



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

“Aspectos poblacionales de *Chirostoma jordani*  
(Woolman) (PISCES: Atherinidae) en el sistema lacustre  
de Xochimilco, México, D. F.”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS  
(BIOLOGIA EN SISTEMAS Y  
RECURSOS ACUATICOS)  
P R E S E N T A:  
BIOL. YOLANDA MONICA OLVERA BLANCO

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ

MEXICO, D. F. ,

ENERO DE 2004.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **MANIFIESTO MI ADMIRACIÓN Y RECONOCIMIENTO A LA NOBLE LABOR DE LOS INVESTIGADORES MEXICANOS QUE DEDICAN SU VIDA A LA CONSTRUCCIÓN DE UN MÉXICO MEJOR.**

Mi reconocimiento al Dr. José Luis Gómez Márquez por su acertada dirección del presente trabajo, así como por su inagotable dedicación en la realización del mismo y por su siempre afable disposición a compartir sus conocimientos.

Expreso mi gratitud a la M. en C. Ma. Teresa Gaspar Dillanes por su constante y noble labor en el desarrollo de este trabajo.

A la Dra. Patricia Bonilla Lemus le doy las gracias por su amabilidad, conocimientos y experiencias compartidas.

Doy las gracias al Biol. Raúl Arcos Ramos por su impulso y ánimo así como su disposición en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco la siempre amable actitud a compartir sus conocimientos y programas estadísticos Dr. Isaías H. Salgado Ugarte.

Evoco la gentileza del Dr. José Luis Arredondo por su apoyo y observaciones a éste trabajo.

Hago patente mi gratitud al Dr. Manuel Gallardo Cabello por su compromiso y experiencias compartidas.

Agradezco a la Dr. Ana Laura Ibáñez Aguirre por sus conocimientos y amable disposición a la revisión del presente trabajo.

Reconozco y agradezco al Biol. Esteban Mancilla Cabrera por su invaluable ayuda en la realización de este trabajo.

Manifiesto mi agradecimiento a la Dr. Lourdes Jiménez Badillo por compartir sus experiencias y conocimientos.

Agradezco a la Biol. Rosa María Olvera Limas por la facilitación de las técnicas del laboratorio.

Mi agradecimiento a la Biol. Martha América Padilla por su interés y conocimientos compartidos.



***Chirostoma jordani* Woolman (1894)**

Nombre común: charal.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Yolanda Mónica Olvera Blanco

FECHA: 26 - Enero - 2004

FIRMA: Mónica Olvera B.

## ÍNDICE

Índice de figuras y tablas.	4
Resumen.	9
Introducción.	10
Antecedentes.	16
Objetivos.	21
Área de estudio.	22
Material y Métodos.	26
Resultados.	39
Parámetros físicos y químicos:	
Profundidad.	39
Trasparencia.	41
Temperatura.	42
pH.	43
Oxígeno disuelto.	44
Alcalinidad total.	45
Identidad de la especie en estudio.	47
Parámetros poblacionales.	49
Relaciones Morfométricas.	49
Reproducción:	
Proporción sexual.	55
Madurez Gonádica.	56
Longitud media de madurez gonádica.	57
Fecundidad.	58
Índice Gonadosomático, Índice Hepatosomático y Factor de condición de Fulton.	61

Determinación de la Edad:

Método Indirecto.	62
Método Directo.	64

Mortalidad y Supervivencia.	75
-----------------------------	----

Tasa de explotación y selectividad del arte de pesca.	76
---	----

Relación del IGS, IHS y Factor de Condición con la temperatura.	76
---	----

Discusión:

Parámetros físicos y químicos:

Profundidad.	78
Traspacidad.	78
Temperatura.	80
pH.	81
Oxígeno disuelto.	81
Alcalinidad total.	84

Identidad de la especie en estudio.	85
-------------------------------------	----

Parámetros poblacionales.	87
---------------------------	----

Relaciones Morfométricas.	87
---------------------------	----

Reproducción:

Proporción sexual.	89
Madurez Gonádica.	89
Longitud media de madurez gonádica.	91
Fecundidad.	91
Índice Gonadosomático, Índice Hepatosomático y Factor de condición de Fulton.	92

Determinación de la Edad:

Método Indirecto.	94
Método Directo.	94

Mortalidad y Sobrevivencia.	99
Tasa de Explotación y Selectividad del Arte de Pesca.	100
Relación del IGS, IHS y Factor de Condición con temperatura.	101
Situación actual de la especie.	102
Conclusiones.	104
Recomendaciones.	106
Literatura citada.	107



## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

Figura 1. Cuenca de México antes de la Colonia (Tomado de Sanders <i>et al.</i> , 1979).	11
Figura 2. Producción anual de charal de 1994 a 2000.	13
Figura 3. Ubicación del lugar de estudio y estaciones de muestreo en el sistema de canales de Xochimilco; D. F. (1:50 000).	24
Figura 4. Transparencia mensual en Xochimilco, D. F.	41
Figura 5. Transparencia en las estaciones de muestreo en Xochimilco, D. F.	42
Figura 6. Temperatura promedio mensual en Xochimilco, D. F.	43
Figura 7. Promedio mensual de pH en Xochimilco, D. F.	44
Figura 8. Oxígeno disuelto mensual en Xochimilco, D. F.	45
Figura 9. Promedio mensual de alcalinidad total en Xochimilco, D. F.	46
Figura 10. Diagrama de dispersión de la longitud total y la longitud patrón de hembras y machos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	50
Figura 11. Relación del peso y la longitud patrón de hembras y machos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D.F.	52
Figura 12. Longitud patrón de hembras y machos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	53
Figura 13. Longitud patrón por estación de las hembras de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D.F.	53
Figura 14. Longitud patrón por estación de los machos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	54
Figura 15. Longitud patrón mensual en hembras de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	54

Figura 16. Longitud patrón mensual de los machos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	55
Figura 17. Proporción de sexos mensual de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	56
Figura 18. Estados de madurez gonádica mensual de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	57
Figura 19. Curva logística de la proporción de hembras sexualmente Maduras por la longitud patrón de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	58
Figura 20. Relación logarítmica del número de óvulos - peso de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	59
Figura 21. Relación logarítmica del número de óvulos - longitud patrón de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	60
Figura 22. Índice Gonadosomático y Hepatosomático mensual en las hembras de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	61
Figura 23. Factor de condición de Fulton en <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	62
Figura 24. Frecuencia de longitud patrón de la captura total de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	63
Figura 25. Frecuencia de longitud patrón en hembras de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	63
Figura 26. Frecuencia de longitud patrón en machos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	64
Figura 27. Índice de Incremento Marginal de las escamas mensual de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	66
Figura 28. Relación de la longitud patrón - radio de la escama de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	68
Figura 29. Diagrama de cajas de la longitud patrón con la edad de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	68
Figura 30. Curva de crecimiento a partir del modelo de von Bertalanffy	

de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	72
Figura 31. Curva teórica de crecimiento en peso de <i>Chirostoma jordani</i> de Xochimilco, D. F.	73
Figura 32. Curva de selectividad al 50% de <i>Chirostoma jordani</i> de Xochimilco, D. F.	76
Figura 33. Comportamiento del factor de condición de Fulton y la temperatura del agua de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	77
Figura 34 Comportamiento del Índice Gonadosomático e Índice Hepatosomático de <i>Chirostoma jordani</i> con la temperatura del agua de Xochimilco, D. F.	77

## TABLAS

Tabla 1. Promedio mensual de los parámetros físicos y químicos del Sistema de canales de Xochimilco, D. F. Abril 1995 a marzo de 1996.	40
Tabla 2. Valores mínimos, máximos y promedio de los Parámetros físicos y químicos de las estaciones de Muestreo de los canales de Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.	40
Tabla 3. Datos merísticos de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D.F.	47
Tabla 4. Datos morfométricos de <i>Chirostoma jordani</i> expresados en proporción de la longitud patrón Xochimilco, D. F.	48
Tabla 5. Comparación de características merísticas y morfométricas de <i>Chirostoma jordani</i> reportadas por Barbour (1973); Álvarez del Villar (1970) y las obtenidas en este trabajo.	49
Tabla 6. Análisis de covarianza de la longitud total y la longitud patrón por sexo de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D.F.	50
Tabla 7. Regresión del logaritmo natural del peso - logaritmo natural de la longitud patrón de la población de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	51
Tabla 8. Regresión del logaritmo natural del peso - logaritmo natural	

de la longitud patrón en hembras de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	51
Tabla 9. Regresión del logaritmo natural del peso - logaritmo natural de la longitud patrón en machos de <i>Chirostoma jordani</i> de Xochimilco, D. F.	51
Tabla 10. Prueba de t -student aplicada a las pendientes obtenidas de la relación peso-longitud patrón en <i>C. jordani</i> de los canales en Xochimilco, D.F.	52
Tabla 11. Análisis de regresión del logaritmo del número de Ovocitos contra el logaritmo del peso de <i>C. jordani</i> en Xochimilco, D. F.	59
Tabla 12. Análisis de regresión del logaritmo del número de ovocitos - logaritmo de la longitud patrón de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	60
Tabla 13. Prueba de t de Student aplicada a las pendientes obtenidas de la relación número de ovocitos - peso y número de ovocitos longitud patrón en <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	61
Tabla 14. Intervalo, promedio y desviación estándar del foco a cada anillo de la escama, de <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	65
Tabla 15. Análisis de covarianza de la longitud patrón - radio de la escama por sexos de <i>Chirostoma jordani</i> .	66
Tabla 16. Regresión de la longitud patrón - radio de la escama de la población y por sexos de <i>Chirostoma jordani</i> .	67
Tabla 17. Grupos de edad detectados en <i>Chirostoma jordani</i> en Xochimilco, D. F.	69
Tabla 18. Regresiones para obtener los parámetros de a, b, y $r^2$ de acuerdo al método de Gulland y Holt (1959 en Sparre y Venema, 1992).	70
Tabla 19. Estimación de los valores de k y $t_0$ por el método de von Bertalanffy (1934 en Sparre y Venema, 1992).	71
Tabla 20. Longitud patrón calculada en los grupos de edad detectados en <i>Chirostoma jordani</i> sustituyendo los valores de las constantes en la ecuación de von Bertalanffy k y $t_0$	

calculadas por el método de Beverton y Holt.	72
Tabla 21. Peso calculado en los grupos de edad detectados en <i>Chirostoma jordani</i> de acuerdo a la ecuación de crecimiento en peso de von Bertalanffy (Sparre y Venema, 1992).	73
Tabla 22. Análisis multivariado de las series de parámetros de crecimiento por sexo de <i>Chirostoma jordani</i> .	74
Tabla 23. Comparación de la longitud infinita y del índice catabólico de algunas especies del género <i>Chirostoma</i> a través de la prueba de $\phi$ .	75

## RESUMEN

El trabajo se desarrollo en el sistema lacustre de Xochimilco, México, D. F. Se realizaron muestreos mensuales de abril de 1995 a marzo de 1996 con la finalidad de reconocer la estructura de edades, crecimiento, reproducción y mortalidad del charal (*Chirostoma jordani*). El sistema fue poco profundo (no más de 2 m). El oxígeno disuelto presentó saturación en la superficie y en el fondo nunca fue anóxico, el pH fue básico, con valores altos de alcalinidad. Los organismos se capturaron con un chinchorro de 20 m de largo, 1.20 m de ancho y 0.01 m de luz de malla; las hembras alcanzaron tallas mayores que los machos con una longitud patrón promedio de 5.36 y 5.03 cm, respectivamente. El tipo de crecimiento en hembras fue alométrico positivo y en los machos fue alométrico negativo. Se observó un máximo de 6 anillos en las escamas; el índice de incremento marginal indicó que los anillos se forman en junio y en diciembre. Los valores de las constantes de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en longitud patrón fueron: en las hembras la talla máxima asintótica de 81.36 mm, el índice catabólico de 0.4896 y edad cuando el tamaño del pez fue cero de -0.1441 y en los machos fue en el orden anterior: 72.89 mm, 0.5032 y -0.198. El valor de peso total máximo fue de 6.15 g en las hembras y de 4.61 g en los machos. La proporción de hembras fue mayor que la de machos (1.7:1). La longitud media de madurez gonádica en hembras fue de 5.4 cm de longitud patrón. El periodo de reproducción fue de enero a mayo. Se encontró una relación directa entre el Índice Gonadosomático, Hepatosomático y Factor de Condición de Fulton durante el ciclo reproductivo. La fecundidad media fue de 324 ovocitos, 143 ovocitos como mínimo y 952 ovocitos como máximo. La mortalidad total anual (A) fue de 57 % con 42 % de sobrevivencia (S). La mortalidad total (Z) fue de 86%. La mortalidad natural (M) fue de 29% y la mortalidad por pesca (F) fue de 57%. La tasa de explotación (E) indica que la especie esta sobre explotada (66%). Con base en el arte de pesca utilizado la longitud patrón promedio a partir de la cual el 50% de los peces son retenidos fue de 5.4 cm.

## **INTRODUCCIÓN:**

En 1519, la Cuenca de México la constituían en su mayor parte los lagos de Zumpango Xaltocan y San Cristobal al norte, el de Texcoco en el centro y los de Xochimilco y Chalco al sur, las laderas estaban cubiertas de bosques (Figura 1). Los lagos eran los que determinaban el clima, pero tales condiciones cambiaron durante la época colonial y después de la Independencia (Alcocer y Escobar, 1992).

De los trabajos de Linné se calculó que en 1861 la profundidad del lago de Xochimilco era de 3 m (Serra, 1988). En el año de 1909 el ayuntamiento de la Ciudad de México, inició el proyecto de introducción de agua potable a la propia ciudad, usando como fuente de abastecimiento los manantiales de Xochimilco, lo cual provocó la disminución del nivel del agua en el sistema, afectando a los organismos acuáticos (Alatorre, 1978).

Como consecuencia, de lago pasó a ser un complejo de canales y algunas lagunas. En 1958 para restablecer el nivel de agua de los canales, se decidió alimentar al sistema de Xochimilco con aguas negras tratadas procedentes de la Ciudad de México, para lo cual se construyó la Planta de Tratamiento del Cerro de la Estrella (Báez y Belmont, 1971).

Sin embargo, la calidad del agua del sistema de Xochimilco se deterioró de manera drástica, debido a que esta planta de tratamiento no tiene la capacidad para realizar un proceso de tratamiento terciario que permita la eliminación de metales pesados y otros sólidos suspendidos y coloidales (Burali, 1989).

En 1989 se inició la operación de la planta de tratamiento de agua residual de San Luis Tlaxialtemalco con procesamiento terciario, recargando al acuífero con agua de mejor calidad (Vallejo y Aguilera, 1993).





Debido a los cambios ecológicos sufridos, el sistema lacustre de Xochimilco perdió su riqueza tanto de fauna acuática como de los componentes florísticos (Bojórquez, 1987).

Ante ésta problemática algunas instituciones gubernamentales y educativas, como SARH, SSA, DGCOH, SNICA, INP, UNAM, IPN y UAM (Bojórquez, 1994), así como organizaciones internacionales como la FAO (Canabal, 1991) pusieron interés en desarrollar estudios encaminados a reconocer la compleja actividad biológica-económica-social, con el fin de implementar diferentes mecanismos de regulación ecológica.

Los resultados de los análisis de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua de los canales de Xochimilco denotan un deterioro debido a las elevadas concentraciones de iones y a los altos niveles de coliformes fecales y otros microorganismos patógenos (Báez y Belmont, 1971; Rosas *et al.*, 1975; Baez *et al.*, 1975; Balanzario, 1982; Burali, 1989; Luna, 1989).

En 1989 el gobierno del Distrito Federal puso en marcha el plan de "Rescate Ecológico de Xochimilco" con la participación del Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco, A.C., la Delegación Xochimilco y el Departamento del Distrito Federal (Aguirre y Takaki, 1993).

A la fecha se tienen logros que se ven reflejados en el mejoramiento de los parámetros físicos y químicos del agua (Pedraza, 1995; Arcos *et al.*, 1995; Ensastigue *et al.*, 1995; Pineda y Gutiérrez, 1995); sin embargo, al comparar los resultados obtenidos de los parámetros físicos y químicos de los canales o lagunas, entre un ciclo de muestreo y otro realizado incluso por el mismo autor hay diferencias marcadas (Bojórquez, 1994).

Serra (1988) menciona que los primeros pobladores de los alrededores del lago de Xochimilco, disponían de peces de la familia Cyprinidae representada por *Algansea tincella* (conocido como juile) y también de peces de la familia Atherinidae (ahora Atherinopsidae) representada por el pescado blanco *Chirostoma*

*humboldtianum* y el charal *Chirostoma* sp. También se incluían en la dieta otros organismos de la fauna acuática como los ajolotes, tortugas, ranas, almejas y acociles.

Soto (1953) reportó a *Chirostoma jordani* en el sistema lacustre de Xochimilco y presentó su diagnóstico; Burali (1989) también la registró, así como a *Girardinichthys viviparus* y a *Poecilia reticulata*, además de varias especies de carpas entre otras, la carpa común (*Cyprinus carpio*). Ávila (2000) registró las siguientes especies: *Chirostoma jordani*, *Cichlasoma*, *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*, *Girardinichthys viviparus*, *Poecillia reticulata* y *Heterandria bimaculata*.

El consumo de *C. jordani* en Xochimilco es local y su captura no ha sido registrada por las instancias oficiales de esta localidad. El promedio de la producción nacional de charal de 1994 a 2000 fue de 825.8 toneladas. Los estados con mayor producción en éste periodo fueron: Michoacán, Jalisco, Guanajuato, México, Hidalgo y Tlaxcala, con promedios de 779.4, 937.1, 507.5, 254.2 y 32.4 y 30 toneladas, respectivamente, que en porcentaje son el 36.88 %, 30.67 %, 19.97 %, 10.0 %, 1.27 % y el 1.18 % de la captura (Figura 2) (SEMARNAP, 1995-2000 y SAGARPA, 2001).

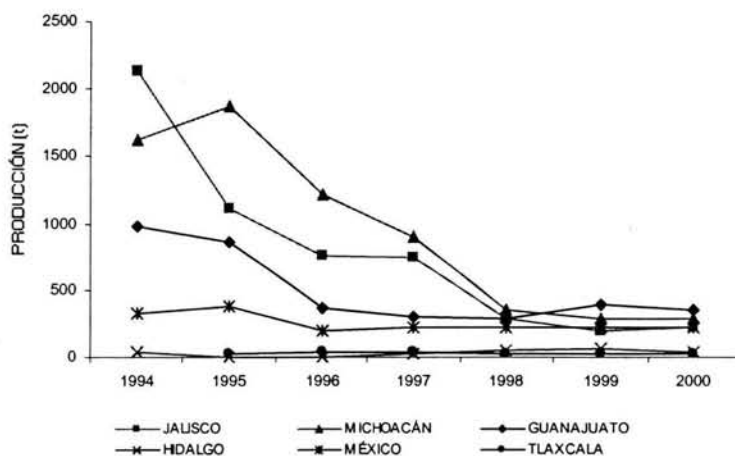


Figura 2 Producción anual de charal de 1994 a 2000.

Como se muestra en la gráfica anterior, la producción de charal en el ámbito nacional ha disminuido en los últimos años, debido probablemente al deterioro del hábitat ocasionado por el uso del agua, por las descargas de aguas residuales e industriales, a la sobre pesca de los recursos acuáticos y a la introducción de especies exóticas que en algunos casos como el de la lobina que incluye en su dieta a las especies nativas como el charal y el acocil, entre otras (Toledo-Díaz-Rubín, 1995).

En particular, el charal ha llamado la atención de los investigadores por su amplia distribución y resistencia a condiciones en cautiverio; sin embargo, para que la producción de los recursos pesqueros sea sostenida, se requiere de una amplia información científica, cuya parte fundamental es el conocimiento de la edad y del crecimiento de la población explotada. La determinación cuidadosa de los datos de la edad de los peces es básica para calcular el crecimiento y condición de la especie, los cuales pueden ser aplicados en reclutamiento, mortalidad y otros aspectos en la dinámica de poblaciones (Kenneth, 1987).

El conocimiento de los grupos de edad en la población pueden permitir conocer si se trata de un recurso explotado o no, de no estar explotado, se caracteriza por la presencia de numerosos grupos de edad y tallas, los cuales, bajo intensa explotación pueden estar disminuidos o presentar tendencias al cambio, independientemente de ciertas fluctuaciones naturales que traen generalmente alta mortalidad (Evans, 1993).

Dentro de los aspectos biológicos también es importante conocer la talla de la primera madurez sexual, la temporada de reproducción y el potencial reproductivo, los cuales pueden ser la base para mejorar la explotación del recurso.

Desde el punto de vista de la explotación de un recurso, la importancia de la fecundidad reside en su relación con las estimaciones de productividad de los recursos pesqueros, en el cálculo del potencial reproductivo y por lo tanto, en el tamaño de una población (Bagenal y Tesch, 1978).

recursos pesqueros, en el cálculo del potencial reproductivo y por lo tanto, en el tamaño de una población (Bagenal y Tesch, 1978).

El crecimiento de los organismos es regulado por numerosos factores tanto endógenos (desarrollo embrionario, maduración, reproducción y senilidad) así como exógenos (cantidad y calidad del alimento, temperatura, oxígeno y otros factores relacionados con la calidad del agua). Por lo tanto, la parte complementaria del conocimiento de los parámetros poblacionales y biológicos es el conocimiento de las características físicas y químicas así como de la dinámica del sistema acuático que se trate.

## ANTECEDENTES

Hasta antes de 1996 *Chirostoma jordani* estaba taxonómicamente ubicada en el Orden Mugiliformes, Suborden Atherinoidei y Familia Atherinidae sin embargo a partir de los estudios sobre las relaciones filogenéticas entre los Atheriniformes, Dyer y Chernoff (1996) propusieron ubicarla en el Orden Atheriniformes Rosen; Familia Atherinopsidae Fowler, Subfamilia Menidiinae Schultz y la tribu Menidiini Schultz. La especie en estudio pertenece al género *Chirostoma* Swaison, la cual se encuentra distribuida en la Cuenca de México y ha sido reportada por De Buen (1945), Soto (1953), Navarro (1955) Alvarez y Navarro (1957), Alvarez (1970) y Barbour (1973a).

De Buen (1945) propuso que *C. jordani* invadió las cuencas de los ríos Lerma y Santiago, así como el lago de Chapala que esta entre ellos; se desplazó a Ocotlán cerca del nacimiento del río Grande de Santiago y sobre el afluente del río Verde; en Aguascalientes, en Salamanca y en Acámbaro, en el río Lerma; en el lago de Cuitzeo y en el río Grande de Morelia, también se estableció en el río Mezquital en Durango y sobre la Cuenca de México en la Ciudad de México, se encontró en Chalco, Texcoco, Canal de la Viga y Xochimilco; también arribó a la laguna de Zumpango; se asentó en la cuenca del río Pánuco y en Yautepec procedente de la cuenca del río Balsas.

*Chirostoma jordani* es un pez fluvial que esta presente en lagos y lagunas poco profundas y en la zona litoral de los lagos. De cuerpo alto y comprimido, de 60 a 65 mm de longitud total, boca oblicua, ojos grandes, espacio interorbitario traslúcido, mejillas reducidas y rectangulares. Escamas pseudocicloideas de borde entero, con 35 a 42 en una línea longitudinal. Dientes pequeños en ambas mandíbulas. Dorsales próximas, primera dorsal con 4 o 5 radios. La segunda dorsal 1,8-11 radios. Aleta anal de base muy extensa con 1,16-20 radios. Color olivo claro con destacada mancha cerebral. La banda longitudinal de los flancos es estrecha (De Buen, 1945).

Sobre el género *Chirostoma* se han realizado una serie de trabajos enfocados a aspectos de taxonomía y sistemática, realizados principalmente en el lago de Pátzcuaro, Mich. y en el lago de Chapala, Jal.

Solórzano (1961) presentó la descripción de dos aterínidos que conviven en el lago de Pátzcuaro, Mich., los propuso como especies distintas: *C. bartoni* y *C. patzcuaro*, a diferencia de De Buen (1940 y 1944 citado por Solórzano, 1961) el cual las reportó como *C. bartoni var. janitzio* y *C. bartoni bartoni* (Jordan y Evermann).

Barbour (1973a) realizó exhaustivos trabajos sobre la sistemática y evolución del género *Chirostoma*, propuso que éste es difilético, ya que el grupo "Jordani" divergió de una especie semejante a *Menidia* que invadió el sistema fluvial Lerma-Santiago en tiempos geológicos pasados y que el grupo de especies "Arge" evolucionó de una entidad semejante a *Melaniris*, que invadió la misma cuenca en un tiempo posterior. El grupo "Jordani" tiende hacia un número alto de valores merísticos, escamas lacinadas usualmente con canales en la línea lateral. El grupo "Arge" presenta número bajo de valores merísticos, bordes de las escamas lisos y usualmente poros en la línea lateral. A *Chirostoma jordani* la consideró el miembro más primitivo del grupo de especies "Jordani" y no le reconoció subespecies. Concluyó que el género *Chirostoma* incluye 18 especies y 6 subespecies.

Los estudios de este género se han enfocado principalmente a las especies que alcanzan tallas grandes, debido a que por su talla mayor tienen más demanda en el mercado como *Chirostoma estor* en el lago de Pátzcuaro, Mich.

Rosas (1970), Lara (1974) y El Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA, 1976) realizaron cultivos extensivo e intensivo de *C. estor* en el lago de Pátzcuaro, Mich.

Gallardo (1977) estudió el ciclo de vida, régimen de explotación y aspectos de cultivo de *C. chapalae* en el lago de Chapala, Jal.

Lizárraga (1981) desarrolló estudios poblacionales del pescado blanco (*C. estor*) en el lago de Pátzcuaro, Mich., de la captura comercial.

Téllez (1983) abordó aspectos de biología de los machos en *C. humboldtianum* en el embalse de Huapango, Edo de México.

Rodríguez y Granado (1987, 1988) abordaron aspectos de anatomía y funcionalidad bucal, para conocer las interacciones entre las especies de *Chirostoma* que cohabitan en el lago de Chapala, Jal. Propusieron que las diferencias morfológicas interespecíficas confieren a cada especie adaptaciones exclusivas en la explotación de los recursos del ecosistema lo cual les permite su coexistencia.

Espina *et al.* (1988) en sus estudios sobre *C. estor* en el lago de Chapala, Jal., en sus estudios de requerimientos energéticos y tasa de crecimiento con dieta artificial, encontró que ésta especie es eficiente en la conversión de energía.

