



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**PROYECTO DE TESIS**

BIÓLOGO

"ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION CIENTÍFICA  
EN ATHERINIDOS DEL GENERO *Chirostoma*"

Alumno: Carlos Manuel Gallegos Beltrán

Generación 1993-1996

No. de cuenta. 9363640-7

E-mail: [carlosg.corsha@hotmail.com.mx](mailto:carlosg.corsha@hotmail.com.mx)

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. Mario Alfredo Fernández Araiza



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.

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo he dedicado:

A mis hijos, **Carlos y Ángel**,

A mi mamá **Lupita**,

A mis hermanos **Penny, Itzel, Omar y Sofia**,

A mi papá **Héctor**

Y especialmente a mí, a **Carlos Manuel**, porque este trabajo representa una muestra de que soy capaz de hacer bien todo lo que me proponga, a pesar de los tiempos y los obstáculos.

Quiero por ultimo dedicarle un espacio aquí a mis compañeros de generación, porque a través de los años que hemos convivido siempre han estado ahí, unas veces muy cerca y otras veces muy lejos, pero siempre pendientes unos de otros, **Ana, Luis, Iván, Alfredo, Mónica, Kena, Alejandra** esto es también para ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

“Muchas gracias por darme la oportunidad de vivir una de las teorías mas elementales de la biología: nacer, crecer, reproducirme, y, eventualmente, morir. Te agradezco infinitamente todas las lecciones aprendidas, gracias por permitirme culminar con éxito la carrera. Gracias por darle a mis padres la bendición de verme nacer, de ayudarme a crecer junto a mis hermanos carnales y junto a mis hermanos de profesión, muchas gracias Dios por estar hoy aquí”

### **A MIS PADRES:**

“Gracias por enseñarme el valor de las metas alcanzadas, el empeño por sacar adelante una vida, una profesión, una familia y unos hijos, espero poder seguir sus pasos y que el final del camino me sorprenda pleno y feliz, gracias por darme la vida y la oportunidad de elegir esta magnifica carrera.”

### **A MIS PROFESORES:**

“Gracias por sus enseñanzas, por guiarme en ese laberinto tan extraño y maravilloso que es la vida en todas sus formas de expresión, desde la mas sencilla hasta la mas compleja, gracias por enseñarme a navegar por el océano del universo, para conocer sus comos y sus porqués, por ayudarme a conocer de la mejor forma posible, el milagro de la vida. “

### **A LA BANDA:**

Mario, Ángel, Agustín, Alfredo, Ivan, Luisillo, Israel, Malinali, Kena, Moni, Ana, Alejandra, Jeannette, Sandra, Nayeli, Gracias por enseñarme a competir y a salir adelante, con su ejemplo y su apoyo he podido sacar esto adelante.

### **A MIS SINODALES:**

Alba, Tere, Mario, Héctor y Omar, Gracias por facilitarme esta última etapa del camino.

<b>INDICE</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
<b>II OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
<b>III METODOLOGIA</b>	<b>6</b>
<b>IV DESARROLLO TEMATICO</b>	<b>7</b>
• <b>CAPITULO 1 CARACTERISTICAS GENERALES</b>	<b>7</b>
• <b>CAPITULO 2 BIOLOGIA</b>	<b>13</b>
• <b>CAPITULO 3 CULTIVO</b>	<b>17</b>
• <b>CAPITULO 4 NUTRICION</b>	<b>22</b>
• <b>CAPITULO 5 GENETICA</b>	<b>27</b>
• <b>CAPITULO 6 ECOLOGIA</b>	<b>33</b>
• <b>CAPITULO 7 SANIDAD</b>	<b>35</b>
<b>V REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>37</b>

## INTRODUCCION

Las familias de peces del orden Atheriniformes, generalmente se caracterizan por tener organismos pequeños y plateados con dos aletas dorsales distintas, en algunos, se presenta un marcado dimorfismo sexual como en el pez arco iris de la familia de los melanotaeniideos de Australia y Nueva Guinea, en los que los machos tienen colores más luminosos y las aletas más largas que las hembras, rasgos que les hacen especies de acuario populares. Este dimorfismo sexual a excepción de algunos peces marinos de aguas profundas, es raro en los grupos más primitivos fuera de la época reproductiva. Los Atherínidos tienen entre 150 y 160 especies, en su mayoría marinas y estuarinas, aunque en los lagos de la meseta mexicana se ha desarrollado una radiación de Atherínidos de agua dulce perteneciente a la familia Atherinopsidae que incluye organismos carnívoros del género *Chirostoma*, que en México se encuentra constituido por 18 especies y 6 subespecies, divididos en dos grupos, el grupo Jordani y el grupo Arge. Al grupo Jordani pertenecen los llamados peces blancos con tallas grandes y al grupo Arge, pertenecen peces pequeños llamados comúnmente charales (Barbour, 1973; Bond, 1979; Helfman, 1997; Moyle, 1988).

En el Lago de Pátzcuaro (Michoacán), la fauna íctica está constituida en la actualidad por una combinación de especies nativas del género *Chirostoma* y algunas otras introducidas que han provocado cambios en el ecosistema y por lo tanto en las pesquerías establecidas. Existe una especie de la familia Cyprinidae, *Algansea lacustris* que recibe el nombre común de "Acumara". Además se encuentran peces de la familia Goodeidae; *Allotoca vivipara*, *Alloophorus robustus*, *Goodea mitpoldi*, *Nierophorus\_diasi*, *Skiffia lermae*. Por lo que se refiere a las especies introducidas, se tiene en primer término un miembro de la familia Centrarchidae que es *Micropterus salmoides*, conocido como "lobina negra" que fue introducida en 1938 con muy buena fe por parte de las autoridades de la época que consideraron podían incrementar la productividad del lago con una especie de gran tamaño, alto potencial productivo y que en la época se consideraba de gran éxito en otros países, especialmente por el interés de los pescadores deportivos, lo cual se consideró una ventaja adicional para promover turísticamente al lago. En esa época, la investigación pesquera del país era prácticamente inexistente y no se previeron las consecuencias de tal acción (García y Pérez, 1996; Lara Vargas, 1974; Pérez y García, 1985).

La crisis ecológica por la que atraviesan estos cuerpos de agua y la sobreexplotación pesquera ponen en serio riesgo de extinción a no pocas de las especies que habitan en ellos (Compean, 2003). En el Lago de Pátzcuaro se realiza una explotación exhaustiva y poco selectiva de la especie, con lo que se capturan peces de todas las tallas pues se confunden durante la pesquería con el charal, lo que ha causado una reducción notable de su población pues la pesca afecta todos los estadios del ciclo biológico (Martínez Palacios *et al.*, 2002). Estudios realizados en la región revelan que el sistema Lerma -Santiago ha sufrido una reducción gradual y en algunos de los casos, han desaparecido cuerpos de agua, como resultado de un proceso de desagüe y desecación de lagos, que ha coincidido con un crecimiento en su degradación y contaminación, teniendo como consecuencia un fuerte impacto en la distribución y abundancia de su ictiofauna (Figuroa-Lucero *et al.*, 2003) Por lo que es importante conocer el estado actual en la investigación científica del género *Chirostoma* que permita establecer políticas de explotación racional del recurso.

## **II. OBJETIVO.**

Conocer el avance en la investigación científica del género *Chirostoma* que se haya generado de 1950 a la fecha con el fin de clasificar y de concentrar la información más relevante acerca de este género de especies endémicas de nuestro país.

## **III. METODOLOGIA.**

Se realizó una revisión bibliográfica de todos los artículos publicados que incluyan como parte central la investigación de alguna especie, o especies, del género *Chirostoma*, utilizando para este fin todas las herramientas de investigación disponibles.

Se clasificó esta información en siete grandes rubros: Características generales, Biología, Cultivo, Nutrición, Genética, Ecología y Sanidad, bajo el siguiente esquema:

## IV. DESARROLLO TEMATICO

### CAPITULO 1 CARACTERISTICAS GENERALES

#### 1.1 Morfología

Debido a la notable diversidad del grupo más grande de peces con espinas y radios (aproximadamente 13500 especies en 251 familias) la coherencia del mismo es reconocida como un tributo a su éxito adaptativo. A pesar de que abundan controversias sobre las relaciones y posición taxonómica entre los diferentes órdenes y las familias, pueden hacerse ciertas generalidades sobre el grupo y las características que lo definen. Dos innovaciones primarias son compartidas por la mayoría de los linajes de Acantopterigios:

1. La movilidad y protuberancia de la mandíbula superior son máximos en este grupo. Esto se logra por el desarrollo de una extensión dorsal de la punta anterior del premaxilar, llamado proceso ascendente. Este resbala a lo largo del cartílago del rostro en el hocico del pez, mientras dispara la mandíbula superior hacia adelante y se extiende hacia abajo. La protusión se ayuda por una conexión semejante entre el maxilar y el premaxilar, el maxilar girado ayuda a empujar al premaxilar hacia delante (Lagler, 1977; Bond, 1979; Moyle, 1988; Helfman, 1997).

2. La dentición faríngea y su acción alcanza su nivel más alto de desarrollo. La función es mejorada por una redistribución de las ataduras de músculos y huesos en el aparato faríngeo. El músculo retractor dorsal se inserta en el tercer arco faringobranquial, y las mandíbulas faríngeas superiores se apoyan principalmente por el segundo y terceros huesos epibranchiales (Lagler, 1977; Bond, 1979; Moyle, 1988; Helfman, 1997).

Los Acantopterigios presentan generalmente escamas ctenoideas (con numerosas excepciones); dos aletas dorsales diferentes, la primera es espinosa y la segunda con radios suaves; las aletas pélvicas localizadas anteriormente, con una espina principal y cinco o menos radios, y las aletas pectorales situadas lateralmente en el cuerpo; y externamente una aleta caudal simétrica apoyada por elementos basales fusionados (Lagler, 1977; Bond, 1979; Moyle, 1988; Helfman, 1997).

Anatómicamente, los Atheriniformes son situados aparte del resto de los acantopterigios porque la protuberancia en la mandíbula de ellos es única. El

premaxilar no se articula directamente con el maxilar. La protusión se lleva a cabo por una unión intermedia entre el premaxilar y el maxilar vía el cartílago del rostro. Los Atheriniformes presentan bocas superiores o terminales típicas de peces que se alimentan en la superficie. La fertilización interior y la viviparidad han evolucionado repetidamente dentro del grupo; muchas de las familias ovíparas tienen filamentos que se destacan del huevo y lo ayudan a fijarse a las plantas y otras estructuras (Bond, 1979; Moyle, 1988; Helfman, 1997).

