>Trichocerca</i> Δ+	<i>Daphnia</i> Δ+	
Orden Floscularicea	<i>Scapholeberis</i> Δ	

Familia Filinidae	<i>Simocephalus</i> Δ +
Género <i>Filinia</i> Δ	Familia Moinidae
	Género <i>Moina</i> Δ +
	Orden Ctenopoda
	Familia Holopedidae
	Género <i>Holopedium</i> Δ
	Clase Ostracoda
	Orden Podocopa
	Familia Cyprididae
	Género <i>Cypridopsis</i> Δ +
	Clase Eubranchipoda
	Orden Anostraca
	Familia Chirocephalidae
	Género <i>Eubranchipus</i> Δ
	Clase Copepoda
	Orden Cyclopoida
	Familia Cyclopodidae
	Género <i>Cyclops</i> Δ +
	Orden Calanoidea
	Familia Centropagidae
	Género <i>Limnocalanus</i> Δ +

Δ : zooplancton del estanque. +: zooplancton del lago.

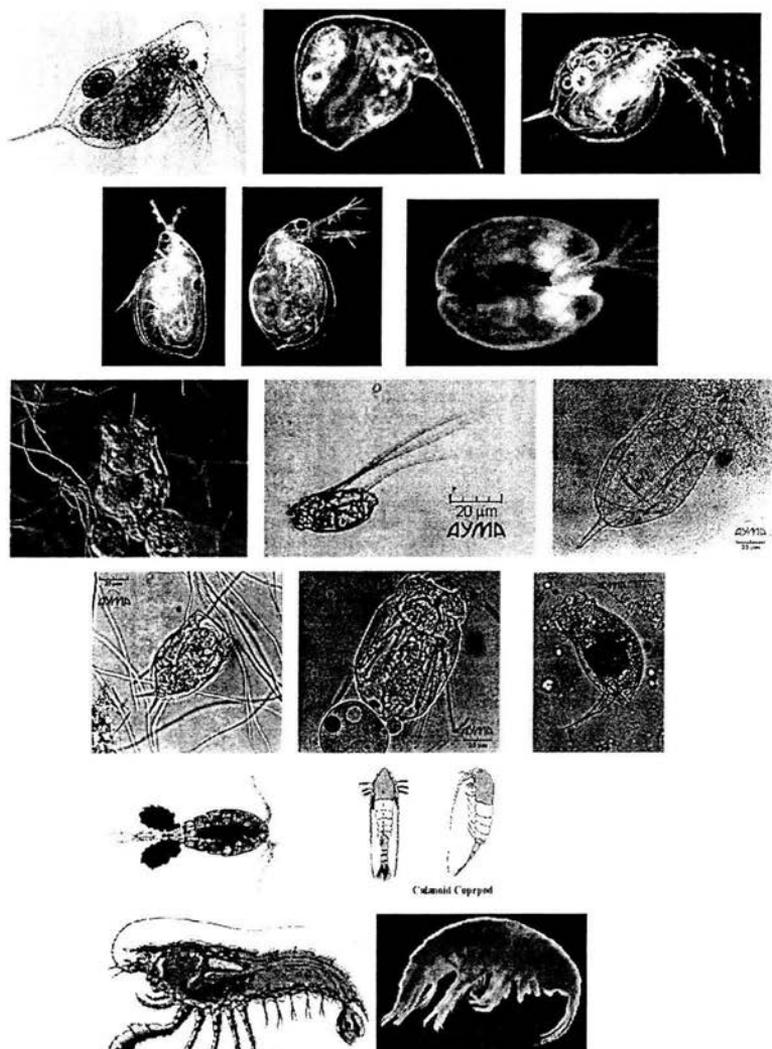


Fig. 5. Imágenes de algunos de los organismos colectados en el plancton del estanque y el lago (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo): *Daphnia*, *Eubosmina*, *Moina*, *Simocephalus*, *Ceriodaphnia*, *Holopedium*, *Brachionus*, *Filinia*, *Keratella*, *Lecane*, *Polyarthra*, *Colurella*, *Cyclops*, *Limnocalanus*, *Cambarus* y *Hyallela* (<http://www.cadocera.uoquelpica/default>, http://www.supercable.es/aymas/atlas_r.)

El porcentaje general relativo del plancton muestreado en los canales del Lago de Xochimilco fue: Rotifera 39.11%, Branchiopoda 25.01%, Copepoda 19.87%, Malacostraca 7.3%, Insecta 5.5% y Ostracoda 3.21% (Fig. 6).

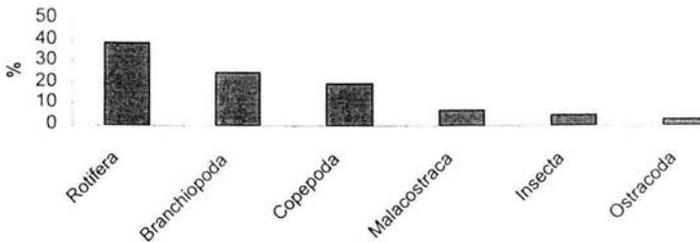


Fig. 6. Porcentaje relativo del plancton en general del Lago de Xochimilco.

En el estanque el porcentaje general relativo de su muestreo fue: Rotifera 67.80%, Branchiopoda 24.10%, Copepoda 6.12%, Ostracoda 1.28% y Malacostraca 0.70% (Fig. 7).

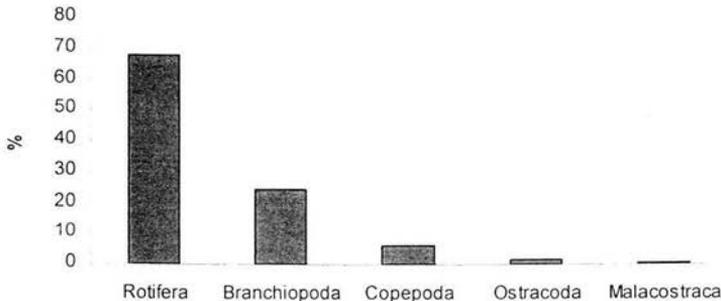


Fig. 7. Porcentaje relativo del plancton en general del estanque.

En el lago el Phylum Rotifera estuvo representado por ocho géneros de la clase Monogononta, del orden Ploima, estos géneros se presentaron en el siguiente orden de abundancia: *Keratella* 29%, *Brachionus* 28%, *Asplachna* 23%, *Lecane* 7%, *Polyarthra* 6%, *Colurella* 4%, *Euchlanis* 2% y *Trichocerca* 1% (Fig. 8).

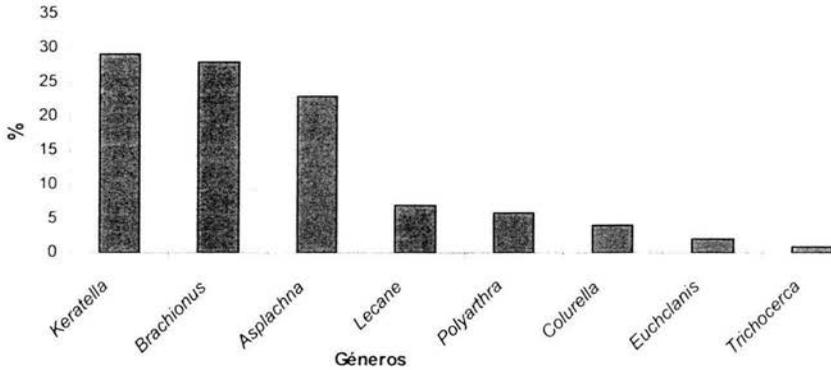


Fig. 8. Porcentaje relativo de los géneros del Phylum Rotifera presentes en el Lago de Xochimilco.

Del Phylum Arthropoda se colectaron los representantes del Subphylum Crustacea con cuatro clases, seis órdenes, 10 familias y 10 géneros y el subphylum Unirramia con una clase, dos órdenes y dos familias. En este phylum las clases presentes mostraron la siguiente abundancia: Branchiopoda 47%, Copepoda 42%, Malacostraca 6%, Insecta 4.7% y Ostracoda con 0.3% (Fig. 9).

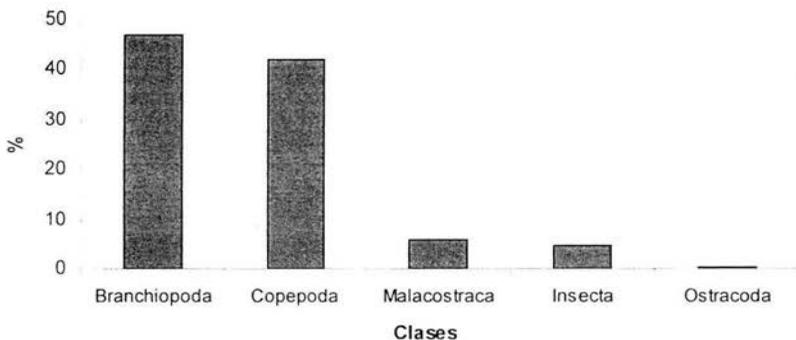


Fig. 9. Porcentaje relativo de clases del Phylum Arthropoda presentes en Lago de Xochimilco.

La clase Branchiopoda estuvo representada por cinco géneros en la siguiente proporción: *Pleuroxus* 34%, *Daphnia* 21%, *Moina* 17%, *Ceriodaphnia* 12%, *Simocephalus* 10% y *Scapholeberis* 6% (Fig.10).