Rodríguez (1989) realizó la evaluación de la pesquería de tilapia, carpa, bagre y charal en el Lago de Chapala, Jal. También abordó aspectos de crecimiento, sobrevivencia, mortalidad y reproducción; sin embargo, no diferenció entre las especies de charal, las trató en conjunto para manejo comercial.

Asimismo, Jiménez (1992) en el lago de Pátzcuaro, Mich., estudió aspectos poblacionales de la pesquería multiespecífica del género *Chirostoma* como grupo funcional, por considerar que las especies que cohabitan son ecológicamente equivalentes dado que ocupan el mismo hábitat, tienen hábitos alimenticios y reproductivos similares, nichos ecológicos semejantes y están expuestos a presiones similares de competencia y depredación, además de constituirse como una pesquería que está en proceso de

explotación y que requiere de una urgente regulación, lo que permite evaluar su utilidad como elemento de manejo.

Aguilar (1993) estimó el crecimiento, mortalidad, supervivencia, reproducción y fecundidad de *C. humboldtianum* en el embalse San Felipe Tiacaque, Edo de México.

*Chirostoma jordani* ha sido estudiada por Navarrete (1981), en la presa Taxhimay, Edo. de México, encontró una longitud infinita de 6.573 cm, tasa metabólica alta de 0.3675, época reproductiva en primavera, fecundidad máxima de 1870 huevos para un organismo de 6.05 cm, mortalidad de 1.45 y sobrevivencia del 23%.

Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en sus estudios en *Chirostoma jordani*, también en la presa Taxhimay de crecimiento por métodos indirectos y directos (método de Petersen y lectura de escamas), aspectos de reproducción y factor de condición, reportaron que no resultó práctico el método de distribución de frecuencias para esta población, ya que los juveniles no estaban bien representados y los peces de edad avanzada presentaron superposición. A través del método de lectura de las escamas identificaron cuatro grupos de edad, siendo las clases 2 y 3 las más abundantes. Observaron la aparición del anillo de las escamas posterior al desove, relacionándolo así al proceso de reproducción. Obtuvieron una longitud patrón máxima teórica de 63.77 mm, peso total máximo teórico de 3.23 g, tasa metabólica de 0.46, proporción de sexos de 58.12% hembras, 39.37% machos y 2.5% indeterminados. Crecimiento isométrico. Las hembras presentaron mayor talla y peso que los machos. El periodo de reproducción abarcó de mayo a agosto, el auge reproductivo se presentó en mayo. El factor de condición mayor se presentó en mayo y coincidió con el auge reproductivo. El reclutamiento de juveniles se presentó en julio.

Cházaro (1989) en sus estudios sobre *C. jordani* en el embalse Trinidad Favela, Edo. de México, detectó la temporada de reproducción en primavera,



la talla mínima de reproducción de 3,87 cm, una longitud teórica máxima de 12.70 cm y un peso teórico máximo de 34.94 g, tasa metabólica alta de 0.2470, crecimiento alométrico y fecundidad de 658 huevos. Zooplantófago, presentó canibalismo. Por medio del análisis de distribución de frecuencias de longitud encontró 5 clases de edad.

Hernández (1993) en el embalse Mácula, Edo de México, registró la época reproductiva del charal de enero a agosto, con un máximo en julio, talla mínima de reproducción de 28.45 mm, en la época reproductiva más intensa la proporción sexual fue mayor para los machos, la fecundidad promedio fue de 850 ovocitos, la máxima fue de 1102 ovocitos en una hembra de 42.25 mm, crecimiento alométrico. El factor de condición fue mayor en primavera y el menor en verano lo cual puede relacionarse con el desgaste reproductivo. Preferentemente zooplantófago y ocasionalmente fitoplantófago.

Islas *et al.* (1995) realizaron estudios de la población de *C. jordani* en condiciones de cautiverio, en la zona lacustre de Xochimilco, D.F., colectaron del medio ambiente los huevos fecundados, observaron que la incubación tiene un periodo aproximado de una semana. De 300 alevines sobrevivieron 80. La tasa de crecimiento en longitud fue de 0.72 cm/mes y en peso fue de 0.093 g/mes. La tasa de sobrevivencia durante las primeras fases de vida en cautiverio fue de 27%. Propusieron que las poblaciones de *C. jordani* presentes en este sistema, son resistentes a ciertos factores adversos como a la mala calidad del agua, debido a su adaptación gradual a las condiciones que prevalecen en la zona lacustre.

Como se puede ver, los estudios sobre aspectos de la biología de esta especie en los canales de Xochimilco son escasos, por lo cual es necesario conocer el estado que guarda la población de charal bajo las condiciones que prevalecen en este sistema.

## **OBJETIVO GENERAL**

Conocer el ritmo de crecimiento, la tasa de mortalidad y la época de reproducción del charal, *Chirostoma jordani* en los canales de la zona de Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Realizar la determinación de la especie en estudio para confirmar su presencia en el cuerpo de agua.

Analizar el ciclo de madurez gonádica y del factor de condición para conocer la época de reproducción.

Conocer el potencial reproductivo de la especie a través del índice de fecundidad.

Analizar la relación peso-longitud para conocer el tipo de crecimiento.

Estimar la edad de la especie por medio de la lectura de estructuras duras (escamas) y del análisis de distribución de frecuencia de tallas.

Estimar la tasa de sobrevivencia y la tasa instantánea de mortalidad total (natural y por pesca), así como la tasa de explotación para la especie.

Analizar la relación entre los parámetros ambientales y las características poblacionales de la especie.

## ÁREA DE ESTUDIO

**Delimitación.** La delegación Xochimilco se localiza al sureste del Distrito Federal, México, (Figura 3) entre los 99° 09' 41" y 99° 00' 21" de longitud oeste y 19° 17' 35" y 19° 08' 57" de latitud norte, a 2274 msnm; Xochimilco representa el 7.95% de la superficie del Distrito Federal, colinda al oeste con la delegación de Tlalpan, al norte con las de Coyoacán e Iztapalapa, al este con Tlahuac y al sur con Milpa Alta (I.N.E.G.I., 2000).

**Orografía.** Las elevaciones principales en la zona son: el cerro de Xochitepec a 2500 msnm; el volcán Teuhtli a 2710 msnm, el volcán Zompole a 2700 msnm y el cerro Tlacualleli a 2420 msnm (I.N.E.G.I., 2000).

**Hidrología.** La cuenca de México es una base endorréica. Se encuentra al pie de la Sierra de Chichinautzin. En 1245, cuando arribaron los aztecas, el complejo lacustre estaba formado por 6 cuerpos de agua interconectados ocupando una gran área del valle. Todo lo que queda del lago de agua dulce de Xochimilco son una serie de canales, rodeados por áreas agrícolas y alimentado por aguas negras tratadas (Alcocer y Escobar, 1992; Alcocer *et al.*, 1993).

No tiene recargas de ríos superficiales, con excepción de los intermitentes, que descienden del Ajusco y del Cuauhtzin y la del río San Sebastián que llegan a las partes bajas de la región lacustre (Aguayo, 1993). Su alimentación principal se debe a manantiales subterráneos, a los escurrimientos de la Sierra y a la precipitación pluvial (Baez, *et al.*, 1975).

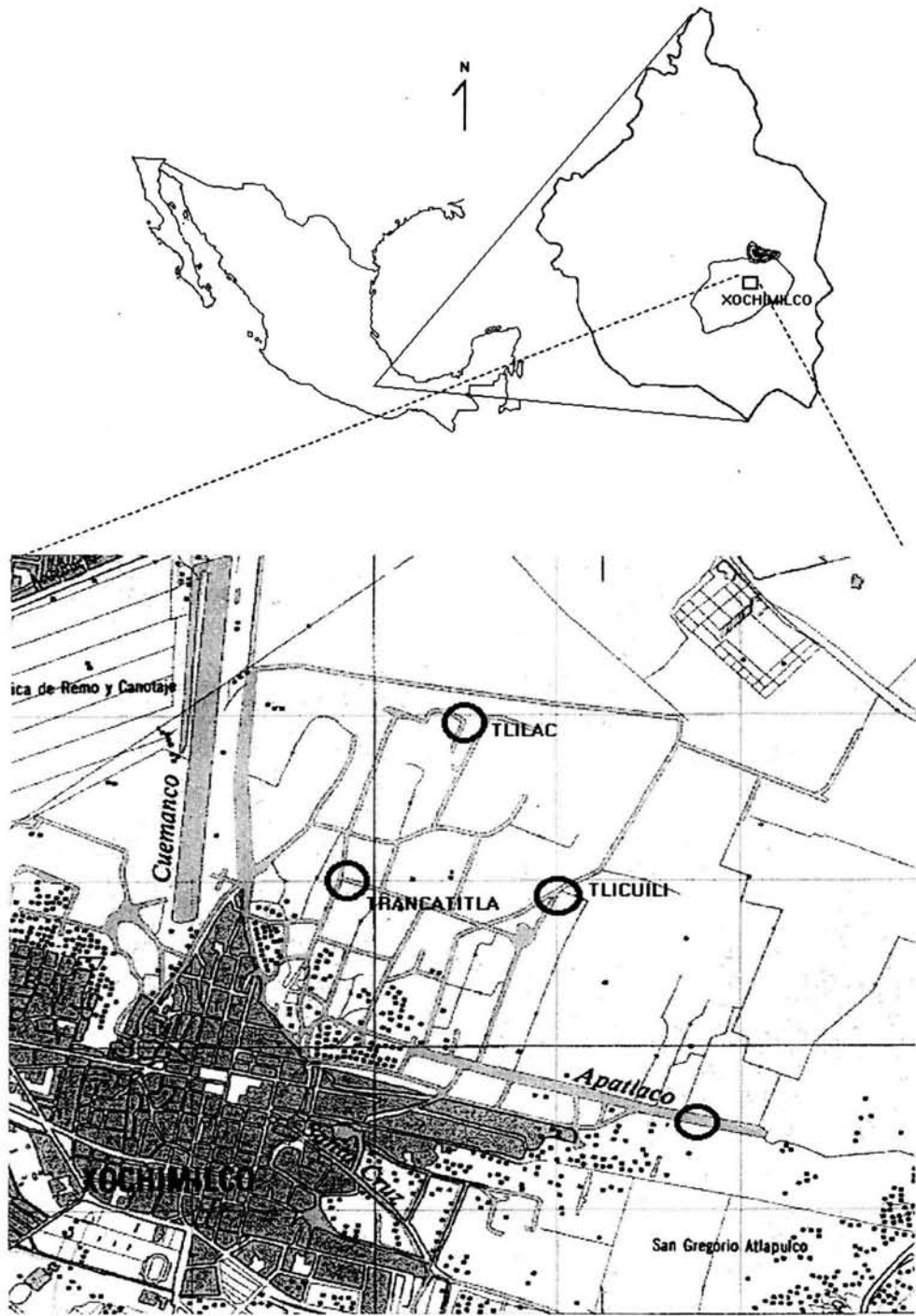
Recibe alimentación artificial con aguas tratadas provenientes de la planta del Cerro de la Estrella que llegan a la zona de canales (Baez y Belmont, 1971) y de la planta de San Luis Tlaxialtemalco a través de una red subterránea (Comisión Nacional del Agua, 1988).

Las principales corrientes y cuerpos de agua que conforman el complejo de canales de Xochimilco son: el Canal Nacional, Canal de Chalco, Canal de Cuemanco, Canal el Bordo, Canal San Juan, Canal Amecameca, Canal Apatlaco, Canal Santa Cruz, Santiago, Tepapantla, Presa San Lucas y Pista Olímpica Virgilio Uribe (Cuemanco) (I.N.E.G.I., 2000). La fuente de humedad son los vientos profundos que logran cruzar la Sierra Madre Oriental y penetran en la cuenca de México con una dirección Noreste - Sureste. La humedad de los vientos se precipita debido a movimientos convectivos desde el fondo de la cuenca por el enfriamiento adiabático que experimentan al ser obligados a ascender sobre las vertientes de la zona montañosa del Chichinautzin (Alfaro y Orozco, 1980).

**Clima.** El clima de Xochimilco de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973) es C (w<sub>1</sub>) (w) b (i) templado subhúmedo con moderado grado de humedad, lluvias en verano y parte del otoño, un cociente de P/T de 45.32 mm, precipitación media anual de 679.9 mm, presenta precipitaciones máximas en julio con 142.3 mm y mínimas en febrero de 5.9 mm. La temperatura media anual es de 15 °C (I.N.E.G.I., 2000).

La temporada de lluvias es en verano y parte de otoño, casi toda la precipitación es de tipo orográfico y convectivo. (Alfaro y Orozco, 1980).

**Geología.** De acuerdo a Mooser (1975) en toda la parte sur de la Cuenca de México se presentan los depósitos cuaternarios de la Sierra de Chichinautzin, formados por derrames de lavas basálticas e intermedias, así como acumulaciones de brechas, arenas y cenizas provenientes de conos volcánicos y bocas de explosión y emisión situadas en el extremo sur del área. La unidad más reciente y extensa esta formada por depósitos aluviales, lacustres y orgánicos que es la zona donde se localiza el remanente del lago de Xochimilco.



FUENTE: INEGI (2000)

Figura 3. Ubicación del lugar de estudio y estaciones de muestreo del sistema de canales de Xochimilco, México; D. F. (1:50 000)

**Suelo.** Por ser una llanura lacustre localizada en una depresión o zona de acumulación, todos los suelos son profundos, bien desarrollados y maduros, que se encuentran sujetos a dos problemas importantes: inundación y ensalitramiento. Los suelos son de origen lacustre y palustre principalmente, cuyo material parental es una mezcla de diversos materiales que se han depositado en diferentes periodos: origen volcánico, aluvial y orgánico, este último domina (Aguirre y Takaki, 1993; Ensastigue *et al.*, 1995).

**Vegetación.** En las partes altas se localizan pequeñas formaciones boscosas de latifoliadas: las más frecuentes son el encino (*Quercus* sp) y el aile (*Alnus* sp); el estrato inferior esta formado por material inerme; existen pequeños bosques de coníferas entre las que se encuentran el género *Pinus* sp. En algunas zonas de atracción turística se han introducido bosques artificiales de eucalipto (*Eucaliptus* sp) y pastizales.

En las zonas con problemas de salinidad y sodicidad crecen solo vegetales adaptados a tales condiciones como el romero (*Suaeda torrellana*), quelite (*Chenopodium album*) y el zacatón (*Distichlis spicata*) (Alfaro, 1993). La vegetación flotante de los canales de Xochimilco esta constituida principalmente por lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lentejilla o chichicastle (*Lemna* sp), ninfas (*Nimphaea* sp), clorofitas y cianofitas (Aguayo, 1993). En las orillas de los canales encontramos tule triángulo (*Scirpus* sp) y ahuejotes (*Salix bomplandiana*) (Quiróz y Novelo, 1995).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en los canales de Xochimilco, México; D. F. conocidos con el nombre de Tlilac, Tlicuili, Apatlaco y Trancatitla (Figura 3). Se realizó un muestreo mensual en cada una de las estaciones de abril de 1995 a marzo de 1996 a excepción de julio, agosto y septiembre para el muestreo de parámetros físicos y químicos y de agosto y septiembre en el caso de los muestreos biológicos, por causas ajenas al proyecto.

Con una botella Van Dorn de dos litros de capacidad se tomaron muestras de agua en dos niveles 0.20 m y 1.20 m (superficie y fondo, respectivamente) y se preservaron en hielo para la posterior determinación en el laboratorio de los parámetros químicos siguientes: oxígeno disuelto (OD) por el método de Winkler modificación de la azida y alcalinidad total por titulación e indicadores según las técnicas establecidas en el A.P.H.A. *et al.* (1992).

Los parámetros físicos tomados *in situ* fueron: temperatura del aire y del agua (con un termómetro de campo de 0.1°C de precisión), el pH (con un potenciómetro de campo), la transparencia se determinó con un disco Secchi y la profundidad con una plomada marcada cada centímetro.

A los datos de los parámetros físicos y químicos se les aplicaron las pruebas estadísticas de Kolmogorsv-Smirnof y de Barlett (Daniel, 1979) para determinar si tenían una distribución normal y eran homoscedásticos, por medio del paquete estadístico SPSS Release 6.0 (1993), a una significancia de  $p < 0.05$ . Para los parámetros que presentaron una distribución normal se aplicó un análisis de varianza (ANADEVA,  $p < 0.05$ ) y para los que no presentaron estas características se aplicó el análisis de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ) (Daniel, 1979).

Los organismos fueron colectados con chinchorro de 20 m de largo, 1.20 m de ancho y 0.01 m de luz de malla, se colocaron en bolsas de polietileno negras

etiquetadas con los siguientes datos: fecha, estación de muestreo y se fijaron con formol al 10% neutralizado con borato de sodio para ser procesados posteriormente en el laboratorio.

Para la descripción y análisis del comportamiento tanto de los parámetros ambientales como de los organismos se aplicó análisis exploratorio de datos (Salgado-Ugarte, 1992).

Para la determinación taxonómica de la especie se utilizaron 80 organismos a los que se les tomaron los siguientes datos morfométricos: longitud cefálica, longitud ocular, longitud del hocico, longitud de la mandíbula, longitud postorbital, distancia del hocico a la aleta pélvica, base de la aleta anal, distancia del hocico a la aleta dorsal, cada dato morfométrico se reportó en proporción a la longitud patrón de acuerdo a Barbour (1973a). También se consideraron las siguientes características merísticas: número de escamas de la línea lateral, número de escamas predorsales, radios de la aleta anal y para determinar el número de vértebras y de branquiespinas se transparentaron los organismos de acuerdo a la técnica de Gaviño *et al.* (1975). Se obtuvo la desviación estándar, media y amplitud de cada característica y se compararon con los valores reportados por Alvarez del Villar (1970) y Barbour (1973a).

A los organismos obtenidos en el muestreo masivo se le registró el sexo, longitud patrón con un vernier (centésimas de centímetro) y peso total con una balanza digital Ohaus (décimas de gramo).

A una submuestra de 100 organismos mensuales se les registro la biometría siguiente: longitud total, longitud patrón con un vernier (centésimas de centímetro), peso total, peso gónada, peso hígado y peso eviscerado (con una balanza digital Ohaus de décimas de gramo). Para observar el sexo y el estadio de madurez de la gónada, se expusieron las gónadas de cada organismo a través de una incisión a lo largo de la parte ventral, desde el istmo hasta el inicio de la aleta anal. El



estado de madurez se determinó de acuerdo a la escala de madurez gonádica propuesta por Nikolsky (1963). Se extrajeron las gónadas de las hembras que presentaron estadio de madurez IV, V y VI y se contó de manera directa el número de ovocitos (Laevastu, 1965) a los cuales se les midió el diámetro con ayuda de un microproyector (Profile Projector V-10 marca Nikon) a un aumento de 50X.

Una vez obtenida la proporción sexual mensual, el grado de significancia se obtuvo mediante la prueba de ji cuadrada ( $\chi^2$ ) con una  $p < 0.05$ .

Se aplicó un análisis de covarianza (ANDECOVA  $p < 0.05$ ) para estimar el grado de relación entre las variables: longitud total y la longitud patrón por sexo por medio del programa que se encuentra compilado en Stata Corp. (2001).

A partir de la aplicación del método logístico, se estimó la longitud media de madurez gonádica,  $L_m$  representa la longitud a la cual es 50% de los organismos se encuentra maduro, el modelo que representa la proporción de hembras maduras a la longitud patrón  $L_t$  es:

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-r(L_t - L_m)]}$$

donde:

P = Proporción de hembras maduras a la longitud  $L_t$ .

r = Pendiente de la curva

$L_t$  = Longitud del organismo en el tiempo t.

$L_m$  = Longitud media de madurez gonádica.

Se estimó la relación fecundidad-longitud y fecundidad-peso de acuerdo a la siguiente expresión (Bagenal y Tesch, 1978)

$$F = a x^b$$

donde:

F = Fecundidad

a = Constante

x = Longitud o peso.

b = Constante

Para linearizar la expresión se aplican logaritmos:

$$\ln F = \ln a + b \ln x$$

y con el método de mínimos cuadrados se obtuvo el valor de las constantes a y b (Sokal y Rohlf, 1979).

A través del procedimiento presentado por Shoemith (1990, descrito por Pitcher y Mc. Donald en 1975) se estimó la fecundidad media ( $\overline{\phi_{DS}}$ ) por el método de sumarización directa.

$$\overline{\phi_{DS}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n aL_j^b$$

donde:

$\overline{\phi_{DS}}$  = fecundidad media.

n = tamaño de la muestra.

a = constante.

b = constante.

L<sub>j</sub> = longitud patrón de cada pez de la muestra.

Se graficaron los estadíos de madurez gonádica contra el tiempo para conocer de acuerdo a este proceso en que tiempo se realiza la reproducción de la especie en estudio en este sistema.

Se determinó el índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) para cada individuo y se obtuvo el valor promedio por mes (Bagenal y Tesch, 1978).

$$IGS = \frac{\text{Pesogónada}}{\text{Pesototaldelorganismo}} \times 100$$

$$IHS = \frac{\text{Pesohígado}}{\text{Pesototaldelorganismo}} \times 100$$

El gráfico de frecuencia acumulada contra la longitud patrón permitió obtener la talla de primera captura para la especie en estudio con el arte de pesca utilizado (Sparre y Venema, 1992).

Con los datos morfométricos de longitud patrón y el peso total, a través de la ecuación de Le Cren (1947; citado en Weatherley y Gill, 1987) se estimó la relación peso-longitud:

$$P_{(i)} = a L_{(i)}^b$$

donde:

$P_{(i)}$  = peso del cuerpo del pez.

$L_{(i)}$  = longitud corporal del pez.

$a$  = constante.

$b$  = constante.

La cual al ser linearizada logarítmicamente y al aplicar el método de mínimos cuadrados proporciona el valor de las constantes.

$$\ln P_{(i)} = \ln a + b \ln L_{(i)}$$

donde:

$\ln P_{(i)}$  = logaritmo natural del peso del cuerpo del pez.

$\ln L_{(i)}$  = logaritmo natural de la longitud corporal del pez.

$\ln a$  = logaritmo natural de la constante.

$b$  = constante.

La tasa de crecimiento esta representada por la pendiente  $b$ . La relación entre el peso y la longitud puede presentar valores alrededor de 3. Cuando el valor de  $b$  es de 3, se propone crecimiento isométrico; sin embargo, sí el valor de  $b$  es mayor o

menor de 3, hablamos de crecimiento alométrico positivo o negativo respectivamente.

Para determinar el tipo de crecimiento (isométrico o alométrico) de los organismos en estudio se aplicó la prueba t de student ( $p < 0.05$ ) al valor de la pendiente.

Con respecto al factor de condición de Fulton mensual (Weatherley y Gill, 1987) se utilizaron los valores de los promedios mensuales de longitud patrón y peso total, el valor de la pendiente que se utilizó fue el obtenido en la ecuación de crecimiento:

$$K = \frac{\bar{P}}{\bar{L}^b}$$

donde:

$\bar{P}$  = peso promedio mensual.

$\bar{L}$  = longitud patrón o total, promedio mensual.

b = constante.

K = factor de condición mensual.

Con la finalidad de detectar grupos modales que indicaran clases de edad, se aplicó el método de distribución de frecuencias de talla para obtener los valores promedio por el método de Bhattacharya (1967). La distribución de frecuencias se realizó para la población y por sexos.

El número y el tamaño de los intervalos de clase se establecieron mediante la propuesta de Salgado-Ugarte (1992).

De 30 organismos mensuales, se obtuvieron de 15 a 20 escamas de cada uno, del área por abajo de la línea lateral al nivel del origen de la aleta pectoral; se lavaron con hidróxido de amonio al 5% y posteriormente con agua, se montaron entre dos portaobjetos, se sellaron con cinta adherible y se etiquetaron con los datos del número del pez y el mes de muestreo correspondiente (Laevastu, 1965;

Bagenal y Tesch, 1978). Con un microproyector (Profile Projector V-10 marca Nikon) a un aumento de 50X se realizó la determinación y conteo del número de anillos presentes en las escamas.

Una vez identificados los anillos de crecimiento, se midió la longitud del foco a cada anillo y del foco al margen posterior de la escama, se obtuvo el intervalo, la media y la desviación estándar del foco de la escama a cada anillo, con la finalidad de observar si había consistencia en el comportamiento de los anillos identificados y si correspondían ciertamente a anillos (Stergiou *et al.*, 1992).

Con los datos del radio de la escama y la medida del penúltimo y último anillo se obtuvo el Índice de Incremento Marginal Mensual (IIM) con la finalidad de validar la edad y periodicidad de la formación de los anillos de crecimiento (Yamaguchi *et al.*, 1990).

$$IIM = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

I. I. M. = Índice de incremento marginal

R = radio de la escama.

$r_n$  = distancia del foco de la escama al anillo n.

$r_{n-1}$  = distancia del foco de la escama al penúltimo anillo.

Para determinar si existían diferencias entre los sexos entre la longitud patrón y el radio de la escama se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA) entre éstas dos variables, utilizando el programa de regresión lineal general del paquete Stata Corp. (2001).

Se estableció la relación del radio de la escama y la longitud patrón, a partir de la cual se estimó la longitud que debería tener el organismo cuando se formó cada anillo de acuerdo al método de retrocálculo (FAO, 1982). El modelo que se ajustó fue el lineal, con el valor del intercepto diferente del origen.

La relación entre la longitud del pez y el radio de la escama resultó:

$$lp_n = \left(\frac{r_n}{R}L + a\right) - a$$

donde:

a = longitud del cuerpo al momento de la formación de las escamas (ordenada de origen) constante.

$lp_n$  = longitud del pez cuando se formó el anillo n.

$r_n$  = distancia del foco de la escama al anillo n.

R = radio de la escama.

L = longitud del pez cuando se obtuvo la muestra de la escama.

Con esta ecuación se calculó la longitud patrón del pez para cada marca o anillo observado. El siguiente paso fue obtener la longitud promedio para cada anillo observado, con lo cual se determinaron los grupos de edad.

Para conocer el comportamiento de la longitud patrón para cada edad, se aplicó el análisis de diagrama de cajas (Salgado-Ugarte, 1992).

El modelo de crecimiento que se aplicó fue el de von Bertalanffy (1938, en la forma propuesta por Beverton y Holt (1957 en Sparre y Venema, 1992).

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

donde:

$L_t$  = longitud del pez a la edad t

$L_{\infty}$  = talla máxima asintótica.

k = índice de catabolismo.

$t_0$  = edad teórica del pez cuando su tamaño fue cero.

t = edad del pez.

e = base del logaritmo natural.

Para aplicar esta ecuación es necesario conocer los parámetros de crecimiento ( $L_{\infty}$ ,  $t_0$  y  $k$ ) los cuales se determinaron a partir de las longitudes patrón promedio por grupo de edad.