## 1.2 Ubicación Taxonómica

A continuación se detalla la clasificación actual del género *Chirostoma* de acuerdo al ITIS Standard Report (2006):

**Orden:** Atheriniformes

**Familia:** Atherinopsidae

**Subfamilia:** Menidiinae

**Género:** *Chirostoma* Swainson, 1839.

**Especies:**

*Chirostoma aculeatum* Barbour, 1973

*Chirostoma arge* (Jordan and Snyder, 1899)

*Chirostoma attenuatum* Meek, 1902

*Chirostoma bartoni* Jordan and Evermann, 1896

*Chirostoma chapalae* Jordan and Snyder, 1899

*Chirostoma charari* (de Buen, 1945)

*Chirostoma compressum* de Buen, 1940

*Chirostoma consocium* Jordan and Hubbs, 1919

*Chirostoma copandaro* de Buen, 1945

*Chirostoma estor* Jordan, 1880

*Chirostoma grandocule* (Steindachner, 1894)

*Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes in Cuvier and Valenciennes, 1835)

*Chirostoma jordani* Woolman, 1894 - charal

*Chirostoma labarcae* Meek, 1902

*Chirostoma lucius* Boulenger, 1900

*Chirostoma melanococcus* Álvarez, 1963

*Chirostoma patzcuaro* Meek, 1902

*Chirostoma promelas* Jordan and Snyder, 1899

*Chirostoma reseratum* Álvarez, 1963

*Chirostoma riojai* Solórzano and López, 1966

*Chirostoma sphyraena* Boulenger, 1900

*Chirostoma zirahuen* Meek, 1902

### 1.3 Distribución geográfica.

Todos los miembros del género *Chirostoma* son endémicos del altiplano mexicano, especies totalmente de agua dulce, pero presentan similitudes con algunos atherínidos marinos, al poseer ancestros marinos comunes (Barbour, 1973). En México, el género *Chirostoma* se encuentra distribuido en los estados de Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, en algunos estados de manera natural y en otros debido a la introducción del género (Alvarez y Navarro, 1957; Barbour, 1969; Espinosa *et al.*, 1993).

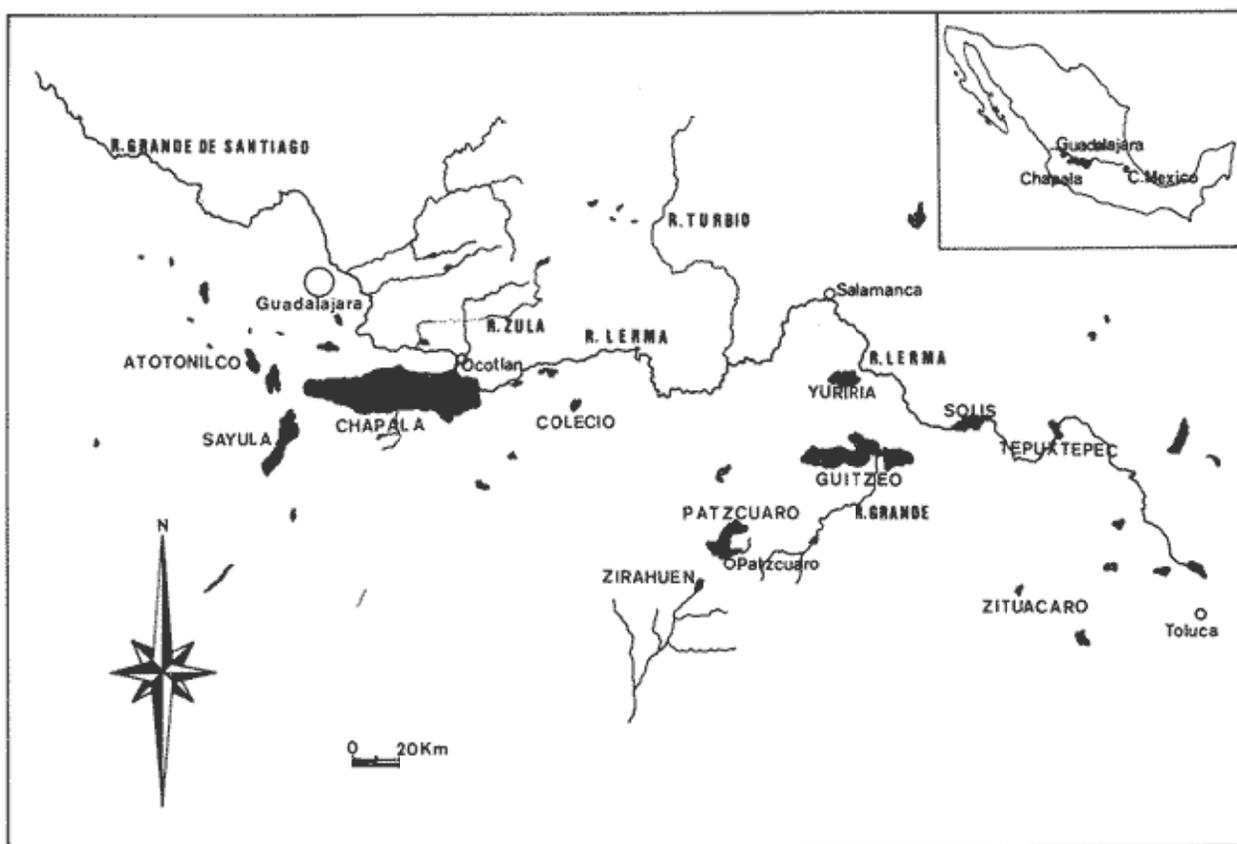


Fig. 1 Distribución geográfica del género *Chirostoma* en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago (Limon y Lind, 1990).

Son tres las especies endémicas del género *Chirostoma* que coexisten en el Lago de Chapala: *Chirostoma sphyraena*, *C. lucius* y *C. promelas* (Moncayo-Estrada *et al.*, 2003). Chapala es el lago de mayor tamaño en México y forma parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, localizándose a 1535 metros sobre el nivel del mar, se trata de un lago tropical con una profundidad media de 4.5 metros (Limón y Lind,

1990) y una superficie promedio de 90 000 ha; el afluente principal que lo alimenta es el río Lerma, el cual nace a 2950 msnm en el Estado de México y su efluente es el río Santiago que va a desembocar en el océano Pacífico en Nayarit (Guzmán-Arroyo, 1995).

En el Lago de Pátzcuaro, entre las especies nativas de importancia pesquera, se cuenta con cuatro especies del género *Chirostoma*, el pescado blanco *Chirostoma estor*, así como *Ch. bartoni*, *Ch. grandocule* y *Ch. patzcuaro*, todos ellos conocidos comúnmente como "charales" (Lara Vargas, 1974).

La región del Lago de Pátzcuaro es una cuenca cerrada, cuyas entradas de agua al vaso lacustre se derivan exclusivamente de la lluvia estacional y de la infiltración, por lo que las variaciones de nivel son continuas. El lago se encuentra circundado por montañas, las cuales determinan una accidentada topografía del terreno con una gran amplitud altitudinal que va desde los 2,035 a los 3,300 msnm. Esto es resultado de su historia geológica, directamente vinculada a la formación del Eje Neovolcánico Transversal, que provocó la aparición de 150 pequeños volcanes. El área total del lago, incluyendo las islas, es de 130 m<sup>2</sup>, con una profundidad media de entre 5 y 8 m y una máxima de entre 12 y 15 m. A medida que el lago pierde profundidad algunas islas se han integrado a tierra firme y otras han ido apareciendo. Posee actualmente 8 islas. La isla de Jarácuaro es la de mayor extensión (SEMARNAT, 2005).

#### **1.4 Importancia económica del género *Chirostoma* en México.**

Los pescados blancos y charales además de formar un complejo conglomerado de especies endémicas, constituyen una parte importante de la cultura y economía de los pueblos situados a lo largo de los ríos y lagos de la cuenca del Lerma-Chapala-Santiago y zonas aledañas ya que son fuente de alimento cotidiano e ingresos económicos por su comercialización. Tanto en el lago de Chapala, Jalisco como en el lago de Pátzcuaro en Michoacán, las especies de pescado blanco representan el recurso pesquero más importante por su alto valor comercial (Compean, 2003; Figueroa Lucero *et al.*, 2003; Rojas, 2003).

En el Lago de Pátzcuaro se desarrolla una pesquería de tipo artesanal, es decir, a una escala de operación limitada, con un gran número de embarcaciones pequeñas, un amplio requerimiento de mano de obra, escasa utilización de capital y técnicas rudimentarias. Son 24 comunidades ribereñas e isleñas que participan de la pesca, organizadas en 29 uniones de pescadores y una sociedad cooperativa de producción pesquera, todas constituídas entre 1980 y 1985. Estos esquemas dieron origen a una

organización de segundo nivel: La Unión Regional de Pescadores del Lago de Pátzcuaro. En 1986 había registrados 1337 pescadores, agrupados, 30 en cooperativas, 1057 en uniones y 25 libres. Para 1991 se estimaba un total aproximado de entre 1,500 y 2,000. No existen cifras aproximadas de a cuanto asciende la población flotante de pescadores. Por otra parte, se observa un incremento en la actividad pesquera por parte de pescadores libres o no registrados, lo que se explica por la crisis ya que la pesca representa una alternativa de sobrevivencia para el grueso de la población ribereña.

En el Lago se utilizan cinco artes de pesca: agalleras (cherémecuas), chinchorros, redes de mariposa (guaromútacua), anzuelos y fisgas. No existen datos precisos sobre productividad del lago, pero se estima que tanto el pescado blanco como la lobina negra han sido sobreexplotados, ya que, aún siendo las más rentables, ha disminuido su captura en los últimos años (Soto *et al.*, 1999; Berlanga *et al.*, 2002; Rojas, 2003).

## CAPITULO 2 BIOLOGIA

### 2.1 Biología reproductiva

Para conocer la morfología de los órganos sexuales del género *Chirostoma* se han desarrollado estudios específicos en morfología testicular de *Chirostoma jordani* con ejemplares pertenecientes a la represa de Corrales, Hidalgo. Los resultados muestran que los testículos maduros son órganos pares de color blanco y forma triangular, el testículo izquierdo puede ser mas grande, cada uno presentó un mesorquio con algunos melanóforos, así como la presencia de tres a cinco lóbulos, cada uno de los testículos tiene un conducto deferente que se fusiona con su compañero y posteriormente desemboca en el poro genital. El proceso de la espermatogénesis inicia en la periferia, donde se encuentran grupos pequeños de espermatogonias esféricas con bordes irregulares, citoplasma ligeramente basófilo y núcleo central con nucléolo evidente, estos grupos celulares se encuentran rodeados por las células de Sertoli, el proceso continua con los espermatocitos primarios, mismos que también se localizan hacia la periferia, son esféricos y presentan un citoplasma ligeramente acidófilo, se observa que el núcleo no presenta nucléolo, siguen, después de concluir la meiosis I, los espermatocitos secundarios, que aparecen con forma ovoide y tienen un núcleo que ocupa casi la totalidad de la célula, se identifica cromatina en grandes grumos y en algunos de estos espermatocitos comienza a notarse la polarización de organélos; Posteriormente siguen las espermátides las cuales ya se ubican en la región más central de la gónada y es frecuente observarla cerca del conducto deferente y sus ramificaciones, su forma es esférica y tienen un núcleo ligeramente excéntrico. Finalmente, la espermiogénesis parece comenzar con la aparición de pequeños gránulos negros en la cromatina, mientras se inicia la formación de una fosa nuclear. Conforme la espermiogénesis avanza, los cromosomas se tornan más electro-densos mientras que las mitocondrias van migrando a un polo de la célula cerca del centriolo, que es el lugar donde se comienza a formar el flagelo. El espermatozoide carece de acrosoma, la cromatina se observa altamente condensada y en la región media se ubican el centriolo y 4 o 5 mitocondrias, el flagelo muestra un arreglo con nueve pares de microtúbulos periféricos y un par central. Las células de Sertoli se encuentran rodeando a las células del linaje gamético formando quistes espermáticos, que incluyen solamente espermatogonias y espermatocitos primarios y secundarios, no se observaron espermátides ni espermatozoides. Las células de Leydig tienen una forma poliédrica y se localizan en la parte central del órgano, en ellas se observan abundantes vacuolas citoplásmicas que sugieren fuertemente la síntesis de esteroides (Cárdenas y Barrera, 1998).