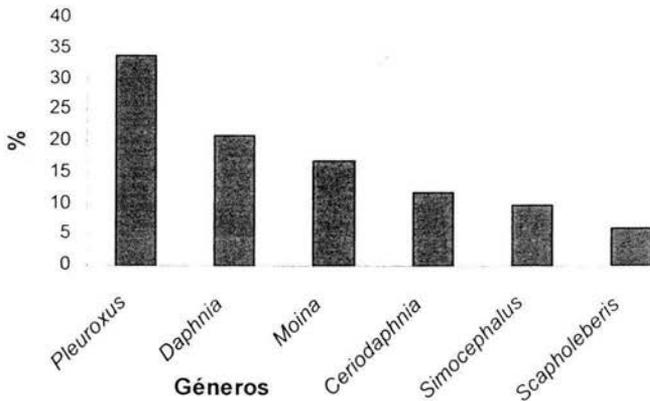


Fig. 10. Porcentaje relativo de géneros de la clase Branchiopoda presentes en el Lago de Xochimilco.

De la clase Copepoda se identificaron los géneros *Cyclops* 75% y *Limnocalanus* 25% (Fig.11).

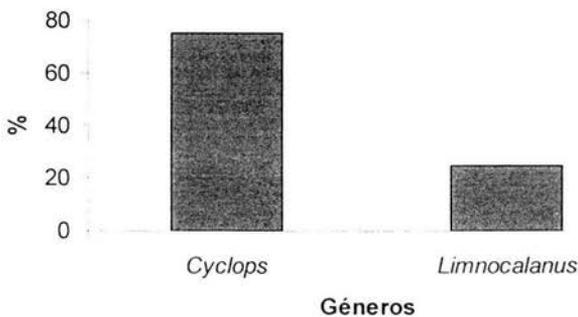


Fig. 11. Porcentaje relativo de géneros de la clase Copepoda presentes en el Lago de Xochimilco.

Las clases restantes presentaron la siguiente proporción; clase Malacostraca 51% de abundancia con los géneros *Hyaella* (40%) y *Cambarus* (11%); la clase Insecta con un 47% de abundancia con las familias Chironomidae (31%) y Corixidae (16%) y la clase Ostracoda con el género *Cypridopsis* 2%.

El registro de biomasa húmeda promedio presente del plancton en el lago fue de 0.053 g/L, con un mínimo de 0.001g/L y un máximo de 0.156 g/L. El volumen desplazado promedio del plancton fue 0.113 ml/L, mínimo de 0.010 ml/L y máximo de 0.20 ml/L.

De acuerdo con los datos de plancton registrados en el lago durante el mes de febrero de 1999 se presentaron los valores más altos de la biomasa húmeda y volumen desplazado en canal Nacional mientras que los más bajos se registraron en el mes de diciembre de 1998 en el canal de Ampampilco (Fig. 12).

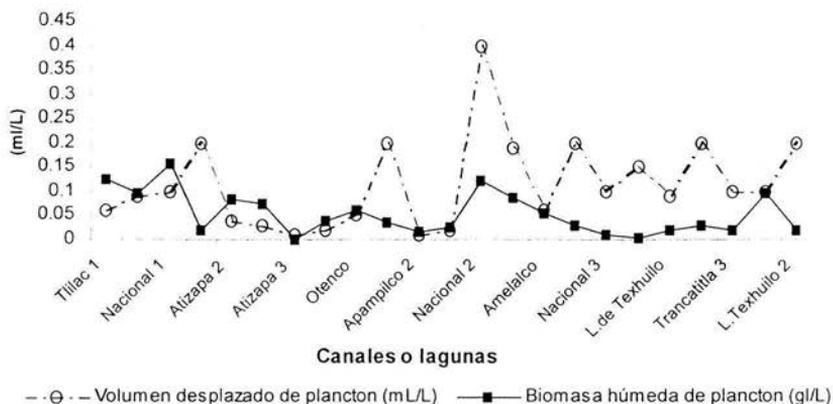


Fig. 12. Volumen y biomasa húmeda del plancton en el Lago de Xochimilco.

En lo que respecta al estanque, al igual que en el lago se presentaron ambos Phyla: Rotifera y Arthropoda. Del primer Phylum se identificó la clase Monogononta y los órdenes Ploima y Floscularicea, ocho familias y ocho géneros, estos últimos en los

siguientes porcentajes: *Keratella* 71%, *Brachionus* 9%, *Asplachna* 7%, *Colurella* 5%, *Filinia* 4%, *Polyarthra* 2%, *Trichocerca* 1.6% *Euchlanis* 0.4% (Fig.13).

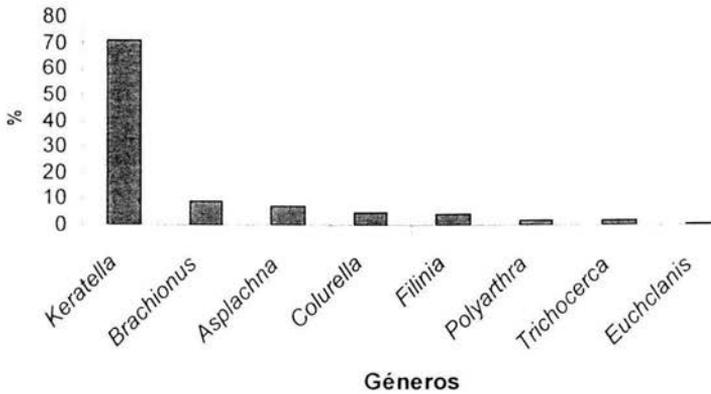


Fig.13. Porcentaje relativo de los géneros del Phylum Rotifera presentes en el estanque.

Del Phylum Arthropoda se colectaron cinco clases, en la siguiente abundancia: Branchiopoda 78%, Copepoda 20%, Ostracoda 1.2%, Eubranchiopoda 0.4% y Malacostraca con 0.4% (Fig. 14).

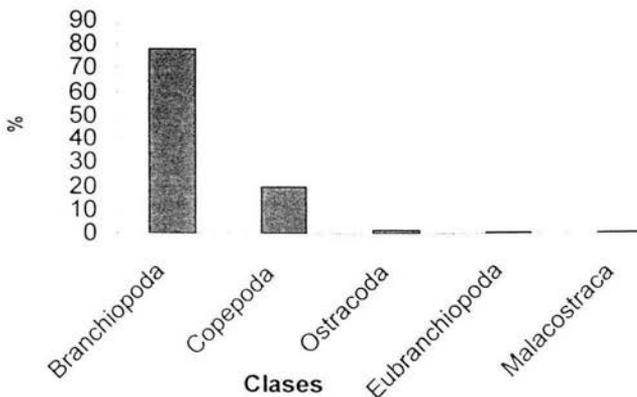


Fig.14. Porcentaje relativo de clases del Phylum Arthropoda presentes en el estanque.

De la clase Branchiopoda se presentaron seis géneros en la siguiente abundancia: *Simocephalus* 38%, *Daphnia* 20%, *Pleuroxus* 16%, *Moina* 13%, *Scapholeberis* 12%, *Holopedium* 1% (Fig. 15).

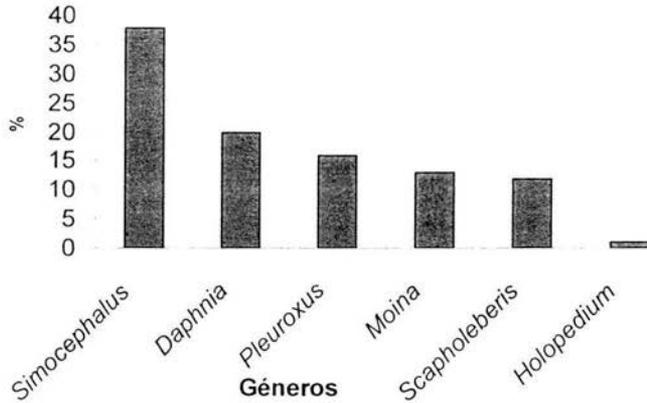


Fig. 15. Porcentaje relativo de géneros de la clase Branchiopoda presentes en el estanque.

La clase Copepoda presentó dos géneros *Cyclops* 87% y *Limnocalanus* 13% (Fig.16).

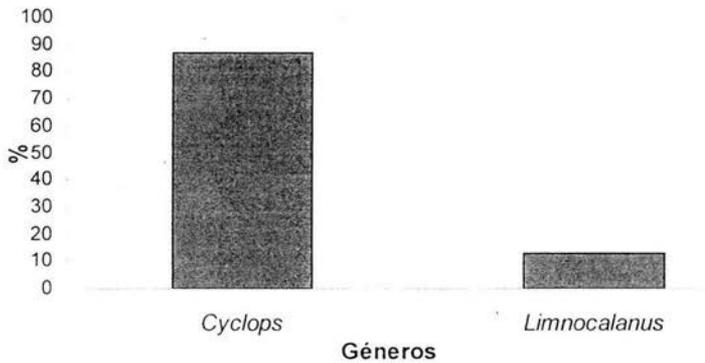


Fig.16. Porcentaje relativo de géneros de la clase Copepoda presentes en el estanque.

Las clases poco abundantes y con menos géneros fueron, la clase Ostracoda con el género *Cypridopsis* 49%; la clase Malacostraca con un 34% de abundancia con los géneros *Hyalella* (17%) y *Cambarus* (17%) y la clase Eubranchiopoda con el género *Eubranchipus* 17%.

En el estanque se registró una biomasa húmeda promedio de 0.82 g/L, mínima de 0.004 g/L y máxima de 0.380 g/L; en promedio el volumen desplazado se registró 0.081 ml/L de plancton, un mínimo de 0.010 ml/L y un máximo de 0.20 ml/L (Fig.17).