La  $L_{\infty}$  se calculó con el método de Gulland y Holt (1959 en Sparre y Venema, 1992) a través de la regresión entre el promedio de la longitud en dos tiempos  $(L_{t+1} + L_t) / 2$  y el incremento de la talla  $(L_{t+1} - L_t)$ . El valor del intercepto de la regresión es igual:  $L_{\infty} = -a/b$  y el índice de catabolismo esta dado por  $k = -b$ .

Con el valor de  $L_{\infty}$  se procedió a obtener  $t_0$  y  $k$  por medio del método de Beverton y Holt (1957 en Sparre y Venema, 1992), se graficó  $\ln(L_{\infty} - L_t)$  contra la edad ( $t$ ) y se obtuvo una recta de pendiente negativa en la cual  $t_0 = -a/b$  y  $k = b$ .

$$-\ln\left[1 - \frac{L_t}{L_{\infty}}\right] = -k * t_0 + k * t$$

donde:

$L_t$  = longitud del pez a la edad  $t$ .

$L_{\infty}$  = talla máxima asintótica.

$t_0$  = edad teórica del pez cuando su tamaño fue cero.

$k$  = índice de catabolismo.

$t$  = edad del pez.

$\ln$  = logaritmo natural.

Para obtener los parámetros de la ecuación de crecimiento se utilizaron los programas realizados por Salgado-Ugarte *et al.* (2000) por medio del paquete Stata Corp. (2001).

Obtenidos los valores de  $L_{\infty}$ ,  $t_0$ , y  $k$  estos se sustituyeron en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy a fin de obtener la Longitud patrón calculada en función del tiempo.

Asimismo, se obtuvo el crecimiento en peso en función del tiempo utilizando la pendiente de la relación peso-longitud:

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

donde:

$P_\infty$  = peso máximo asintótico.  
 $P_t$  = peso del pez en la edad t.  
 b = constante.

Una vez obtenidos los parámetros de crecimiento para la especie en estudio, se aplicó la prueba estadística multivariada de  $T^2$  de Hotelling para conocer si no existía diferencia entre los parámetros de la ecuación de crecimiento ( $L_\infty$ , k y  $t_0$ ) entre sexos, la cual consiste en probar simultáneamente los valores de dichos parámetros de crecimiento e inferir cual de ellos influye más en el desarrollo del pez (Bernard, 1981) de existir diferencias entre ellos. Para la aplicación de esta prueba se utilizó el programa estadístico de Salgado-Ugarte *et al.* (2003).

Se aplicó la prueba de  $\phi$  ( $\phi$ ) para conocer si son confiables los estimados de  $L_\infty$  y k obtenidos en éste estudio y los de estudios anteriores de la misma especie (Sparre y Venema, 1992). Si los resultados de  $\phi$  son semejantes comparados con los estudios anteriores, habrá razones para confiar de los datos obtenidos para  $L_\infty$  y k.

$$\phi = \text{Log } k + (2 * \text{Log } L_\infty)$$

donde:

$\phi$  = fi

Log k = logaritmo en base 10 del índice de catabolismo.

Log  $L_\infty$  = logaritmo de la talla máxima asintótica.

La estimación de la tasa instantánea de mortalidad total, se determinó por medio de la curva de captura, la cual consiste en la regresión entre el logaritmo natural



del número de organismos por grupo de edad (Ricker, 1975), cuya pendiente con signo negativo representa la tasa instantánea de mortalidad total (Z).

Con el valor de Z se calculó la sobrevivencia S donde:

$$N_t/N_0 = S = e^{-Z}$$

donde:

S = sobrevivencia.

Z = tasa instantánea de mortalidad total.

e = base de logaritmo neperiano.

$N_t$  = número de organismos a la edad t.

$N_0$  = número inicial de organismos en la población.

La mortalidad total anual se obtuvo a partir de:

$$A = 1 - S$$

donde:

A = mortalidad total anual.

S = sobrevivencia.

La tasa instantánea de mortalidad natural se obtuvo a partir de la fórmula empírica de Pauly (1983) quien señaló que la mortalidad natural (M) esta en función de los parámetros poblacionales, de los valores de  $L_\infty$ , k y los registros de la temperatura media anual de la superficie del agua (T).

$$\text{Log } M = - 0.0066 - 0.279 * \text{Log } L_\infty + 0.6543 * \text{Log } k + 0.4634 * \text{Log } T$$

donde:

M = tasa de mortalidad natural.

$L_\infty$  = talla máxima asintótica.

k = índice de catabolismo.

T = temperatura promedio anual de la localidad en estudio (° C).

Log = logaritmo en base 10.

La tasa instantánea de mortalidad por pesca se calculó por la diferencia de la tasa de mortalidad total menos la tasa de mortalidad natural:

$$F = Z - M$$

F = tasa instantánea de mortalidad por pesca.

Z = tasa instantánea de mortalidad total.

M = tasa instantánea de mortalidad natural.

Cuando un stock no está explotado, la mortalidad natural (M), representa la mortalidad total (Z) esto es:

$$Z = M$$

La explotación se obtiene del número de peces capturados por pesca entre el número de muertes por cualquier otra causa. Por lo que, una vez que se determinaron los valores de **M** y de **F**, se calculó la tasa de explotación “**E**” como sigue (Pauly, 1984):

$$E = F / F + M$$

Cuando la mortalidad por pesca y la mortalidad natural son constantes, la explotación se define como la fracción de muertes causada por la pesca, F/Z (Sparre y Venema, 1992).

Pauly (1984) refiere que Gulland y Holt (1971) propusieron que el recurso está óptimamente explotado cuando  $F = M$ , ya que la mortalidad por pesca puede ser aproximadamente igual a la mortalidad natural.

$$F_{opt} \approx M$$

Cuando lo anterior se cumple, se asume que el valor de **E** es aproximadamente igual a 0.5, y por lo tanto que el recurso está óptimamente explotado.

A través de la curva de selectividad se obtuvo la longitud media de captura, que es a la cual quedan atrapados el 50% de los organismos con el equipo de pesca utilizado (Sparre y Venema, 1992).

Dado que la temperatura tiene influencia sobre los organismos (Aguayo, 1993) y de manera relevante sobre los procesos de reproducción (Lagler *et al.*, 1984), se realizaron gráficas del factor de condición de Fulton contra la temperatura, y también del índice gonadosomático y hepatosomático contra la temperatura.

También se aplicó el análisis de regresión y correlación para conocer el grado de asociación entre el factor de Fulton y los índices gonadosomático y hepatosomático con la temperatura.

## **RESULTADOS**

### **PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS**

Los promedios mensuales de superficie y fondo de los parámetros físicos y químicos de los canales de Xochimilco se presentan en la tabla 1 y los valores anuales, mínimos, máximos y promedios por estación de muestreo se presentan en la tabla 2. A los promedios de los parámetros ambientales (temperatura, pH, oxígeno disuelto y alcalinidad) se les aplicaron pruebas estadísticas para conocer si los datos presentaban una distribución normal y eran homoscedásticos y resultó que los tres primeros si cumplían estas cualidades a excepción de la alcalinidad.

### **PROFUNDIDAD**

La profundidad, no presentó variaciones significativas durante los muestreos, lo que se comprobó con el análisis de varianza (ANADEVA) ya que no mostró diferencias estadísticas significativas (ANADEVA,  $F = 0.184$ ,  $p > 0.05$ ) por lo cual se considera que este cuerpo de agua mantiene mas o menos constante su nivel de profundidad, con un promedio de 1.5 m (Tabla 1).

Se presentaron variaciones importantes en los diferentes canales de Xochimilco en donde se realizó el muestreo el análisis de varianza fue estadísticamente significativo (ANADEVA,  $F = 14.71$ ,  $p < 0.05$ ), el canal menos profundo fue Tlicuili con un promedio de 1.22 m, le siguió Tlilac con 1.3 m, después Apatlaco con 1.79 m y el de mayor profundidad fue Trancatitla con un promedio de 1.89 m (Tabla 2).

Tabla 1. Promedio mensual de los parámetros físicos y químicos del sistema de canales de Xochimilco, D.F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

MES	ABRIL	MAYO	JUNIO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FEBRERO	MARZO	PROMEDIO
PROFUNDIDAD (m)	1.61	1.38	1.63	1.50	1.49	1.51	1.61	1.63	1.54
TRANSPARENCIA (cm)	25	30	34	37	31	35	24	23	30
TEMPERATURA (°C)									
AMBIENTE	27.4	25.3	22.8	21.0	21.3	22.4	23.5	26.0	23.7
AGUA SUPERFICIE	23.6	24.0	23.0	22.0	19.3	16.0	18.8	19.5	20.8
AGUA FONDO	21.6	22.0	21.8	19.8	17.8	14.5	15.0	16.3	18.6
ph									
SUPERFICIE	8.7	8.2	8.0	8.1	8.3	8.4	8.9	8.9	8.4
FONDO	7.9	7.4	7.7	7.6	7.9	8.0	8.0	8.2	7.8
OD (mg/l)									
SUPERFICIE	16.2	12.9	11.1	14.6	9.5	14.3	19.5	15.1	14.1
FONDO	5.3	1.9	3.2	6.1	5.0	5.5	10.5	2.9	5.0
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l)									
SUPERFICIE	405.9	199.2	211.1	306.9	288.5	246.2	268.7	270.0	274.5
FONDO	404.6	304.8	206.1	315.5	301.8	276.6	273.6	270.5	294.2

Superficie = 0.30 m; Fondo = Profundidad máxima registrada.

Tabla 2. Valores mínimos máximos y promedio de los parámetros físicos y químicos de las estaciones de muestreo de los canales de Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

ESTACIONES	TLILAC		TLICUILI		APATLACO		TRANCATITLA	
	SUPERFICIE	FONDO	SUPERFICIE	FONDO	SUPERFICIE	FONDO	SUPERFICIE	FONDO
PARÁMETRO								
PROFUNDIDAD (m)	1.22		1.10		1.22		1.30	
MÍNIMO	1.40		1.33		2.03		2.30	
MÁXIMO	1.30		1.22		1.79		1.89	
PROMEDIO								
TRANSPARENCIA (cm)								
MÍNIMO	14		18		27		23	
MÁXIMO	38		33		50		43	
PROMEDIO	24		27		38		34	
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)								
MÍNIMO	16.0	10.4	16.0	14.0	15.0	14.0	17.0	14.0
MÁXIMO	24.0	21.5	24.0	22.0	25.0	22.0	27.0	22.0
PROMEDIO	20.2	18.1	20.2	18.6	21.4	18.8	21.8	18.7
pH								
MÍNIMO	8.2	8.0	8.3	7.3	7.5	7.0	7.7	7.0
MÁXIMO	10.0	8.8	8.9	8.6	8.8	7.9	8.9	8.1
PROMEDIO	8.8	8.3	8.5	7.9	8.2	7.5	8.2	7.5
OD (mg/l)								
MÍNIMO	6.4	2.0	13.6	1.5	9.1	1.4	5.9	1.5
MÁXIMO	18.8	12.6	20.0	10.0	20.0	12.4	20.4	7.4
PROMEDIO	11.6	5.4	16.6	6.2	15.5	5.8	11.4	2.8
ALCALINIDAD (mg/l)								
MÍNIMO	259.2	255.6	199.8	189.0	194.4	194.4	190.8	185.4
MÁXIMO	417.6	408.6	396.0	408.0	396.0	387.0	414.8	414.0
PROMEDIO	302.2	299.7	250.3	291.8	277.2	286.9	242.8	246.5

## TRANSPARENCIA

El análisis estadístico de la transparencia a lo largo del periodo de muestreo, indicó que existen diferencias estadísticas significativas (ANADEVA,  $F = 3.010$ ,  $p < 0.05$ ). La transparencia se incrementó gradualmente desde una media de 25 cm en abril, hasta un promedio máximo de 37 cm en octubre, posteriormente, en invierno descendió con ligeras fluctuaciones y en marzo presentó el menor valor promedio con 23 cm (Tabla 1, Figura 4).

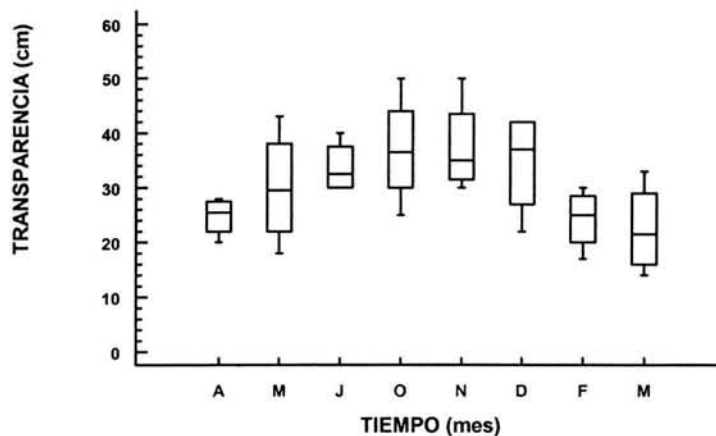
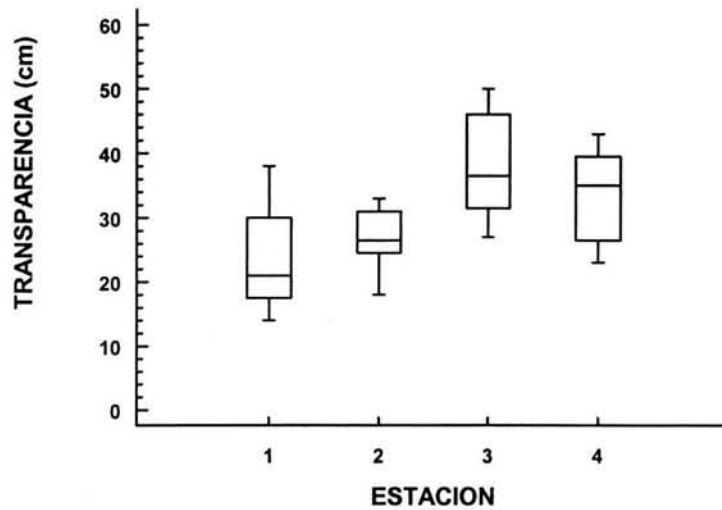


Figura 4. Transparencia mensual en Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

La transparencia no fue homogénea en las estaciones de muestreo, lo cual se corroboró con la aplicación del análisis de varianza donde se encontró que hay diferencia significativa (ANADEVA,  $F = 3.351$ ,  $p < 0.05$ ), la estación Apatlaco presentó el promedio mayor de transparencia (38.0 cm); seguida de Trancatitla (34.0 cm); después Tlicuili (27.0 cm) y por último Tlilac (24.0 cm) (Tabla 2, Figura 5).



ESTACIÓN: 1. TLILAC; 2. TLICUILI; 3. APATLACO Y 4. TRANCATITLA.

Figura 5. Transparencia en las estaciones de muestreo en Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

## TEMPERATURA

La temperatura como era de esperarse, mostró diferencia significativa entre superficie y fondo (ANADEVA,  $F = 9.508$ ,  $p < 0.05$ ). La temperatura promedio en superficie fue de  $20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en el fondo, de  $18.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Tabla 1).

Asimismo mostró diferencia significativa durante el periodo de muestreo (ANADEVA,  $F = 24.711$ ,  $p < 0.05$ ); el promedio máximo se registró en mayo tanto para la superficie como para el fondo ( $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente), el mínimo en diciembre ( $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  en superficie y  $14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el fondo) (Tabla 1, Figura 6).

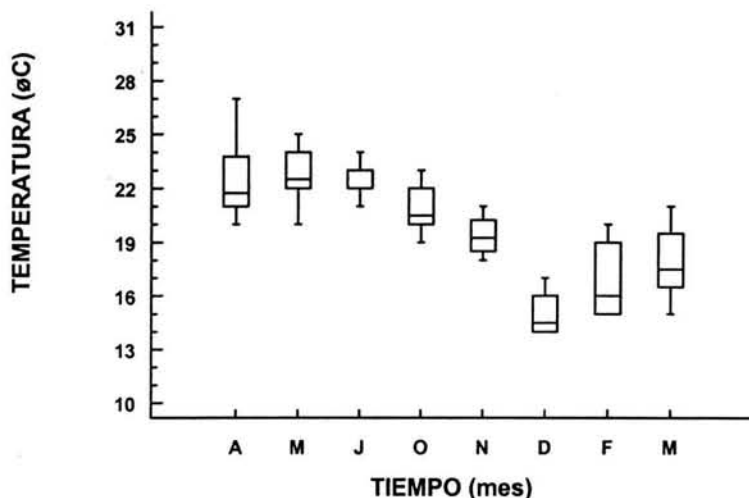


Figura 6. Temperatura promedio mensual en Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

Este parámetro físico fue homogéneo entre las estaciones de muestreo (ANADEVA,  $F = 0.468$ ,  $p > 0.05$ ). La temperatura media por estación en superficie y fondo fue: Apatlaco de 21.4 °C y 18.8 °C; Trancatitla de 21.8 °C y 18.7 °C; Tlilac 20.2 °C y 18.1 °C y Tlicuili de 20.2 °C y 18.6 °C, respectivamente (Tabla 2).

## pH

El pH entre superficie y fondo no fue homogéneo (ANADEVA,  $F = 23.855$ ,  $p < 0.05$ ), presentó un promedio de 8.4 en superficie y de 7.8 en el fondo, siempre dentro de valores básicos (Tabla 1).

Con respecto a los meses de muestreo, el análisis estadístico fue significativo (ANADEVA,  $F = 2.75$ ,  $p < 0.05$ ) en abril se registró un pH de 8.7, disminuyó en mayo y en junio se registró el promedio mas bajo en superficie (8.0); en los meses siguientes aumentó progresivamente, alcanzando el valor máximo en febrero y marzo (8.9). Respecto al fondo en abril fue de 7.9, el valor menor se presentó en mayo (7.4), en los meses siguientes ascendió paulatinamente alcanzó el valor máximo en marzo (8.2). En general los valores de la superficie fueron mayores (Tabla 1, Figura 7).



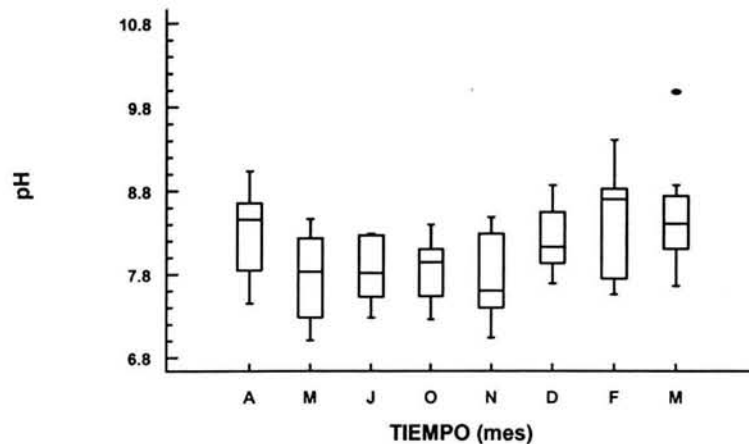


Figura 7. Promedios mensuales de pH en Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

En cuanto a las estaciones de muestreo el análisis de varianza fue estadísticamente significativo (ANADEVA,  $F = 8.425$ ,  $p < 0.05$ ), las diferencias se encontraron como sigue: la estación uno (Tlilac) y la dos (Tlicuili) tienen pH semejante, con promedios de 8.8 y 8.5 en superficie y de 8.3 y 7.9 en el fondo respectivamente, y las estaciones tres (Apatlaco) y cuatro (Trancatitla) presentaron promedios menores (siempre dentro de rangos básicos), en superficie de 8.2 y en fondo de 7.5 (Tabla 2).

### OXÍGENO DISUELTO (OD)

El OD mostró diferencias entre superficie y fondo, el análisis estadístico fue significativo (ANADEVA,  $F = 92.198$ ,  $p < 0.05$ ). El valor promedio en el nivel superficial fue de 14.1 mg/l y en el fondo de 5.0 mg/l. Nunca se registraron condiciones anóxicas dentro de las estaciones de muestreo (Tabla 1).

No se detectaron diferencias significativas entre el periodo de muestreo (ANADEVA,  $F = 1.848$ ,  $p > 0.05$ ). Se encontró una saturación de oxígeno disuelto en el nivel superficial, en general los valores promedio de OD fueron mayores en febrero (19.5 y 10.5 mg/l para superficie y fondo respectivamente) y los más bajos se registraron en noviembre (9.5 mg/l en superficie y 5.0 mg/l en fondo) (Figura 8).

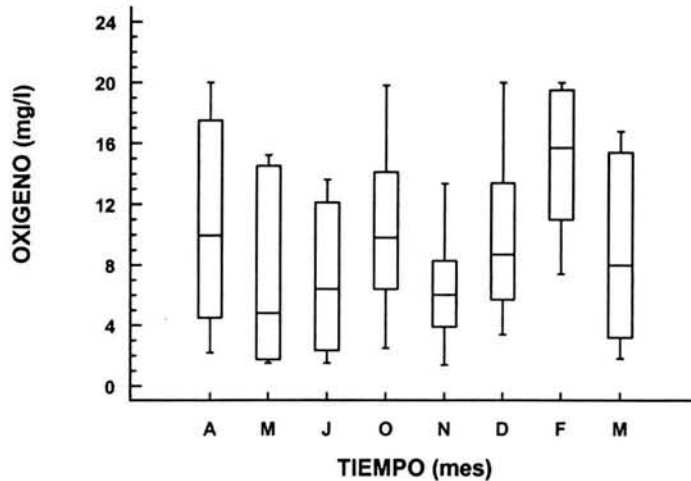


Figura 8. Oxígeno disuelto mensual en Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

No se encontraron diferencias entre las estaciones de muestreo (ANADEVA,  $F = 1.348$ ,  $p > 0.05$ ). Tlilac presentó promedios máximos y mínimos superficiales de 18.8 mg/l y 6.4 mg/l y en el fondo de 12.6 mg/l y 2.0 mg/l, respectivamente; Tlicuili presentó un promedio máximos de 20 mg/l y mínimo de 13.6 mg/l en la superficie y en el fondo promedios de 10 mg/l y 1.5 mg/l, máximo y mínimo, respectivamente; en Apatlaco los valores superficiales máximos y mínimos fueron de 20.0 mg/l y 9.1 mg/l y en el fondo de 12.4 mg/l y 1.1 mg/l, respectivamente; Trancatitla presentó los valores promedio como sigue; en superficie de 20.0 mg/l (máximo) y 5.9 mg/l (mínimo) y en el fondo 7.4 mg/l máximo y 1.5 mg/l mínimo), respectivamente (Tabla 2).

## ALCALINIDAD TOTAL

No mostró diferencia estadística entre los niveles de muestreo ni entre las estaciones. Por lo que las pruebas estadísticas indican una concentración homogénea tanto vertical (columna de agua) como horizontal (estaciones). En superficie se obtuvo una concentración promedio de 274.5 mg/l y en el fondo de 294.2 mg/l (Tabla 1).

En cuanto al periodo de muestreo sí se encontró diferencia significativa en la concentración de los carbonatos. En abril se registró el promedio mayor (405.9 mg/l) y en junio el menor (211.1 mg/l) (Figura 9).

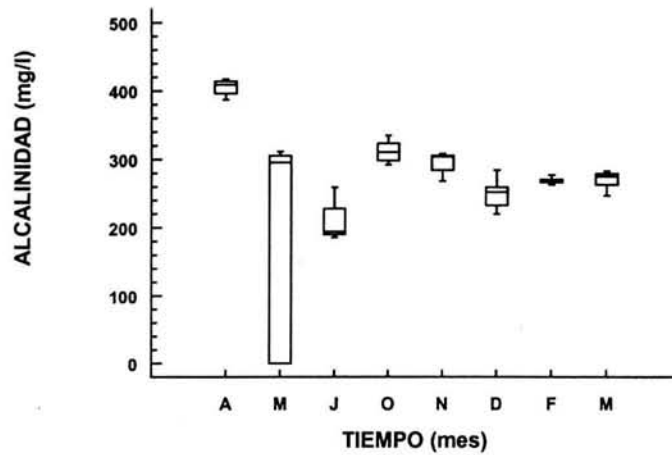


Figura 9. Promedio mensual de alcalinidad total en Xochimilco, D. F. de abril de 1995 a marzo de 1996.

Con respecto a las estaciones de muestreo los promedios mayores de alcalinidad se presentaron en Tlilac (302.2 mg/l en superficie y 299.7 mg/l en fondo) le siguió Apatlaco (277.2 mg/l en superficie y 286.9 mg/l en fondo) después Tlicuili (250.3 mg/l en superficie y 291.8 mg/l en el fondo) y por último Trancatitla (242.8 mg/l superficie y 246.5 mg/l fondo). Estos resultados indican alta alcalinidad (Tabla 2).

## IDENTIDAD DE LA POBLACION EN ESTUDIO

Los datos de las características morfométricas y merísticas que se analizaron en los 80 organismos procedentes de los canales de Tlilac y Apatlaco en abril de 1995 se presentan en las tablas 3 y 4, los datos morfométricos se reportan de manera relativa como lo propusieron Barbour (1973a) y por Álvarez del Villar (1970) que cada medida la expresan en porcentaje en referencia la longitud patrón.

El número de escamas fue de 40 a 52 con una media de 45 escamas en serie longitudinal, con poros redondos. El número de escamas predorsales presentó un intervalo de 19 a 30 con un promedio de 25. El número de branquiespinas varió de 17 a 21, con una media de 18. El número de radios de la aleta pectoral fue de 12 a 14 con una media de 13 radios. El número de radios de la aleta anal presentó un intervalo de 17 a 23 con una media de 19 radios. En cuanto al número de vértebras registradas oscilaron de 37 a 41 y presentaron una media de 38 (Tabla 3).