En *Ch. humboldtanium* también ha sido descrita la morfología testicular, con ejemplares provenientes de el embalse Huapango, Estado de México, en este estudio se describe la estructura histológica del testículo en distintas etapas del desarrollo gonadal, relacionando las determinaciones anatómica e histológica de madurez gonádica con la edad y época del año. Los resultados revelan que los testículos de esta especie son pareados, alargados y compactos, se ubican en la región dorsal de la cavidad abdominal, en los estadios de madurez II y V son de color blanco ligeramente cremoso, ambos testículos se unen por el extremo posterior y los productos salen por el conducto principal al poro urogenital.

En cuanto a la descripción histológica se observó que los testículos se encuentran revestidos por una túnica albugínea delgada, de tejido conjuntivo denso e irregular con pocas fibras colágenas, fibroblastos y células pigmentarias, dicha cápsula se proyecta hacia el interior de la gónada y forma los septos que dividen al testículo en lóbulos.

Estos lóbulos son de aspecto irregular y están constituidos por túbulos dispuestos en forma radial con relación a los conductos eferentes, los cuales conducen a los espermatozoides al conducto principal, cada túbulo tiene numerosos quistes asincrónicos delimitados por las células de Sertoli, dentro de los cuales las células se desarrollan sincrónicamente observándose en unos espermatogonias (células muy grandes con citoplasma escaso y acidófilo, con un núcleo grande localizado en posición central con la cromatina poco condensada y nucléolo prominente), en otros espermatocitos primarios (células con citoplasma basófilo, en donde el núcleo presenta cromatina de aspecto reticular) o secundarios (células con citoplasma acidófilo donde el núcleo es de forma poliédrica con la cromatina muy condensada), en otros espermátides (células con citoplasma acidófilo y escaso donde el pequeño núcleo es redondo se encuentra desplazado hacia un extremo de la célula) o espermatozoides (células cuyo núcleo es excéntrico, la cabeza mide 1.4 micras y la cola es acidófila), conforme alcanzan la madurez gonádica los quistes se abren hacia los conductos eferentes y vacían el contenido espermático.

Se presenta sólo un tipo de espermatogonias, mismas que se dividen mitóticamente varias veces, lo que lo clasifica como un testículo de tipo espermatogonial restringido. Por último se destaca que en peces de edad 0+ nacidos en la primera etapa del ciclo reproductivo, pueden lograr un desarrollo gonádico máximo hacia los últimos meses del año, mientras que peces de edades 1+ ó 2+ aunque emitan semen al ser presionados al tacto, pueden encontrarse en estadios medios del desarrollo gonadal o bien estar al inicio de un nuevo ciclo reproductivo (Uria *et al.*, 1998).

La estructura y ultraestructura del ovario de *Chirostoma humboldtianum* se ha determinado en organismos colectados en el municipio de San Felipe Tiacaque, Estado de México. Los resultados obtenidos revelan que los ovarios de *C. humboldtianum* son órganos pareados en forma de sacos huecos, el ovario derecho es más largo que el izquierdo y ambos se encuentran ubicados en la parte dorsal de la cavidad abdominal, los dos se unen en su región posterior formando un oviducto que desemboca en el ano del pez. La gónada cambia de blanquecina a oscura conforme va madurando debido a la presencia de melanóforos superficiales. La pared del ovario está conformada por epitelio, melanóforos, tejido conectivo, fibras de músculo liso y al menos 4 vasos sanguíneos principales. Se encontró un desarrollo ovárico de tipo asincrónico que teóricamente demuestra que el desove se presenta durante todo el año. Se encontró un patrón de arreglo en los ovocitos que cuando son inmaduros se ubican en la parte anterior de la gónada mientras los maduros o vitelogénicos se encuentran en la parte posterior de la misma.

Cuando se analizaron las gónadas con el microscopio electrónico se apreciaron los materiales que los conforman, estos materiales varían desde los muy laxos hasta algunos de carácter electro denso que se presume podrían ser proteínas, así como una gran cantidad de pequeños cuerpos esféricos que viajaban desde la zona de la teca y la granulosa hasta el interior del ovocito (González, 2002).

## 2.2 Biología poblacional

Se han realizado trabajos para conocer aspectos de la biología de organismos del género *Chirostoma*, tales como la evaluación de las características poblacionales del charal *Chirostoma jordani* en el embalse Trinidad Fabela, Méx., considerando aspectos como la mortalidad, supervivencia, condición y crecimiento individual en el período comprendido de noviembre de 1983 a octubre de 1984 en cuatro épocas del año (primavera, verano, otoño e invierno), encontrando que la longitud total alcanzó un máximo de 12.70 cm. Y un peso máximo de 34.94 g. El factor de condición más alto se registró en invierno y primavera la mortalidad más alta también se da en invierno y la mínima en primavera. La talla mínima de reproducción para *C. jordani* fue de 3.87 cm. y fue en primavera y verano cuando se observaron las máximas características de madurez y desove (Cházaro *et al.*, 1989).

En el orden fisiológico se han realizado estudios tendientes a determinar la localización, organización histológica y principales características histoquímicas de los corpúsculos de Stannius en *Ch. estor* y *Ch. Jordani*, en ambas especies estas glándulas se encuentran situadas en la porción más caudal de la cavidad abdominal

adosadas al piso de ésta y entre los conductos mesonéfricos, el número de corpúsculos en *Ch. jordani* varía de uno a dos mientras que en *Ch. estor* fue de sólo uno, en ambos casos el aspecto de los corpúsculos es el de una glándula endocrina de apariencia oval, limitada por una delgada capa de tejido conjuntivo denso irregular del cual parte un estroma fino que sirve de sostén a las células parenquimatosas. En el caso de *C. estor* los corpúsculos de Stannius presentan además un grupo de células parenquimatosas dispuestas en una sola hilera circunscribiendo el perímetro de la glándula y en una posición subcapsular. El tipo de organización pertenece al tipo II de la clasificación propuesta por Krishnamurthy y Bern. Las células cromófilas presentaron una reacción positiva a la técnica del ácido periódico de Schiff lo que pone de manifiesto la presencia de glucolípidos, glucógeno, mucoproteínas y mucopolisacáridos neutros (Hernández y Tolosa, 1983).

## CAPITULO 3 CULTIVO

### 3.1 Características morfológicas

Los huevos son de tamaño pequeño (de 0.9 a 1.2 mm. de diámetro), tienen de 6 a 8 hilos adherentes y las larvas recién eclosionadas miden entre 4.5 y 5 mm. de longitud total. Los huevos fertilizados tardan de 7 a 8 días en eclosionar y el saco vitelino desaparece hacia el tercer día después de la eclosión. Las larvas antes de la eclosión poseen un desarrollo extraordinario de los ojos, los huevos poseen una cantidad limitada de vitelo, acompañada de un gran glóbulo de aceite (Fig. 3.1<sup>a</sup>) como reserva energética que es consumida durante el desarrollo larvario y que puede observarse como remanente hasta después de tres o cuatro días de ocurrida la eclosión (Figuroa *et al.*, 2003).

Los estudios realizados para establecer las mejores condiciones de cultivo para especies del género se describen en el presente capítulo. Existen trabajos tendientes a describir las estructuras morfológicas que están relacionadas con aspectos que ayudan a establecer las mejores condiciones de cultivo del grupo, tal es el caso de un trabajo en el que se revela el detalle de una placa faríngea con sólo dos dientes faríngeos monocúspides en larvas de 10 días de edad, los dientes faríngeos a partir del día 80 crecen en número y su complejidad es clara hasta el año de edad en donde se aprecian ornamentaciones y haces de dientes colocados alternamente en los arcos branquiales (Fig. 3.1 b). Se observa también a partir del día 20 la presencia de branquiespinas en el primer arco branquial con una longitud notoria, a los 80 días estas estructuras son conspicuas y conforman un complejo sistema de filtración altamente ornamentado con espículas que son muy notorias a partir de los 90 días (Fig. 3.1c). Los peces blancos tienen pequeños dientes monocúspides en las mandíbulas superior e inferior, tienen una boca pequeña terminal con dientes mandibulares pequeños unicúspides, estructuras faríngeas con dientes faríngeos agudos unicúspides, así como dientes y branquiespinas ornamentadas y arcos branquiales ornamentados con haces de pequeños dientes, diseñadas para el consumo de pequeñas partículas desde edades muy tempranas que se convierte en un complejo sistema de filtración zooplanctofago cuando es juvenil y adulto como se aprecia en la figura 3.1d (Figuroa *et al.*, 2003).

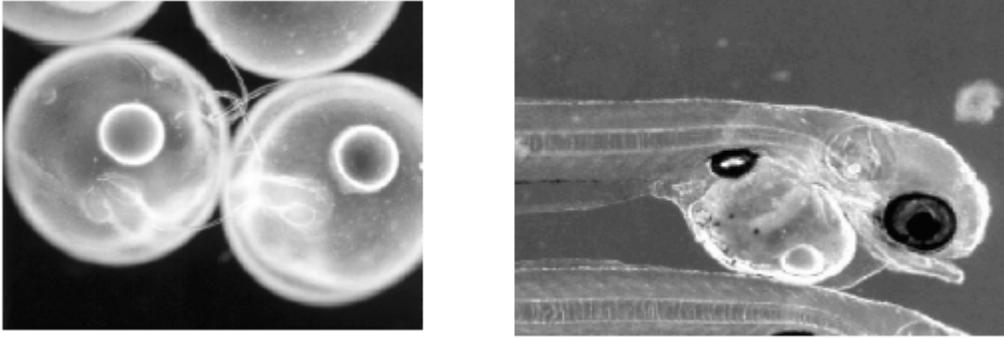


Fig. 3.1 a. Huevos y larvas de *Chirostoma estor* en donde se aprecia claramente la gota de aceite.

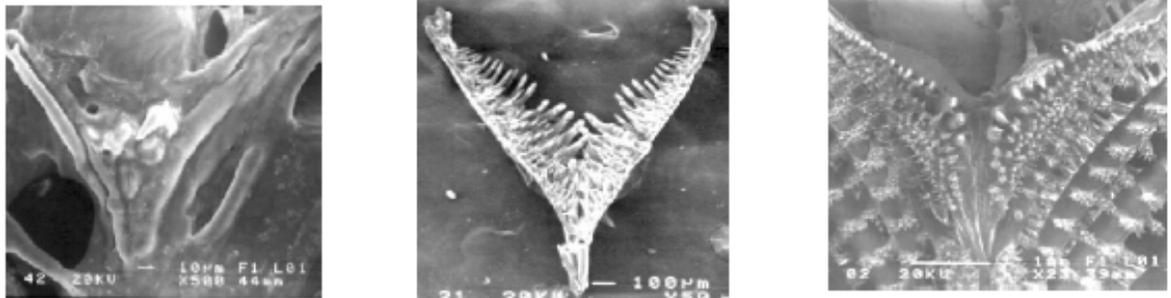


Fig. 3.1 b. Dientes faríngeos de *Chirostoma estor* de 10 días, 80 días y un año de edad.

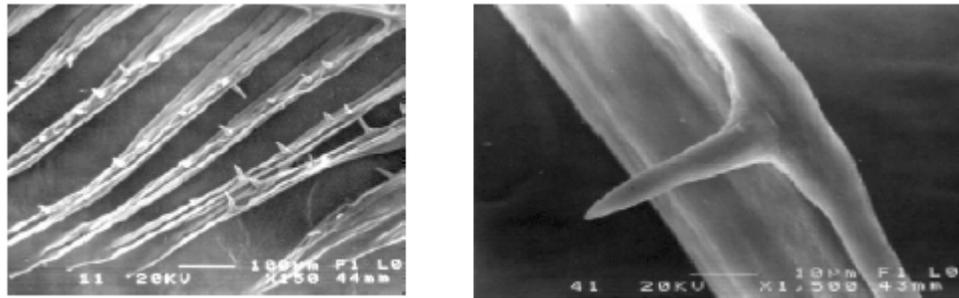


Fig. 3.1 c. Branquiespinas de *Chirostoma estor* de 90 días de edad.