Los valores máximos de biomasa húmeda se registraron durante el mes de abril de 1999, a aproximadamente 145-166 días de la maduración del estanque, los meses de noviembre de 1998 (0-20 días) y febrero de 1999 (90-104 días) presentaron la menor biomasa. El volumen desplazado presentó sus máximos valores en los meses de marzo, abril de 1999 (118-166 días) y junio de 1999 (213 días), los más bajos se presentaron durante el mes de febrero de 1999 (90-104 días).

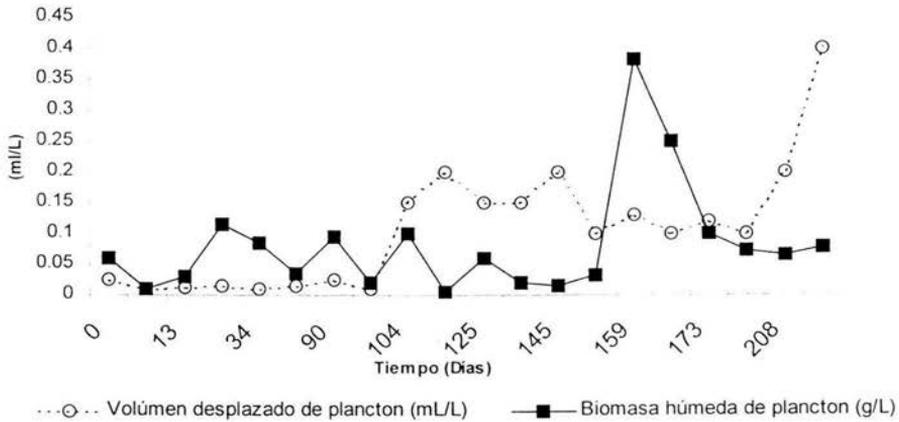


Fig. 17. Volumen y biomasa húmeda del plancton en el estanque.

SELECCIÓN ALIMENTICIA DE *Chirostoma jordani*.

Para los peces al igual que al resto de los animales, una buena alimentación es fundamental para que puedan crecer y reproducirse (Lagler, 1984), por lo cual se realizó el estudio del contenido estomacal de algunos organismos para conocer más sobre la selección alimenticia de *Chirostoma jordani*.

De acuerdo con lo que se pudo observar en el contenido estomacal de los peces revisados, éstos se alimentaron de:

Cyclops el cual predominó en todos los organismos, dando un porcentaje relativo de 78.65 %, *Simocephalus* 5.75 %, *Limnocalanus* 5.14 %, *Pleuroxus* 3.14 %, *Daphnia* 2.64 %, Huevos de charal 1.14 %, Corixidae 0.74 %, *Asplachna* 0.74 %, Chironomidae 0.72 %, *Cypridopsis* 0.34 %, *Brachionus* 0.24 %, *Keratella* 0.22 %, embriones de charal 0.22 % y nauplios 0.22 % (Fig. 18).

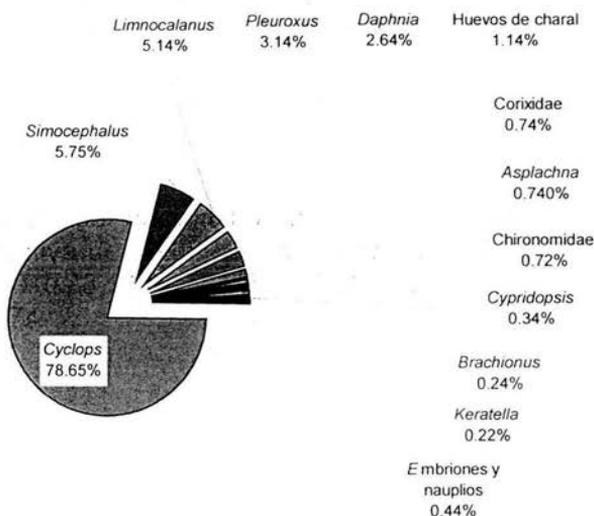


Fig. 18. Porcentaje relativo del consumo general de *Chirostoma jordani*.

De acuerdo al índice de Ivlev, de los 11 taxas de consumo general de su dieta, presentó variaciones de selectividad desde 0.68 (*Cypridopsis*) a -0.96 (*Keratella* y *Brachionus*) (Tabla 11).

Tabla 11. Valores resultantes del índice de selectividad para el análisis de la dieta del charal.

Selectividad General	
Taxón	
<i>Cyclops</i>	0.68
<i>Cypridopsis</i>	0.51
<i>Simocephalus</i>	0.39
<i>Limnocalanus</i>	0
<i>Daphnia</i>	-0.34
Corixidae	-0.44
<i>Pleuroxus</i>	-0.46
Chironomidae	-0.67
<i>Asplachna</i>	-0.85
<i>Brachionus</i>	-0.96
<i>Keratella</i>	-0.96

Con base en lo anterior y considerando tanto los taxas alimentarios en el ambiente, como en los estómagos, el índice de Ivlev (Krebs, 1993) determinó que de manera general el charal *Chirostoma jordani* seleccionó preferentemente *Cyclops* (Copepoda) y *Cypridopsis* (Ostracoda); *Simocephalus* (Branchiopoda) fue seleccionado pero no de manera preferente, *Limnocalanus* (Copepoda) fueron de consumo frecuente de acuerdo a la proporción de éste en el ambiente y *Daphnia* (Branchiopoda), Corixidae (Insecta), *Pleuroxus* (Branchiopoda), Chironomidae (Insecta), *Asplachna*, *Brachionus* y *Keratella* (Rotifera) fueron consumidos de manera ocasional, es decir no fueron seleccionados (Tabla 11).

El análisis alimentario porcentual de los machos consistió en lo siguiente: *Cyclops* 78%, *Simocephalus* 12%, *Pleuroxus* 2%, *Limnocalanus* 2%, Huevos de charal 2%, *Daphnia* 2%, *Asplachna* 1%, Corixidae 1% y *Cypridopsis*, *Keratella*, Chironomidae, nauplios y embriones con 0.18 cada uno representando el 0.9% (Fig. 19).

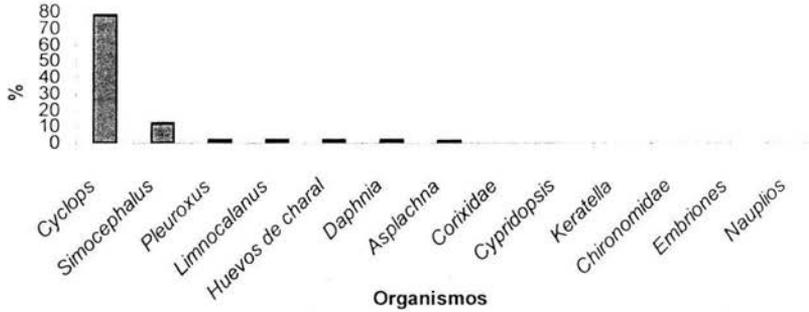


Fig. 19. Presas en porcentaje consumidas por machos.

Las hembras se alimentaron de: *Cyclops* 81%, *Limnocalanus* 8.5%, *Eubranchipus* 4%, *Pleuroxus* 5%, *Daphnia* 3.5%, Chironomidae 1.1% y Corixidae, *Simocephalus*, *Cypridopsis*, *Brachionus* y *Asplachna* con un porcentaje de 0.18 cada uno evidenciando un porcentaje de 0.9% (Fig. 20).

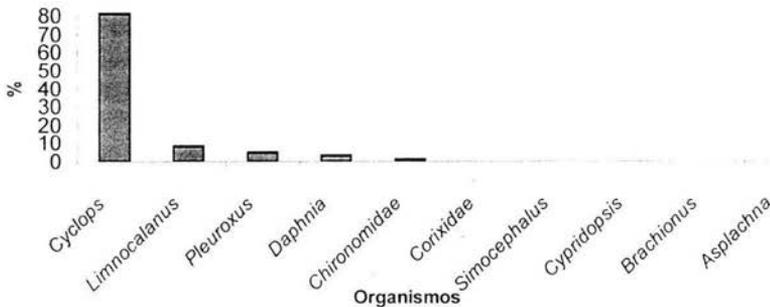


Fig. 20. Presas en porcentaje consumidas por hembras.

El análisis del consumo en general por sexos, según Ivlev (Krebs, 1993) presentó los siguientes valores de selectividad, en las hembras se presentó desde 0.68 (*Cyclops*) a -0.97 (*Keratella*) y en los machos desde 0.68 (*Cyclops*) a -1 (*Brachionus*) (Tabla 12).

Tabla 12. Valores resultantes del índice de selectividad para el análisis general de la dieta de los charales hembras y machos.

Taxón	Selectividad		Machos
	Hembras	Taxón	
<i>Cyclops</i>	0.68	<i>Cyclops</i>	0.68
<i>Cypridopsis</i>	0.51	<i>Simocephalus</i>	0.63
<i>Limnocalanus</i>	0.23	<i>Cypridopsis</i>	0.51
<i>Daphnia</i>	-0.27	Corixidae	0.02
<i>Pleuroxus</i>	-0.36	Chironomidae	-0.28
Chironomidae	-0.56	<i>Limnocalanus</i>	-0.43
Corixidae	-0.81	<i>Daphnia</i>	-0.45
<i>Simocephalus</i>	-0.85	<i>Pleuroxus</i>	-0.62
<i>Asplachna</i>	-0.96	<i>Asplachna</i>	-0.80
<i>Brachionus</i>	-0.96	<i>Keratella</i>	-0.97
<i>Keratella</i>	-0.97	<i>Brachionus</i>	-1

Por sexo, las hembras en general consumieron preferentemente *Cyclops* (Copepoda) y *Cypridopsis* (Ostracoda), seleccionaron pero no preferentemente *Limnocalanus* (Copepoda) y se alimentaron ocasionalmente de *Daphnia* y *Pleuroxus* (Branchiopoda), Chironomidae y Corixidae (Insecta), *Simocephalus* (Branchiopoda), *Asplachna*, *Brachionus* y *Keratella* (Rotifera) (Tabla 12).