Tabla 3. Datos marísticos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

ESTADÍSTICO	LONGITUD TOTAL (cm)	LONGITUD PATRÓN (cm)	ESCAMAS LINEA MEDIA	ESCAMAS PREDORSALES	NO. DE BRANQUI-ESPINAS	RADIOS ALETA PECTORAL	RADIOS ALETA ANAL	NO. DE VERTEBRAS
MEDIA	6.5	5.5	45.0	25.0	18.0	13.0	19.0	38.0
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.6	0.6	3.2	3.3	0.9	0.6	1.3	0.9
INTERVALO DE CONFIANZA	5.45-8.31	4.61-7.51	40-52	19-30	17-21	12-14	17-23	37-41

En cuanto a los datos morfométricos, los organismos presentan cabeza cónica con una longitud cefálica en proporción a la longitud patrón de 16.8% a 25.5% y una media de 23.6%. Los ojos son grandes y presentan iris plateado, el diámetro ocular presentó un porcentaje respecto a la longitud patrón de 5% a 6.7% y una

media de 6%. El diámetro postorbital resultó del 10.9% al 14.3% y una media de 12.6% respecto a la longitud patrón. La proporción del hocico respecto a la longitud patrón fue de 4.4% a 6.9% con una media de 5.8%. El porcentaje de la mandíbula con respecto a la longitud patrón fue del 6.9% a 9.5% y una media de 8%. La relación de la distancia del hocico a la aleta pélvica varió de 37.8% a 43.5% con una media de 40.1% en relación a la longitud patrón. La proporción de la base de la aleta anal respecto a la longitud patrón fue de 21.1% a 40.6% con una media de 26%. La proporción del hocico a la aleta anal fue de 45.6% a 59.3% con una media de 56.4% en relación a la longitud patrón. La proporción del hocico a la aleta dorsal respecto a la longitud patrón fue del 41.5% a 54.2% con una media de 49.1%. La coloración es verde olivo transparente (Tabla 4).

Tabla 4. Datos morfométricos de *Chirostoma jordani* expresados en proporción (%) de la longitud patrón en Xochimilco, D. F.

ESTADÍSTICO	LONGITUD CEFÁLICA	DIÁMETRO OCULAR	LONGITUD HOCICO	LONGITUD MANDIBULAR	LONGITUD POST-ORBITAL	DISTANCIA DEL HOCICO A LA ALETA PELVICA	BASE DE LA ALETA ANAL	DISTANCIA DEL HOCICO A LA ALETA ANAL	DISTANCIA DEL HOCICO A LA ALETA DORSAL
MEDIA	23.6	6.0	5.8	8.0	12.6	40.1	26.0	56.4	49.1
DESVIACIÓN ESTANDAR	1.6	0.4	0.6	0.6	1.9	1.4	2.7	4.0	2.3
INTERVALO DE CONFIANZA	16.8-25.5	5.0-6.7	4.4-6.9	6.9-9.5	10.9-14.3	37.8-43.5	21.1-40.6	45.6-59.3	41.5-54.2

En la tabla 5 se presenta la comparación de los datos obtenidos en este estudio con los reportados por Álvarez del Villar (1970) y Barbour (1973a), los resultados aparecen en el orden en que los mencionó éste último. Los merísticos y morfométricos obtenidos de los organismos: número de escamas de la línea media lateral, número de escamas predorsales, número de radios de la aleta pectoral, longitud mandibular, longitud cefálica, longitud de la base de la aleta anal y distancia del hocico a la aleta anal, número de branquiespinas, número de vértebras, longitud del hocico, número de radios de la aleta anal, distancia del hocico a la aleta dorsal, distancia del hocico a la aleta anal y longitud de la base de la aleta anal se encontraron semejantes a los valores registrados por Barbour (1973a) y por Álvarez del Villar (1970). Por lo tanto podemos considerar que la

población analizada corresponde a la especie *Chirostoma jordani* Woolman (1894).

Tabla 5. Comparación de las características merísticas y morfométricas de *Chirostoma jordani* reportadas por Barbour (1973a); Alvarez del Villar (1970) y las obtenidas en este estudio.

CARACTERÍSTICA	BARBOUR (1973 <sup>a</sup> )		ÁLVAREZ del VILLAR (1970)	ESTE ESTUDIO (2004)	
	MEDIA	AMPLITUD	MEDIA	MEDIA	AMPLITUD
1. No. DE VERTEBRAS	38	35-41	37-43	38	37-41
2. No. DE ESCAMAS DE LA LINEA MEDIA LATERAL		36-48	35-42	45	40-52
3. No. DE ESCAMAS PREDORSALES		16-30		25	19-30
4. No. DE BRANQUIESPINAS		14-22		18	17-21
5. No. DE RADIOS DE LA ALETA ANAL		14-22	16-18	19	17-23
6. No. DE RADIOS DE LA ALETA PECTORAL		10-14		13	12-14
7. LONGITUD DEL HOCICO		4.8-9.8		5.8	4.4-6.9
8. LONGITUD MANDIBULAR	8.0	7-9		8.0	6.9-9.5
9. LONGITUD CEFÁLICA	24.0	22-25		23.6	16.8-25.5
10. DIÁMETRO OCULAR				6.0	5.0-6.7
11. LONGITUD POSTORBITAL				12.6	10.9-14.3
12. LONGITUD DEL HOCICO A LA ALETA PÉLVICA				40.1	37.8-43.5
13. LONGITUD DEL HOCICO A LA ALETA DORSAL	50.0	47-52		49.1	41.5-54.2
14. LONGITUD DEL HOCICO A LA ALETA ANAL	53.3	49-58		56.4	45.6-59.3
15. LONGITUD DE LA BASE DE LA ALETA ANAL		18-32.5		26	21.1-40.6

## PARÁMETROS POBLACIONALES

### RELACIONES MORFOMÉTRICAS

La longitud total máxima registrada en este cuerpo de agua en las hembras fue de 8.31 cm, la longitud patrón máxima fue de 7.51 cm y la longitud patrón promedio fue de 5.36 cm y en los machos la longitud total máxima fue de 8.06 cm, la longitud patrón máxima fue de 6.75 cm la longitud patrón promedio de 5.03 cm. El peso máximo registrado en hembras fue de 5.9 g y en los machos de 4.2 g.

Se aplicó el análisis estadístico de covarianza (ANDECOVA) para determinar si existía diferencia significativa entre los sexos en relación a la longitud total y a la longitud patrón de los organismos y no se encontró diferencia significativa entre los sexos ( $F = 0.53$ ,  $p > 0.05$ ) (Tabla 6). Asimismo, se realizó el gráfico de la

longitud total contra la longitud patrón de hembras y machos, se observó comportamiento semejante entre los sexos. Por lo tanto se infiere que las medias de longitud total y longitud patrón entre hembras y machos presentan la misma tendencia de crecimiento (Figura 10).

Tabla 6. Análisis de covarianza de la longitud total y la longitud patrón por sexo de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	3.6863	0.1913	0.1913	0.000	P
PENDIENTE	1.13326	0.00366	0.00366	0.000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	SUMA CUADRADOS	F	
LONG. PAT.	1	174773	174773	0.0009	0.000
SEXO	1	1	1	0.53	0.458
ERROR	5303	9674	9674		
TOTAL	5305	201218			

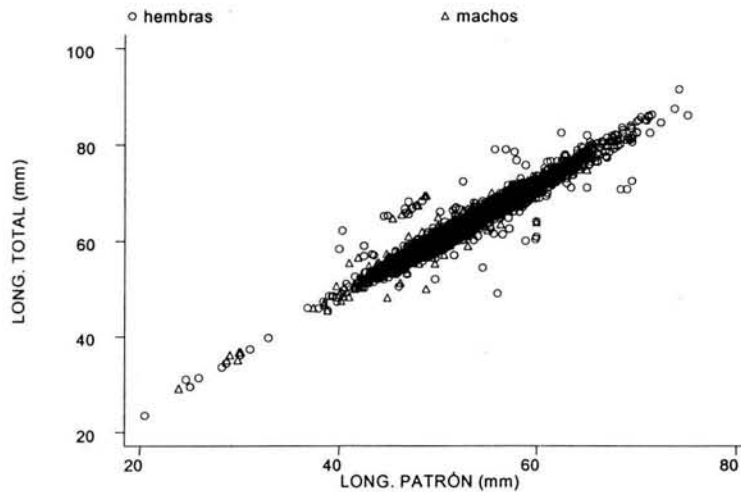


Figura 10. Diagrama de dispersión de la longitud total y la longitud patrón de hembras y machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

Por otra parte, se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA) entre el logaritmo natural del peso y el logaritmo natural de la longitud patrón por sexos y no se registraron diferencias significativas entre los sexos ( $F = 2.18$ ,  $p > 0.05$ ). Sin embargo, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas de

la relación peso-longitud de la población, se realizó el análisis por sexos, debido a que biológicamente si hay diferencias (Tabla 7, 8 y 9).

Tabla 7. Regresión del logaritmo natural del peso-logaritmo natural de la longitud patrón del total de organismos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	-3.8032	0.02714	-140.115	0.000	
PENDIENTE	2.96	0.1583	187.07	0.000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
Ln LONG. PATRÓN	1	47.3483	47.34	34995.00	0.000
SEXO	1	4.22	0.013	0.0000	0.140
ERROR	3123	54.33	0.01		
TOTAL	3124				
$r^2$	0.9180				

Tabla 8. Regresión del logaritmo natural del peso-logaritmo natural de la longitud patrón en hembras de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	-3.9191	0.3848	-101.823	0.0000	
PENDIENTE	3.02	0.2228	135.910	0.0000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
Ln LONG. PATRÓN	1	26.73779	26.73779	18471.46	0.0000
HEMBRAS	1579	2.28563	0.00144	0.0000	
TOTAL	1580	29.02342	0.01836		
$r^2$	0.9212				

Tabla 9. Regresión del logaritmo natural del peso-logaritmo natural de la longitud patrón en machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	-3.666	0.04290	-85.442	0.0000	
PENDIENTE	2.88	0.0252	114.246	0.0000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
Ln LONG. PATRÓN	1	16.18102	16.18102	13052.08	0.0000
MACHOS	1542	1.91166	0.001239	0.0000	
TOTAL	1543	18.09268	0.0117256		
$r^2$	0.8943				

De la relación peso-longitud por sexo se obtuvieron las siguientes expresiones potenciales:

$$\text{Total: } P = 0.00015 L^{2.96}$$



Hembras:  $P = 0.00012 L^{3.02}$

Machos:  $P = 0.0002 L^{2.88}$

Con base en los resultados de la prueba t de Student ( $p < 0.05$ ) sobre la pendiente de la relación entre la longitud patrón y el peso se concluyó que las hembras presentan crecimiento alométrico positivo y los machos crecimiento alométrico negativo (Tabla 10, Figura 11).

Tabla 10. Prueba de t de student aplicada a las pendientes obtenidas de la relación peso-longitud patrón en *C. jordani* de los canales en Xochimilco, D. F.

SEXO	b (constante)	N (tamaño de la muestra)	Tc (t calculada)	tn-2,0.95 (t de tablas)	Ho:b=3 (hipótesis nula)	TIPO DE CRECIMIENTO
HEMBRAS	3.02	1580	3.5	1.645	SE RECHAZA Ho	ALOMÉTRICO POSITIVO
MACHOS	2.88	1543	13.6	1.645	SE RECHAZA Ho	ALOMÉTRICO NEGATIVO

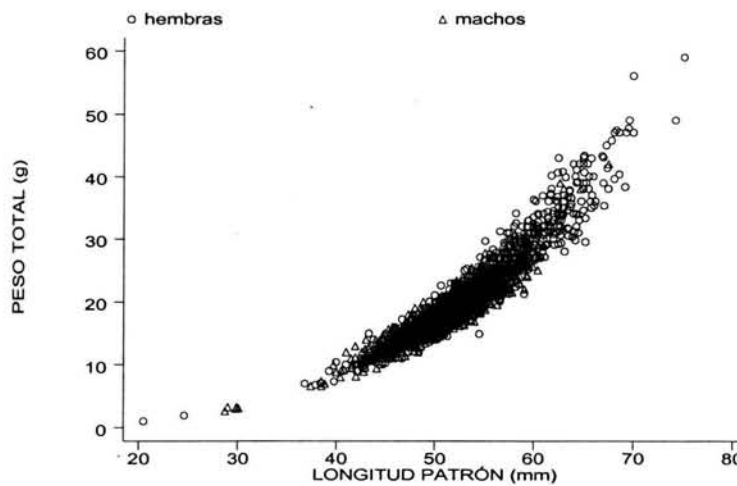


Figura 11. Relación del peso y la longitud patrón de hembras y machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D.F.

De manera gráfica, el diagrama de cajas muestra que existe diferencia entre la longitud patrón por sexo, ya que la longitud patrón promedio de las hembras fue de 5.36 cm y la de los machos de 5.03 cm (Figura 12), en el gráfico el valor de tendencia central que se muestra corresponde a la mediana.

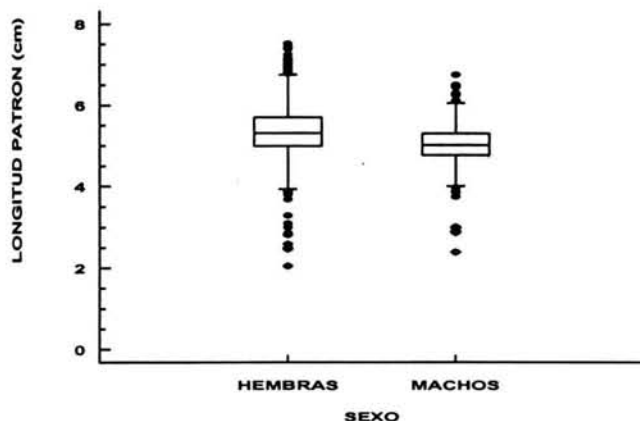
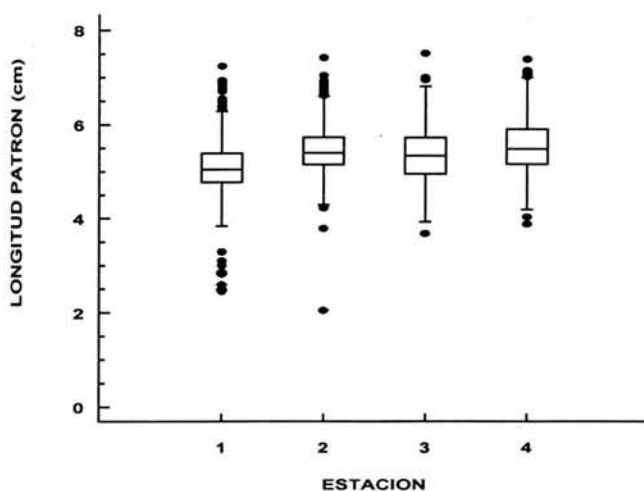


Figura 12. Longitud patrón de hembras y machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

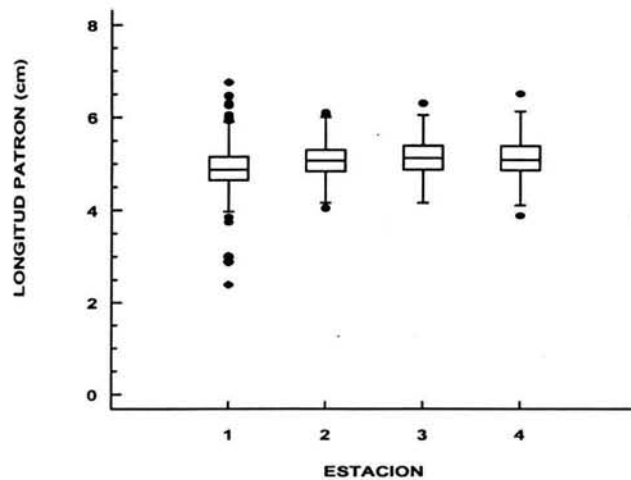
Al analizar la longitud patrón de las hembras procedentes de las diferentes estaciones de muestreo se registraron diferencias estadísticas significativas ( $F = 131.32, p < 0.05$ ). En la estación Trancatitla se obtuvo la media más alta con 5.54 cm, le siguió la estación de Tlicuili con 5.45 cm, Apatlaco con 5.37 cm y Tlilac con 5.10 cm. Esta última presentó mayor diferencia con respecto a las otras tres (Figura 13).



ESTACIÓN: 1. TLILAC; 2. TLICUILI; 3. APATLACO Y 4. TRANCATITLA.

Figura 13. Longitud patrón por estación de las hembras de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D.F.

Con respecto a los machos que se colectaron en las estaciones, se encontró diferencia significativa para la longitud patrón de los organismos procedentes de las distintas zonas de muestreo ( $F = 37.64$ ,  $p < 0.05$ ). La estación Apatlaco presentó el mayor valor promedio de longitud patrón con 5.12 cm, seguida de Trancatitla con 5.11 cm, después Tlicuili con 5.06 cm y por último Tlilac con 4.90 cm (Figura 14).



ESTACIÓN: 1. TLILAC; 2. TLICUILI; 3. APATLACO Y 4. TRANCATITLA.

Figura 14. Longitud patrón por estación de los machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

La variación de la longitud patrón en el tiempo, tanto en las hembras como en los machos presentó diferencia estadística en los meses de muestreo ( $F = 0.3388$ ,  $p < 0.05$ ). En las hembras el promedio de longitud patrón menor se observó en febrero, los máximos en junio y enero (Figura 15).

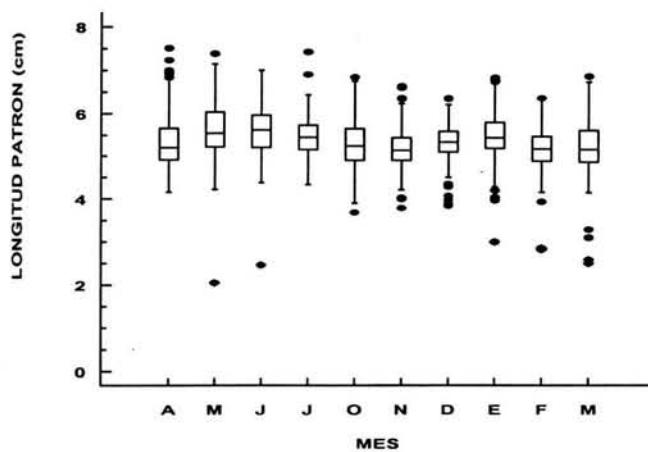


Figura 15. Longitud patrón mensual en hembras de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

El comportamiento de la longitud patrón de los machos fue similar al de las hembras con máximos de mediana en junio y enero y los mínimos en marzo y noviembre ( $F = 16.60, p < 0.05$ ) (Figura 16).

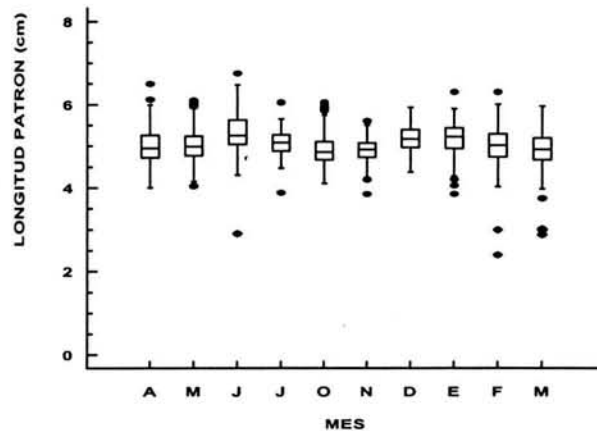


Figura 16. Longitud patrón mensual de los machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

## REPRODUCCIÓN

### PROPORCIÓN SEXUAL

Con respecto a la proporción de sexos, se observó siempre una proporción mayor de hembras. Al realizar la prueba de ji cuadrada ( $\chi^2$ ) con la finalidad de probar estadísticamente si la proporción de hembras y machos a través del tiempo eran iguales, resultó que solamente en junio y enero si se puede considerar una proporción 1:1 y todos los demás meses es significativa la diferencia entre los sexos, con predominancia de las hembras como sigue: de julio a noviembre se registró predominancia de las hembras, en diciembre empezaron a disminuir alcanzando en enero la proporción menor 1.2: 1.0 (hembra:macho) y en los meses siguientes se vuelve a incrementar la proporción de hembras. En la captura global la relación fue de 1.7:1 (hembra: macho,  $\chi^2 = 186.88, p < 0.05$ ) (Figura 17).

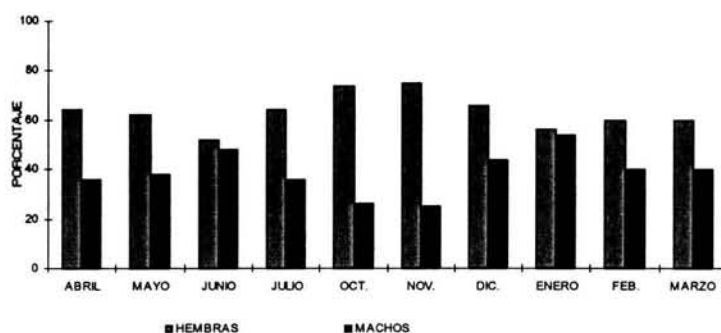


Figura 17. Proporción de sexos mensual de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

## MADUREZ GONÁDICA

Respecto a la madurez gonádica de la población en estudio, el estado de madurez I se registró a partir de junio con un porcentaje de 31%, se incrementó paulatinamente hasta alcanzar el porcentaje máximo en diciembre (60%) y disminuyó de enero a marzo (40%, 7% y 1%, respectivamente).

El estadio II se observó durante todo el año, con máximos en julio y febrero (44% y 58%, respectivamente).

El estadio III también se encontró todo el año, con máximos en abril y mayo (38% y 55%, respectivamente) presentó una tendencia a la disminución de junio a diciembre, mes en que registró el menor porcentaje (4%), de enero a marzo se incrementó gradualmente (12%, 33% y 40%, respectivamente).

El estadio de madurez IV se presentó con porcentajes altos en abril, mayo y junio (39%, 26% y 9%, respectivamente) no se registró en julio, en octubre se registró con 1%, no se registró durante noviembre y diciembre y se registró de manera incipiente en enero y febrero (6% y 5%, respectivamente).

El estado de madurez V se registró de forma incipiente en abril y mayo (2% cada mes), de junio a diciembre no se registró, en enero y febrero apareció con 2 % y 1 %, respectivamente, y en marzo presentó el máximo porcentaje (12%).

El estado de madurez VI se observó en los muestreos de noviembre, enero y febrero en mínimos porcentajes (2, 2 y 1%, respectivamente).

No se registró el estadio VII en los muestreos (Figura 18).

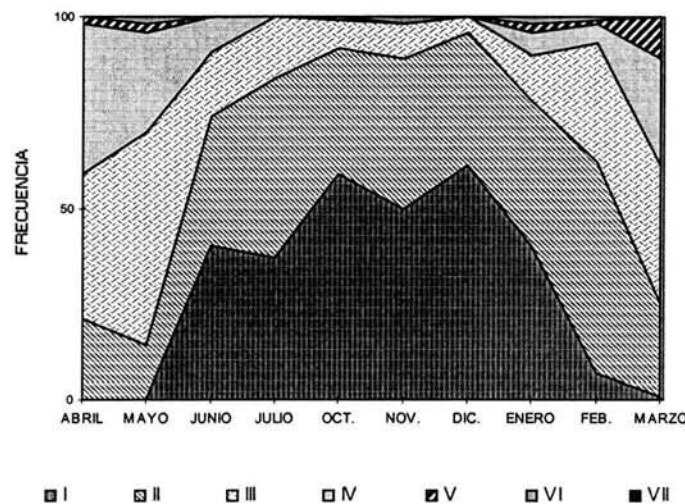


Figura 18. Estados de madurez gonádica mensual de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

## LONGITUD MEDIA DE MADUREZ GONÁDICA

Por medio de la aplicación del método logístico, se estimó la longitud media de madurez gonádica y la ecuación que representa la proporción de hembras maduras a la longitud patrón  $L(t)$  donde el intercepto tiene un valor de 4.266, la pendiente de  $-0.7929$  y el coeficiente de correlación de 0.66, el valor estimado de la longitud media de madurez gonádica ( $L_m$ ) fue de 5.4. Con dicha ecuación se calculó la proporción de hembras sexualmente maduras para cada longitud (King, 1995) La curva de madurez se presenta en la figura 19.

$$P = \frac{1}{1 + \exp\left[(-0.7929) * (L_i - 5.3809)\right]}$$

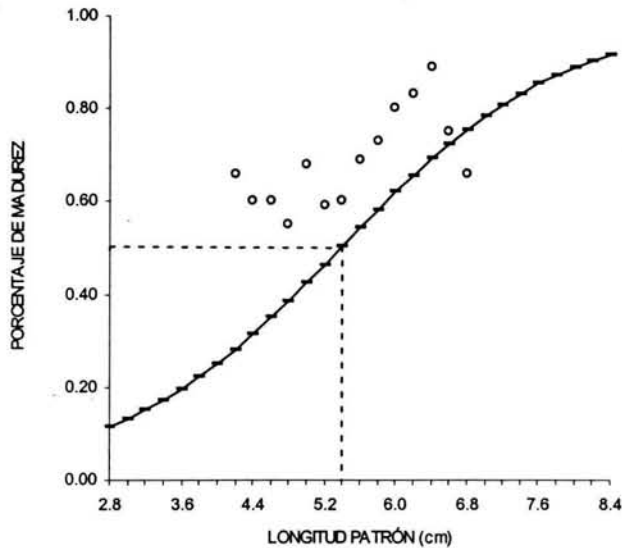


Figura 19. Curva logística de la proporción de hembras sexualmente maduras por la longitud patrón de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

## FECUNDIDAD

Respecto a la fecundidad el número mínimo de ovocitos fue de 102 en un organismo de 4.46 cm de longitud patrón y de 1.30 g de peso total; el número máximo de ovocitos fue de 952 en un organismo de 6.88 cm y de 4.56 g de longitud patrón y peso, respectivamente. La fecundidad media ( $\overline{\phi_{DS}}$ ) para la longitud patrón fue de 324 ovocitos. Los ovocitos son esféricos, traslúcidos, de color ámbar. Miden de 0.9 a 1.1 mm de diámetro, presentan espacio perivitelino de 0.1 mm. Contienen varios glóbulos de aceite de diversos tamaños, la membrana exterior está provista de varios filamentos.

Al relacionar el número de ovocitos contra el peso de las hembras (Tabla 11) los valores de las constantes  $a$  y  $b$  resultaron de 142.59 y 0.85, respectivamente, con un coeficiente de correlación bajo, de 0.50. La ecuación de fecundidad respecto al peso resultó:

$$F = 143 P^{0.85}$$

Tabla 11. Análisis de regresión del logaritmo del número de Ovocitos contra el logaritmo del peso de *C. jordani* en Xochimilco, D. F.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	142.59	0.240	20.66	0.001	
PENDIENTE	0.85	3.507	3.507	0.000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	0.4270	0.4270	12.30	0.0010
RESIDUAL	50	1.7357	0.0347		
TOTAL	51	2.1628	0.0424		
$r^2$	0.50				

El diagrama de dispersión del logaritmo natural del número de ovocitos contra el logaritmo natural del peso mostró amplia dispersión de los datos (Figura 20).