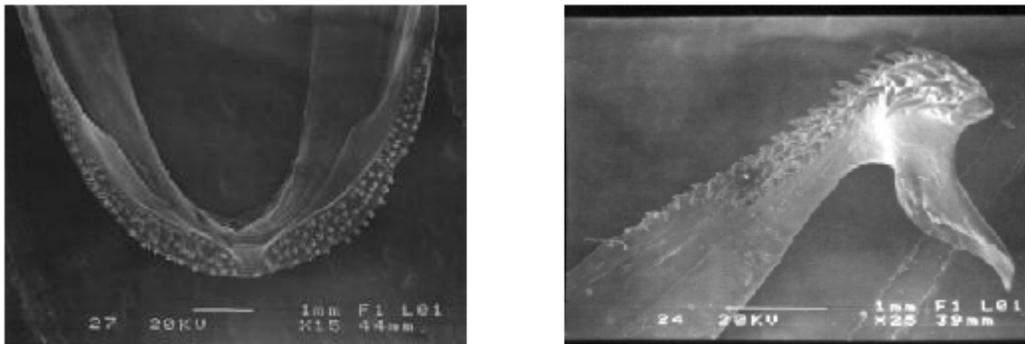


Fig. 3.1 d. Detalles de mandíbula con dientes monocúspides de *Chirostoma estor* de un año de edad.

### 3.2 Parámetros ambientales.

Se han hecho intentos por cultivar a organismos del género *Chirostoma* como el de Miranda en el 2002 quien trabajó en la aclimatación, mantenimiento y reproducción del charal *Chirostoma jordani* en condiciones de laboratorio tanto en peceras como en estanques utilizando para ello organismos colectados en el lago de Xochimilco en el D. F. Los organismos adultos se mantuvieron en peceras con una combinación de alimento comercial en hojuelas complementado con pulga de agua y en proporciones del 5 al 20% de su biomasa y con las siguientes condiciones ambientales, 5.5 mg/L de oxígeno disuelto, temperatura de 26°C, pH de 8.29 y 0.41 mg/L NH<sub>4</sub>. Los organismos se estresaron al grado de elevar los niveles de amonio en el agua con registros de 0.5 a 0.8 mg/L. En estanques se trabajó con 7 mg/L de oxígeno disuelto, temperatura de 17 °C, pH de 9 y 0.22 mg/L NH<sub>4</sub> y se alimentaban del plancton que subsistía en el agua ya que esta fue la misma que la de su ambiente natural. Al realizar un estudio del contenido estomacal de los organismos en estanques se encontró que el 78.65% de la dieta esta constituida por copépodos del género *Cyclops*. La reproducción en peceras no fue posible mientras que en los estanques a pesar de que si se observó ésta, la mortalidad de los alevines en la primera etapa del desarrollo fue del 87%.

Ese mismo año 2002, Revelo-Alcántara trabajó en la aclimatación y mantenimiento de *Chirostoma humboldtanium* en estanques con aguas tratadas provenientes del canal nacional de Xochimilco, para esto se colectaron peces en el embalse de Tiacaque, Edo. Méx. El mejor método de traslado fue utilizando bidones con aireación constante, en donde la supervivencia fue del 47.76% mientras que los otros métodos reportaron supervivencias menores al 6%. Las ganancias porcentuales de peso y longitud fueron del 40 y 43% respectivamente durante los 50 días del proyecto, encontrando que las preferencias alimenticias de los peces se encuentran en correlación a los organismos-presa presentes de manera natural en estas aguas.

En un estudio sobre el crecimiento de larvas de *C. estor* a diferentes temperaturas se obtuvieron resultados en los que a los 25 °C se presentó el mejor crecimiento y la mejor supervivencia (Martínez *et al*, 2002) mismo donde se describen los experimentos realizados para determinar el efecto de la temperatura en la supervivencia y crecimiento de *C. estor estor*, así como la utilización de un sistema de video sencillo de bajo estrés, que permite medir el peso y la longitud en varias ocasiones sin lastimar a los peces. Los resultados revelan que de las diferentes temperaturas probadas ( 16, 19, 22, 25, 28 y 31°C) las que muestran el mejor

crecimiento son las de 25 y 28°C, y la mejor supervivencia fue a 22 y 25°C, por lo que se concluye que la temperatura ideal es la de 25 °C, el uso de la video técnica permitió a los investigadores el reducir la mortalidad (a menos de 1%) debida al estrés que es característico de esta especie y se convierte en una herramienta valiosa que se puede habilitar en estudios con esta y otras especies en peligro de extinción y/o de difícil manejo. En un estudio subsecuente (Martínez *et al.*, 2004) se investigaron los efectos de la salinidad en la supervivencia y tasa de eclosión de los huevos, y en la supervivencia y crecimiento de larvas de *C. estor estor*. Los resultados que obtuvieron demuestran que la salinidad tiene un efecto notable en el porcentaje de huevos con desarrollo de los ojos, con el registro máximo obtenido a 10°/oo de salinidad, este resultado se debe en parte a la reducción en las infecciones por *Saprolegnia*, sin embargo, aunque el efecto benéfico de la eclosión en agua dulce se vio reflejado en un alto éxito de eclosión, se aprecia también que los huevos son progresivamente menos capaces de soportar el estrés osmótico con valores arriba de 15°/oo. Concluye al respecto, que la mejor estrategia es incubar los huevos a salinidad de 10°/oo y mantener esta salinidad durante el estadio de huevo con ojos, al termino de la cuál deberán manejarse con salinidad reducida del 5°/oo hasta que la mayoría de los peces haya eclosionado, para después ir regresando lentamente la salinidad al 10°/oo para reducir el riesgo de infección por *Saprolegnia*, así mismo la mejor producción en cuanto crecimiento en peso y supervivencia de las larvas se obtuvo al 10°/oo.

En el 2004, Blancas *et al.*, determinaron si los peces blancos podrían responder al diseño de un ciclo fototérmico artificial con la meta de inducir la reproducción de especies en cautiverio y la obtención de una alta producción de huevos y larvas. Los resultados indicaron que el control artificial de luz y temperatura durante 81 días si estimularon la maduración sexual. En un primer ensayo la consistencia del semen y la movilidad de los espermatozoides presentaron diferencias reportando los valores mas altos de movilidad a los 19 °C con 12L/12O lo que coincide con la temporada de reproducción natural para esta especie, también se encontró una gran cantidad de espermatozoides cuando el liquido seminal presentó una consistencia viscosa, un resultado muy destacado de esta investigación fue el hecho de que no se había reportado jamás la presencia de espermiación en los huevos colectores sin la participación de las hembras, estos eventos se observaron como pequeñas masas de esperma y ocurrieron cuando las condiciones pasaron de los 19 °C con 12L/12O a los 22 °C con 13L/ 11O, lo que permite concluir que el ciclo fototérmico activó el sistema neuroendocrino de los machos concluyendo que tanto la temperatura como el fotoperiodo son responsables de inducir la producción de esperma

específicamente a los 19 °C con 12L/12O. En un segundo ensayo, el número de desoves y de huevos indicaron un alto potencial reproductivo que depende del tamaño, peso corporal y la edad, al encontrar que hubo una fecundidad absoluta en esta especie desde 8000 hasta 12,000 ovocitos en hembras de 12.6 a 19.1cm de longitud total, 18.9 a 32.8 g de peso total y dos años de edad. Aquí también encontraron que estas altas tasas de fecundidad se obtuvieron a los 19 °C con 12L/12O. Por lo que se concluye que tanto en hembras como en machos los ciclos comprimidos de temperatura y fotoperiodo pueden jugar un papel muy importante en desencadenar el proceso final de maduración sexual.

## CAPITULO 4 NUTRICION

### 4.1 Preferencias alimenticias

En el ámbito de la nutrición se han relacionado estudios que pretenden clarificar las preferencias alimenticias de las especies del género *Chirostoma*, tal como el trabajo de Navarrete *et al.*, que en 1996 determinaron si estas especies eligen su alimento y que grupos de organismos selecciona dentro de las aguas del embalse Trinidad Fabela. Este estudio se realizó de noviembre de 1983 a octubre de 1984, abarcando así las cuatro estaciones del año. Los resultados de los contenidos estomacales muestran que la especie *Chirostoma jordani* varía los grupos alimenticios que ingiere en función de su talla y de la época del año, encontrando que las tallas pequeñas de entre 10 y 49mm prefirieron a los géneros *Diaptomus* y *Bosmina* en las cuatro estaciones del año, mientras que los peces de entre 50 y 109mm seleccionaron al género *Daphnia*.

Conocer el papel trófico de las características morfo-funcionales de tres especies que coexisten en el lago de Chapala, *Chirostoma consocium*, *Ch. chapalae* y *Ch. ocotlanae*, fue el objetivo del trabajo realizado por Rodríguez-Ruiz y Granado-Lorencio (1989), quienes midieron y analizaron variables biométricas con marcado carácter funcional, con la finalidad de establecer el papel asumido por cada una de ellas dentro de la compleja red de interacciones que se presenta en el lago. Los resultados obtenidos permiten concluir que las tres especies presentan diferencias importantes que les confieren adaptaciones singulares al medio en el que se localizan, las cuales pueden ser producto de un mecanismo desarrollado con el fin de reducir la competencia interespecífica al indicar claramente adaptaciones que les permiten explotar recursos tróficos diversos. Por ejemplo, *Ch. chapalae* se diferencia por presentar una elevada agilidad en sus movimientos y ser muy hábil en sus maniobras debido a que presenta un cuerpo bastante fusiforme, unido a sus aletas pectorales que poseen una gran longitud, además, esta especie presenta de forma significativa una posición retrasada de la primera aleta dorsal y aleta anal respecto a la región cefálica así como una base de la aleta anal mucho mayor. Estas características sumadas a la disposición cefálica de sus ojos, la posición dorso terminal de la boca y su peculiar dentición, definen a *Ch. chapalae* como una especie de gran equilibrio y estabilidad, así como las características necesarias para vivir cerca de la superficie y tener una alimentación de tipo planctónico. Las otras dos especies, *Ch. ocotlanae* y *Ch. consocium* resultaron ser muy parecidas, sin embargo, la primera se presenta como una especie más ágil y hábil en los mecanismos de

navegación, posee un cuerpo mas fusiforme y además la ubicación tanto de la primera aleta dorsal como de la anal se encuentran mas distanciadas de la región cefálica, de ahí que se concluye que sea mejor que la segunda, estos rasgos funcionales se determinan por las características morfológicas. Si bien ambas especies presentan características de una alimentación de tipo planctónica, *Ch. ocotlanae* tiene la capacidad de explotar a presas mas evasivas.