En los machos fueron consumidos preferentemente *Cyclops* (Copepoda), *Simocephalus* (Branchiopoda) y *Cypridopsis* (Ostracoda); consumidos en proporción al ambiente fueron los corixidos (Insecta) y ocasionales Chironomidae (Insecta), *Limnocalanus* (Copepoda), *Daphnia* y *Pleuroxus* (Branchiopoda), *Asplachna* y *Keratella* (Rotifera),

a pesar de encontrarse en el ambiente no fue consumido *Brachionus* (Rotifera) (Tabla 12).

En la alimentación por talla y por sexo:

El 99.78% de los machos que presentaron tallas de 3.5-4.0 cm, consumieron únicamente Corixidae.

Los de talla de 4.1-4.5 cm del 100% de peces examinados 90.99% consumieron *Cyclops*, 8.06% *Daphnia*, 6.58% *Limnocalanus*, 1.06% *Brachionus*, 1.06% Corixidae, 1.04% *Asplachna*, 0.7% Chironomidae, 0.7% *Keratella*, 0.1% *Cypridopsis* y 0.53% *Pleuroxus*.

De 4.6-5.0 cm, el 48% de los machos consumió *Simocephalus*, 33.75% *Cyclops*, 4.65% *Pleuroxus*, 2.12% *Asplachna*, 1.7% *Keratella*, 1.06% nauplios y 0.1 *Cypridopsis*.

En 5.1-5.5 cm, el 78% consumió *Cyclops* y el 19.74% Corixidae. En la talla máxima registrada para los machos 6.1-6.5 cm, el 44.58% se alimentó de huevos de charal, el 42.63% *Cyclops*, 7.43% *Asplachna*, 4.24% Chironomidae y el 2.12% de embriones de charal (Fig.21).

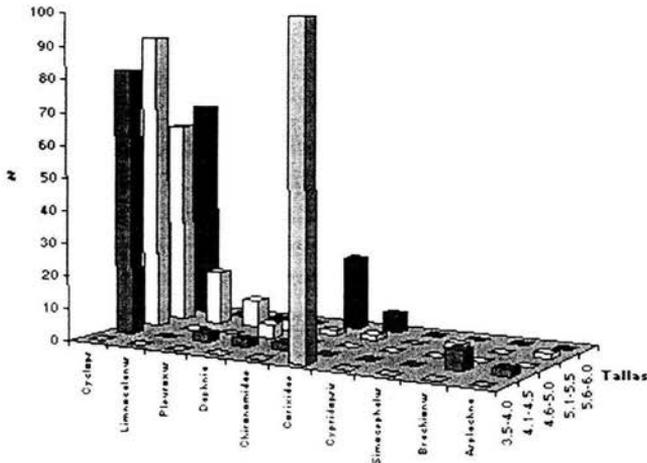


Fig. 21. Porcentaje relativo de consumo por talla en machos.

Para los machos, los valores fueron de 0.96 a -1.0 (Tabla 13).

Tabla 13. Valores resultantes del índice de selectividad por talla para los charales machos.

Taxón	Talla (cm)				
	3.5-4.0	4.1-4.5	4.6-5.0	5.1-5.5	6.1-6.5
<i>Cyclops</i>	-1	0.72	0.39	0.68	0.48
<i>Simocephalus</i>	-1	-1	0.90	-1	-1
<i>Cypridopsis</i>	-1	0.25	0.25	-1	-1
Corixidae	0.96	-0.09	-1	0.82	-1
Chironomidae	-1	-0.67	-0.67	-1	0.08
<i>Limnocalanus</i>	-1	0.14	-1	-1	-1
<i>Daphnia</i>	-1	0.21	-1	-1	-1
<i>Pleuroxus</i>	-1	-0.88	-0.29	-1	-1
<i>Asplachna</i>	-1	-0.73	-0.62	-1	-0.10
<i>Keratella</i>	-1	-0.88	-0.74	-1	-1
<i>Brachionus</i>	-1	-0.82	-1	-1	-1

En la talla menor (3.5 a 4.0 cm) consumieron preferentemente coríxidos (Insecta), los taxos restantes no fueron consumidos a pesar de su existencia en el ambiente. En la talla de 4.1 a 4.5 cm *Cyclops* (Copepoda) fue el alimento preferencial, *Cypridopsis* (Ostracoda), *Daphnia* (Branchiopoda), y *Limnocalanus* (Copepoda) fueron seleccionados pero no preferentemente, quironómidos y coríxidos (Insecta), *Pleuroxus* (Branchiopoda), *Asplachna*, *Keratella* y *Brachionus* (Rotifera) fueron consumidos ocasionalmente, *Simocephalus* (Branchiopoda) no fue consumido. Longitudes de 4.6 a 5.0 cm *Simocephalus* (Branchiopoda) fue seleccionado preferentemente, *Cyclops* (Copepoda) y *Cypridopsis* (Ostracoda) fueron seleccionados pero no preferentemente, quironómidos (Insecta), *Pleuroxus* (Branchiopoda), *Asplachna* y *Keratella* (Rotifera) fueron los alimentos ocasionales consumidos, *Limnocalanus*

(Copepoda), corixidos (Insecta), *Daphnia* (Branchiopoda) y *Brachionus* (Rotifera) fueron taxas no consumidos. La talla de 5.1 a 5.5 cm consumió preferentemente corixidos (Insecta) y *Cyclops* (Copepoda), el resto de los taxas no fueron consumidos a pesar de estar presentes en el ambiente. Las tallas de 6.1 a 6.5 cm, seleccionaron *Cyclops* (Copepoda) preferencialmente y de acuerdo a su proporción al medio quironómidos, fue alimento ocasional *Asplachna* (Rotifera) y el resto de los taxas no fueron consumidos (Tabla 13).

Las hembras en su alimentación por talla y sexo presentaron lo siguiente:

Al igual que los machos en la talla 3.5-4.0 cm, el 99.78% de las hembras consumió Corixidae.

Para la siguiente talla de 4.1-4.5 cm el 82% presentó consumo de *Cyclops*, 6.2% *Brachionus*, 2.6% *Pleuroxus*, 2.2% *Daphnia*, 2.2% Chironomidae, 2% *Asplachna* y .01% *Cypridopsis*.

En 4.6-5.0 cm 92% *Cyclops*, 4.2% *Daphnia*. El 62% de la talla 5.1-5.5 cm presentó *Cyclops*, 62.95% *Limnocalanus*, 16.55% *Eubbranchipus*, 7.6% *Pleuroxus*, 8.55% *Daphnia*, 2.93% Corixidae, 1.61% *Asplachna*, 1.61% Chironomidae y *Simocephalus* 1.45%.

Los 5.6-6.1 cm presentaron 68.4% *Cyclops*, 2.2% Chironomidae y 6% Corixidae (Fig. 22).

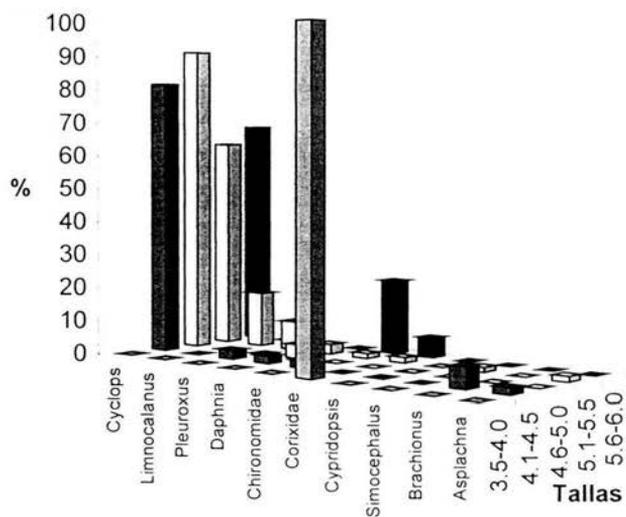


Fig. 22 Porcentaje relativo de consumo por talla en hembras

Respecto a las tallas por sexo, las hembras presentaron valores desde 0.96 a - 1.0 (Tabla 14).

Tabla 14. Valores resultantes del índice de selectividad por talla para los charales hembras.

Taxón	Talla (cm)				
	3.5-4.0	4.1-4.5	4.6-5.0	5.1-5.5	5.6-6.0
<i>Cyclops</i>	-1	0.69	0.72	0.62	0.64
<i>Cypridopsis</i>	-1	0.25	0.25	-1	-1
<i>Limnocalanus</i>	-1	-1	-1	0.54	-1
Corixidae	0.96	-1	-1	-0.09	-1
<i>Simocephalus</i>	-1	-1	-1	-0.27	-1
Chironomidae	-1	-0.24	-1	-0.42	0.72
<i>Daphnia</i>	-1	-0.41	-0.11	-0.28	-1
<i>Pleuroxus</i>	-1	-0.53	-1	0	-1
<i>Asplachna</i>	-1	-0.64	-1	-0.70	-1
<i>Brachionus</i>	-1	-0.28	-1	-1	-1
<i>Keratella</i>	-1	-1	-1	-1	-1

Las hembras que presentaron tallas de 3.5 a 4.0 cm preferentemente consumieron corixidos (Insecta), el resto de los taxas, a pesar de existir en el ambiente no fueron consumidos.