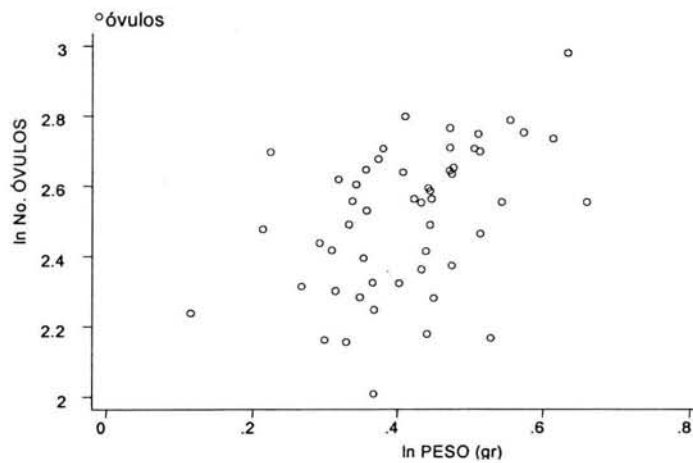


Figura 20. Relación logarítmica del número de óvulos - peso en *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

De la relación logaritmo del número de ovocitos-logaritmo de la longitud patrón el valor de la constante **a** fue de 7.59, el valor de **b** de 2.17 y el coeficiente de correlación de 0.39. La ecuación de fecundidad relacionada con la longitud fue:

$$F = 7.59 L^{2.17}$$



Tabla 12. Análisis de regresión del logaritmo del número de ovocitos-logaritmo de la longitud patrón de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	7.591	0.5843	1.507	0.138	
PENDIENTE	2.177	0.779	2.792	0.007	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	0.2917	0.2917	7.80	0.007
RESIDUAL	50	1.8710	0.0374		
TOTAL	51	2.1628			
$r^2$	0.397				

El diagrama de dispersión del logaritmo natural del número de ovocitos con el logaritmo natural de la longitud patrón y mostró una amplia dispersión de los datos (Figura 21).

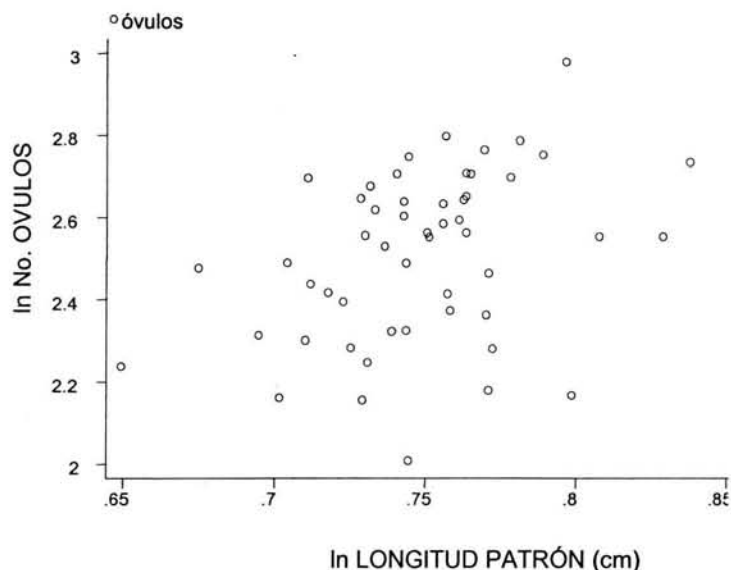


Figura 21. Relación logarítmica del número de óvulos-longitud patrón de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

Al aplicar la prueba t de Student sobre el valor de la pendiente de la relación logarítmica del número de ovocitos con el peso y número de ovocitos-longitud patrón, se rechazó la hipótesis nula, es decir, la fecundidad es diferente de lo esperado, derivado de la baja correlación registrada entre las variables (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba t de Student aplicada a las pendientes obtenidas de la relación número de ovocitos-peso y número de ovocitos longitud patrón en *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

VARIABLES	b	n	Tc	T(n-2:0.05)	Ho: b=1	OBSERVACIONES
PESO-OVOCITO	0.85	51	2.176	1.684	Se rechaza Ho	Fecundidad diferente a la esperada
Lp-OVOCITOS	2.17	51	4.71	1.684	Se rechaza Ho	Fecundidad diferente a la esperada

### ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS), ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS) Y FACTOR DE CONDICIÓN DE FULTON

El IGS presentó una tendencia a la disminución de abril a diciembre, en éste último mes se registró el valor mínimo del IGS en el ciclo de muestreo y a partir de enero se incrementó, en marzo alcanzo el valor máximo (Figura 22).

El IHS presentó una tendencia decreciente de abril a mayo, en junio aumentó, de julio a enero disminuyó progresivamente con ligeras fluctuaciones; en febrero y marzo presentó una tendencia ascendente (Figura 22).

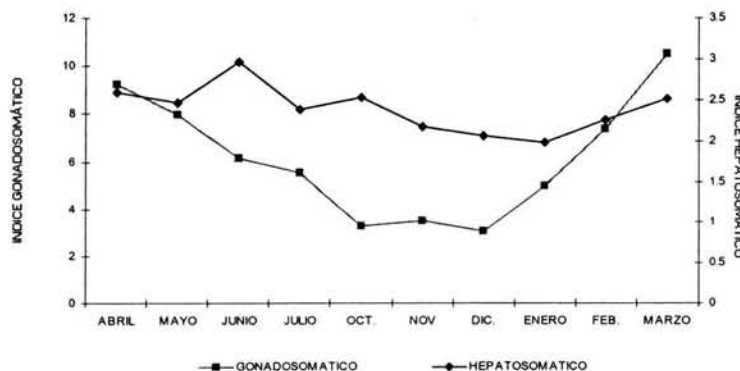


Figura 22. IGS e IHS mensual en las hembras de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

En las hembras, el factor de condición de Fulton presentó un valor bajo en abril, aumentó en mayo, de junio a noviembre disminuyó progresivamente y se incrementó a partir de diciembre alcanzando el mayor valor en marzo. En los machos este factor se incrementó paulatinamente de abril a julio mes en que alcanzó su valor mayor, posteriormente disminuyó hasta noviembre en que presentó el valor mínimo y aumentó gradualmente de diciembre a marzo (Figura 23).

Esto indica que la mejor condición se registró durante primavera-verano y una baja condición durante otoño-invierno.

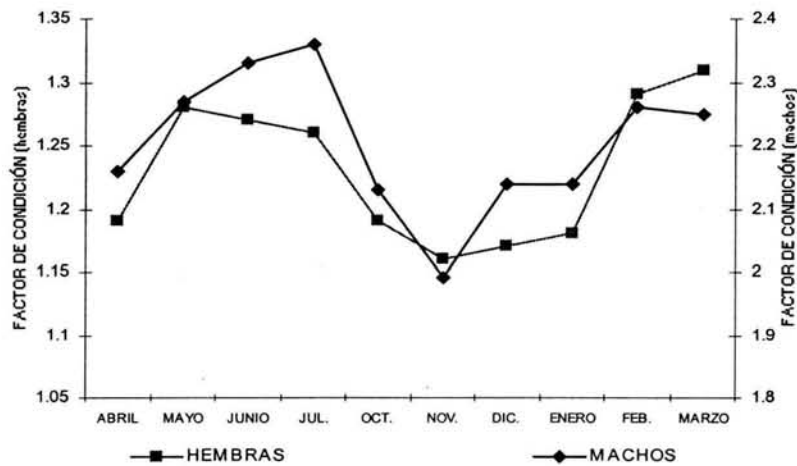


Figura 23. Factor de condición de Fulton en *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

De los datos de madurez gonádica, índice gonadosomático y factor de condición, se considera que la especie lleva a cabo la fase reproductiva a fines de invierno y principios de primavera.

## DETERMINACIÓN DE LA EDAD

### MÉTODO INDIRECTO

Para obtener los grupos modales que indicaran clases de edad se obtuvieron los gráficos de distribución de frecuencias de longitud patrón para el total de organismos y por sexos.

El número de intervalos de clase de la longitud patrón se determinó a través de la expresión propuesta por Salgado-Ugarte (1992), se establecieron 29 intervalos de clase con un tamaño de intervalo de 0.2 cm. Esto se hizo con el fin de aplicar el método de distribución de frecuencias de talla para obtener los valores promedio por medio del método de Bhattacharya (1967) (Figuras 24, 25 y 26).

Sin embargo la distribución de frecuencias no mostró comportamiento polimodal, al menos más de cuatro modas para poder aplicar el método de Bhattacharya (1967) por lo que no fue posible continuar con este método.

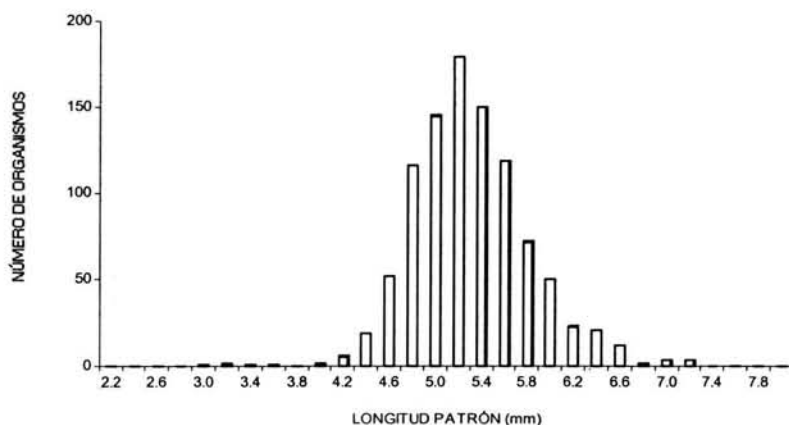


Figura 24. Frecuencia de longitud patrón de la captura total de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

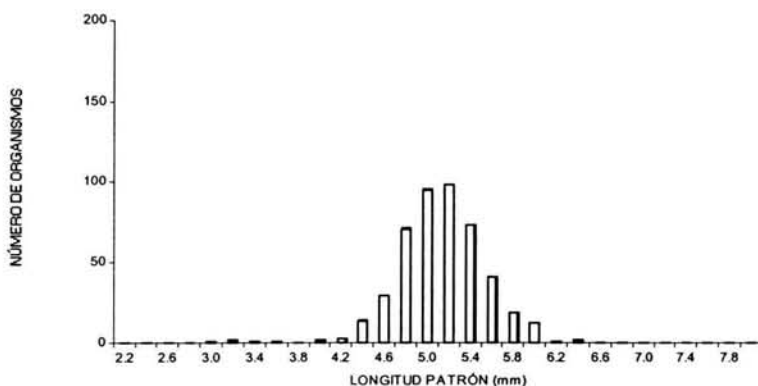


Figura 25. Frecuencia de longitud patrón en hembras de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

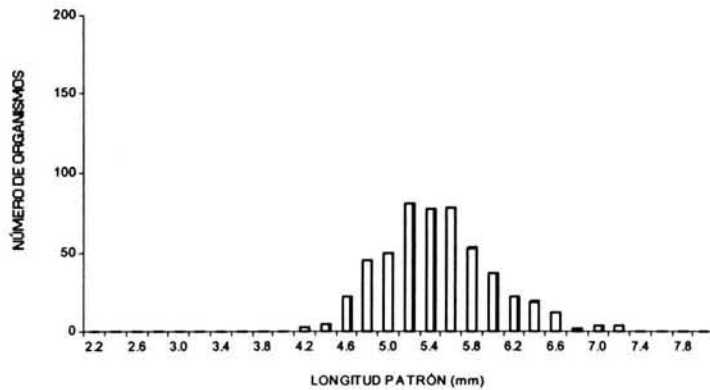


Figura 26. Frecuencia de longitud patrón en machos de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

## MÉTODO DIRECTO

El método alternativo para la identificación de posibles clases de edad fue la lectura de escamas.

Con respecto a la lectura de las escamas se registraron un máximo de 6 anillos, observándose una correspondencia en relación con la longitud; organismos pequeños presentaron escamas con un anillo y organismos mayores presentaron escamas con varios anillos. El análisis estadístico del radio de los anillos (distancia del foco a cada anillo) de las escamas, mostró consistencia entre la distancia de los anillos de las escamas que solo tenían un anillo con las que tenían varios anillos, es decir se presentó un patrón de crecimiento en las escamas (Tabla 14).

Tabla 14. Intervalo, promedio y desviación estándar del foco a cada anillo de la escama, de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

TOTAL							
ANILLO	NÚMERO DE ORGANISMOS	1	2	3	4	5	6
1	4	0.18-0.33 0.29(0.06)					
2	18	0.17-0.38 0.28(0.05)	0.37-0.64 0.52(0.07)				
3	100	0.13-0.38 0.26(0.05)	0.32-0.73 0.48(0.08)	0.44-0.99 0.65(0.09)			
4	67	0.13-0.41 0.26(0.05)	0.34-0.76 0.45(0.07)	0.46-0.87 0.62(0.08)	0.58-1.02 0.77(0.09)		
5	22	0.17-0.35 0.26(0.35)	0.30-0.55 0.45(0.07)	0.45-0.73 0.62(0.07)	0.62-0.99 0.78(0.08)	0.53-1.14 0.89(0.12)	
6	2	0.22-0.27 0.24(0.023)	0.37-0.48 0.42(0.04)	0.57-0.60 0.58(0.01)	0.64-0.68 0.65(0.02)	0.77-0.84 0.80(0.03)	0.87-0.90 0.88(0.015)

HEMBRAS							
ANILLO	NÚMERO DE ORGANISMOS	1	2	3	4	5	6
1							
2	5	0.19-0.35 0.26(0.05)	0.39-0.64 0.48(0.08)				
3	63	0.13-0.37 0.26(0.05)	0.32-0.73 0.48(0.08)	0.44-0.99 0.65(0.10)			
4	25	0.13-0.41 0.26(0.07)	0.34-0.64 0.46(0.08)	0.46-0.83 0.64(0.09)	0.58-1.02 0.78(0.10)		
5	17	0.17-0.33 0.25(0.05)	0.3-0.55 0.44(0.07)	0.45-0.73 0.61(0.07)	0.62-0.99 0.78(0.09)	0.72-1.14 0.91(0.10)	

MACHOS							
ANILLO	NÚMERO DE ORGANISMOS	1	2	3	4	5	6
1	4	0.21-0.33 0.27(0.05)					
2	13	0.17-0.38 0.3(0.06)	0.43-0.68 0.52(0.06)				
3	37	0.19-0.38 0.27(0.04)	0.37-0.67 0.49(0.07)	0.5-0.87 0.64(0.07)			
4	42	0.15-0.39 0.25(0.04)	0.34-0.76 0.45(0.06)	0.46-0.87 0.60(0.07)	0.64-0.99 0.76(0.09)		
5	5	0.20-0.35 0.27(0.05)	0.43-0.55 0.50(0.05)	0.62-0.72 0.67(0.04)	0.73-0.85 0.79(0.05)	0.53-0.98 0.83(0.16)	
6	2	0.22-0.27 0.24(0.023)	0.37-0.48 0.42(0.04)	0.57-0.60 0.58(0.01)	0.64-0.68 0.65(0.02)	0.77-0.84 0.80(0.03)	0.87-0.90 0.88(0.015)

Con respecto al Índice de Incremento Marginal (IIM) se registraron valores mínimos en junio y en diciembre lo cual sugiere la formación de dos anillos al año, uno después de que ha concluido el desove y otro en invierno por efecto de la disminución de la temperatura (Figura 27). Si se forman dos anillos cada año y el número máximo de anillos que se registró fue seis se supone que la edad mayor que presentaron los organismos fue de tres años.

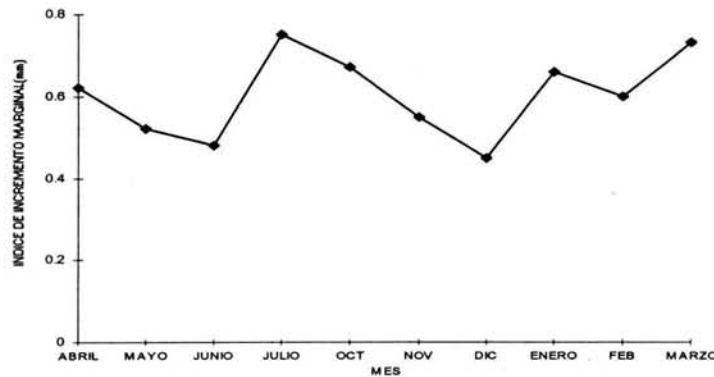


Figura 27. Índice de Incremento Marginal de las escamas mensual de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

La regresión entre la longitud patrón del pez con el radio de la escama fue lineal y arrojó un valor de intercepto de 6.49 y de pendiente de 58.30 con un  $r = 0.919$  (Tabla 16) (Figura 28), lo cual indica que cuando se empiezan a desarrollar las escamas, el organismo ya tiene una longitud patrón de alrededor de 6.49 mm. El análisis de covarianza mostró diferencia entre los sexos ( $F = 15.87$ ,  $p < 0.05$ ) al relacionar el radio de la escama y la longitud patrón (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis de covarianza de la longitud patrón-radio de la escama por sexos de *Chirostoma jordani*.

	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	0.09623	0.02418	3.98	0.0000	
PENDIENTE	0.01266	0.00052	24.35	0.0000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
LONG. PAT	1	11.2338	3.825	592.83	0.000
SEXO	2	0.2338	0.1024	15.87	0.000
ERROR	287	1.8518	0.0065		
TOTAL	290	13.2904			

Tabla 16. Regresión de la longitud patrón-radio de la escama de la total de organismos y por sexos de *Chirostoma jordani*.

TOTAL					
	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	6.49	1.076	6.0297	0.0000	
PENDIENTE	58.3081	1.462	39.8815	0.0000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	44915.705	44915.705	1590.53	0.0000
ERROR GRU.	173	5712.4614	33.0200	1.564	0.00505
ERROR	116	2448.7269	21.1097		
TOTAL	290	53073.894			
$r^2$	0.91991				

HEMBRAS					
	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	27.0753	3.0158	8.978	0.000	
PENDIENTE	34.34	3.6806	9.330	0.000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	2058.04434	2058.04434	87.06	0.0000
RESIDUO	113	2671.39272	23.6406436		
TOTAL	114	4729.43706			
$r^2$	0.6596				

MACHOS					
	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	18.01703	30312175	5.440	0.000	
PENDIENTE	42.58184	4.176913	10.195	0.000	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	2275.36656	2275.36656	103.93	0.0000
RESIDUO	102	2233.12743	21.8934062		
TOTAL	103	4508.49393	43.7717863		
$r^2$	0.7104				



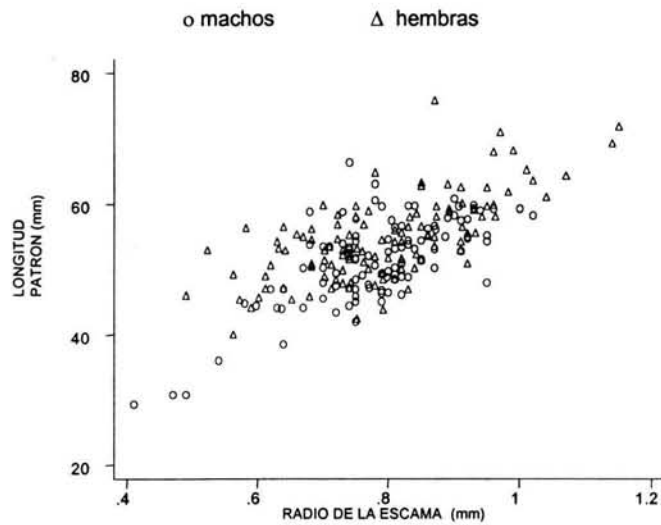


Figura 28. Relación de la longitud patrón con el radio de la escama de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

Los parámetros *a* y *b* estimados se sustituyeron en la fórmula de Fraser (1916) y Lee (1920) (en FAO, 1982) a fin de obtener la longitud patrón para cada anillo. Con la asignación de la longitud patrón promedio para cada edad se obtuvo el diagrama de cajas, en el que se observó que existen diferencias entre los valores de la mediana de longitud patrón para las edades entre la 1 y la 4, al no existir solapamiento de este valor. En los organismos de mayor edad, no hay diferencia en la longitud, las cajas de la edad 5 y 6 prácticamente se traslapan (Figura 29).

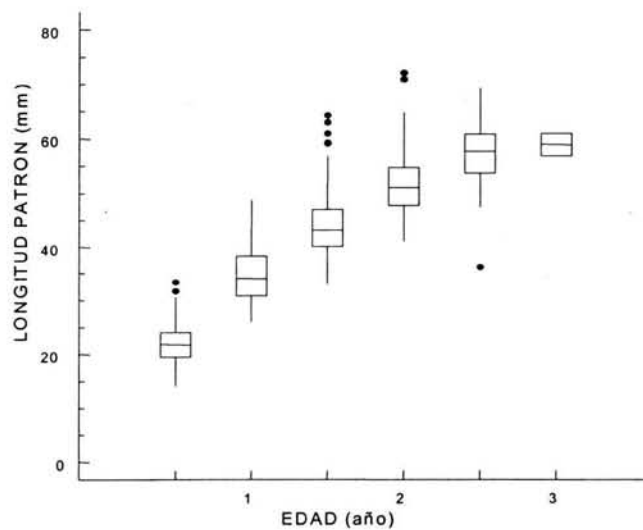


Figura 29. Diagrama de cajas de la longitud patrón con la edad de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

En la tabla 17 se presentan los grupos de edad detectados en *C. jordani*, para el total de organismos y por sexos; asimismo, se presenta la media y los límites de confianza de cada longitud patrón promedio.

Tabla 17. Grupos de edad detectados en *Chiostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

TOTAL							
GRUPO DE EDAD	No. DE ORGANISMOS	L1	L2	L3	L4	L5	L6
0.5	33	21.78					
1.0	29	22.62	36.35				
0.5	101	22.15	35.56	45.16			
2.0	73	21.73	33.76	43.45	52.49		
2.5	22	20.99	32.15	41.49	50.88	57.32	
3.0	2	21.01	31.39	40.95	45.42	54.05	58.95
PROMEDIO (mm)		21.71	33.85	42.88	49.6	55.69	58.95
LIM. CONF. 95%		±2.4	±4.0	±3.8	±5.6	±7.9	±5.8

HEMBRAS							
GRUPO DE EDAD	No. DE ORGANISMOS	L1	L2	L3	L4	L5	L6
0.5							
1.0	14	22.62	36.88				
0.5	64	22.34	36.32	46.5			
2.0	29	22.6	34.79	46.1	55.13		
2.5	17	20.86	31.59	41.69	51.26	58.98	
3.0							
PROMEDIO (mm)		22.11	34.89	44.76	53.21	58.98	
LIM. CONF. 95%		±4.67	±4.31	±6.25	±8.6	±10.82	

MACHOS							
GRUPO DE EDAD	No. DE ORGANISMOS	L1	L2	L3	L4	L5	L6
0.5	4	20.94					
1.0	12	22.69	37.33				
1.5	37	21.82	34.23	42.83			
2.0	44	21.16	33.11	41.7	50.74		
2.5	5	21.41	34.07	42.89	49.64	51.7	
3.0	2	21.01	33.39	40.95	45.42	54.05	58.95
PROMEDIO (mm)		21.5	34.02	42.09	48.57	52.88	58.95
LIM. CONF. 95%		±2.34	±3.7	±2.95	±4.95	±9.64	±5.79

A continuación, de acuerdo al método de Gulland y Holt (1959, en Sparre y Venema, 1992) se obtuvieron los valores de  $a$ ,  $b$ ,  $r^2$  para el total de organismos, para las hembras y para los machos (Tabla 18).  $L_{\infty}$  se obtuvo del cociente  $-a / b$ .

Tabla 18. Regresiones para obtener los parámetros de  $a$ ,  $b$ , y  $r^2$  de acuerdo al método de Gulland y Holt (1959, en Sparre y Venema, 1992).

TOTAL					
	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	19.8675	1.267243	15.678	0.002	
PENDIENTE	-0.2793	0.0277392	10.070	0.001	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	42.980457	42.980457	101.40	0.0021
RESIDUO	3	1.27163458	0.423878193		
TOTAL	4				
$r^2$	0.9713				

HEMBRAS					
	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	19.71859	1.108487	17.789	0.003	
PENDIENTE	-0.24223	0.024873	-9.739	0.010	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	25.062296	25.062963	94.84	0.010
RESIDUO	2	0.52851014	0.2642550		
TOTAL	3	25.591473	8.5304911		
$r^2$	0.9793				

MACHOS					
	COEFICIENTE	DESVIACIÓN ESTANDAR	VALOR DE t	NIVEL DE PROBABILIDAD	
CONSTANTE	18.66125	3.05954	6.099	0.009	
PENDIENTE	-0.2564	0.0650	-3.744	0.033	
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	P
MOD. REG.	1	32.02146	32.02146	14.02	0.0333
RESIDUO	3	6.85392	2.284642		
TOTAL	4	38.87539	9.71884		
$r^2$	0.8237				

El valor de  $L_{\infty}$  resultó mayor en las hembras (81.36), le siguieron los machos (72.89 mm) y el valor menor fue para el total de los organismos (71.21 mm). Con el valor de  $L_{\infty}$  se procedió a obtener  $t_0$  y  $k$  y se sustituyeron en la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Sparre y Venema, 1992).

En la tabla 19 se presentan los valores obtenidos de  $a$  y  $b$ , donde  $-b = k$  y  $t_0 = -a/b$ . Para el total de organismos  $k$  y  $t_0$  fueron de 0.5645 y -0.139; para las hembras los valores fueron de 0.4896 y -0.1441 y para los machos de 0.5032 y -0.198, respectivamente.

Tabla 19. Estimación de los valores de  $k$  y  $t_0$  por el método de von Bertalanffy (1934, en Sparre y Venema, 1992).

	TOTAL DE ORGANISMOS	HEMBRAS	MACHOS
CONSTANTE	0.0786	0.0706	0.0998
PENDIENTE	0.5645	0.4896	0.5032
$r^2$	0.9989	0.9989	0.9939
$k = b$	0.5645	0.4896	0.5032
$t_0 = -a/b$	-0.139	-0.1441	-0.198

Al sustituir los valores de  $L_{\infty}$ ,  $t_0$ , y  $k$  las expresiones de crecimiento en longitud patrón fueron:

$$\text{Total: } L_{(t)} = 71.21 * [1 - e^{(-0.5645 * (t+0.139))}]$$

$$\text{Hembras: } L_{(t)} = 81.36 * [1 - e^{(-0.4896 * (t+0.1441))}]$$

$$\text{Machos: } L_{(t)} = 72.89 * [1 - e^{(-0.5032 * (t+0.198))}]$$

En la tabla 20 se observan los valores promedio para la longitud patrón por grupo de edad, tanto las observadas como las calculadas. En la figura 30 se presentan las curvas de crecimiento en longitud patrón.