En estudios realizados por Figueroa *et al.*, 2004 y Ramos, 2001 se investigaron los efectos de distintas dietas tanto en el crecimiento y sobrevivencia de *Chirostoma riojai* en etapas tempranas de desarrollo, para tal efecto se probaron seis distintas dietas midiendo los efectos en peso, longitud notocordal (LN) y longitud total (LT). Las dietas probadas tuvieron efectos significativos para LT, LN y el peso después de los 30 días de prueba, La LN final tuvo el incremento más alto con la dieta de Artemia+Rotíferos (A+R) (13.24 +/- 1.57mm), la LT final también presento el mejor incremento con la dieta A+R (14.72 +/- 1.72mm), el peso resulto mas alto con la dieta A+R (16.05 +/- 0.05mg), Las dietas también tuvieron un efecto significativo teniendo la supervivencia mas alta, del 93.25%, los organismos alimentados con la dieta A+R, y con el 80.66% la dieta de Rotíferos. Las larvas alimentadas con alimento comercial murieron al terminarse el periodo de alimentación del saco vitelino. La desventaja del alimento inerte es que si no se ingiere inmediatamente los sedimentos se vuelven inaccesibles para las larvas ya que se disuelven o alcanzan tamaños muy pequeños. También se puede inferir que el aparato enzimático de las larvas de *Chirostoma riojai* en esta etapa no tienen todavía las enzimas necesarias para digerir el alimento inerte. Las diferencias observadas en la sobrevivencia entre las diferentes dietas que incluyen alimento vivo permiten inferir que los contenidos nutrimentales de los nauplios de *Artemia* y los rotíferos se complementan entre sí e incrementan la sobrevivencia. El consumo individual del alimento esta relacionado con el tamaño de la presa y la abertura bucal de las larvas al principio de la primera alimentación. Algunas larvas murieron debido a la inaccesibilidad del alimento cuando fueron alimentadas con nauplios de *Artemia* durante los primeros 9 días, debido a que el tamaño de su boca les impedía alimentarse con ellos. Es destacable que paralelamente a las características nutricionales del alimento, el desarrollo de la abertura bucal es fundamental para determinar el tiempo, el tipo y el tamaño del alimento a suministrar.

En el trabajo de Morales *et al.* (2004) se determinaron las concentraciones de presa óptimas para las diferentes etapas larvales de *Chirostoma riojai* utilizando diversas especies de zooplankton presente comúnmente en cuerpos de agua

nacionales. Estos grupos fueron los rotíferos *Brachionus rotundiformis* y *B. rubens* y los cladóceros *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia*. Los resultados revelan que las curvas de respuesta funcional de las larvas mostraron un incremento en el consumo de presa relacionado con el incremento en la densidad de la misma. Sin importar la edad, ésta especie consumió mayores cantidades de *M. macrocopa* que *C. dubia* mientras que *B. rubens* se consumió más que *B. rotundiformis*. La cantidad de la presa consumida está en función de varios factores, incluyendo la edad y el nivel de hambre así como el tamaño y densidad de la presa. Se observó también que *C. riojai* es capaz de alimentarse tanto de rotíferos como de cladóceros, en las primeras semanas prefiere a los rotíferos y va sustituyendo estas preferencias conforme va creciendo.

En estudios realizados para detectar cuál es la mejor dieta en primeras etapas, se ha encontrado que los rotíferos de agua dulce de la especie *Brachionus rubens* sólo pueden utilizarse seleccionando a los neonatos ya que los adultos sólo pueden emplearse después del quinto día de eclosión ya que su tamaño de entre 150 y 300  $\mu\text{m}$  no es accesible para larvas de edades menores al no poder capturarlas, sin embargo la especie de rotífero *Brachionus plicatilis* con tamaño de 90 a 150  $\mu\text{m}$  se puede suministrar a las larvas de pez blanco utilizando hasta 20 rotíferos por ml en densidades de 10 a 20 larvas por lt, y estos rotíferos se alimentan con microalgas del género *Chlorella* sp. que se pueden cultivar a salinidades de 5 y 10 o/oo. Los rotíferos pueden ser utilizados los primeros 15 días después de la eclosión y después ser sustituidos por nauplios de *Artemia* salina hasta los 30 días cuando deben ser destetados con alimento comercial retirando los nauplios. El destete se inicia a partir del día 25 retirando paulatinamente los nauplios y adicionando alimento comercial con tamaño de partícula similar al de éstos (295 a 400  $\mu\text{m}$ ) (Figuroa *et al.*, 2003).

Otro de los intentos por establecer las mejores condiciones ambientales para el cultivo del grupo, se destaca en el trabajo de Figuroa *et al.* (2004) quienes presentan datos eco morfológicos y fisiológicos en larvas de *Chirostoma humboldtianum* durante las primeras etapas de desarrollo bajo condiciones de laboratorio. Se probaron tres distintos tratamientos (T1= *Brachionus rubens*, T2= *B. calyciflorus*, T3= *B. plicatilis*) durante cuatro semanas. Los resultados muestran que la mejor ganancia de peso en los peces se obtuvo cuando los rotíferos fueron alimentados con la T1 alcanzando una tasa de crecimiento de 0.69 mg/día. El desarrollo de la mandíbula en las larvas mostró un alto incremento relativo en el

tamaño de la boca en relación con el ancho de la mandíbula y una relación negativa con la longitud notocordal, para *Chirostoma humboldtanium* el ancho y tamaño de la boca iniciales, sugieren que las larvas pueden ser incapaces de ingerir el alimento proporcionado, considerando que la talla media de los rotíferos es mayor, no obstante, los intervalos de largo y ancho de las especies de rotíferos empleadas permiten determinar que estos son accesibles siempre en términos de el ancho de la boca del pez. Si bien es cierto que el tamaño de la boca es determinante en el tamaño y tipo de presa consumido por los peces, en el caso de *Chirostoma humboldtanium* se encontraron otros factores que pueden influenciar la captura, ingestión y selección de la presa, entre los que destacan el grado de osificación, los reducidos dientes faríngeos, la presencia de una faringe succionadora, y características morfológicas como los ojos pigmentados durante etapas tempranas así como una gran capacidad natatoria. También se observó que la succión es el principal mecanismo de captura al encontrar la presencia de rotíferos completos al realizar análisis de contenido estomacal, también se observó la presencia de una boca retráctil. Estos hallazgos permiten determinar que el tamaño del alimento ingerido no es completamente dependiente del tamaño de la boca.

#### **4.2 Estudios del balance energético de *Chirostoma*.**

En este trabajo (Vega *et al.*, 2004) se determina el flujo energético de juveniles de *Chirostoma estor estor*, el fundamento esencial en el que se basa la investigación es en un modelo en el que se integran las tasas fisiológicas de los peces expresadas en unidades de energía, investigaron también el efecto del peso corporal sobre las tasas fisiológicas requeridas por este modelo de balance energético y determinaron así la eficiencia con la cual los organismos de *Chirostoma estor estor* utilizan la energía contenida en el alimento comercial. La alimentación fue con alimento purina proporcionada al 4% del peso húmedo corporal y suministrado en dos raciones diarias durante dos horas. Resultado de lo anterior se encontró que el valor de la tasa de ingestión se incremento al aumentar el peso de los organismos, aunque en ambos grupos alcanzó el 3.8% del peso corporal, la pérdida de heces fue del 7% la excreción amoniacal fue del 3.65%; las tasas metabólicas promedio fueron 7 veces más altas en la clase B que en la clase A, la energía potencial de crecimiento de los organismos fue del 80% y la eficiencia de asimilación fue del 80% al 90% por lo que los autores destacan que en general las eficiencias energéticas de los juveniles de *Chirostoma estor estor* fueron independientes al peso en los intervalos estudiados en este trabajo.

Hablando de estadios adultos, Espina *et al.* (1989) estimaron el campo de crecimiento, o producción, de la especie *Chirostoma estor*. En este caso los peces se alimentaron con el 3% de su peso corporal durante dos horas, el alimento comercial suministrado contenía 25.73 % de proteínas, 6.12% de grasas y 50.81% de carbohidratos, con un contenido calórico de 5,048.2 calorías por gramo de alimento. La tasa de excreción nitrogenada se consideró como el 15% de la proteína usada por los organismos.

Los resultados del balance energético muestran que la ingestión de alimento fue estadísticamente diferente; los mas pequeños consumieron 40% menos que los mas grandes y 22% menos que los de peso intermedio, mismos que consumieron el 2.3% del alimento suministrado. Encontraron una tasa de evacuación de heces del 8%, infiriendo que en todas las categorías de peso los animales perdieron alrededor del 60% de la energía consumida en el alimento, vía evacuación de productos fecales. Los peces de mayor tamaño asimilaron más que los medianos y pequeños, asimismo la eficiencia de asimilación fue del 90% en todas las clases de peso. La utilización de oxígeno fue del orden del 15% de la energía ingerida, la eficiencia bruta de crecimiento fue del 75% y la eficiencia neta del 80%, reflejando un campo de crecimiento de entre 40 y 60 mg por día (Espina *et al.* 1989).

Los autores destacan el hecho de que el pescado blanco, *Chirostoma estor* Jordan, es una especie que fácilmente pierde su estabilidad fisiológica ante estímulos externos como la manipulación y el forcejeo de los peces con las redes por lo que consideran importante el que ellos hayan obtenido un 100% de sobrevivencia atribuible al extremo cuidado con que se manejaron los peces al no tocarlos, así como al hecho de mantener la temperatura del agua similar a la que tenían en los corrales y proporcionarles oxígeno durante el traslado, estas características de la especie les dieron la pauta para realizar las mediciones utilizando submuestras, las cuales no volvieron a ser utilizadas. Destacan igualmente importante el hecho de que los cortes histológicos realizados en los organismos revelan una madurez gonádica en células en diferentes etapas de maduración tanto en hembras como en machos.

## CAPITULO 5 GENETICA

Con el desarrollo de las técnicas de Biología Molecular, se ha iniciado la elaboración de estudios que pretenden establecer los mapas genéticos de las especies de *Chirostoma*, como una herramienta que auxilie a las sistemática tradicional, basada en características morfológicas y merísticas, uno de estos trabajos es el de Castro y López (2002) que tuvo por objeto el de aislar y caracterizar una secuencia parcial de ADNc que codifica para la hormona de reproducción (Gn-RH) del charal *Chirostoma humboldtianum*. Se extrajo el ARN, y se determinó la concentración del mismo; El ADNc obtenido a partir de ARN mensajero consistió en un fragmento de de aproximadamente 360 pb, al ser secuenciado este producto se obtuvo una lectura de 240 pb, lo que sugiere que pertenece a la súper familia de deca péptidos, en esta secuencia se puede notar que la homología de nucleótidos es baja, si se compara con otros peces, no obstante para la región conservada de la (hormona Gn-RH) encontraron una homología del 90% con las secuencias reportadas para otras especies, el 10% restante difiere a consecuencia de una mutación con sentido equivocado, dándose ésta en el tercer triplete (TGG por ACA) de *Ch. humboldtianum*, lo que confirma que la diversidad genotípica entre los organismos está establecida por el proceso evolutivo.

Otra herramienta genética, es la caracterización cariotípica de los organismos cuyo objetivo, en el trabajo de Uribe *et al* (2002), es analizar los cariotipos de tres especies representativas del género *Chirostoma* y proveer marcadores para su identificación. De estas tres especies *Chirostoma estor*, *Chirostoma patzcuaro* y *Chirostoma jordani*.

*Ch. estor* mostró un número diploide de  $2N = 48$  con una fórmula cariotípica de  $12M + 8SM + 12ST + 16A$  y un número fundamental (NF) de 68. El número diploide para *Ch. jordani* fue igual  $2N = 48$ , con variación en la fórmula cariotípica  $8M + 12SM + 10ST + 18A$  y NF de 68; mientras que *Ch. Patzcuaro* tuvo un numero diploide de  $2N = 44$  con  $12ST + 32^a$  y NF de 44. No se detectó dimorfismo sexual cromosómico en ninguna de las especies estudiadas.