Tallas de 4.1 a 4.5 cm *Cyclops* (Copepoda) fue su alimento preferente, *Cypridopsis* (Ostracoda) fue un alimento seleccionado pero no preferencialmente, quironómidos (Insecta), *Daphnia* y *Pleuroxus* (Branchiopoda), *Asplachna* y *Brachionus* (Rotifera) fueron alimentos ocasionales y *Limnocalanus* (Copepoda), Corixidae (Insecta), *Simocephalus* (Branchiopoda) y *Keratella* (Rotifera) fueron alimentos no consumidos, a pesar de su existencia en el medio. En tallas de 4.6 a 5.0 cm, también fue de su preferencia *Cyclops* (Copepoda), *Cypridopsis* (Ostracoda) fue seleccionado pero no preferentemente, *Daphnia* (Branchiopoda) fue un alimento ocasional

y el resto de los taxos no fueron consumidos a pesar de estar en el ambiente. En la talla de 5.1 a 5.5 cm, consumieron preferentemente *Cyclops* y *Limnocalanus* (Copepoda), *Pleuroxus* (Branchiopoda) fue consumido de acuerdo a la proporción del ambiente, *Asplachna* (Rotifera), *Limnocalanus* (Copepoda), quironómidos (Insecta), *Daphnia* y *Simocephalus* (Branchiopoda) y Corixidae (Insecta) fueron taxos consumidos ocasionalmente y el resto no formó parte de su dieta aunque estuvieron en el ambiente. En la talla de 5.6 a 6.0 cm, quironómidos (Insecta) y *Cyclops* (Copepoda) fueron preferenciales el resto no fueron consumidos (Tabla 14).

En general, la amplitud de nicho presentada por el charal y de acuerdo a los resultados del índice Shannon-Weinner (Krebs, 1993), fueron los siguientes: general, sin importar sexo y talla fue de 0.81, para las hembras 0.74 y 0.79 para los machos (Tabla 15).

Tabla 15. Valores resultantes del índice de Shannon-Weinner de amplitud de nicho, general y por sexos.

	H'	J
General	0.81	0.34
General hembras	0.74	0.31
General machos	0.79	0.33

Por talla las hembras presentaron valores desde 0 en la longitud de 3.5 a 4.0 cm hasta 1.16 en las tallas de 5.1 a 5.5 cm (Tabla 16).

Tabla 16. Valores resultantes del índice de Shannon-Weinner de amplitud de nicho, por tallas para las hembras.

Tallas (cm)	H'	J
3.5-4.0	0	0
4.1-4.5	0.68	0.28
4.6-5.0	0.22	0.09
5.1-5.5	1.16	0.48
5.6-6.0	0.59	0.25

En los machos se presentaron valores desde 0 (longitud de 3.5 a 4.0 cm) hasta 1.05 (4.6 a 5.0 cm) (Tabla 17).

Tabla 17. Valores resultantes del índice de Shannon-Weinner de amplitud de nicho, por tallas para los machos.

Tallas (cm)	H'	J
3.5-4.0	0	0
4.1-4.5	0.75	0.31
4.6-5.0	1.05	0.44
5.1-5.5	0.51	0.21
6.1-6.5	0.69	0.29

Estos resultados demuestran que en cualquier caso sea talla o sexo, la amplitud de nicho es estrecha a pesar de que su espectro trófico fue amplio (ya que consume 11 de 20 taxas presentes en el ambiente), pero de estos 11 taxas consumidos, de acuerdo a Ivlev, solo selecciona no más de cinco taxas.

En general, la amplitud de nicho de acuerdo con el índice de Shannon-Weinner (Krebs, 1993), presentó un nicho relativamente estrecho en el que se manifestó una riqueza de taxas ingeridos relativamente alta con respecto al ambiente; comparativamente hablando en relación a la amplitud de nicho, en hembras y machos no se observó una diferencia muy marcada, siendo para ambos una amplitud de nicho muy estrecha, lo que indica una preferencia por cuatro o tres taxas de los 11 encontrados en su dieta: *Cyclops* (Copepoda), coríxidos (Insecta), *Limnocalanus* (Copepoda) y quironómidos (Insecta) para las hembras y *Cyclops* (Copepoda), coríxidos (Insecta), y *Simocephalus* (Branchiopoda) para los machos.

En las hembras de tallas de 5.1 a 5.5 cm, se presentó una amplitud relativamente más alta a las demás, sin embargo, esta sigue siendo estrecha, que de acuerdo con el índice de Ivlev, indicó la preferencia de dos taxones consumidos para esta talla *Cyclops* y *Limnocalanus* (Copepoda). La menor amplitud de nicho (0.22) la

presentaron los organismos de 4.6 a 5.0 cm en el que se marcó una preferencia por un taxón *Cyclops* (Copepoda) de los tres consumidos para esta talla. En la talla 3.5 a 4.0 cm las hembras consumieron única y preferentemente un solo taxón Corixidae (Insecta) de los 11 de la dieta para esta longitud.

En machos de 4.6 a 5.0 cm se presentó una amplitud de nicho relativamente más alta que las demás (1.05); sin embargo, como ya se ha considerado antes, ésta sigue siendo estrecha, y considerando el índice de Ivlev, se presentó una preferencia marcada por uno de los siete taxones consumidos en la dieta para esta talla *Simocephalus* (Branchiopoda). La menor amplitud (0.51) se presentó en los organismos de 5.1 a 5.5 cm, en la que mostraron preferencia marcada por dos taxas: corixidos (Insecta) y *Cyclops* (Copepoda), los cuales fueron los únicamente consumidos. Al igual que las hembras, los machos en la talla de 3.5 a 4.0 cm consumieron un solo taxón Corixidae (Insecta) de los 11 de su dieta.

EVALUACIÓN DE LA MORTANDAD EN PECERAS Y ESTANQUES Y LAS POSIBLES ENFERMEDADES.

De las cuatro peceras instaladas, el mayor número de muertes se presentó en las peceras uno y tres, que contenían agua tratada del Lago de Xochimilco, las cuales presentaron un 78.94 % y 90% de mortalidad respectivamente; mientras en las peceras dos y cuatro que contenían agua de la toma de la FES Iztacala, la mortalidad fue menor presentándose en un porcentaje de 75% y 78% respectivamente (Fig. 23).



Fig. 23. Comparación del porcentaje de Mortalidad presente entre peceras conteniendo agua tratada (1, 3), no tratada (2, 4) y estanque.

La principal causa de muerte fue el estrés durante el periodo de aclimatación, ya que se observó que son organismos muy nerviosos y sumamente delicados. Otra causa de muerte mínima fue por infecciones provocadas por aeromonas y pseudomonas, que ocasionaron enrojecimiento de las aletas y ulceraciones en la piel, a pesar de que fueron tratados con el medicamento comercial llamado triple sulfa (sulfatiazina de sodio, sulfametacina de sodio y sulfametamida de sodio) en dosis de una cápsula y media por cada 25 litros de agua.

En los estanques el número de muertes fue significativamente menor al de las peceras, ya que en estos sólo se presentó un 33% de muertes (Fig. 23).

La principal causa de muerte fue por el proceso de aclimatación al que se vieron sometidos en el estanque (en cuestiones de limitación de espacio por las jaulas), más que a las condiciones físico-químicas, ya que no se detectó presencia alguna de enfermedades o de parásitos aunque algunos organismos no pudieron ser revisados por

el avanzado estado de descomposición o la ausencia total de los restos del pez.

REPRODUCCIÓN DE LOS ORGANISMOS

Como ya se mencionó anteriormente, se pudo constatar que los peces de la familia Atherinidae son en extremo delicados, por lo que su mantenimiento en el laboratorio fue difícil ya que se presenta una gran mortalidad. Esto aunado a que las condiciones físico-químicas dentro de las peceras no fueron las más adecuadas a ellos, constituyeron factores determinantes para que no se presentara la reproducción de los peces en estos sistemas artificiales.

Por lo que respecta a los estanques, en estos si se observó la reproducción, con los siguientes parámetros; temperatura de 10-21 °C, pH 8.18-9.81 y oxígeno disuelto de 4.44-11.43 ml/L. Eclosionaron 536 alevines de un total de 56 hembras reproductoras colocados en el estanque, equivalente a 10 alevines por hembra.

Durante las primeras semanas la mortalidad de los alevines en los estanques fue muy alta, alcanzando un 87%; sin embargo, conforme fue avanzando el tiempo esta disminuyó llegando a presentarse sólo un 32% de mortalidad en los peces juveniles.

DISCUSIÓN

De acuerdo con las características merísticas y morfométricas de la especie, las cuales fueron comparadas con las establecidas por Álvarez del Villar (1970) y Barbour (1973) y con los registros de Guerra (1986) en el lago de Xochimilco, se estableció que la mayoría de estas características coinciden con las descritas para la especie por los autores antes mencionados, por lo cual se determinó que la especie encontrada es *Chirostoma jordani* y no *Ch. humboldtianum* como lo mencionaron los investigadores de la Colección Ictiológica del Instituto de Biología de la UNAM (Espinosa, com. pers., 1998).

Burali (1989) da a conocer el hecho de que la única especie de charal que existe en el lago es *Chirostoma jordani*, en la presente investigación se pudo comprobar el hecho ya que de todos los organismos colectados y determinados, ninguno perteneció a las especies *Ch. humboldtianum* o *Ch. regani*, especies que anteriormente habían sido registradas en el lago por autores como Herrera (1890), Soto (1953), Navarro (1955), Navarro y Álvarez del Villar (1957), Salcedo (1978) y Vargas (1987) quién hace el último registro de *Ch. regani* en el lago ya que solo dos años después Burali (1989) no registró ningún ejemplar de esta especie.