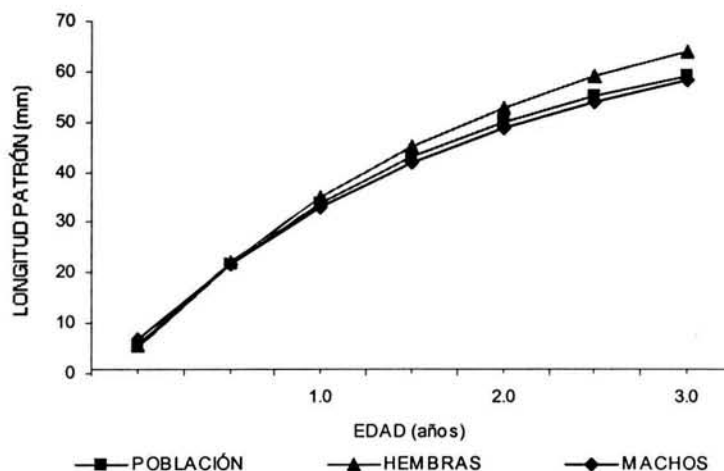


Figura 30. Curva de crecimiento a partir del modelo de von Bertalanffy de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

Tabla 20. Longitud patrón calculada en los grupos de edad detectados en *Chirostoma jordani* sustituyendo los valores de las constantes en la ecuación de von Bertalanffy  $k$  y  $t_0$  calculadas por el método de Beverton y Holt.

EDAD	TOTAL		HEMBRAS		MACHOS	
	OBSERVADA	CALCULADA	OBSERVADA	CALCULADA	OBSERVADA	CALCULADA
0.0		5.37		5.54		6.90
0.5	21.71	21.56	22.11	22.00	21.50	21.56
1.0	33.85	33.77	34.89	34.89	34.03	32.96
1.5	42.88	42.98	44.76	44.98	42.09	41.82
2.0	49.60	49.92	53.21	52.88	48.57	48.72
2.5	55.69	55.16	58.98	59.07	52.88	54.08
3.0	58.95	59.11		63.91	58.96	58.24

Si se utiliza el valor de la pendiente de la relación peso-longitud la ecuación de crecimiento en peso para *C. jordani*, esta queda de la siguiente manera:

$$\text{Total: } P_t = 4.56 \left[ 1 - e^{(-0.5645(t - (-0.139)))} \right]^{2.96}$$

$$\text{Hembras: } P_t = 7.08 \left[ 1 - e^{(-0.4896(t - (-0.1441)))} \right]^{3.02}$$

$$\text{Machos: } P_t = 4.97 \left[ 1 - e^{(-0.5032(t - (-0.198)))} \right]^{2.88}$$

En la figura 31 se presentan las curvas de crecimiento en peso cada edad y en la tabla 21 los datos respectivos.

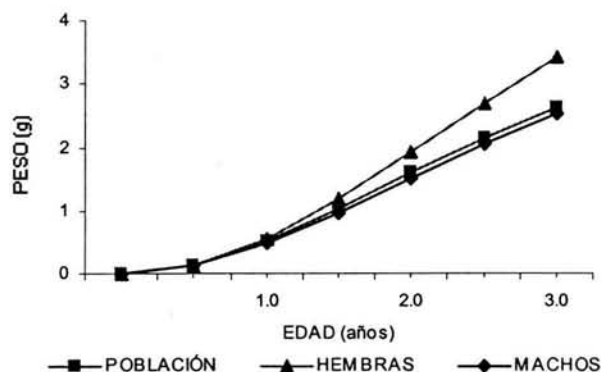


Figura 31. Curva teórica de crecimiento en peso de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

Tabla 21. Peso calculado en los grupos de edad detectados en *Chirostoma jordani* de acuerdo a la ecuación de crecimiento en peso de von Bertalanffy (Sparre y Venema, 1992)

EDAD	TOTAL CALCULADO	HEMBRAS CALCULADO	MACHOS CALCULADO
0.0	0.002	0.002	0.005
0.5	0.133	0.136	0.144
1.0	0.501	0.549	0.489
1.5	1.023	1.182	0.971
2.0	1.593	1.927	1.506
2.5	2.140	2.692	2.034
3.0	2.626	3.414	2.519

Debido a que existe diferencia entre el crecimiento de hembras y machos, se aplicó la prueba estadística multivariada de  $T^2$  de Hotelling (Bernard, 1981) entre los valores estimados de la ecuación de crecimiento ( $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$ ) entre los sexos para conocer cual es el parámetro que determina la diferencia en el crecimiento (Tabla 22).

Tabla 22. Análisis multivariado de los parámetros de crecimiento por sexo de *Chirostoma jordani*. (Se presentan los estimados de la matriz varianza covarianza y su inversa, el cálculo estadístico de  $T^2$ , el valor de F y  $T^2$  de las tablas y los intervalos de confianza para las diferencias entre los parámetros estimados y el valor crítico de F).

Matriz S			Matriz S inversa		
16.166587	-.13249416	-.44789985	2.06400481	327.735085	-24.6820151
	.0011517	.00421301		57259.6772	-5108.76472
		.01848647			620.356388
-10.1689 0.0169 -0.1079 = [Pmachos - Phembras]'					
$T^2 =$	242.6993	$T^2$	0.05: 3,7 =	16.7664	F 0.05: 3,7 =
					4.3468
Intervalo de confianza al 95 %			Valor crítico de F		
-20.1382	<= Lmachos - Lhembras	<=	-0.1996		4.5226
-0.0673	<= kmachos - khembras	<=	0.1010		0.1745
-0.4450	<= t o machos - tohembras	<=	0.2292		0.4450

Como la  $T^2$  calculada resultó mayor que la  $T^2$  de tablas, se asume que el crecimiento de hembras y machos es diferente y como el valor crítico de F resulto mayor para  $L_{\infty}$  ( $L_{\infty} > t_0 > k$ ;  $4.5226 > 0.4450 > 0.1745$ ), se concluye que este es el parámetro significativo y por lo tanto es el que determina las diferencias en el crecimiento entre los sexos.

Con la finalidad de conocer si los parámetros de crecimiento ( $L_{\infty}$  y  $k$ ) obtenidos en este estudio eran cercanos a los reportados en anteriores investigaciones para la misma especie, se calculó  $\phi$  ( $\phi$ ) (Sparre, y Venema, 1992) para la población, hembras y los machos a partir de los estimados de  $L_{\infty}$  y  $k$  obtenidos tanto en éste estudio como de estudios anteriores disponibles de la misma especie, aunque en diferentes cuerpos de agua, y también en de otras especies para tener una referencia del comportamiento de los resultados (Tabla 23).

Tabla 23. Comparación de la longitud infinita y del índice catabólico de algunas especies del género *Chirostoma* a través de la prueba de  $\Phi$ .

AUTOR Y AÑO	CUERPO DE AGUA	ESPECIE	SEXO	COEF. MET. k	LONG. INF. $L_{\infty}$ (mm)	$\Phi$
Gallardo (1977)	Lago de Chapala, Jal.	<i>C. chapalae</i>	total *	0.278	148.0	3.785
Aguilar (1993)	Embalse San Felipe Tiacaque, Edo de Mex.	<i>C. humboldtianum</i>	total *	0.1778	251.41	4.050
Navarrete (1981)	Presa Taxhimay, Edo. de México	<i>C. jordani</i>	total *	0.3675	65.73	3.200
Gómez y Ramírez Arellano (1982)	Presa Taxhimay, Edo. de México.	<i>C. jordani</i>	total *	0.461	63.7	3.272
Cházaro (1989)	Embalse Trinidad Fabela, Edo. de Mex.	<i>C. jordani</i>	total *	0.247	127.00	3.006
Este trabajo ( 2004)	Lago de Xochimilco, México, D. F.	<i>C. jordani</i>	total *	0.5645	71.22	3.457
			hembras	0.4896	81.37	3.511
			Machos	0.5032	72.81	3.426
Total * .- sin separación de sexos.						

La  $\Phi$  obtenida tanto para el total de los organismos ( $\Phi = 3.4569$ ), como para las hembras ( $\Phi = 3.5107$ ) y los machos ( $\Phi = 3.426$ ) son similares entre sí y entre los valores de  $\Phi$  de la misma especie que habita en otros cuerpos de agua como los obtenidos por Navarrete (1981), Gómez y Ramírez de Arellano (1982) y Cházaro (1989) que muestran valores de 3.006 y 3.273, respectivamente y se alejan de los valores obtenidos para otras especies del mismo género que alcanzan tallas mayores como para *C. chapalae* (Gallardo, 1977) y *C. humboldtianum* (Aguilar, 1993) que presentan valores de 3.7846 y 4.050, respectivamente.

## MORTALIDAD Y SOBREVIVENCIA

Con base a los resultados obtenidos a partir de la curva de captura, el valor de la tasa de la mortalidad total (Z) fue de 86 %; la supervivencia (S) fue de 42 %. La mortalidad total anual (A) resultó de 57 %. De acuerdo a la ecuación de Pauly (1983) la mortalidad natural (M) fue de 29% y la mortalidad por pesca (F) de 0.57%.



## TASA DE EXPLOTACIÓN (E) Y SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA

La tasa de explotación que es la fracción de una clase de edad la cual será capturada durante la vida de los peces, se obtuvo a partir de los valores de M y F (Pauly, 1984), registró un valor del 0.66 % (E), lo que indica que la especie está sobreexplotada con el arte de pesca utilizado.

Con base en la curva de selectividad del arte de pesca utilizado, la longitud media de captura fue de 5.4 cm (Figura 32).

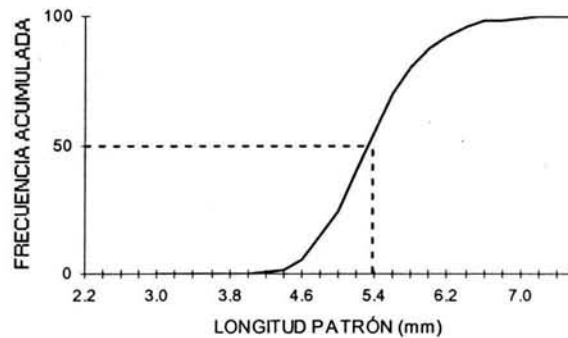


Figura 32. Curva de selectividad al 50% de *Chirostoma jordani* en Xochimilco, D. F.

## RELACIÓN DEL IGS, IHS Y FACTOR DE CONDICIÓN DE FULTON CON LA TEMPERATURA

Al realizar el gráfico de la temperatura con el factor de condición de Fulton, se encontró una relación directa, en general los máximos del factor de condición (mayo y marzo) se corresponden con los incrementos de temperatura y viceversa (Figura 33), si bien el análisis estadístico no arrojó una relación significativa entre las dos variables.

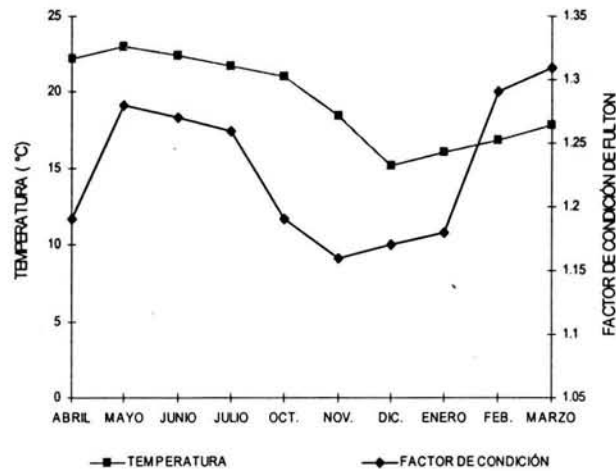


Figura 33. Comportamiento del factor de condición de Fulton de *Chirostoma jordani* en relación con la temperatura del agua de Xochimilco, D. F.

De la gráfica de la temperatura contra el índice gonadosomático y hepatosomático se encontró una relación directa, ya que cuando la temperatura del agua disminuye, lo cual ocurre a partir del mes de mayo, los índices mencionados empiezan a disminuir hasta el mes de diciembre. En enero al aumentar ligeramente la temperatura, éstos índices inician su incremento hasta marzo en que alcanzan su máximo (Figura 34).

Lo anterior sugiere que la temperatura es el factor principal que desencadena la preparación del organismo para la realización del proceso reproductivo con el desarrollo de las gónadas, aunque no se descarta que existan otras variables involucradas, pero que no fueron analizadas en este trabajo.

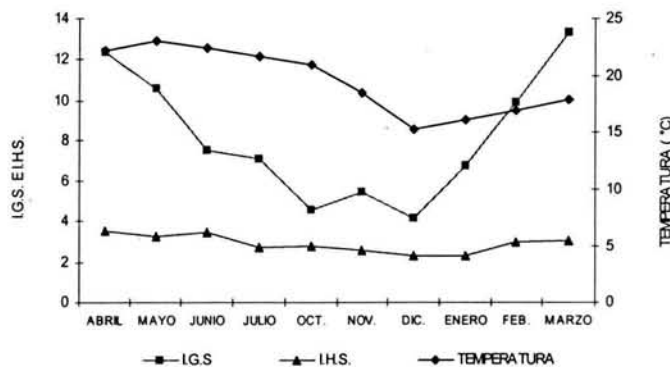


Figura 34. Comportamiento del I.G.S. el I.H.S. de *Chirostoma jordani* en relación a la temperatura del agua.

## **DISCUSIÓN**

### **PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS**

#### **PROFUNDIDAD**

La profundidad de este cuerpo de agua no mostró variaciones en el periodo analizado debido a que no existen recargas de ríos superficiales. La profundidad promedio fue de 1.55 m. Su alimentación principal se debe a manantiales subterráneos y a la precipitación pluvial, así como a la recarga artificial de las plantas de tratamiento del Cerro de la Estrella y San Luis Tlaxiátemalco, las cuales mantienen a lo largo del año una descarga continua hacia la zona de canales y en época de secas se incrementa el flujo de éstos suministros artificiales de agua hacia los canales de Xochimilco, con lo cual se mantiene mas o menos el nivel de profundidad anulando la influencia en este aspecto de las lluvias y de la evaporación.

Durante la época de secas el uso del agua para riego disminuye, debido a que la mayoría de los cultivos en Xochimilco son de temporal, con lo cual disminuye significativamente la utilización de éste recurso en esa temporada.

La mezcla en la columna de agua es continua resultado del tránsito frecuente de las trajineras, de las lanchas con motor fuera de borda y de canoas de remos, tanto de los lugareños que trasladan lo relacionado con los requerimientos agrícolas, como por las patrullas de vigilancia, los colectores de basura, los deportistas de canotaje, etc. que continuamente irrumpen por los canales de la zona chinampera de Xochimilco, aunado a la poca profundidad del sistema, lo que facilita la continua circulación del agua.

#### **TRANSPARENCIA**

La transparencia del agua mostró cambios en el periodo de muestreo, siguiendo un ciclo anual, la transparencia fue menor en primavera-verano y mayor en invierno.

En los meses de abril y mayo se encontró la menor transparencia, lo cual puede atribuirse a que con el aumento de la intensidad de luz en el agua se ve incrementada la actividad fotosintética de las plantas, es decir aumenta la producción primaria (Schoworbel, 1975) y con el inicio de la época de lluvias (en abril y mayo) en que los arrastres de materia orgánica desde las tierras de cultivo son mayores y pueden aportar elementos nutritivos necesarios para que se incrementen los productores primarios acuáticos (auge primaveral) (Aguayo, 1993; Ensastigue *et al.*, 1995) entre otros, lo que implica un aumento en la dispersión y absorción de la energía luminosa, con su consecuente disminución en la profundidad.

En octubre, noviembre y diciembre se registraron los valores más altos de transparencia lo cual puede deberse a que al disminuir la intensidad de la luz la producción primaria decrece, asimismo, en época de secas los arrastres de materia orgánica externa son menores y en muchos de los casos se han agotado los nutrientes disponibles y consecuentemente la dispersión y absorción de la luz por la materia orgánica disminuye.

La transparencia del agua mostró un comportamiento diferente entre las estaciones de muestreo registrando un valor mayor en las estaciones Trancatitla y Apatlaco y menor en Tlilac y Tlicuili. La penetración de la luz se ve limitada por los materiales en suspensión que reducen a menudo la zona fotosintética (Wetzel, 1975). Es probable que la disminución de la transparencia en los canales de Tlilac y Tlicuili se deba a que la producción primaria es mayor (Aguayo, 1993) por la disponibilidad de nutrientes que llegan del exterior desde las zonas de cultivo enriquecidas con fertilizantes y materia orgánica, a diferencia de Trancatitla y Apatlaco que reciben agua residual doméstica por la mayor cantidad de viviendas que se encuentran establecidas en los alrededores de los canales.

La transparencia es importante para el buen desarrollo de los huevos de *C. jordani* ya que su incubación requiere de suficiente luz para evitar la proliferación de hongos en los mismos (Gallardo, 1977). En la capa superficial los huevos de la especie en estudio encuentran además la presencia de plantas flotantes como el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), la lentejilla o chichicastle: (*Lemna* sp), ninfas (*Nimphaea* sp) (Aguayo, 1993) y en las orillas de los canales el tule triángulo (*Scirpus* sp) y los ahuejotes (*Salix bomplandiana*) entre otras (Quiroz y Novelo, 1995) las raíces de los cuales representan un buen soporte de los huevos, les impiden que se aglutinen, los mantienen en la capa iluminada, les brindan posible protección contra los depredadores además de mantenerlos en la zona mejor oxigenada que es la capa superficial como se verá más adelante.

## **TEMPERATURA**

El comportamiento de la temperatura del agua no fue homogéneo entre superficie y fondo, la temperatura de un cuerpo de agua está relacionada con la radiación solar, esta última es mayor en la superficie, dado que la conductividad térmica del agua es baja, la radiación termal esta restringida a los primeros centímetros del agua.

Entre las estaciones de muestreo el comportamiento de la temperatura fue homogéneo.

El comportamiento de la temperatura del agua a lo largo del año presentó diferencias, de acuerdo a las estaciones del año, ya que en el mes de mayo se registró la temperatura máxima de 23 °C y en diciembre la mas baja con 15.2 °C.

La temperatura es un factor de significado amplio y variado, sus efectos se manifiestan en la aceleración de los procesos vitales cuando ésta aumenta y con los efectos contrarios cuando las temperaturas son frías (Lagler *et al.*, 1984). La influencia que la temperatura tiene sobre la población en estudio se expondrá más adelante.

## **pH**

El pH presentó variaciones durante el periodo de muestreo, los valores menos básicos (7.9) ocurrieron en la época de lluvias y los más básicos (8.9) en la época de secas (enero, febrero, marzo). El pH se ve influido por las altas concentraciones que presenta la dureza (300 mg/l) (Ensastigue *et al.*, 1995). Los valores registrados se encuentran dentro del intervalo favorable para los organismos, ya que Wetzel (1975) y Goldman y Horne (1983) señalan que los efectos letales aparecen a un pH de 4.5 y en aguas alcalinas en cerca de los 9.5.

*C. jordani* se ha estudiado en el embalse Trinidad Fabela, Edo. de México (Chazaro, 1989) dicho embalse presenta un intervalo de pH mayor con respecto a Xochimilco, con un mínimo de 6.9 y un máximo de 13.3.

Con respecto a los estudios anteriores realizados en Xochimilco, Burali (1989) reporta valores mínimos de 6.3 y máximos de 7.5; Cortés *et al.* (1990) registraron valores mínimos de 7.3 y máximos de 7.4, comparándolos con los del trabajo actual, se aprecia la tendencia hacia valores básicos, siempre dentro de valores favorables para la vida acuática, con base a los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (C.E.C.A) (6.5 - 8.5 para agua dulce) (Diario Oficial de la Federación, 1989).

## **OXÍGENO DISUELTO (OD)**

Este parámetro mostró diferencia estadística significativa entre superficie y fondo, la concentración media de oxígeno disuelto (OD) en el nivel superficial fue de saturación (14.13 %) y una menor concentración en el fondo (5.03 %); la mayor concentración de oxígeno en el nivel superficial está probablemente relacionada con los productores primarios (clorofitas y cianofitas) (Aguayo, 1993; Ensastigue *et al.*, 1995) así como por otros vegetales acuáticos como la lentejilla (*Lemna* sp) y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), entre otros (Quiroz y Novelo, 1995), que se ven favorecidos por la incidencia de luz la cual aumenta la tasa fotosintética y por lo tanto la producción de oxígeno.

La menor concentración de oxígeno que se presentó en el fondo también podría sugerir que las entradas de materia orgánica desde la tierra son dominantes, fenómeno que se ve magnificado por la característica de que se trata de una serie de canales lo que hace que el contacto terrestre con el agua sea mayor, asimismo en el fondo se incrementa el consumo de oxígeno por animales, vegetales y por la actividad bacteriana (Hutchinson, 1975).

El OD no mostró variaciones entre las estaciones ni entre los meses de muestreo, lo que podría indicar que las diferentes zonas de muestreo son igualmente productivas, así como que esta producción se mantiene a lo largo del año, ya que estas condiciones de saturación no se podrían atribuir únicamente a la difusión del O<sub>2</sub> atmosférico a la fase acuosa, sino que hay una producción de oxígeno generado a lo interno del cuerpo de agua tanto por las algas como por las plantas acuáticas superiores (Reid y Wood, 1976).

El cuerpo de agua en general presenta condiciones propicias para que se lleve a cabo el proceso fotosintético eficientemente, dadas las concentraciones de oxígeno encontradas, las cuales son adecuadas para la vida acuática. La concentración de oxígeno de la capa superficial es aprovechada por los charales ya que al depositar sus huevos sobre las raíces de la vegetación flotante permanecen en la zona de mayor concentración de oxígeno que es la etapa de desarrollo en la que más oxígeno requieren. Wetzel (1975) señala límites mínimos de OD son de 3.5 mg/l o 5 mg/l para aguas dulces.

Se debe recordar que los muestreos se realizaron en la mañana entre las 9:00 y 15:00 hrs, tiempo en que hay una incidencia de luz prácticamente total y en que ya se inició el proceso fotosintético por parte de los productores primarios, por lo que los valores de la concentración de OD son altos y probablemente los máximos alcanzados durante el ciclo de 24 horas.

*C. jordani* presenta una amplia distribución debido probablemente a la variabilidad en la concentración del OD que soporta, ya que se ha estudiado en diferentes cuerpos de agua que presentan amplios intervalos de concentraciones de oxígeno como en la Presa Taxhimay del Edo. de México (Navarrete, 1981) con valores mínimos de 0.5 mg/l en primavera y máximos de 8.5 mg/l en otoño; Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en la misma presa encontraron una concentración de OD de 4 mg/l mínima y una máxima de 6 mg/l; Cházaro (1993) en el Embalse Trinidad Fabela, en el Edo. de México reportó 3.36 mg/l y 7.065 mg/l mínima y máxima, respectivamente, y Hernández (1993) en el embalse Macua en el Edo. de México encontró una concentración mínima y máxima de 5.49 mg/l y 8.9 mg/l, respectivamente.

De los estudios anteriores realizados en Xochimilco, Báez *et al.* (1975) reportaron valores promedio de 2 mg/l de OD y en aguas profundas casi siempre de cero, Burali (1989) menciona concentraciones de 3.2 mg/l a 7.7 mg/l; Bojorquez (1994) encontró mínimos de 1.10 mg/l y máximos de 9.50 mg/l y Aguayo (1993) de 6.0 mg/l a 10.6 mg/l de saturación.

Al comparar los datos de trabajos anteriores con los obtenidos en este trabajo, la tendencia general es al incremento en la concentración de oxígeno, lo cual podría ser atribuido a que anteriormente las aguas descargadas por la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella solo procesaba las aguas negras con un tratamiento primario (Burali, 1989) después en 1989 entró en funcionamiento la planta de tratamiento de San Luis Tlaxialtemalco y desde esa fecha, las dos plantas dan tratamiento secundario a las aguas que descargan en el complejo de canales o en los mantos a través de una red subterránea (Comisión Nacional del Agua, 1988).

Asimismo, con el entubamiento del Canal Nacional en 1992, se controló este factor contaminante de los canales ya que con anterioridad conducía aguas tratadas provenientes de la planta del Cerro de la Estrella y a lo largo de su



recorrido a la intemperie, las aguas se contaminaban por las descargas residuales locales (Aguayo, 1993).

### **ALCALINIDAD TOTAL**

La alcalinidad total presentó comportamiento homogéneo en los niveles de muestreo con una concentración promedio de 274.5 mg/l en superficie y 294.2 mg/l en el fondo. Asimismo, se presentó homogeneidad espacial (entre las estaciones de muestreo).

A través del periodo de muestreo la alcalinidad total presentó diferencias. El incremento en la alcalinidad podría atribuirse a que con las lluvias (abril 405.2 mg/l en superficie) aumenta el acarreo de materia orgánica a los canales lo cual puede generar un incremento en la producción de CO<sub>2</sub> por la descomposición bacteriana de materia orgánica externa, la generación de bióxido de carbono al reaccionar con el agua aumenta la cantidad de carbonatos y bicarbonatos dando por consecuencia el aumento en la alcalinidad, que en este sistema de canales esta jugando un papel muy importante en el amortiguamiento del pH.

La alcalinidad también puede aumentar por el origen de los suelos que conforman el sistema lacustre y sus alrededores debido a que tienden a salinizarse (Enstigue *et al.*, 1995) y durante la época de lluvias el deslave de los suelos aumenta la alcalinidad de las aguas de los canales.

Asimismo, el aumento de la alcalinidad en época de secas (noviembre 288.5 mg/l) puede deberse a la muerte de los productores, la descomposición bacteriana libera CO<sub>2</sub> el cual no se mantiene como gas, sino que se hidrata produciendo ácido carbónico y entra en equilibrio con los bicarbonatos presentes en el cuerpo de agua ya que la presencia de estos aumenta la solubilidad del CO<sub>2</sub> (Hutchinson, 1975).

La alcalinidad reportada por el D.D.F. (1995) correspondiente a los efluentes de la planta del Cerro de la Estrella y de San Luis Tlaxialtemalco es de 188 mg/l y de 164 mg/l, respectivamente, la que aunada a la naturaleza de los suelos y a la dinámica del sistema de canales se ve incrementada.

Luna (1989) reportó valores de alcalinidad máximo de 563.6 mg/l y mínimo de 462.4 mg/l; Arredondo (1991) de 212.2 mg/l y de 167 mg/l; Pedraza (1995) máxima de 544.4 mg/l y mínima de 212.6 mg/l y los valores promedio en este trabajo fueron de 405.2 mg/l y 208.5 mg/l máximo y mínimo, respectivamente, por lo que a través de los años no se observa una tendencia clara de este parámetro, se podría pensar que la alcalinidad esta dada principalmente por la naturaleza de los suelos que conforman el sistema lacustre y sus alrededores ya que se trata de suelos salino-sódicos (Ensastigue *et al.*, 1995).