El número diploide encontrado en *Ch. estor* y *Ch. jordani* es el número mas frecuente que se ha encontrado dentro del género *Chirostoma* y en general dentro de la familia Atherinidae y se considera ancestral entre varios grupos de peces, Estas dos especies también comparten su NF. Las diferencias en su fórmula cariotípica sugieren que sus cariotipos pudieron divergir debido a algunos rearrreglos: 3 inversiones pericéntricas, 2 entre cromosomas biarmados y 1 entre cromosomas uniarmados, para convertir cromosomas metacéntricos en

submetacéntricos y subtelocéntricos en acrocéntricos respectivamente, o viceversa.

*Chirostoma patzcuaro* mostró un número diploide de  $2N = 44$ . El largo par distintivo de este cariotipo tiene una alta longitud relativa, arriba del 10% del set total, lo que resulta inusual, esto sugiere la fusión total de dos o hasta tres elementos pequeños estimados por su longitud o bien, la fusión central de dos cromosomas pequeños seguida de una inversión pericéntrica y otra fusión e inversión similar, derivando así en la disminución del número diploide. La amplia divergencia mencionada en el cariotipo de *Ch. patzcuaro* puede estar relacionada con su endemismo o con el tamaño relativamente pequeño de sus poblaciones, lo que puede resultar en una reducción significativa en el tamaño de la población particularmente cuando ocurren condiciones transitorias como la desecación parcial y/o la fragmentación del lago.

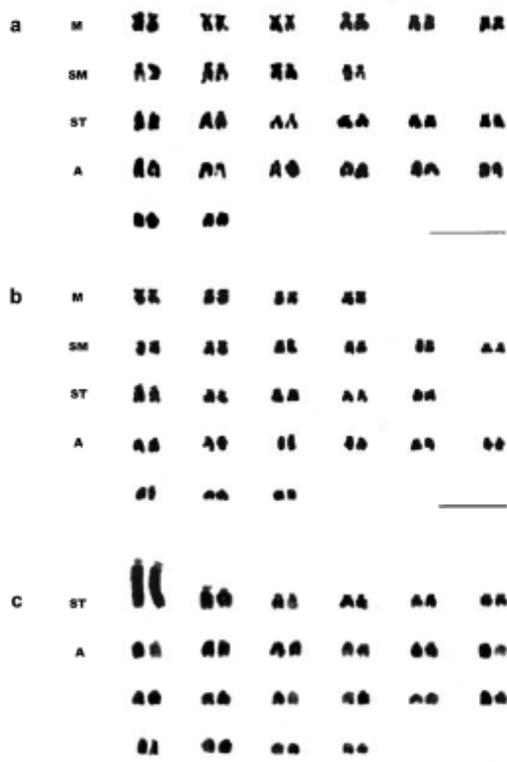


Fig. 5.1 Cariotipos de tres especies del género *Chirostoma*, (a) *Ch. estor* hembra, (b) *Ch. jordani* macho y (c) *Ch. patzcuarensis* hembra, Bar 5  $\mu$ m(Uribe *et al.* ,2002).

Otro trabajo basado en técnicas de Biología molecular es el de Barriga-Sosa (2003) el cual se divide en dos partes: en la primera se resumen los resultados de la generación de una base de datos con los patrones aloenzimáticos de 16 especies del género *Chirostoma*, en la segunda parte se toca la importancia del grupo "*Humboldtianum*" donde incluyeron a siete especies de este, que es considerado como monofilético, debido a que presenta una alta similitud genética y morfológica. Los resultados de ambas partes se resumen como sigue:

1) la diagnosis sobre los niveles de variabilidad genética en el género permitieron detectar cambios en los niveles de los mismos a través del tiempo y sugerir que las poblaciones que presentaron incrementos en estos cambios pudieron estar influenciadas por eventos como la hibridación. Por otro lado, los bajos niveles de variabilidad observados en *C. grandocule* indican que las diversas especies del género ubicadas en el lago de Pátzcuaro, requieren de estrategias de manejo específicas.

2) La identificación de determinados alelos raros y alelos fijos de los *loci* *G6pdh-1* y *2*, *Gpi-1* y *3* y *Pgm*, indican que estos podrían ser usados como *loci* diagnóstico para discriminación entre especies.

3) Las relaciones genéticas entre muestras de diferentes localidades apoyan la hipótesis planteada sobre la reciente diversificación del género y apoyan la separación de dos grandes grupos el Jordani y el Arge.

4) La mayoría de las especies del "grupo *Humboldtianum*" se encuentran bajo fuertes presiones de selección por lo que es necesario establecer un programa de largo plazo de ecología y genética de poblaciones que permitan dar respuestas mas concretas, sobre todo en las especies *C. promelas* y *C. sphyraena* los cuales se encuentran restringidos al lago de Chapala.

Barriga *et al.* (2004) estudió el patrón de variación morfológica y genética de *Chirostoma grandocule* colectado en el lago de Pátzcuaro en dos sitios y en tres años distintos, y para poder discutir los resultados en relación con la diferenciación intra-lagunar de la población. Las colectas tuvieron lugar en junio de 1996, mayo de 1997 y septiembre de 1999, en dos localidades distintas dentro del lago: Janitzio (*GJ-96* y *GJ-99*) e Ichupio (*GI-97*), separadas entre si aproximadamente 12 km. Los resultados del análisis de los caracteres morfométricos sugieren que los organismos capturados de la parte norte del lago de Pátzcuaro (localidad Ichupio), son morfológicamente distintos de aquellos colectados en la parte sur (localidad Janitzio), especialmente en relación a la altura de la segunda aleta dorsal, la longitud del pedúnculo caudal, la longitud predorsal 2 y el diámetro de la orbita. Las

contrastantes condiciones ambientales y fisio-geográficas existentes entre las dos localidades pueden influir en la diferenciación sexual y la marcada diferencia en el rango sexual de estos sitios, ya que se observó que las poblaciones del norte exhiben un rango anual (hembras: machos) de 0.87:1 contra el 1.6:1 encontrado en el área sur, estas diferencias se pueden explicar parcialmente como una estrategia reproductiva que puede estar influenciada o dirigida por estas condiciones ambientales distintas.

En cuanto a los resultados genéticos se concluye que mientras *C. grandocule* es la especie dentro del género con los niveles más bajos de variación genética, los mismos niveles bajos han sido encontrados en varios grupos de peces dulceacuícolas, sin embargo estos resultados son interesantes ya que brindan altos tamaños poblacionales si se comparan con otras especies de charales dentro del lago, esta baja variación genética puede estar relacionada al bajo número de migrantes estimados entre las dos regiones con un limitado campo de flujo genético entre las poblaciones, si embargo se debe tener cuidado en esta interpretación. El aparente decremento en la variación genética de tan solo tres años indica que estas especies merecen un monitoreo detallado y continuo. Las diferencias en las frecuencias alélicas sugieren que existe una verdadera diferencia genética entre las poblaciones de Janitzio e Ichupio, así como que coexisten al menos dos subpoblaciones en el lago.

Arredondo *et al.* (1998) estudió la sistemática molecular de siete especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae) y exploró la diversidad genética de 2 subpoblaciones de *C. grandocule* presentes en la Meseta Central de México, con énfasis en los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Chapala. El desarrollo del proyecto se llevó a cabo por medio de la aplicación de 3 herramientas de análisis tanto para la parte relacionada con la sistemática, como para la poblacional, las cuales fueron: **A)** análisis estadístico preliminar de los datos morfométricos y merísticos de las siete especies incluidas en el estudio (*Chirostoma grandocule*, *Ch. consocium consocium*, *C. humboldtianum*, *Ch. lucius*, *Ch. promelas*, *Ch. sphyraena* y *Ch. estor estor*). **h** Encontrando que se registraron 12 variables útiles en la discriminación de las especies (ELL, EPD, EID, BQE, RAA, RAD LC, LH, LM, LBA, PC, y DHD) y base de datos de 7 especies del género *Chirostoma*. La especie que tiene menos problemas a nivel morfométrico para su identificación es *Ch. grandocule*, por presentar el mayor número de branquiespinas, aunque se encontraron organismos hasta de 100mm (LT). Por su parte *Ch. sphyraena* y *Ch. lucius*, presentan un traslape de caracteres. Los

análisis estadísticos demuestran que las especies *C. sphyraena*, *C. lucius* y *C. prometas* difícilmente se discriminan. El análisis poblacional de *Chirostoma grandocule* a nivel estadístico muestra una alta homogeneización tanto en las 36 variables como en las 12, lo cual les indica que se requiere de un análisis más escrupuloso de los datos. **B)** Análisis de isoenzimas tanto para las 7 especies como para *C. grandocule* (análisis poblacional). Los valores encontrados para la variabilidad genética de los 23 loci en las 7 especies se encuentran dentro de los rangos reportados para peces. La topología del dendograma, basado en las distancias genéticas agrupa 2 clados, uno en el que se agrupan *Ch. promelas*, *Ch. lucius* y *Ch. sphyraena* sin diferenciación entre ellas ( $D = 0.000-0.001$ ); y el segundo clado en el que se agrupan *C. humboldtianum* y *C. consocium consocium* y *C. estor estor* con una  $D = 0.018$ . *C. grandocule* presenta la misma distancia tanto para el primer como el segundo clado ( $D = 0.140$ ).

La presencia de alelos raros en el análisis isoenzimático poblacional para *C. grandocule* (*GPI-1a*, *GPI-2a*, *GPI-3c* y *PGMa*), pudiera estar relacionado a el hecho de que el número de muestra aumentó, aunque se reporta que estos alelos generalmente se observan en frecuencias de 1 y 211 000 individuos. El polimorfismo observado en ambas poblaciones (0.09 -0.18), se encuentra dentro de los valores observados en otros estudios poblacionales. La distancia genética observada ( $D = 0.003$ ) en el análisis poblacional parece reflejar un distanciamiento importante entre estas dos poblaciones, por lo que se sugiere la existencia de un aislamiento genético distintivo entre las poblaciones.

**C)** Análisis preliminar de las secuencias del gene mitocondrial del citocromo b, para algunas de las especies estudiadas, tomando en cuenta lo que se encuentra secuenciado hasta la fecha, 181 pares de bases (pb) de *C. estor* y 207 pb de *C. consocium* (56 y 63 aa respectivamente), se puede observar que la región amplificada es una región que presenta suficiente variabilidad (transiciones y transversiones) ya que por ejemplo se observa un de 9% de sustituciones nucleotídicas, además de 7 inserciones/delecciones.

Otro trabajo que tuvo por objetivo desarrollar un método de genética molecular que permita identificar sin ambigüedad las especies de peces blancos, es el de Barriga *et al.* (2005) probando para ello un marcador genético que pudiera distinguir entre cuatro especies: *Chirostoma estor*, *Ch. humboldtianum*, *Ch. lucius* y *Ch. promelas*, como resultado se obtuvo que el tamaño del segmento mitocondrial *r16S* amplificado en las cuatro especies de *Chirostoma* fue de una longitud aproximada de 620pb. No se observó variación entre las dos muestras de cada especie que fueron procesadas. El análisis de 565 pb de la secuencia del segmento de *r16S* mitocondrial mostró que

al menos 18 enzimas presentan sitios de restricción especie - específicos y otras tres enzimas mostraron sitios de restricción género - específicos.