Por otra parte y contrariamente a lo registrado por Burali (1989) quien solo registró tres ejemplares de *Chirostoma jordani*, se logró capturar una mayor cantidad de organismos y se ha podido observar que su distribución en el lago es relativamente amplia y abundante, por lo que este estudio concuerda con lo planteado en la Nom-ECOL-059-2000, en estatus estable, a lo que Lyons *et al.* (1991) lo ponen en cuestionamiento, por que en la cuenca del Lerma que es su área de estudio, las circunstancias son diferentes.

Se localizaron principalmente en zonas de poca profundidad y rodeadas de vegetación abundante, generalmente hacia las orillas de los canales y lagunas, esto debido a que los charales prefieren los fondos arenosos o gravas litorales con vegetación acuática y ligero oleaje (Rosas-Moreno, 1968); estos sitios les proporcionan un lugar seguro hasta el cual difícilmente pueden llegar sus depredadores, como la tilapia, que generalmente son habitantes de aguas profundas; en estos lugares encuentran además una agua más cálida y

vegetación que les sirve de protección y garantiza la buena oxigenación requerida para el buen desarrollo de los huevecillos.

Las características físico-químicas de los canales donde se colectó el charal respecto a los canales donde no se encontró fueron diferentes, denotando que el charal en Xochimilco se localiza en lugares de mayor profundidad pero menor transparencia, temperatura que oscila de 17.60-20.40 °C, pH de 9-12 y concentraciones de amonio de 0.31-3.20 mg/L NH₄ y nitritos de 0.12-1 mg/L NO₂ que fueron más elevados en los canales de la Noria y Nacional y donde hubo mayor abundancia de la especie por lo que la presencia elevada de estos compuestos nos indica una gran cantidad de materia orgánica en descomposición (Schreck y Moyle, 1990; Mueller y Smith, 1992); sin embargo, puede ser que este alto grado de materia eleva la producción primaria y por lo tanto la presencia del zooplancton, que es la fuente principal de alimentación de *Ch. jordani*. De acuerdo con Ávila (2000), la contaminación del lago proviene de los desechos arrojados por los pobladores de las chinampas, además de las aguas residuales descargadas al lago por industrias y plantas tratadoras de aguas negras, así como la lixiviación y acarreo de fertilizantes artificiales en las chinampas, lo cual contribuye a los altos niveles de amonio registrados, siendo la laguna del Toro y la de Texhuilo las menos contaminadas, mientras que las más contaminadas fueron Ampamilco, Nacional y la Noria.

En cuanto al mantenimiento de los peces en las peceras se presentaron dificultades, sobre todo por el gran número de muertes que se registraron en un inicio a causa del estrés fisiológico al que se ven sometidos, esto se debe a que los peces de la familia Atherinidae son en extremo delicados y secretan una gran cantidad de amonio cuando están estresados (Fernández com. pers., 1998).

Los altos valores de amonio en las peceras con organismos recién colocados, se dice que dañó la mucosa protectora de los peces y los hizo susceptibles a la infección por bacterias del tipo pseudomonas y/o aeromonas, las que provocaron ulceraciones en la piel y el enrojecimiento de las aletas, que causó la muerte de algunos organismos cuya enfermedad ya estaba avanzada y no se trató a tiempo (Reichembach-Klinke, 1976; Lázaro, 1985 y Garbía, 1992).

Las infecciones pueden estar particularmente asociadas con las bacterias (aeromonas, pseudomonas) que se hospedan en el paquete muscular o en la dermis del pez, como es el caso de *A. hydrophila*, *A. sobria*, *A. caviae*, del grupo de aeromonas móviles oportunistas. Las pseudomonas (*P. fluorescens*) son frecuentemente, asociadas con enfermedades infecciosas de peces, en la piel y agallas y el intestino, son usualmente asociadas con estrés y con condiciones inapropiadas de manejo, sobre todo en acuarios (Negrete y Romero, 1999).

En virtud de que la Familia Atherinidae tiene la capacidad de tolerar bajas salinidades, remontándose a su origen, los estudios llevados a cabo por Comas *et al.* (2001), con *Chirostoma estor estor*, donde obtuvo una máxima sobrevivencia con una salinidad de $10^0/_{100}$, se podrían tomar en cuenta para *Chirostoma jordani*, ya que se evitaría el ataque de parásitos que no soportan el ambiente salino y por tanto también evitaría enfermedades infecciosas.

A diferencia de las peceras, en los estanques la mortalidad fue más baja y los peces no presentaron síntomas infección, tal vez por que en estos sistemas se encuentran en condiciones muy similares a las de su medio natural y por lo tanto el estrés es menor que en las peceras, además que su alimentación fue natural y abundante, mientras que en las peceras, ésta consistió en una dieta combinada de alimento vivo con alimento seco ya que en un inicio los peces no aceptaban el alimento seco; en su medio natural son enteramente zooplantófagos cazadores de su propio alimento (Cházaro *et al.*, 1989). Aunque investigadores de la Universidad Autónoma de Querétaro (Pineda com. pers., 1998), Universidad Autónoma del Estado de México (Cruz y Hernández, com. pers., 1989) y la Escuela de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Dominguez y Hernández, com. pers., 1998) han probado dietas a base de harinas de pescado, artemia y de copépodos logrando al parecer buenos resultados.

Respecto a las características físico-químicas de las peceras, se consideraron poco favorables ya que no entraron dentro de los límites de tolerancia y requerimientos mínimos para la especie; los parámetros físico-químicos en las peceras fueron constantes, excepto en el amonio que presentó variaciones significativas sobre todo al instalar nuevos organismos en las peceras, que era cuando sus

niveles alcanzaban los valores más altos. Sin embargo, estas características fisicoquímicas al compararlas con las del estanque y lago no sobrepasan los rangos de ambos lugares, en los que se observa que el pez está en buenas condiciones.

Referente a los parámetros que Pérez-Salmeron (1982) considera como requerimientos mínimos, la temperatura tuvo valores más altos a los marcados por este mismo autor reportando que para el género *Chirostoma* la temperatura ideal esta entre los 19-24 °C, mientras 28 °C pueden ser letales para estos organismos. Esto último puede ser una causa más del gran número de muertes registradas en las peceras; aunque de acuerdo con las experimentaciones realizadas por Orozco *et al.* (1997) en estanques de Xochimilco a temperaturas de 17-25 °C reportan que la reproducción aumenta y la incubación es más rápida; también Navarrete *et al.* (1981) y Cházaro *et al.* (1989) mencionan que en sus estudios de otros embalses la reproducción aumenta con las temporadas de temperaturas altas.

Sin embargo, tomando como referencia el estudio llevado a cabo por Barriga-Tovar *et al.* (2000), para evaluar la temperatura óptima para sobrevivencia y crecimiento de larvas de *Chirostoma estor estor*, la mejor sobrevivencia y crecimiento para esta especie fue en un intervalo de entre 24.9 a 27.9 °C, sin presentar diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$), pero se podría tomar como referencia para la resistencia de *Chirostoma jordani*, en lo referente a este parámetro.

Las cantidades de oxígeno disuelto fueron buenas ya que se mantuvieron dentro del límite, incluso al presentar valores mayores a los establecidos como mínimos aceptables para la especie, esto fue similar tanto en peceras como estanques y lago.

Para el pH Pérez-Salmeron (1982) sugiere valores entre 7.8 y 7.6 como el ideal y aunque algunas peceras registraron valores de entre 8-9 unidades, estos son iguales a los registrados en el lago por lo que se han considerado como buenas y que no afectan de ninguna manera la vida del pez; tomando en cuenta el análisis de componentes principales, el pH es un de los componentes que menos le afectan (Soto-Galera *et al.*, 1999).

Comparando las condiciones con los estudios distribucionales de López-López y Díaz-Pardo (1998) en el Río de la Laja, *Chirostoma jordani*, tiene preferencias específicas que determinan su distribución, como son: Oxígeno disuelto en agua de 14 ppm y dureza del agua de 71-74 mg/L.

Soto-Galera *et al.* (1999), en su estudio del Lerma-Santiago, clasificaron a los peces en tres grupos: tolerantes, intermedios y sensibles, donde *Chirostoma jordani* es clasificado como tolerante y al realizar un análisis de componentes principales determinaron que los factores de mayor a menor afectación a la especie fueron: temperatura, sólidos suspendidos, turbidez, sulfatos, nitritos y pH. Condiciones que también están presentes en el Lago de Xochimilco y que por ende en la abundancia y reproducción, por lo menos en este trabajo no afectan.

Bajo esta clasificación para la familia Atherinidae (tolerante) y su capacidad de tener adecuados crecimientos a bajas salinidades, permitirá crecimientos larvarios rápidos, sobrevivencia alta y reducir en un futuro los costos de producción en el criadero.

El charal de Xochimilco se alimentó de zooplancton y complementó su dieta con bentos, lo cual coincide con Cházaro (1989) y Navarrete (1981), aunque de acuerdo a estos mismos autores el bentos es consumido en las tallas más grandes (4.0 a 5.9 cm), mientras, que en este estudio parte del bentos consumido (Corixidae) esta presente como preferente desde tallas más pequeñas (3.5 a 4.0 cm). Como parte del zooplancton que consume preferentemente está: *Cyclops* (Copepoda), el cual, al igual que en otras investigaciones llevadas a cabo por Navarrete (1981, 1995), Cházaro (1989) y Hernández (1993), forma parte de la dieta fundamental de la dieta de *Chirostoma jordani*; otros taxos de consumo preferente del charal fueron *Limnocalanus* (Copepoda), Chironomidae (Insecta) y *Simocephalus* (Branchiopoda). Estos resultados se comprobaron con el índice de Ivlev y Shannon-Weinner, haciendo resaltar que estos índices que fueron utilizados, consideran no solo los valores del contenido estomacal, sino también la cantidad de organismos existentes en el medio y que en otras investigaciones no se ha llevado a cabo trabajo similar para determinar la selectividad y preferencia.