## **IDENTIDAD DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.**

Al realizar la comparación de las estadísticas de los datos morfométricos y merísticos de la especie en estudio con las registradas por Barbour (1973a) y Álvarez del Villar (1970) se encontraron intervalos semejantes, o bien que coinciden ya sea en el límite inferior o en el superior (Tabla 5).

Barbour (1973b) enfatizó que la diferenciación morfológica aparente entre las especies son el tamaño del cuerpo y las características tróficas tales como la mandíbula y los patrones de los dientes. Asimismo, notó que un morfométrico o un merístico particular, no podía separar inequívocamente las especies ya que existe variación en las características de las especies de un cuerpo de agua a otro.

En el trabajo desarrollado por Barbour y Chernoff (1984), en el análisis de *C. lucius*, *C. sphyraena* y *C. promelas* las variables merísticas no resultaron discriminantes efectivas, mientras que si lo fueron las morfométricas para

distinguir entre las tres especies de pescado blanco. Así, algunas diferencias morfológicas entre las especies son resultado de cambios en las tasas de crecimiento relativos (crecimiento diferencial en las partes del cráneo u otros elementos óseos) así como del cronómetro de desarrollo, los cuales son importantes en la formación de especies grupo.

Lo anterior podría explicar las diferencias en los intervalos de los datos morfométricos de la población en estudio, (ya sea en su límite inferior ó en su límite superior) que se encontró respecto a la longitud cefálica, la longitud mandibular, la distancia del hocico a la aleta dorsal, la distancia del hocico a la aleta anal y la longitud de la base de la aleta anal, en comparación con lo reportado por Barbour (1973a).

Weatherley y Gill (1987) puntualizaron que el crecimiento tiempo-talla no debe ser tomado como criterio taxonómico. De ahí que la variabilidad de los resultados obtenidos en cuanto a talla y peso por los diferentes investigadores en los distintos cuerpos de agua podrían ser vistos como acontecimientos naturales.

Tomando como base lo anterior se puede inferir que la especie en estudio procedente del sistema de canales de Xochimilco es *Chirostoma jordani* Woolman (1894).

## PARÁMETROS POBLACIONALES

### RELACIONES MORFOMÉTRICAS

Con respecto a la relación entre la longitud total y la longitud patrón de los organismos no se encontró diferencia significativa entre los sexos. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre el peso y la longitud patrón entre los sexos, y el análisis de regresión muestra una alta correlación.

La relación peso-longitud por sexos mostró que el valor de la pendiente que representa el tipo de crecimiento fue mayor en hembras (3.02) que en los machos (2.88). La prueba de t de student sobre la pendiente nos indicó tipo de crecimiento alométrico para los dos sexos, siendo positivo para las hembras y negativo para los machos. Este tipo de crecimiento de las hembras podría ser el reflejo de que sus gónadas alcanzan mayor volumen en el periodo reproductivo, en comparación con el volumen de las gónadas de los machos.

Dentro de los estudios realizados para ésta especie se cuenta con los de Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en la presa Taxhimay quienes reportaron en un ciclo de muestreo anual crecimiento que va de alométrico negativo a isométrico, de 2.58 a 3.07; Cházaro (1989) en el embalse Trinidad Fabela, ubicado en el Estado de México, encontró un tipo de crecimiento alométrico positivo (3.21) y Hernández (1993) en el embalse Macua, Estado de México, también reportó crecimiento alométrico positivo (3.07).

De las investigaciones realizadas en las especies del mismo género se tiene que Gallardo (1977) en el lago de Chapala en *C. chapalae* reportó un crecimiento alométrico positivo (3.15); Rodríguez (1989) en el mismo lago reportó para charal que tanto las hembras como los machos presentaron un crecimiento alométrico negativo aunque un poco mayor para las hembras (2.684 y 2.489 hembras y machos respectivamente). Aguilar (1993) en el embalse de San Felipe Tiacaque en *C. humboldtianum* encontró un crecimiento alométrico de 2.8993 a 3.6326 sin realizar la separación de sexos.

Como puede observarse, el tipo de crecimiento presenta variaciones de una especie a otra dentro del mismo género y de un ciclo de muestreo a otro, así como en los diferentes cuerpos de agua. Si bien algunos autores no separan la información por sexos, el tipo de crecimiento siempre fue muy cercano a 3. En general las hembras presentaron una tasa de crecimiento mayor que los machos.

Las hembras presentaron mayor longitud que los machos (5.36 cm y 5.03 cm en promedio de longitud patrón respectivamente). Otros estudios sobre *C. jordani* realizados por Navarrete (1981), Gómez y Ramírez de Arellano (1982) y Hernández (1993), también reportaron hembras mayores que los machos.

Semejantes resultados se han encontrado en otras especies dentro del mismo género en otros cuerpos de agua, Lizárraga (1981) en pescado blanco (*C. estor*), Rodríguez (1989) y Aguilar (1993) también observaron un crecimiento mayor en longitud y peso en las hembras.

La plasticidad en el crecimiento es considerada una consecuencia ecológica para mantener y regular las poblaciones de peces, por lo que las variaciones de disponibilidad de alimento, de espacio y la temperatura están relacionadas con el crecimiento que puede ser más lento o más rápido sin que necesariamente se llegue a la extinción de la población (Weatherley y Gill, 1987).

Nikolsky (1963) y Wootton (1984) coinciden en que el crecimiento diferencial puede ser ventajoso para la población ya que hembras mayores producen mayor cantidad de ovocitos lo cual aumenta el índice de fecundidad de la población.

Cházaro (1989) concluyó que el tamaño de *C. jordani* esta influenciado directamente por el tipo de alimentación y los factores ambientales de cada uno de los sistemas donde se presenta esta especie.

## **REPRODUCCIÓN**

### **PROPORCIÓN SEXUAL**

La proporción de hembras resultó mayor durante todo el periodo de muestreo respecto a los machos. Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en sus estudios sobre la especie que nos ocupa encontraron una proporcionalidad de 1.59 hembras a un macho. Hernández (1993) menciona que las hembras son más abundantes en periodos de reposo reproductivo, no así en periodos de reproducción donde la proporción de machos llega a ser notablemente mayor para asegurar la fertilización de todos los ovocitos.

Gallardo (1977) en el lago de Chapala en sus estudios de *C. chapalae*, determinó una relación sexual de 5 machos por una hembra. Rodríguez (1989) en el mismo cuerpo de agua determinó para charal una relación de sexos de 2.5 a 1 machos y hembras respectivamente.

Los resultados obtenidos en éste trabajo son más cercanos a lo observado por Gómez y Ramírez de Arellano (1982), lo cual podría ser ventajoso si se considera que a mayor número de hembras mayor producción de huevos, con lo que se aseguraría la permanencia de la población en el tiempo.

Las diferencias de las proporciones sexuales; sin embargo, pueden explicarse por la variación año con año de los parámetros ambientales tal como lo observaron Wootton (1984) quienes mencionan que la temperatura y la luz son los controladores exógenos que más se sugiere que influyen en la proporción sexual.

### **MADUREZ GONÁDICA**

El periodo de madurez gonadal de acuerdo a la presencia de estadios avanzados de madurez (IV, V y VI) indicativos de la reproducción se encontraron en los meses de enero a julio, y en mayor porcentaje de marzo a mayo principalmente, lo que representa un solo periodo reproductivo anual con un máximo en primavera.

De junio a diciembre es dominante la presencia de estadios de madurez sexual incipiente (I y II). En enero y febrero disminuyen los estadios I y II y empiezan a aparecer IV y V lo que indica el inicio del nuevo ciclo reproductivo en primavera.

Estudios anteriores en especie que nos ocupa reportan lo siguiente: Navarrete (1981) en la presa Taxhimay; Edo. de México y Cházaro (1989) en el embalse Trinidad Fabela; Edo. de México, encontraron el periodo reproductivo para esta especie en primavera. Hernández (1993) en el embalse Macua lo determinó en primavera- verano, con un máximo en primavera.

Investigaciones en otras especies dentro del mismo género en diferentes cuerpos de agua han aportado resultados semejantes. Solórzano (1961) en el lago de Pátzcuaro, Mich., observó en *C. bartoni* una época de reproducción amplia, de mayo a septiembre con un máximo de mayo a junio. Gallardo (1977) en el lago de Chapala, Jal. En *C. chapalae* la encontró de marzo a abril. Rodríguez (1989) en charal, en el mismo lago la reportó de marzo a mayo. Aguilar (1993) en Tiacaque, Edo. de México, para *C. humboldianum* la situó en primavera.

Health (1995), Evans (1993), Bagenal y Tech (1978), Rosas (1970) y Nikolsky (1969) coinciden en sus observaciones de que los mecanismos fisiológicos que controlan el inicio de la maduración de los gametos y el desove se basan en el sistema endócrino y están conectados con los ciclos externos como los cambios estacionales de fotoperiodo, luz, temperatura, época de lluvias, etc.

Por lo anterior se asume que el éxito de las poblaciones en el medio ambiente natural, depende de acertar en la detección de las señales ambientales, para que se inicien los procesos hormonales del desarrollo reproductivo y de la liberación de ovocitos. Por lo que el patrón en el periodo de reproducción que presenta la especie en estudio es semejante con el de otras especies del mismo género ya que responden a condiciones ecológicas propicias para el buen desarrollo de los ovocitos (luz, temperatura, oxígeno) y de los juveniles (alimento)

## **LONGITUD MEDIA DE MADUREZ GONÁDICA**

La longitud media de madurez gonádica de las hembras fue de 5.4 cm de longitud patrón. Navarrete (1981) encontró una talla mínima de madurez de 3.6 cm en la presa Taxhimay Edo. de México; Cházaro (1989), la reportó de 3.87 y Hernández (1993) en el embalse Macua, Edo. de México, de 2.84 cm en hembras y de 3.0 cm en machos. Por lo tanto, en este estudio, la talla mínima de madurez es mayor que en los otros cuerpos de agua.

Estudios referentes a diferentes especies dentro del género *Chirostoma* en otros cuerpos de agua, como los realizados por Solórzano (1961) en *C. bartoni*, señaló el intervalo de talla de primera madurez para hembras de 75 a 79 mm y para machos de 65 a 69 mm. Aguilar (1993), en Tiacaque Edo. de México, para *C. humboltianum*, la reportó de 57.15 mm

## **FECUNDIDAD**

Con respecto a la fecundidad de la población, se observó una tendencia al aumento en el número de ovocitos respecto a la longitud y al peso; el número mínimo fue de 102 y el máximo de 952. Sin embargo, la regresión del número de ovocitos con la longitud patrón y el peso presentó un coeficiente de correlación bajo, por lo tanto las ecuaciones de fecundidad relacionadas con estas variables no representan necesariamente el comportamiento de la fecundidad de la población. La fecundidad media resultó de 324. Navarrete (1981) reportó entre 745 y 1870 ovocitos para esta especie. Cházaro (1989) reportó 658 células reproductoras. Hernández (1993) reportó de 564 a 1102 con un promedio de 850.

Por lo anterior la población en estudio en éste cuerpo de agua presentó la menor fecundidad. Wootton (1984) mencionan que las tácticas reproductivas de las especies pueden ser: la madurez temprana, el incremento en el número de huevecillos ó hembras mayores con huevos más grandes. Tal vez la estrategia que esta llevando a cabo la población en este cuerpo de agua es la de que las



hembras son de tallas mayores con ovocitos mayores también; aunque en menor número; sin embargo, por no contar con datos comparativos del tamaño de los ovocitos no se puede afirmar lo anterior.

Un aspecto que sería importante abordar es la fertilidad de los huevos, ésta podría ser alta, ya que Health (1995) y Kraus *et al.* (2000) señalan que en general hay una relación directa entre la fecundidad, la fertilidad y la abundancia de alimento.

También podría ser que la fecundidad presente variaciones anuales de acuerdo a las condiciones ambientales como la temperatura que explica las diferencias de fecundidad entre los años tal como lo reportaron Kraus *et al.* (2000) en sus estudios de fecundidad temporal y espacial del bacalao del Báltico, quienes reportaron que la talla y la temperatura del agua son factores identificados en la influencia de la fecundidad media relativa que explican la variación entre los años.

## **ÍNDICE GONADOSOMÁTICO, ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO Y FACTOR DE CONDICIÓN DE FULTÓN**

Se observó que el índice gonadosomático (IGS) esta directamente relacionado con el periodo de reproducción que presenta la población en estudio de acuerdo a los estadios de madurez gonadal, una situación semejante se encontró con la variación del índice hepatosomático (IHS).

Lo anterior ha sido reportado por Peralta (1991) quien menciona que el IGS y el IHS se pueden emplear para el análisis de la madurez sexual los cuales en conjunto proporcionan un diagnóstico más preciso del ciclo gonádico.

Fisiológicamente lo que sucede es que durante el proceso reproductivo el hígado provee la vitelogenina (provocando un incremento del IHS) la cual es modificada y depositada como vitelo en el ovocito (como consecuencia se incrementa el IGS) (Health, 1995; Evans, 1993), lo que explica el porqué estos índices se

incrementan durante el periodo de reproducción, disminuyen en el periodo de desove y una vez concluido el proceso reproductivo, viene una rápida recuperación del hígado (el cual tiene además otras funciones) y la recuperación del IGS es posterior.

De la misma manera el factor de condición de Fulton mostró relación directa con el periodo de reproducción de la especie (mayor en mayo) y disminuyó después del desove. En febrero y marzo se incrementó nuevamente antes del inicio del periodo de reproducción, lo cual refleja que el aumento en peso de las gónadas se reflejó en el factor de condición de la población. Después del desove, el factor de condición disminuye debido a la pérdida de peso por la expulsión de los gametos y al desgaste energético que implica todo el proceso reproductivo.

Lo anterior coincide con las investigaciones de Weatherley y Gill (1987) quienes concluyeron que los cambios de condición durante el crecimiento pueden ser producidos por alteraciones en las proporciones del cuerpo, tasas de cambio en los depósitos de grasa y tamaño de las gónadas.

Estudios realizados en esta especie en otros cuerpos de agua que corroboran lo anterior, son el de Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en el cual el factor de condición fue mayor en mayo y disminuyó conforme avanzaba el desove; así mismo, lo relacionaron con las estaciones anuales (temperatura y disponibilidad de alimento), percibiendo su incremento en invierno-primavera y su disminución en verano-otoño.

Hernández (1993) en *C. jordani* reportó un factor de condición mayor en las hembras durante el inicio del desove, disminuyendo a finales de la época de reproducción, para recuperarse los meses siguientes.

Rodríguez (1989) también estimó en el charal del lago de Chapala, Jal. un mayor factor de condición para machos (0.701) que para las hembras (0.670).

Asimismo, Aguilar (1993) en sus estudios sobre *C. humboltianum* reportó un mayor factor de condición en la época de reproducción (primavera) y el mínimo en invierno.

Por lo tanto, el comportamiento encontrado en esta especie con respecto al factor de condición está íntimamente ligado al ciclo de reproducción y de reposo reproductivo de la población.

## **DETERMINACIÓN DE LA EDAD**

### **MÉTODO INDIRECTO**

Respecto a los estudios de crecimiento, la distribución de frecuencias de longitud patrón para el total de organismos y por sexos, no mostró grupos modales progresivos que indicaran posibles clases de edad, probablemente atribuible a la selectividad del arte de pesca utilizado, el cual captura una amplitud reducida de tallas.

### **MÉTODO DIRECTO**

El método alternativo fue la lectura de escamas. Este método se realizó y resultó accesible con la ayuda de un microproyector que cuenta con micrómetro digital integrado, lo que elimina errores de apreciación y permite exactitud durante las mediciones. Asimismo, permitió realizar las lecturas de las escamas en un tiempo menor que con otro tipo de métodos y aparatos y también realizar las lecturas y mediciones varias veces de manera rápida.

Los dos mínimos del índice de incremento marginal encontrados en diciembre y en junio coinciden con el periodo invernal y con el término del proceso de reproducción respectivamente, por lo que se infiere que los anillos pudieran corresponder a periodos de baja intensidad de alimentación (invierno) y periodos de alto desgaste energético (concluido el desove) por lo tanto probablemente se formen dos anillos anuales lo que significaría que la población en estudio tiene un periodo de vida de 3 años.

La alta correlación encontrada entre la longitud patrón y el radio de la escama, junto con índice de incremento marginal, pueden indicar una correspondencia entre las variables estudiadas, con el incremento en talla del organismo, lo cual refleja la utilidad del uso de las escamas en las estimaciones de edad de la población en estudio.

Para el total de los organismos se detectaron 6 grupos de edad, cinco grupos de edad en hembras y seis en machos. El gráfico de diagrama de cajas de la longitud patrón que representa a cada edad mostró una tasa de crecimiento mayor para edades menores (1 a 4) y menor para edades mayores (5 y 6) las cuales se vuelven prácticamente asintóticas respecto al eje x.

Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en sus estudios realizados en esta especie por el método de frecuencia de tallas, encontraron superposición de tallas. Las clases de tallas menores (correspondientes a juveniles) no estaban representadas. Por medio del método de lectura de escamas encontraron cuatro grupos de edad. Observaron la aparición de los anillos de las escamas posteriormente al desove, los cuales los relacionaron al proceso de reproducción.

Cházaro (1989) a través del análisis de distribución de frecuencias en *C. jordani* encontró 5 clases de edad.

Aguilar (1993) en *C. humboldtianum* por el método estadístico de Cassie y por el método de Battacharya (1976) estableció cuatro clases de edad para cada una de las épocas del año. Mediante el método de lectura de escamas reconoció cuatro grupos de edad. Al aplicar la prueba de comparación de las pendientes obtenidas por los diferentes métodos, no obtuvo diferencia significativa entre las mismas, concluyendo que cualquiera de estos métodos arrojan resultados confiables.

Al comparar el índice de catabolismo (k) encontrado en este trabajo (0.5645 población total, hembras 0.4896 y machos 0.5032), con el reportado por estudios anteriores encontramos que: Navarrete (1981) en la presa Taxhimay, estimó un índice de catabolismo de 0.36; Gómez y Ramírez de Arellano (1982) para el mismo cuerpo de agua estimaron una k de 0.46; Cházaro (1989) en el embalse Trinidad Fabela, Edo de México, reportó un índice de catabolismo de 0.247; como podemos observar existen diferencias en éste índice en los diversos cuerpos de agua, el estimado aquí obtenido es semejante al de Gómez y Ramírez de Arellano (1982).

Entre los k que se han reportado, para especies que pertenecen al mismo género tenemos los de Gallardo (1977) en el lago de Chapala, Jal.; en que para *C. chapalae* encontró valores de k de 0.278; Rodríguez (1989) en el lago de Chapala, Jal. colculó una k de 0.2989 en hembras y de 0.3449 en machos de charal y Aguilar (1993) en Tiacaque Edo. de México en *C. humboldianum* calculó una k por época del año de primavera a invierno de 0.077, 0.33, 0.2032 y 0.2869, respectivamente.

Dentro de los estudios con que contamos, el índice de catabolismo obtenido en este trabajo, resultó alto respecto a los estudios en otros cuerpos de agua y a otras especies dentro del mismo género. Es semejante al reportado por Gómez y Ramírez de Arellano (1982) en charal en la presa Taxhimay.

De la revisión bibliográfica se desprende que existe una diferencia en el índice de catabolismo que presenta variación estacional, variación en los diversos cuerpos de agua y sus condiciones ambientales, así como con la edad de los organismos, tenemos que los organismos pequeños presentaron k más altos en comparación con los organismos mayores.

Una consecuencia del ligeramente menor índice de catabolismo en las hembras, respecto a los machos, pudiera explicar la fecundidad obtenida que

comparativamente con otros cuerpos de agua fue menor, Weatherley y Gill (1987) señalaron que la reducción en el índice catabólico de las hembras puede reducir la fecundidad total y el número de crías de la población.

La  $L_{\infty}$  de 71.21 mm, 81.36 mm y 72.81 mm para el total de sexos, hembras y machos respectivamente obtenida para la población en este cuerpo de agua es próxima a la reportada por De Buen (1945), Barbour (1973a) y Navarrete (1981).

Varios autores han reportado  $L_{\infty}$  para *C. jordani* en diversos cuerpos de agua, sin realizar la separación por sexos. De Buen (1945) reportó la longitud máxima entre 60.0 mm y 70.0 mm. Soto (1953) de 30.8 mm a 40.5mm. Barbour (1973a) de 70 mm, Navarrete (1981) obtuvo 65.7 mm, Gómez y Ramírez de Arellano (1982) de 63.77 mm y Cházaro (1989) de 12.70 cm.

Dentro de los resultados de la longitud infinita encontrada para otras especies tenemos por ejemplo los de Gallardo (1977) en el lago de Chapala, Jal. para *C. chapalae*, de 148 mm. Rodríguez (1989) en sus estudios de charal en el mismo lago estimó una  $L_{\infty}$  de 154 mm y 147.4 mm para hembras y machos respectivamente. Aguilar (1993) en *C. humboldtianum* en Tiacaque, Edo. de México, fue de 200 mm a 250 mm.

El análisis multivariado de  $T^2$  de Hotelling para conocer si no existía diferencia entre los estimados de los parámetros de la ecuación de crecimiento ( $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$ ) entre los sexos y que parámetro determina la diferencia, mostró que el crecimiento por sexo es diferente y que el parámetro que determina esta diferencia estadística es la  $L_{\infty}$ , lo cual significa que el crecimiento en longitud es el que más influye en el desarrollo de las hembras. Bernard (1981) señala que después de la madurez sexual, las diferencias en la fisiología reproductiva y el comportamiento provocan las diferencias sexuales en el crecimiento y es cuando tiene más influencia al  $L_{\infty}$ ;  $k$  influye más en peces jóvenes.

Al comparar el valor de  $\Phi$  obtenido de los parámetros de  $L_{\infty}$  y  $k$  para el total de sexos, hembras y machos con otras investigaciones realizadas en la misma especie y con otras especies dentro del mismo género en cuerpos de agua diferentes por autores diferentes, se encontró que el valor de  $\Phi$  obtenido para la misma especie es cercano, así se trate de estudios de diferentes cuerpos de agua, no así para especies de mayor tamaño como son *C. chapalae* y *C. humboldtianum* en que el valor de  $\Phi$  también es mayor. Por lo tanto los estimados de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy pueden considerarse consistentes con respecto a los encontrados en otras especies.

La variación entre los parámetros de la ecuación de crecimiento puede atribuirse a las diversas respuestas de los organismos a condiciones ambientales diferentes (temperatura, densidad, disponibilidad de alimento, predadores) prevalecientes en los distintos cuerpos de agua donde se han realizado los estudios y a las variaciones ambientales de un año a otro.

Stergiou *et al.* (1992) encontraron diferencias significativas entre regiones y entre los sexos en sus estudios de retrocálculo de la longitud y edad de *Cepola macrophthalmia* en el mar Egeo en Grecia, los machos fueron mayores que las hembras antes de los dos años, la edad máxima de los peces del norte fue mayor que la de los del sur (ocho y cinco años respectivamente), sugirieron que las variaciones representan respuestas a las diferentes condiciones (temperatura y alimento) prevalecientes en las dos regiones estudiadas. Proponen que las variaciones en los parámetros poblacionales del pez banda roja representan respuestas epigenéticas a las diferentes condiciones (alimento y temperatura) que prevalecen en las dos regiones.

El valor de  $P_{\infty}$  para el total de los organismos fue de 4.56 g para la población total, de 7.08 g para las hembras y de 4.97 g en los machos. Gómez y Ramírez de Arellano (1982) obtuvieron una  $P_{\infty}$  de 3.237 g en sus estudios realizados en esta especie en la Presa Taxhimay, Edo. de México; Cházaro (1989) reportó un peso

máximo de 34.94 g para la población de *C jordani* del embalse Trinidad Favela, Edo. de México.

Otros estudios dentro del mismo género son los realizados por Rodríguez (1989) en el lago de Chapala en sus estudios de charal (incluye varias especies) obtuvo un peso infinito de 25.6 g en hembras y de 22.1 g en machos.

Por lo tanto las estimaciones obtenidas son cercanas a las encontradas por Gómez y Ramírez de Arellano (1982).

La longitud y peso infinitos alcanzadas por los organismos en este cuerpo de agua, se encuentran dentro de los rangos reportados en otros estudios, lo cual podría indicar condiciones adecuadas para su crecimiento tanto en talla como en peso, aún cuando el sistema recibe aguas tratadas que podrían afectar su desarrollo. Probablemente el índice catabólico obtenido, relativamente alto sea el resultado de la baja calidad del agua por las aguas tratadas que recibe de las dos plantas de tratamiento que alimentan el sistema y que no siempre procesan a nivel secundario las aguas negras que reciben del D. F. y esto genere estrés en los organismos el cual podría repercutir en la baja fecundidad de la población. Health (1995) señala que los contaminantes producen estrés y este frecuentemente reduce o suspende la alimentación.

## **MORTALIDAD Y SOBREVIVENCIA**

De acuerdo al índice de mortalidad la especie presenta una mortalidad anual (A) de 57 %, la mortalidad total (Z) fue de 86 %, la sobrevivencia (S) fue de 42 %, la mortalidad natural (M) de 0.29 y la mortalidad por pesca (F) de 0.57. La mortalidad por pesca es mayor que la mortalidad natural lo que indica que la especie esta explotada, con el arte de pesca empleado.

Navarrete (1981) en la presa Taxhimay estimó una Z en *C. jordani* de 1.45 y una sobrevivencia de 23 %. Cházaro (1989) en el embalse Trinidad Fabela, determinó



la Z por estación del año y encontró el menor valor en primavera (1.132) y el mayor en invierno (2.269) y una S de 32.2 %.

Los resultados de los estudios de la mortalidad total (Z) y sobrevivencia (S) obtenidos por Rodríguez (1989) en charal en el lago de Chapala por sexos fueron en hembras de 42.9 % y en machos de 51.4 % en hembras y de 57.1 % y 48.6 % para los machos, respectivamente.

Por lo que la población en estudio presentó una Z mayor que en otros cuerpos de agua y una S menor, probablemente por el arte de pesca utilizado ya que la luz de malla es pequeña y esta capturando organismos pequeños.