Los resultados obtenidos con enzimas de restricción que reconocen de uno a tres sitios de restricción en las secuencias analizadas sugieren que es posible identificar a los peces blancos con la ayuda de geles de agarosa al 2% y que aquellos que reconozcan más de tres sitios se deberán correr en geles de acrilamida. Para el caso de los peces blancos, la combinación de cualquiera de las siguientes enzimas: *AccI*, *AspCNI*, *BceAI*, *BfaI*, *BsaAI*, *BstEI*, *BsmFI*, *Cac8I*, *EagI*, *FauI*, *HpyCH4IV*, ó *MseI* pueden permitir la discriminación de las especies del lago de Chapala con respecto a las del lago de Pátzcuaro. De entre las ocho enzimas sugeridas para la identificación de los peces blancos del lago de Pátzcuaro se utilizaron *TaqI*, *BbvI*, *BsmFI*, y *HpyCH4IV* por su disponibilidad y fácil resolución en geles de agarosa al 2%. El uso de sólo dos enzimas de restricción identificó la muestra S1 como *Ch. humboldtianum* y no se detectó variación intraespecífica así como en *Ch. estor* que fue identificada también con dos enzimas sin encontrar tampoco variación intra-específica.

La identificación de varias especies de peces utilizando marcadores moleculares provee una herramienta accesible que facilita la discriminación entre especies morfológicamente similares.

La identificación de peces blancos en México es altamente controversial por varias razones: 1) especies como *Ch. humboldtianum*, *Ch. estor* y *Ch. lucius* se han dispersado fuera de su rango natural de distribución y actualmente se encuentran en ambos lagos, 2) Hay un traslape de caracteres morfológicos, 3) Las claves de identificación utilizadas están basadas en organismos adultos lo que dificulta la diferenciación entre juveniles. Debido a lo anterior, la validación del método presentado en este artículo utilizando enzimas de restricción especie - específicas en dos de las especies que presentan traslapes morfológicos, y en organismos en etapas juveniles, muestra que es relativamente rápido, accesible y de un uso potencial en la práctica de la acuicultura.

## CAPITULO 6 ECOLOGIA

### 6.1 *Chirostoma* como modelo ecológico.

En el ámbito ecológico se han realizado estudios que pretenden establecer las relaciones del género *Chirostoma* dentro de su ambiente natural así como otros casos en los que estas especies se toman como modelo de ensayos ecológicos tal es el caso del trabajo de Vilchis (2000), donde se presenta la importancia de los modelos nulos proponiendo un método rápido y confiable para su construcción a través del estudio de la depredación por *Chirostoma riojai*. Este tipo de modelos tienen por objeto determinar si los patrones observados en campo son causados por mecanismos ecológicos o evolutivos, o tan sólo por el azar.

La población que se utilizó para el estudio presentó un patrón de depredación para sus presas, después de procesar los peces y analizar la dieta por clases de talla, se encontró que esta especie se alimenta de 10 tipos de presas distintas, mismas que al ser analizadas expresaron la aparente relación entre el tipo y cantidad de consumo y las diferentes tallas del pez, presumiendo que las variaciones ontogénicas en la dieta se pueden dar por competencia intraespecífica. Después de analizar los valores observados contra los esperados se encontró que son significativamente diferentes, por lo que el autor sugiere que el azar no es el mecanismo que determina el patrón en los datos observados, aduciendo que entonces, los valores pueden estar determinados por mecanismos ecológicos o evolutivos.

Otro trabajo en donde se toma al género *Chirostoma* como modelo es el de Altamirano *et al.* 2005, quienes utilizaron a *Ch. humboldtanium* para desarrollar un modelo *in vitro* de evaluación de embriotoxicidad de contaminantes ambientales tomando como ejemplo al Cadmio evaluando su toxicidad en huevos y embriones. Los resultados para los embriones de 96 horas de edad muestran que los tratamientos con 6 y 30 mM de cloruro de cadmio (CdCl) no afectan la sobrevivencia (100%) en los primeros tres días, pero a partir del cuarto día la mortalidad se fue elevando finalizando en el 54% para el día 6. En el tratamiento a 60 mM la mortalidad inició a las 24 horas con un índice del 70%. Los tratamientos mayores fueron letales al alcanzar el 100% de la mortalidad al primer día.

Para los embriones de 120 horas de edad se observó que con el tratamiento con 6 mM la mortalidad inició hasta el día 5, mientras que en los tratamientos de 30 y 60mM ésta se inició al tercer día, y para los tratamientos mayores el 100% de

mortalidad se vio retrasada en comparación con la edad menor. En conclusión se demuestra que la sensibilidad de los embriones de 96 horas es mayor que la de los embriones de 120 horas, observando en ambos casos una relación dosis-respuesta y una relación con el tiempo de exposición. Finalmente se aprecia que el cadmio es un agente embriotóxico y que su posible mecanismo de acción es la peroxidación lipídica al suponer que la barrera de protección semipermeable que presentan los huevos, permita el paso de el cadmio y que éste modifique a la gota de lípidos que se encuentra dentro del huevo como la última reserva de alimentación.

## **6.2 *Chirostoma* asociado a su ambiente natural**

En 1999, Soto y colaboradores realizaron un trabajo cuyo objetivo fue el conocer la composición de la fauna íctica en el Lago de Cuitzeo con el fin de determinar los cambios en la condición del ecosistema y para ello compararon las frecuencias de aparición de varias especies de peces, incluidas las especies nativas *Chirostoma charari*, *Ch. compressum*, *Ch. humboldtianum* y *Ch. jordani*, en dos etapas históricas, una antes de 1985, y otra entre 1985 y 1993, encontrando la relevante desaparición de las especies *Ch. charari* y *Ch. compressum* de este cuerpo de agua al ya no ser encontradas para la segunda etapa de estudio, así como una disminución de frecuencia en *Ch. humboldtianum* y *Ch. jordani*. Los autores aducen estos cambios a la baja en los niveles de agua del lago así como a la disminución en la calidad de la misma.

Para el 2002 Berlanga *et al.* revisaron la abundancia y estructura trófica en el Lago de Pátzcuaro, misma que se obtuvo a partir de muestreos realizados acompañados por la pesca comercial habitual en el lago, de ahí se define que habitan en el lago cuatro especies de *Chirostoma*: *Ch. estor* la cual es carnívora y presenta la mayor abundancia, y *Ch. grandocule*, *Ch. attenuatum* y *Ch. patzcuaro*, que se alimentan de zooplancton y representan la segunda importancia en abundancia del lago. Los autores concluyen que la estructura trófica del lago ha sido modificada por la inclusión de especies exóticas, lo cuál ha influido de manera grave en las relaciones tróficas del mismo y proponen la toma de medidas correctivas y preventivas para tratar de restablecer la estructura original del lago y evitar la desaparición de las especies nativas.

## CAPITULO 7 SANIDAD

Pocos son los trabajos de investigación publicados en los que se haga referencia directa a las enfermedades que afectan a las especies del género *Chirostoma*, destacan los estudios realizados por Osorio *et al.* que en 1986 realizaron un trabajo con el objeto de determinar las especies de helmintos que infestan a *Ch. estor* en el lago de Pátzcuaro durante un ciclo anual. Como resultado de los trece muestreos se registraron 8 especies de helmintos que parasitan a *Ch. estor* de las cuales tres fueron trematodos (*Posthodiplostomum minimum* se encontró en fase de metacercaria con presencia en el hígado, músculo, cerebro, mesenterio, intestino y ojo, se encontró también una metacercaria del tipo *Diplostomolum* habitando en el líquido cefalorraquídeo y por último a *Allocreadium mexicanum* en estómago e intestino), un cestodo adulto (*Bothriocephalus achelognathi*), un cistacanto (*Arthythmothynchus brevis* habitando en mesenterios, grasa alrededor de los intestinos, hígado, estómago, e intestino medio y anterior), dos nemátodos (*Capillaria patzcuarensis* habitando en intestino medio y posterior, y *Spinitectus carolini* habita el intestino anterior) y un hirudíneo ectoparásito (*Myzobdella patzcuarensis* habitando la boca y las aletas del cuerpo). Estos resultados reflejan una alta susceptibilidad de infección de la especie *Chirostoma estor*.

Una vez terminada esta labor Osorio *et al.* (1986) determinaron los daños producidos por la infección de metacercarias sobre el tejido hepático, su posible efecto en el pez y el papel que juega sobre la pesquería del recurso. Al observar muestras de hígado al microscopio, notaron la aparición de un color amarillento generalizado, además de un ligero aumento en su tamaño, también se observaron cambios histológicos asociados a la presencia de metacercarias enquistadas, inmersas en el parénquima hepático, estos quistes están constituidos por una doble pared, una interna de origen parasitario y otra externa formada por el hospedero. Al ser el hígado el órgano preferido por *P. minimum* se considera que las funciones hepáticas, sobre todo las relacionadas con la digestión, se ven disminuidas y, por consecuencia, los procesos de asimilación de nutrientes sufren alteraciones que se reflejan en anemia, palidez branquial, reducción de la talla y peso de los peces. Por esta razón los autores reiteran la necesidad de establecer una serie de medidas que prevengan una posible epizootia general producida por *P. minimum*, lo que traería consigo

consecuencias negativas en la pesquería y posible cultivo de la especie *ChChirostoma estor*.

Un último estudio fue el realizado por Choudhury y Pérez (2001) en el que se realiza la descripción taxonómica de la especie de nemátodo *Spinitectus osorioi* encontrado en *Ch. estor* y *Ch. attenuatum*, a partir de una redesccripción de la especie *Spinitectus carolini*, reportada años atrás como parásito de *Ch. estor*, los autores señalan que *S. osorioi* es la primera especie de su género que es descrita en atherínidos dulceacuícolas, mismos que son endémicos de lagos neovolcánicos de la región de la Mesa Central de México. El presente artículo se basa en aspectos conducentes describir este nematodo y busca esclarecer su origen, y al ser encontrado únicamente en éstas dos especies de *Chirostoma*, los autores sugieren que tanto huésped como parásito tengan los mismos orígenes evolutivos, a partir de atherínidos y nemátodos marinos ancestrales comunes.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Altamirano-Lozano M., Toledo-Herrera D., Rodríguez-Canto A. y Figueroa-Lucero G. (2005) "*Chirostoma humboldtianum* como modelo *in vitro* para el estudio de embriotoxicidad de metales pesados. I. Cloruro de cadmio". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 21 suplemento 1: 71-77.
2. Armijo O. y Sasso Y.L. (1979) "Observaciones preliminares en acuarios sobre incubación y alevinaje de atherínidos (*Chirostoma* spp) del Lago de Pátzcuaro, Mich". *Advances in Aquaculture* (Eds. T.V.R. Pillay y V.A. Dill. Fishing New Books Ltd. Farham, Surrey. 149-153.
3. Arredondo-Figueroa, J.L. (1998) "Sistemática molecular y poblacional de especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae)" CONABIO Informe Final del Proyecto H-017.
4. Álvarez y Navarro (1957) "Los peces del Valle de México". Secretaría de Marina. Dirección de Pesca e Industrias Conexas. México, D. F. 62pp.
5. Barbour, C. D. (1973) "The systematics and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinidae)". *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 18(3):97-141.
6. Barbour D.C. (1973) "Biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A species flock from the Mexican Plateau". *Copeia*, 3: 533-566.
7. Barriga-Sosa I. A. (2003) "La importancia de los estudios de genética molecular en el género *Chirostoma*" *Contacto* 47: 5-11.
8. Barriga-Sosa, I. A., Eguiarte, L. A. y Arredondo-Figueroa, J.L. (2004) "Low but significant subdivisión among populations of *Chirostoma grandocule* from lake Patzcuaro, México." *Biotropica* 36 (1): 85-98.
9. Barriga-Sosa, I. A., Pérez-Ramírez, M. Y., Soto-Aguirre, F., Castillo-Rivera M. y Arredondo-Figueroa J. L. (2005) "Inter-specific variation of the mitochondrial *r16S* gene among silversides, "Peces Blancos", (Atherinopsidae: Menidiinae) and its utilization for species identification" *Aquaculture* 250: 637-651.
10. Berlanga-Robles C., Madrid-Vera J. y Ruiz-Luna A. (2002) "Fish abundance and trophic structure from the commercial catch in Lake Patzcuaro, México." *Hydrobiologia* 467: 117-122.
11. Blancas-Arroyo G. A., Figueroa-Lucero G., Barriga-Sosa, I. A. y Arredondo-Figueroa J. L. (2004) "Effects of an artificial photothermal cycle on the