IZT.

Esto se puede comprobar viendo los resultados obtenidos con un análisis porcentual en donde: los alimentos más importantes fueron *Cyclops* 78.65 %, *Simocephalus* 5.75 %, *Limnocalanus* 5.14 %, *Pleuroxus* 3.14 %, Corixidae 0.74% y Chironomidae 0.72 %, y según los índices de Ilev para hembras fueron seleccionados preferentemente *Cyclops* (Copepoda), corixidos (Insecta), *Limnocalanus* (Copepoda) y quironómidos (Insecta) y para machos *Cyclops* (Copepoda), corixidos (Insecta) y *Simocephalus* (Branchiopoda).

Al hacer un análisis porcentual sin considerar la abundancia del ambiente, que es de donde toma su alimento, en muchos casos nos puede conducir a conclusiones incompletas o erróneas.

En cuanto a la reproducción, en los estanques se presenta con mayor facilidad, ya que por ser un sistema semi-natural cuenta con todas las características requeridas por los charales para su reproducción, ya que el agua proviene de un sistema natural y por esto las condiciones físico-químicas de ésta son casi análogas a las del lago, además de que el espacio es mayor y cuentan con alimento suficiente y natural.

La reproducción en comparación con lo obtenido por Arana-Magallón (2001), en la que de 30 hembras reproductoras obtuvo 134 alevines eclosionados en promedio, equivalente a 5 alevines por hembra, en este estudio fue mayor ya que de 56 hembras reproductoras se obtuvieron 536 alevines equivalente a 10 alevines por hembra y al comparar esta cantidad con el número máximo de alevines eclosionados reportados por Navarrete (1981) en campo, bajo condiciones naturales, de 1870 alevines, la reproducción de este estudio representa un 29 % de este máximo.

Referente al espacio de los peces en estanque es necesario mencionar el efecto de la jaula en el mantenimiento y reproducción, en esto la jaula tiene un doble papel, por un lado protege de los depredadores de gran tamaño que no logran atravesar la malla y al ser de color claro no obstaculiza el paso de luz, además de ser flotantes lo que favoreció junto con los lirios puestos dentro de estas la ovoposición que según Pérez-Salmeron (1982) esta se da entre los 0.80-1.50 mts. El efecto inverso es que al tener a los reproductores dentro de la jaula y no tener un buen control de los huevos, los



machos como ya se mencionó se alimentan de huevos o embriones dentro de las jaulas. Al contrarrestar esto último tal vez aumentaría la producción, pues los alevines y embriones tenían que sobrevivir dentro de un espacio más pequeño a aproximadamente siete machos depredadores por jaula.

Si es que se lograra en estudios posteriores la reproducción, se podría tomar en cuenta los estudios de densidad larval en la que para las larvas de pez blanco *Chirostoma estor estor*, la densidad óptima encontrada, es de 10 larvas por litro, donde se discuten además resultados en términos de comportamiento y manejo de los peces, y estos podrían adaptarse para *Chirostoma jordani*, tomando en cuenta los mismos parámetros de este estudio para la especie (Hernández, *et al.*, 2001).

En lo que se refiere a la mortandad de los alevines en el estanque, se debió principalmente a la depredación por los insectos que lograban penetrar la malla de tul de las jaulas.

La presencia y reproducción del charal en las condiciones actuales del Lago de Xochimilco, podría llevar a pensar, que no está amenazada o en peligro de desaparecer, sin embargo, es obligatorio seguir los estudios sobre la especie para realizar un continuo monitoreo para que estas condiciones de abundancia y reproducción no cambien, ya que es la última de las tres especies del género *Chirostoma*, Familia Atherinidae, que aún habita el Lago de Xochimilco, pequeña extensión lacustre del antiguo Lago de la Luna.

CONCLUSIONES

El charal colectado en los canales de Xochimilco pertenece a la especie *Chirostoma jordani* y es la única especie del género *Chirostoma* que aún habita en el lago.

La abundancia del charal en el lago de Xochimilco es alta y a lo largo del año presentan estadios de huevo, larva, juvenil y adulto, lo que la constituye como la especie más representativa del lago.

Las hembras en su ambiente natural consumieron preferencialmente y en orden de importancia: *Cyclops* (Copepoda), coríxidos (Insecta), *Limnocalanus* (Copepoda) y quironómidos (Insecta) y los machos: *Cyclops* (Copepoda), coríxidos (Insecta) y *Simocephalus* (Branchiopoda), aunque se presentaron pequeñas variaciones en ambos por talla.

La mejor opción para aclimatar y mantener a los charales son los estanques, ya que el cambio de hábitat no es tan drástico, por lo que el estrés es menor y al mantenerlos dentro de las jaulas están protegidos de sus depredadores naturales, además de que las enfermedades y muertes son menores que en las peceras.

En las peceras, si se tiene un buen control de las condiciones ambientales, sobre todo de la temperatura, oxígeno y amonio que necesitan los peces, serán la opción adecuada para su conservación y exhibición de fauna nativa mexicana.

La mortandad de estos peces es muy alta debido al estrés y maltrato, por lo que mueren en alto porcentaje durante el periodo de aclimatación.

Los charales en cautiverio se habituaron satisfactoriamente al alimento seco, aunque para cubrir sus requerimientos nutricionales mínimos y un buen desarrollo, es recomendable combinar su dieta de alimento seco con copépodos y pulga.

La reproducción de los charales se presentó en estanques exitosamente, más no en las peceras debido a la falta de control en sus requerimientos mínimos.

El hecho de que el charal *Chirostoma jordani* sea abundante y se reproduzca en el Lago de Xochimilco y en el estanque dan pie a realizar estudios con esta especie para su conservación y manejo.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda mantener un buen nivel de temperatura que no sobrepase los 24 °C, aumentar la salinidad del agua para evitar enfermedades de 5-10 ‰, mantener una buena alimentación de alimento seco y vivo, reducir el número de organismos por pecera (10 larvas/litro) y colocar vegetación natural para contrarrestar los altos niveles de amonio, además de que esta última les proporcionar mayor seguridad a los organismos.

Como otra opción preventiva para evitar la aparición de las infecciones es colocar a los peces en aguas hipohalinas, ya que el efecto de la salinidad en el crecimiento, supervivencia y eclosión de larvas se vuelven óptimos a 10 ‰ de salinidad.

Aunque su población aparentemente es grande y su distribución amplia, es importante continuar con los estudios para su mantenimiento y aclimatación en cautiverio pues el continuo deterioro de su hábitat puede llegar a mermar su población, poniendo en riesgo su permanencia como especie nativa en el lago.

LITERATURA CITADA

- ALCOCER, D. J. Y M. L. FLORES, T., 1993. Ictiofauna remanente del Lago de México. Actas del VI Congreso Español de Limnología. Granada. pp. 315-321.
- ÁLVAREZ, DEL VILLAR, J., 1970. Peces mexicanos (claves). Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. 165 p.
- ARANA-MAGALLÓN, F., PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., VICENTE-VELÁZQUEZ, V., ISLAS-ISLAS, J., OROZCO J. Y CALVILLO-MANCILLA, M., 2001. Métodos de reproducción, incubación y datos de crecimiento y supervivencia en cautiverio de: *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) (PISCES:ATHERINIDAE) de Xochimilco, México. Mem. XIV Congreso de Zoología, Zacatecas 2001.
- ARCOS, R. R., SOLIS, C. R. Y GUERRA H. E. A., 2000. Presencia de metales pesados en dos especies ícticas del Lago de Xochimilco. Mem. VII Congreso de Ictiología, México, D. F., 21-24 Noviembre 2000. 388 p.
- ÁVILA, R. B., 2000. Composición actual de la ictiofauna del Lago de Xochimilco. Tesis Profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México. 72 pp.
- BARBOUR, C. D., 1973. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swaison (Pisces, Atherinidae). Tulune Studies in Zoology and Botany, 18 (3): 97-141.
- BARRIGA-TOVAR, E., MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A., ROSAS-MONGE, C., CHACÓN-TORRES, A. Y L. G. ROSS. 2000. Efectos de la temperatura del sobre la sobrevivencia y crecimiento de larvas de pez blanco *Chirostoma estor estor* (PISCES: Atherinidae). Mem. VII Congreso de Ictiología, México, D. F., 21-24 Noviembre 2000. 388 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. Informe de Servicio Social, UAM Xochimilco. México. pp. 1-21.
- CHÁZARO, O. S., 1989. Estudio sobre algunos aspectos de la biología del charal *Chirostoma jordani* en el embalse Trinidad de Fabela,

- Estado de México. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México. 76 p.
- CHÁZARO, O. S., N. A. NAVARRETE, S., Y R. SÁNCHEZ M., 1989. Reproducción y crecimiento del charal *Chirostoma jordani* (Woolman) del embalse Trinidad de Fabela, Estado de México. Revista de Zoología, ENEPI. UNAM, México. (1): 10-18.
- COMAS, M. J., LINDSAY, G. R. Y MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A. 2001. Evaluación del crecimiento y mortalidad del pez blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor estor*) a diferentes salinidades. Mem. XIV Congreso de Zoología, Zacatecas, Zac. 2001.
- CONABIO. COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO Y CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD, 1998. Regiones prioritarias de conservación (CONABIO/PRONATURA/WWF/FMCN/USAID/TNC/INE). <http://www.gob.mx./rcpm/rcpmdatos.hts>.
- 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, S. A., México, 226 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, S. A., México, 226 p.
- DE LA LANZA, E. G. Y L. R. MARTÍNEZ C., 1998. Fertilización en los sistemas acuícolas. En: Martínez, C. L. R., 1998. Ecología de los sistemas acuícolas. A. G. T. Editor, S. A., México, 226 p.
- FERNÁNDEZ, A. M. A., 1986. El sistema chinampero como una alternativa para el cultivo de peces. Tesis Profesional, ENEP Iztacala. UNAM. México. pp 1-9.
- FIGUEROA-LUCERO, G., HERNÁNDEZ, R. M. C. Y FLORES M. A., 2000. Tolerancia a la salinidad de larvas de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Pises: Atherinopsidae) bajo condiciones de laboratorio. Mem. VII Congreso de Ictiología, México, D. F., 21-24 Noviembre 2000. 388 p.
- GARBIA, R. A. L. , 1992. Peces de acuario. Guía práctica de enfermedades. Mundiprensa. Madrid, España. 120 pp.