### **TASA DE EXPLOTACIÓN Y SELECTIVIDAD DEL ARTE DE PESCA**

Gulland y Holt (1971) sugirieron que un stock que esta óptimamente explotado, la mortalidad por pesca puede ser aproximadamente igual a la mortalidad natural, lo cual correspondería a un valor de 0.5. Pauly (1984), realizó una disertación acerca de la tasa de explotación y propone que para peces pequeños con elevado reclutamiento y altas mortalidades, la explotación óptima será aproximadamente igual a 0.2. La tasa de explotación obtenida aquí fue de 0.66, lo que es también indicativo que la especie esta sobreexplotada con el arte de pesca utilizado.

La talla promedio de retención al 50% fue de 5.4 cm y dado que la longitud media de madurez gonadal fue de 5.4 cm, se infiere que este arte de pesca no permite que los organismos realicen por lo menos un evento reproductivo antes de ser capturados, con lo cual el reclutamiento de la población disminuye y como consecuencia la población también.

## RELACIÓN DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO, ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO Y FACTOR DE CONDICIÓN CON LA TEMPERATURA

En la literatura encontramos múltiples trabajos que mencionan que la temperatura es el parámetro que controla muchas de las actividades de los organismos como el proceso reproductivo: Evans (1993) observó que el periodo reproductivo coincide con el incremento estacional de la temperatura y lo consideró el principal regulador ambiental de los relojes biológicos; Wootton (1984) coincide con Wetzel (1984) al concluir que la temperatura y la luz son los principales controladores exógenos que desencadenan el desarrollo sexual; Lagler *et al.* (1984) y Rosas (1970) observaron que el incremento de la temperatura acelera los procesos vitales y en especial que disminuye el tiempo de incubación de los huevos; Nikolsky (1969) observó que el incremento de la temperatura aumenta la frecuencia respiratoria y el consumo de oxígeno es mayor y Health (1995), Peralta (1991) y Bagenal y Tech (1970) argumentan que el fotoperiodo y la temperatura controlan el inicio de la maduración de los gametos y el desove; por lo anterior se graficó el factor de condición de Fulton, el IGS y el IHS contra la temperatura.

Gráficamente se observó que al aumento de la temperatura se incrementó el factor de condición de Fulton, el IGS y el IHS (primavera), lo cual puede indicar su influencia con el desarrollo gonádico y por lo tanto con el periodo reproductivo en que las gónadas están bastante desarrolladas. Con la disminución paulatina de la temperatura, en el otoño y en el invierno, disminuye notablemente el factor de condición y los índices gonadosomático y hepatosomático (reposo reproductivo); con el incremento de la temperatura se inicia la recuperación de los factores e índices biológicos mencionados.

Asimismo, hay que señalar que con el incremento de la temperatura sobreviene lo que se conoce como auge primaveral (Aguayo, 1993; Ensastigue *et al.*, 1995; Schoworbel, 1975), la productividad primaria conlleva disponibilidad de alimento lo cual da las condiciones propicias para el buen desarrollo de las nuevas

generaciones, que como menciona Pianka (1982), respecto a las variaciones ambientales de cada sistema una de las más importantes es la disponibilidad de alimento que permite emplear parte de la energía obtenida de éste para la formación de células reproductoras que aseguren la permanencia de las poblaciones.

## **SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESPECIE.**

En general los cuerpos de agua continentales han sido manipulados por el hombre para satisfacer las necesidades primarias y de recreo de la población. Así las especies acuáticas y en especial los peces nativos como los del Género *Chiostoma* se han visto afectados no solo en su distribución sino que se han llevado a algunas especies a la extinción como es el caso de *C. humboldtinum* en el relicto de Xochimilco (Álvarez del Villar y Navarro, 1957). Las presiones ecológicas a las que están sometidas las poblaciones de peces y en especial *C. jordani* en lo que queda del lago de Xochimilco son:

La reducción gradual del nivel de agua del relicto, por la deforestación de las zonas aledañas al lago, desde la época de la Colonia, ha reducido las áreas de filtración que alimentaban los mantos freáticos.

La extracción de agua del manto freático así como de los canales directamente, para cubrir las necesidades de agua potable de la población del D. F. ha sido factor importante para disminuir el nivel del sistema.

La alteración de la calidad del agua por la descarga de aguas negras de la población aledaña al cuerpo de agua, así como por los escurrimientos provenientes de las chinampas en épocas de lluvia.

El sistema acuático también recibe aportes de aguas contaminadas por las pequeñas industrias y talleres de hojalatería y pintura de carros, herrería y carpintería los cuales drenan directamente sus desechos a los canales ocasionando la acumulación de algunos metales pesados.

La introducción de especies sin estudios integrales previos, que compiten por alimento, por áreas de puesta o que son depredadoras como la carpa japonesa o dorada y la carpa común o de Israel (*Carassius auratus* y *Cyprinus carpio* respectivamente) nativas del norte de Asia, establecen relaciones a veces no deseadas con las especies nativas a las cuales las reducen prácticamente a la extinción debido a que en su etapa juvenil se alimentan de larvas de peces.

La explotación de los recursos sin que exista seguimiento de las capturas ni estudios poblacionales de las especies explotadas.

Todos los anteriores son factores que pueden influir en la disminución o extinción de las especies como ha ocurrido con *C. humboldtianum* el cual fue reportado por última vez por en este cuerpo de agua en 1957, otros ejemplos son *C. charari*, *C. grandocule compressum* y posiblemente *C. patzcuaro* (Espinoza-Pérez *et al.*, 1993, Lyons *et al.*, 1998, Soto-Galera *et al.*, 1991 y 1998 y Paulo, 2000).

## CONCLUSIONES

Xochimilco es un cuerpo de agua poco profundo (no más de 2m), lo cual permite una homogeneidad de algunos de los parámetros físicos y químicos como la alcalinidad atribuido al frecuente tránsito de las trajineras y a las lanchas con motor fuera de borda, lo cual permite una mezcla constante en la columna de agua.

El OD presentó promedios de saturación de oxígeno en todas las épocas del año, por lo cual no es limitante para la vida acuática (14 mg/l en superficie y 3mg/l en el fondo).

El pH es básico (entre los 7.5 y 8.5) debido probablemente a las altas concentraciones de carbonatos los cuales son producto del deslave de los suelos que rodean a los canales de Xochimilco que son de naturaleza palustre con alto contenido de materia orgánica y tienden a volverse salino-sódicos. La alcalinidad total esta dada por carbonatos principalmente.

La especie del género *Chirostoma* que se encuentra en este cuerpo de agua es *Chirostoma jordani* Woolman (1894).

La proporción de hembras resultó mayor que la de machos (1.7:1).

Las hembras presentaron mayor talla que los machos (5.36 cm y 5.03 cm respectivamente).

La relación peso - longitud mostró una relación potencial con tipo de crecimiento alométrico positivo en hembras y negativo para los machos.

La población presenta un periodo máximo de reproducción de marzo a mayo.

La longitud media de madurez gonádica en las hembras fue de 5.4 cm de longitud patrón.

La fecundidad media en este cuerpo de agua es de 324 ovocitos.

Se forman dos anillos anuales, uno en verano y otro en invierno. La edad máxima registrada fue de tres años.

La  $L_{\infty}$  obtenida para el total de los organismos indica que la población esta bien desarrollada (71.21 mm). La  $L_{\infty}$  es mayor en hembras (81.36 mm) que en machos (72.81 mm).

El valor de  $P_{\infty}$  para el total de los organismos (4.56 g) fue mayor que en algunos otros cuerpos de agua por lo que se considera que la población en estudio encuentra el ambiente propicio para su desarrollo. La  $P_{\infty}$  para las hembras fue mayor para las hembras (7.08 g) con respecto a los machos (4.97).

De acuerdo al índice de mortalidad la especie presenta el 84% de mortalidad anual, el 0.63 de mortalidad natural (M) y 16% de sobrevivencia (S). La mortalidad por pesca fue mayor ( $F = 1.16$ ) que la mortalidad natural ( $M = 0.63$ ) lo que indica que la especie se encuentra sobreexplotada.

La talla promedio de retención al 50% fue de 5.4 cm por lo que este hecho no da oportunidad para que los organismos realicen el proceso reproductivo (longitud media de madurez sexual 5.4 cm).

## **RECOMENDACIONES**

Es necesario un Programa Nacional de Rescate de los Cuerpos de Agua Continentales, que atienda el aspecto hidráulico y aborde la problemática de la contaminación química y biológica, ya que para el buen desarrollo de las poblaciones ícticas se requieren condiciones físicas y químicas mínimas, así como características sanitarias de calidad que además de ayudar al buen desarrollo del recurso pesquero lo preserve para las generaciones futuras y sea de buena calidad para el consumo humano.

Es urgente un Programa Nacional de Manejo y Ordenamiento de Recursos Pesqueros en Aguas Continentales Mexicanas, que incluya además de los estudios relacionados con el proceso de extracción de las especies objetivo, estudios ecológicos de las especies nativas y también el impacto de la introducción de especies exóticas o alóctonas.

## LITERATURA CITADA

Aguayo, S. M. A. 1993. Aspectos microbiológicos y de calidad del agua de cuatro canales de Xochimilco. Primer Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A.C. pp: 503-509.

Aguilar, P. J. F. 1993. Crecimiento, Supervivencia y reproducción del charal *Chirostoma humboldtianum* en el Embalse San Felipe Tiacaque, Edo de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. 37 p.

Aguirre, J. M. L. y J. E. Takaki. 1993. Estudio Edafológico detallado del Parque Natural de Xochimilco. Primer Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A. C. pp: 174-183.

Alatorre, G. 1978. Evolución histórica del lago de Xochimilco. Algunos Aspectos Hidráulicos. Memorias del GEA. México. 1: 49-76.

Alcocer, J. and E. Escobar. 1992. The aquatic Biota of the Now Extinct Lacustrine Complex of the Mexico Basin. Freshwater Biological Association Ambleside. Freshwater Forum. 2(3): 171-183.

Alcocer, J., M. L. Flores, E. Kato, A. Lugo y E. Escobar. 1993. La ictiofauna remanente del Valle de México. Actas del VI Congreso Español de Limnología. Granada, España. pp: 315-321.

Alfaro, S. G. y C. F. Orozco. 1980. Estudio Edafológico del Ejido de Xochimilco (Ciénega Grande). Tesis. Licenciatura. UNAM: México. 104 p.

Alfaro, S. G. 1993. Características edafológicas de los suelos de Xochimilco. Primer Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A. C. pp: 165-183.

Alvarez del Villar, J. 1970. Peces Mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigación Biológica Pesquera. Serie de Inv. Pesq. 1(1): 120-125.

Álvarez del Villar, J. y L. Navarro. 1957. Los Peces del Valle de México. Div. Gral. de Pesca e Ind. Conexas. Secretaría de Marina. México. 62 p.

A.P.H.A. AWWA y WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Am Public Healt Assoc. I.N.C. New York. 405 p.

Arcos, R. R., E. Cabrera, M. Pérez, M. Ruiz y S. Soriano. 1995. Evaluación de la calidad del agua de los canales chinamperos de Xochimilco, posibles alternativas de uso y Tratamiento. Segundo Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A.C. pp: 76-82.



Arredondo, E. 1991. Estudio Comparativo de crecimiento de carpa barrigona (*Cyprinus carpio var rubrofuscus*; Cyprinidae), mediante un cultivo intensivo en jaulas flotantes con diferentes densidades, en la zona lacustre de Xochimilco, D. F. Informe de Servicio Social. Biología. UAM-Xochimilco.

Ávila, R. B. E. 2000. Composición actual de la ictiofauna del lago de Xochimilco. Tesis. Tesis Licenciatura. E.N.E.P. Iztacala. U.N.A.M. México. 73 p.

Baez, P. A. y R. Belmont. 1971. Algunos aspectos del deterioro del agua en los canales del Lago de Xochimilco. Comité Nacional para el Decenio Hidrológico Internacional. Inst. de Geología. U.N.A.M. México. 14 p.

Baez, P. A., R. Belmont y O. González. 1975. Modificación de la Calidad de las Aguas del Lago de Xochimilco por el uso de las aguas negras en su recarga. Primer Congreso Iberoamericano del Medio Ambiente. Madrid, España. pp: 1055-1069.

Bagenal, T.B. and F. W. Tesch. 1978. Age and Growth. Methods for Assessment of fish production in fresh waters. Blackwell Scientific Pub. Oxford. pp: 101-136.

Balanzario, Z. J. 1982. Contaminación de los canales de Xochimilco y su repercusión en las actividades económicas. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. México. TCXXX. pp: 247-284.

Barbour, C. D. 1973a. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma*, Swainson. Tulane Studies in Zoology and Botany 19 (3): 97-141 pp.

\_\_\_\_\_, 1973b. A Biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae). A species flock from the mexican plateau. Copeia. 3: pp: 533-566 pp.

Barbour, C. D. and B. Chernoff. 1984. Comparative Morphology and Morphometrics of the Pescados Blancos (Genus *Chirostoma*) from Lake Chapala, México. Evolution of Fish Species Flocks. University of Maine at Orono Press. Orono. Maine. pp: 111-127.

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

Bhattacharya, C. 1976. A simple method of resolution into gaussian components. Biometrics, 23:115-135 pp.

Bojórquez, C. L. 1987. Información Preliminar sobre la Ecología de Xochimilco. U.A.M. Xochimilco. México. (inédito).

-----, 1994. Calidad del agua de los Canales de Xochimilco en relación con el PREX. Informe Técnico. U.A.M.-Xochimilco. México. 417 p.

Burali, B. A. 1989. Estudio comparativo de la abundancia y algunas Características Morfológicas de *Poecilia reticulata* y *Girardinichthys viviparus* en los Canales de Xochimilco, México. Informe final de Servicio Social. U.A.M. Unidad Xochimilco. 101 p.

Canabal, C.B. 1991. Rescate de Xochimilco. U.N.A.M. Unidad Xochimilco. México. 105 p.

Cházaro, O. S. 1989. Estudio sobre algunos aspectos de la Biología del charal *Chirostoma jordani* en el embalse Trinidad Favela, Edo de México. Tesis de Licenciatura. E. N. E. P. Iztacala. U. N. A. M. México. 78 p.

Comisión Nacional del Agua. 1988. Plan Hidráulico Xochimilco. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. México.

Cortés, G. M. Jasso, A. Rodríguez, J. Téllez, G. Tulloch y M. Sotelo. 1990. Estudio Bacteriológico del agua de los canales de Xochimilco, Tlahuac y Chalco. Inv. Modular. Procesos Celulares Fundamentales. Tronco Divisional. U.A.M. Unidad Xochimilco (inédito).

Daniel, W. W. 1979. Bioestadística. Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Limusa. México. pp: 193-396.

De Buen, F. 1945. Investigaciones sobre Ictiología Mexicana. An. Inst. Biol. UNAM. México. XIV: 475-532.

D.D.F. 1995. Dirección General de Construcción Hidráulica. Reporte interno. Ciudad de México.

Diario Oficial de la Federación. 1989. Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua. 13 de diciembre. México. D. F. pp: 7-23.

Dyer, B. S. and B. Chernoff. 1996. Phylogenetic relationships among atheriniform fishes (Teleostei: Atherinomorpha) Zoological Journal of the Linnean Society. 117:1-69 pp.

Ensastigue, L. J., G. Alvizo y Ma. L. Aguirre. 1995. La calidad de agua del parque Ecológico de Xochimilco (P.E.X.), un estudio de la Variación estacional (1994-1995). Segundo Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A.C. pp: 116-122.

Espina, S., J. Latournerie, A. Sánchez y M. E. Vega. 1988. Determinación de los elementos del balance Energético en el pescado blanco adulto, *Chirostoma estor* J. (Pisces: Atherinidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México. 15(1): 185-194.

Espinoza-Pérez, H., M. T. Gaspar P. y P. Fuentes M. 1993. Listados faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología. UNAM, México. 97 p.

Evans, H.D. 1993. The Physiology of fishes. CRC Press Boca Raton Ann Arbor London. pp: 503-527.

F. A. O. 1982. Métodos de Recolección y Análisis de Datos de talla y edad para la Evaluación de Poblaciones de Peces. Circulares de Pesca. Roma. 736:35-90.

FIDEFA. 1976. Observaciones preliminares en acuarios sobre incubación y alevinaje de aterínidos (*Chirostoma spp.*) del lago de Pátzcuaro Mich. 11 p.

Gallardo, C.M. 1977. Contribución al estudio de charal de Chapala, Jal. *Chirostoma chapalae*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 89 p.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México. 77 p.

Gaviño, G., J. C. Juárez y H.H. Figueroa. 1975. Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y de Campo. Limusa. México. pp: 220-221.

Goldman. Ch. R. and L.J. Horne. 1983. Limnology. Mc. Graw-Hill. New York. 19-43 pp.

Gómez, M. J. L. y D. Ramírez de Arellano. 1982. Contribución al Conocimiento de la Biología del charal *Chirostoma jordani* en la presa Taxhimay, Estado de México. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P. Zaragoza. U.N.A.M. México. 48 p.

Gulland, J. A. and S. J. Holt. 1971. Estimation of growth parameters for data of unequal time intervals. J. Cons. CIEM. 25(1): 47 p.

Health, G. A. 1995. Water Pollution and Fish Physiology. Department of Biology. Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia. pp: 125-139 y 299-317.

Hernández, O. F. 1993. Evaluación de algunos aspectos de Alimentación y Reproducción del Charal *Chirostoma jordani* (Woolman) en el embalse Macua, Edo. de México. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P. Iztacala. México. 37 p.

Hutchinson, G.E. 1975. A Treatise on Limnology. John Willey and Sons. New York. pp: 572-726.

INEGI. 2000. Xochimilco, D.F. Cuaderno Estadístico Delegacional. México, D.F. pp: 3-15.

Islas, Y. J., F. Arana y R. Pérez. 1995. Estudio preliminar sobre la reproducción en cautiverio de *Chirostoma jordani* Woolman (Pisces: Atherinidae) de la zona lacustre de Xochimilco, D. F. Segundo Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A.C. pp: 342-345.

Jiménez, B. M. de L. 1992. Estimación de los Parámetros Poblacionales de la Pesquería Multiespecífica del género *Chirostoma* como grupo funcional en el lago de Patzcuaro, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Biológica y Pesquera. U.N.A.M. Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. México. 130 p.

Kenneth, D. C. 1987. A History of Scale age and growth Studies of North. Age and Growth of fish. Iowa State University Press / Ames. pp: 3-11.

King. M. 1995. Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Books, Blackwell Science, Ltd. pp: 79-197.

Kraus, G. A. Müller, K. Trella and F. W. Kóster. 2000. Fecundity of Baltic cod: Temporal and spatial variation. Journal of fish Biology. 56: 1327-134.

Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y D. R. M. Passino. 1984. Ictiología. AGT. 489 p.

Laevastu. T. 1965. Manual of Methods in Fisheries Biology. FAO. Manuals in Fisheries Science. Rome. No. 1: 51.

Lara, V. A. 1974. Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del Pescado Blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor* (Jordan 1989). Simposio FAO/Carpas. Sobre Acuicultura en America Latina. Montevideo, Uruguay. 15 p.

Lizárraga, Y. 1981. Composición de tallas, peso, sexo y relaciones biométricas del Pescado Blanco (*Chirostoma estor*) a partir de la captura comercial en el lago de Pátzcuaro Mich. Tesis de Licenciatura. CICIMAR. IPN. México. 31 p.

Luna, R.T. 1989. Determinación de parámetros fisicoquímicos y Bacteriológicos del lago de Xochimilco como posible hábitat de *Cyprinus carpio rubrofusculus*. Reporte final de Servicio Social. U. A. M. Unidad Xochimilco. México.

Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera y M. Guzmán-Arroyo. 1998. Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of wet – central Mexico. Fisheries Management. 23(4): 10-18 pp.

Mooser, F. 1975. Historia Geológica de la Cuenca de México. Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. D. D. F. México. pp: 7-38.

Navarrete, S. N. 1981. Contribución a la Biología del Charal (*Chirostoma jordanii*) de la Presa Taxhimay. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P. Iztacala. U.N.A.M. México. 86 p.

Navarro. L. 1955. Contribución al Conocimiento de la Ictiofauna del Valle de México. Tesis de Biólogo. E.N.C.B. I.P.N. México.

Nikolsky, G.V. 1969. Fish Population Dynamics. as the Biological Background for Rational Exploitation and Management of Fishery Resources. Oliver & Boyd LTD. pp: 32-67.

Paulo, M. J. 2000. Situación actual sobre el conocimiento de la biología del género *Chirostoma* Swaison (Pisces: Atherinopsidae). Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Ejercicio predoctoral. 175 p.

Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stock. FAO. Fish. Tech. Paper. 234: 6-29.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources, Manila, Philippines. pp: 23-77.

Pedraza, G. T. 1995. Comparación Hidrológica de los canales de dos zonas chinamperas de la Región Xochimilco-Tlahuac a través de sus parámetros Físico-químicos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 64 p.

Peralta, C. C. L. 1991. Ciclo gonádico a nivel histológico en hembras de *Chirostoma estor copandaro* (pescado blanco) en el Lago de Pátzcuaro Michoacán. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 116 p.

Pianka, E. R. 1982. Ecología Evolutiva. Omega. España. pp: 119-161.

Quiroz, F. A. y R. Novelo. 1995. Variación Estacional de Algunas características relacionadas con el establecimiento de hidrófitas en los humedales del parque Ecológico Xochimilco. Memoria del Segundo Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. 23-27 de octubre. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco. A.C. pp: 494-499.

Reid, K.G. and D. R. Wood. 1976. Ecology of Inland Waters and Estuaries. 131-223 pp.

Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Service Ottawa. 191: 29-35.

Rodríguez, P. A. E. 1989. Evaluación de las Pesquerías de Tilapia, Carpa, Bagre y Charal en el Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, en el periodo de julio de 1987 a julio de 1988. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 115 p.

Rodríguez, R. A. y C. Granado. 1987. Estudio morfológico del aparato mandibular en cinco especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae). Rev. Biol. Trop. 35(1): 97-106.

Rodríguez, R. A. y C. Granado. 1988. Características del aparato bucal asociadas al régimen alimenticio en cinco especies coexistentes del género *Chirostoma* (Lago de Chapala, México). Revista Chilena de Historia Natural. 61: 35-51.

Rosas, M. M. 1970. Pescado Blanco (*Chirostoma estor*) su fomento y su cultivo en México. Inst. Nal. de Invest. Biol. Pesq. Secretaría de Industria y Comercio. Comisión Nal. Consult. de Pesca. México. 79 p.

Rosas, Y. A. P. Báez y A. Medina. 1975. Efectos de la Contaminación del agua del Lago de Xochimilco sobre la fauna bentónica. Primer Congreso Iberoamericano del Medio Ambiente. Madrid, España. pp: 1071-1085.

Salgado-Ugarte, I. H. 1992. El Análisis Exploratorio de datos Biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. E.N.E.P. Zaragoza. U.N.A.M. México. pp: 27-121.

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

Salgado-Ugarte, I. H., M. A. Pérez-Hernández, J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2003. Multivariate and likelihood tests for fish growth expression comparison. The Stata Journal. Collage Station. (inédito).

Sanders, W. T., J.R. Parsons y R. S. Stanley. 1979. The basin of Mexico, Ecological processes in the evolution of a civilization. Academic Press, N. Y. 561 p.

Schwoerbel, J. 1975. Métodos de Hidrobiología. Hermann Blume. Madrid. España. pp: 95-112.

SEMARNAP. 1995-2000. Anuario Estadístico de Pesca (1995, 1996, 1997, 1998 y 1999). Dirección de Informática y Estadística y Registro Pesquero. México.

SAGARPA. 2001. Anuario Estadístico de Pesca 2001. (versión electrónica). México.

Serra, P. M.C. 1988. Los Recursos Lacustres de la Cuenca de México durante el Formativo. Coordinación General de Estudios de Posgrado. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Colección Posgrado. U.N.A.M. México. 272 p.

Shoesmith, E. 1990. A comparison of methods for estimating mean fecundity. J. Fish. Biol. 36: 73-84.

Solórzano, A. 1961. Contribución al conocimiento de la Biología del charal prieto del Lago de Pátzcuaro (*Chirostoma bartoni* Jordan y Everman, 1986). S.I.C. Dir. Gral. de Pesca. Indust. Conex. México. 70 p.

Soto, G. C. 1953. Peces de la Cuenca del Valle de México. Estudio Zoológico y Etnológico. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 44 p.

Soto-Galera, E., J. Barragán-Severo y E. López López. 1991. Efectos del deterioro ambiental sobre la distribución de la ictiofauna Lermense. Universidad: Ciencia y Tecnología. 1 (4): 61-68.

Soto-Galera, E. E. Díaz-Pardo. 1988. Resultados preliminares del estudio ictiofaunístico del río Turbio-Silao-Guanajuato. Resúmenes del I Congreso Nacional de Ictiología. B. C. S. 16 p.

Sparre, P. and S. C. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part. 1. Manual FAO. Fish. Tech. Paper. 306: 57-218.

Stata Corp. 2001. Stata statistical software: Release 7.0. College Station, TX: Stata Corporation. 148 p.

Stergiou, K. P. Economidis y A. Sinis. 1992. Age, growth and mortality of red bandfish, *Cepola macrophthalma* (L.), in the western Aegean Sea (Greece). Journal of Fish Biology. 40: 395-418.

Summerfelt, C.R. and G. E. Hall. 1987. Age and Growth of fish. Iowa State University Press / Ames. pp: 3-11.

Téllez, P.A. 1983. Contribución al conocimiento de la Biología de los machos del charal *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) Pisces, Atherinidae, del embalse de Huapango, Edo de México. Tesis Licenciatura. E.N.C.B. I.P.N. México. 36 p.

Toledo-Díaz-Rubín, M. P. 1995. Consumo de aterínidos (*Chirostoma spp*) por la lobina negra (*Micropterus salmoides*) en el Lago de Pátzcuaro, Mich., México, en 1986. I.N.P.-SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 11 (Nueva Época): 71-74.

Vallejo, A. C. y N. Aguilera. 1993. Diagnóstico de los índices de Contaminación de Calciatas de suelos de Chinampa y posibilidades de rehabilitación de la zona

lacustre Xochimilco, D.F. Primer Seminario Internacional de Inv. de Xochimilco. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A.C. pp: 294-297.

Weatherley, A. H. and H. S. Gill. 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press. London. pp: 1-21 y 208-242.

Wetzel, G. R. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company. 743 p.

Wootton, R. J. 1984. Introduction: Strategies and Tactics in Fish reproduction. In: Potts, G. W. And Wootton, R. J. (eds). Fish Reproduction: Strategies and tactics. Academic Press INC. London LTD. pp: 1-12.

Yamaguchi, Y. N. Hirayama. A. Koike H. and A. Adam. 1990. Age determination and growth of *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilaeus* in High Dam Lake, Egypt. Nippon Suisan Gakkaishi, 56(3): pp: 447-453.