- reproduction of the shortfin silverside, *Chirostoma humboldtianum*, Valenciennes, 1835 (Pisces: Atherinopsidae)" *Aquaculture* 241: 575-585.
12. Bond, Carl E. (1979) "Biology of Fishes" Saunders College Publishing. USA. pp. 179
  13. Cabrera M.L., García C., López C., Ruíz A. y Guillén S. (1988). "Helmintos de *Chirostoma estor* (pescado blanco) especie endémica del lago de Pátzcuaro, Michoacán." Resúmenes XI Congreso Nacional de Parasitología. Pachuca, Hidalgo.
  14. Cárdenas-Reygadas R. y Barrera-Escorcía H. (1998) "Histología y ultraestructura del charal *Chirostoma jordani* (Osteichthyes: Atherinidae)". *Revista de Biología Tropical* 46 (4): 1-12.
  15. Castro-Ibarra, J. y López-García M. A. (2002) "Aislamiento y caracterización de una secuencia parcial del gen asociado a la producción de gonadotropina (GnRH) del charal *Chirostoma humboldtianum*" Tesis de Licenciatura. UNAM Fes-Iztacala, México.
  16. Compean, J. G. (2003) Presentación. En: Rojas-Carrillo, P., Fuentes-Castellano, D. (Eds.), Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F.
  17. Cházaro S., Navarrete, N. A. y Sánchez R. (1989) "Reproducción y crecimiento del charal *Chirostoma jordani* (Woolman) del embalse Trinidad de Fabela, Estado de México" *Revista de Zoología*, UNAM ENEP-Iztacala 1: 10-18.
  18. Choudhury A. y Pérez-Ponce de León G. (2001) "*Spinitectus osorioi* n. sp. (Nematodo: Cystidicolidae) from *Chirostoma* spp. (Osteichthyes: Atherinidae) in lake Pátzcuaro, Michoacán, México." *Journal of Parasitology* 87 (3):648-645.
  19. Espina, S., Latoumerie, J., Sánchez, A., Vega, M. E. (1989) "Determinación de los elementos del balance energético en el pescado blanco adulto, *Chirostoma estor* J. (Pisces, Atherinidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. 15 (1):195.
  20. Espinosa-Pérez H., Fuentes-Mata P., Gaspar-Dillanes T. y Arenas V. (1993) "Notes on Mexican Ichthyofauna In: Ramamoorthy, T., Lot, A., Rye, R. y Fa, J. (Eds.) "Biological Diversity of México: Origins and Distribution. N. York. Oxford University Press. Pp 229-251.
  21. Figueroa-Lucero, G., Paulo-Maya, J., Hernández-Rubio, M. C. (2003). Retrospectiva y avances en el conocimiento de la biología y ecología de los charales y peces blancos del género *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en la ENCB:IPN. En: Rojas-Carrillo, P., Fuentes-Castellano, D. (Eds.), Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F. 29-48.

22. Figueroa-Lucero, G., Hernández-Rubio, M. C., Meza-González, O., Arredondo-Figueroa, J. L., T., Barriga-Sosa, I. A. y Rodríguez-Canto, A. (2004) "Growth, survival and mandible development in the larvae of the shortfin silverside *Chirostoma humboldtanium* (Valenciennes) (Atheriniforme: Atherinopsidae) under laboratory conditions. *Aquaculture* 242: 689-696.
23. Figueroa-Lucero, G., Hernández-Rubio, M. C., Meza-González, O., Arredondo-Figueroa, J. L., Castro-Barrera, T., Barriga-Sosa, I. A. y Rodríguez-Canto, A. (2004) "Effect of food type on growth and survival of *Chirostoma riojai* Solórzano y López, 1965 (Atheriniformes: Atherinopsidae) during early development" *Journal of Biological Research* 2: 93-99.
24. García De León, F.J. Y Pérez Velázquez, H. (1996). "Aspectos Poblacionales de *Chirostoma estor* Jordan (Pescado Blanco) y *Micropterus salmoides* Lacépède (Lobina Negra) en el Lago de Pátzcuaro Mich., Méx.". Cuadernos Mexicanos de Zoología. Revista de la Sociedad Mexicana de Zoología, 2 (1): 31-39.
25. González-Barajas J.L. (2002) "Descripción de la estructura y ultraestructura del ovario de *Chirostoma humboldtanium* (Valenciennes 1835)" Tesis de Licenciatura. UNAM-FES Iztacala, Méx.
26. Guzmán-Arroyo, (1995) "El Lago de Chapala" En: G. de la Lanza-Espino y J. L. García Calderón Eds. "Lagos y Presas de México" Centro de Ecología y Desarrollo, México, D.F. pp. 129-145.
27. Helfman, Gene S. (1997) "The diversity of fishes" Blackwell Science Inc. USA. pp. 244-246.
28. Hernández, R. G. y Tolosa, J. S. (1983) "Características histológicas e histoquímicas de los corpúsculos de Stannius en *Chirostoma jordani* y *Chirostoma estor*" *Veterinaria México* 14: 86-92.
29. Lagler, K., Bardach, J., Miller, R., May Passino, D. (1977) "Ictiología" AGT Editor. México 1ª edición.
30. Lara, V. A. (1974) "Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del pescado blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma* Jordan 1879)" Simp. FAO/Carpas: Acuicultura en América Latina. 113-116.
31. Limón J.G. y Lind O.T. (1990) "The management of lake Chapala (México): considerations after significative changes in the water regime. *Lake and Reservoir Management* 6(1): 61-70.
32. Martínez Palacios, C. A., Ríos-Durán, M. G., Campos Mendoza, A., Toledo Cuevas, M., Ross, L. G. (2002) Avances en el cultivo del pescado blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en

- Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
33. Martínez-Palacios, C. A., Barriga-Tovar, E., Taylor, J. F., Ríos-Durán, G. y Ross, L. G. (2002) "Effect of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor estor*, Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes" *Aquaculture* 209: 369-377.
  34. Martínez-Palacios, C. A., Comas-Morte J., Tello-Ballinas J. A., Toledo-Cuevas, M. y Ross, L. G. (2004) "The effects of saline environments on survival and growth eggs and larvae of *Chirostoma estor* Jordan 1880 (Pisces: Atherinidae)" *Aquaculture* 238:509-522.
  35. Miranda-Gutiérrez, M. N. (2002) "Estudio biológico para la reproducción en laboratorio y estanques del charal *Chirostoma jordani* del lago de Xochimilco" Tesis de Licenciatura. UNAM-FES Iztacala, México.
  36. Moncayo-Estrada, E. R., Escalera, G. C. y Segura G. V. (2003) "Los pescados blancos del lago de Chapala. Características generales". En: Rojas-Carrillo, P., Fuentes-Castellanos, D. (Eds.), *Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F. 51-77.
  37. Morales-Ventura J., Nandini S. y Sarma S. S. S. (2004) "Functional responses during the early larval stages of the charal fish *Chirostoma riojai* (Pisces: Atherinidae) fed rotifers and cladocerans" *Journal of Applied Ichthyology* 20: 417-421.
  38. Moyle, P. (1988) "Fishes: An Introduction to Ichthyology" 2da ed. Prentice Hall. USA. pp. 274.
  39. Navarrete N. A., Sánchez R. y Rojas M. (1996) "Selección del zooplancton por el charal *Chirostoma jordani* (Atheriniformes: Atherinidae)" *Revista de Biología Tropical* 44 (2):757-761.
  40. Osorio-Sarabia D., Pérez-Ponce de León G. y Salgado-Maldonado G. (1986) "Helmintos de peces del lago de Pátzcuaro. Michoacán I: Helmintos de *Chirostoma estor* el "Pescado Blanco". Taxonomía" *Anales del Instituto de Biología UNAM Serie Zoología* 57 (1): 61-92.
  41. Osorio-Sarabia D., Pérez-Ponce de León G. y García-Márquez L. J. (1986) "Helmintos de peces del lago de Pátzcuaro. Michoacán II: Estudio histopatológico de la lesión causada por metacercarias de *Posthodiplostomum minimum* (Trammatoda: Diplostomidae) en hígado de *Chirostoma estor*" *Anales del Instituto de Biología UNAM Serie Zoología* 57 (2): 247-260.
  42. Pérez V. H. y García de León F. J. (1985) "Edad y crecimiento de *Chirostoma estor* Jordan (pescado blanco) y *Micropterus salmoides* Lacépède (lobina

- negra), en el lago de Pátzcuaro, Mich., México". *Biológicas*, Boletín Departamento de Biología, Escuela de Biología, UMSNH, 1: 23-47.
43. Ramos-Ortiz, C. (2001) "Bioensayos de alimentación y crecimiento en larvas de *Chirostoma riojai* (Pisces: Atherinidae) bajo condiciones de laboratorio". Tesis de Licenciatura. ENCB-IPN. México.
44. Revelo-Alcántara L. G. (2002) "Aclimatación y mantenimiento de *Chirostoma humboldtianum* en estanques con aguas tratadas" Tesis de Licenciatura. UNAM-FES Iztacala, México
45. Rodríguez-Ruiz A. y Granado-Lorencio C. (1989) "Características morfo-funcionales de *Chirostoma consocium*, *Ch. chapalae* y *Ch. ocotlanae* del lago de Chapala, México (Pisces. Atherinidae)" *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 15 (2): 265-272
46. Rojas, (2003) "Cultivo del pescado blanco del lago de Pátzcuaro. Una revisión de las investigaciones del Instituto Nacional de la Pesca". En: Rojas-Carrillo, P., Fuentes-Castellanos, D. (Eds.), *Historia y Avances del Cultivo de Pescado Blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D. F. 15-28
47. SEMARNAT(2005)  
<http://portal.semarnat.gob.mx/semarnat/portal/mapadelsitio/lagodepatzcuaro>
48. Soto-Galera E., Paulo-Maya J., Serna-Hernández J. A. y Lyons, J. (1999) « Change in Fish Fauna as Indication of Aquatic Ecosystem Condition in Río Grande de Morelia Lago de Cuitzeo Basin, Mexico. » *Environmental Management* 24 (1): 133-140.
49. Uria G. E., Moncayo L. M. Y Garibay G. R. (1998) « Desarrollo y madurez testicular del charal *Chirostoma humboldtianum* (Pisces : Atherinidae), del embalse Huapango, Edo. De México. » *Hidrobiológica* 8(1) :9-18.
50. Uribe-Alcocer, M., Olvera-García, H. y Díaz-Jaimes, P. (2002) "Karyotype analysis in three species of the genus *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinidae)" *Ichthyological Research* 49: 85-88.
51. Vega, M. E., Díaz, F. y Espina, S. (2004) "Balance energético de juveniles de *Chirostoma estor estor* (Jordan, 1879) (Pisces, Atherinopsidae) en relación con el tamaño corporal. *Hidrobiológica* 14 (2): 113-120.
52. Vilchis O. M. (2000) "Modelos nulos en interacciones biológicas, una propuesta: Depredación en *Chirostoma riojai*-zooplancton" *Ciencia Ergo Sum* 7 (2):152-156.