- GONZÁLEZ, J. L., CHÁVEZ, M., BENÍTEZ, J. C., ALEY, P. Y CÁRDENAS R. 2001. Descripción de la estructura y la ultraestructura del ovario de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes 1835). Mem. XIV Congreso de Zoología, Zacatecas, Zac.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. Y L. R. MARTÍNEZ C., 1998. El fitoplancton. Pp. 77-94. En: Martínez, C. L. R., 1998. Ecología de los sistemas acuícolas. A. G. T. Editor, S. A., México, 226 p.
- GUERRA, M. C., 1986. Análisis taxonómico poblacional de peces aterínidos (*Chirostoma* y *Poblana*) de las cuencas endorreicas del extremo sur del altiplano mexicano. An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México. 30:81-113 p.
- HERNÁNDEZ, G. A., TOLEDO, C. M. Y MARTÍNEZ, P. C. A. 2001. Efecto de la densidad de población en el crecimiento de larvas de pez blanco *Chirostoma estor estor* (PISCES: ATHERINIDAE). Mem. XIV Congreso de Zoología, Zacatecas, Zac. 2001.
- HERNÁNDEZ, O. F., 1993. Evaluación de algunos aspectos de alimentación y reproducción del charal *Chirostoma jordani* (Woolman) y crecimiento en el embalse Macua, Estado de México. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México. 37 p.
- HERRERA, A. L., 1890. Notas acerca de los vertebrados del Valle de México. La Naturaleza Ser. 1: 294-342.
- INEGI, 1998a. Distrito Federal. Cuaderno Estadístico Estatal. Edición 1997. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. pp. 10-21.
- INEGI, 1998b. Xochimilco: Distrito Federal. Cuaderno Estadístico Delegacional. Edición 1997. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. pp. 1-22.
- KREBS, C. J., 1993. *Ecological Methodology*. Harla México. 753p.
- LAGLER, K. F., 1984. *Ictiología*. AGT Editor. 489p
- LÁZARO, CH. M. E., 1985. Sustancias desinfectantes y drogas de utilidad en las piscifactorías. Manual de usos. A. G. T. Editor México, D. F. 90 pp.
- LÓPEZ-LÓPEZ, E. Y E. DÍAZ-PARDO, 1991. Cambios distribucionales en los peces del río de La Laja (Cuenca Río Lerma), por efecto de

- disturbios ecológicos. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN, México. 35: 91-116.
- LYONS, J., S. GONZÁLES-HERNÁNDEZ, G., SOTO-GALERA, E. Y M. GUZMÁN ARROYO. 1991. Decline of freshwaters fishes and fisheries in selected drainages of west-central México. Fisheries Management. Vol. 23. No. 4, 10-18 p.
- LYONS, J., S. NAVARRO-PÉREZ, P. A., COCHRAN, E., SANTANA C. Y M. GUZMÁN ARROYO. 1995. Index of biotic integrity based on fish assamblages for the conservation of streams and rivers in west-central México. Conserv. Biol. 9: 569-584.
- MORALES-VENTURA, J., FIGUEROA-LUCERO, G. Y NAVARRETE, S. N., 2001. Crecimiento de larvas de *Chirostoma humboldtianum* a distintas densidades alimentadas con *Brachionus rubens*. Mem. XIV Congreso de Zoología, Zacatecas, Zac.
- MUELLER, W., KEITH, L. Y SMITH, L., 1992. Compilation of E.P.A.'s, sampling and analysis methods. Lewis Publisher Inc. USA. 741-795 p.
- NAVARRO, L., 1955. Contribución al conocimiento de la ictiofauna del Valle de México. Tesis Profesional. ENCB, IPN. México.
- NAVARRO, L. Y J. ÁLVAREZ DEL VILLAR, 1957. Los peces del Valle de México. División General de Pesca e Industrias Conexas. Secretaría de Marina. México.
- NAVARRETE, S. N. A., 1981. Contribución a la biología del charal (*Chirostoma jordani*) de la presa Taxhimay. Tesis profesional. ENEP Iztacala, UNAM. México. 86p.
- NAVARRETE, S. N. A., SÁNCHEZ, M. R. Y ROJAS, L. M., 1995. Selección del zooplancton por el charal *Chirostoma jordani*. www. ots.duke.edu/tropibionjnl/claris/44-2/ ; NAVAR~1.HTM.
- NEEDHAM, J. G. Y P. R. NEEDHAM, 1978. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverté, S.A. España. 131 p.
- NEGRETE, R. P. Y ROMERO, J. J., 1999. Presencia de bacterias patógenas en peces de ornato. Hidrobiológica. 9(2): 85-94 p.
- OROZCO, J., ARANA-MAGALLÓN, F. Y PÉREZ-RODRÍGUEZ, R., 1997. Algunos aspectos de la biología y hábitos reproductivos de

- Chirostoma jordani* (PISCES:Osteoichthies) de la zona lacustre de Xochimilco, D. F. Reporte de Servicio Social, UAM Xochimilco, México.
- PENNAK, R. W., 1991. Fresh waters invertebrates of the United States. 3a. Ed., Johns Wiley and Sons, New York, 628 p.
- PEREZ-FONS, R., 1993. Rescate de un pueblo y de un paisaje. Tiempo. México. pp. 6-13.
- PÉREZ-SALMERON. L. A., 1982. Piscicultura: ecología, explotación e higiene. Manual moderno. México. 54 pp.
- PEREZ, V. G., 1971. La fauna del Valle de México. Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM, México. pp. 74-78.
- PREJS, A. Y G. COLOMINE, 1981. Métodos para el estudio de alimentos y relaciones tróficas de los peces. Caracas, Venezuela, 129 p.
- REINCHENBACH-KLINKE, H. H., 1976. Claves para el diagnóstico de las enfermedades de los peces. Acribia. Zaragoza, España. 89 p.
- REVELO, A. L. G., 2002. Aclimatación y mantenimiento de *Chirostoma humboldtianum* en estanques con aguas tratadas. Tesis de Profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 69 p.
- RODRÍGUEZ, V. A., REVELO, A. L. G., CRUZ G. A. 2001. Aclimatación y mantenimiento de *Chirostoma humboldtianum* en estanques con aguas tratadas Laboratorio de Ecología de Peces; Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Mem: XIV Congreso de Zoología, Zacatecas 2001.
- ROSAS-MORENO, O., 1968. Biología acuática y piscicultura en México. Secretaría de Pesca. 379 pp.
- RUBIN, R., 1981. La piscifactoría cría industrial de los peces de agua dulce. Ed. C. E. C. S. A., México. 191 p.
- RUTTNER-KOLISKO, A., 1962. A guide to the study of fresh-water biology. Sn. Fco., Calif. Holden-doyic; 1962.
- RUTTNER-KOLISKO, A., 1974. Plankton Rotifers: Biology and taxonomy. By Agnes Ruttner-Kolisko; Stuttgart; E. Scherwert, Buchhandlung. 1974.

- SALCEDO, V., 1978. Fluctuación de la fauna asociada al lirio acuático (*Eichornia crassipes*) y su relación con la contaminación en el Lago de Xochimilco. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 60 pp.
- SCHREK, C. B. Y MOYLE, P. B., 1990. Methods for fish biology. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland. 543 pp.
- SORIA-BARRETO, M. J., PAULO-MAYRA Y A. A. GONZÁLEZ, 1999. Análisis de la literatura relacionada con las especies de *Chirostoma* Mem. XV Congreso de Zoología, Tepic, Nayarit. 9-12 de Noviembre 1999, 105 p.
- SOTO, G. C., 1953. Peces de la cuenca de México. Estudio zoológico y etnológico. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 44 pp.
- SOTO-GALERA, E., E. DÍAZ-PARDO, E. LÓPEZ-LÓPEZ, J. LYONS, 1998. Fish as indicators of environmental quality in the Río Lerma, México. Aquatic Ecosystem Health and Management. Elsevier Science.
- SUAREZ-MORALES, E., 1998. Zooplankton y acuicultura. pp. 95-118. En: Martínez, C. L. R., 1998. Ecología de los sistemas acuícolas. A. G. T. Editor, S. A., México, 226 p.
- SUÁREZ, N. V., 1996. Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios y nutricionales del charal *Chirostoma* sp. para la formación de balanceados en su alimentación artificial. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. 88 p.
- THORP, J. H. Y COVICH, A. P., 1991. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press. Inc. San Diego, Cal. 912 pp.
- VARGAS, B., 1987. Rescate de flora y fauna del Lago de Xochimilco. 1er. Congreso Anual de Investigación. UAM. Xochimilco. México.