

Avances en el Cultivo del Pescado Blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor estor*

Martínez Palacios, C.A¹., Ríos-Durán, M.G¹., Campos Mendoza, A¹., Toledo Cuevas, M¹. L. G. Ross².

¹Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales (U.M.S.N.H.), Av. San Juanito Itzúcuaro S/N., Col. San Juanito Itzúcuaro, Morelia, Michoacán, México.
E-mail: palacios@zeus.umich.mx

²Institute of Aquaculture- University of Stirling, U.K.
Fax: 524433272350

ABSTRACT

Silverside fish, *Chirostoma estor estor*, is an important native species in Lake Pátzcuaro (Michoacán, México). Unfortunately, this species is under a strong fishing pressure. There have been some previous studies to establish the basic requirements for its culture, but still very little is known about its larviculture and rearing. The present study deals with: 1) the description of the anatomical structures of the mouth under electronic microscopy, showing that this species is a zooplanktophagous fish; 2) the main embryological and larval development stages, showing a small egg and a short eclosion period, typical of marine fishes; 3) the temperature and salinity culture conditions and methods that our group have implemented for the artificial fertilization, incubation of eggs and thorough life cycle culture; 4) first feeding with marine rotifers and *Artemia* nauplii, weaning after 25 days with artificial diets; 5) total proteolytic as well as some specific proteolytic enzymes were evaluated in *C. estor estor* larvae. It is shown that tripsin-like enzymes are the most active and important for protein digestion, since yolk-sac larvae to adult stage, suggesting a functional digestive system and its ability to digest live and inert food, and 6) *C. estor estor* have shown a typical carnivorous 1:0.7 (digestive tract: total length) ratio, but it seems that does not have a real anatomical and functional stomach as the whole digestive tract have shown a high pH along it and a very low activity of pepsine-like protease.

All these have resulted in a great improvement of the survival and growth of *C. estor estor*, since egg to maturation stage.

Key words: *Chirostoma estor estor*, larviculture, oral anatomical structures, digestive capacity, temperature, salinity, culture conditions.

INTRODUCCIÓN

El pez blanco es un pez de agua dulce perteneciente a la familia Atherinidae, la cual tiene entre 150 y 160 especies representantes en su mayoría marinos y estuarinos. El género *Chirostoma* 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. El pez blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor estor*) es una especie endémica del Lago de Pátzcuaro situado en el Estado de Michoacán en el centro del país. Todos los miembros del género *Chirostoma* son endémicos del altiplano mexicano, especies totalmente de agua dulce, pero presentan similitudes con algunos atherinidos marinos, al poseer ancestros marinos comunes (Barbour, 1973).

El pez blanco de Pátzcuaro (*C. estor estor*), es una importante fuente de ingresos para los pobladores de la región y muchas familias dependen en forma casi exclusiva de su pesquería. Actualmente se encuentra en peligro debido al gran deterioro de su entorno en el lago de Pátzcuaro y a la gran demanda que tiene en el mercado local y regional. Por ello 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.

Una alternativa para recuperar las poblaciones del pez blanco, así como para crear fuentes de ingresos para los pescadores de la zona, es la implementación de su cultivo. A la fecha se han realizado estudios sobre la biología y el desarrollo embrionario de especies de *Chirostoma* (Solórzano, 1963; Oseguera, 1990; Morelos *et al.*, 1994), así como trabajos básicos sobre su cultivo (Rosas, 1970; Rojas & Mares, 1988; Rosas-Monge, 1994). En los intentos que se han realizado a través de los años para implementar su cultivo, se ha tenido en general baja sobrevivencia en las etapas larvarias principalmente debido al desconocimiento de los requerimientos de las larvas de estos peces y por otra parte, al ataque de parásitos como son los hongos del género *Saprolegnia* que parasitan tanto huevos fertilizados, como larvas, juveniles y adultos.

Para implementar el cultivo del pez blanco se requiere estudiar aspectos de sus hábitos en cautiverio, estructuras de alimentación, factores ambientales en el desarrollo y la sobrevivencia, primera alimentación, destete y alimentación inerte, con lo cual se pueden sentar las bases para iniciar su cultivo.

EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS BUCALES Y FARINGEAS DE LARVAS Y JUVENILES DE *Chirostoma estor estor*

Con el fin de tratar de determinar algunos aspectos de la anatomía bucal de esta especie y esclarecer con base en ella los hábitos alimenticios de larvas y juveniles, se llevó a cabo disección y extracción de mandíbulas, arcos branquiales y dientes faríngeos de larvas juveniles y adultos de pez blanco cultivados en el laboratorio. Se realizaron observaciones

en fresco de las estructuras y posteriormente se secaron y metalizaron con cobre para tomar fotografías al microscopio electrónico.

En la Figura 1a. podemos observar 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 (Figura 1b) son numerosos y su complejidad es clara hasta el año de edad en donde ornamentaciones y haces de dientes se encuentran colocados alternadamente en los arcos branquiales (Figura 1c), de tal manera que se forma una compleja trama de filtración cuando los arcos branquiales se cierran en los adultos. Es también bastante evidente que desde los 20 días de edad las branquiespinas en el primer arco branquial poseen una notoria longitud, característica de especies que filtran partículas (Lagler *et al.*, 1977). Estas branquiespinas a los 80 días de edad son conspicuas y conforman un complejo sistema de filtración altamente ornamentado con espículas que son muy notorias a partir de los 90 días, como puede observarse en la Figura 2.

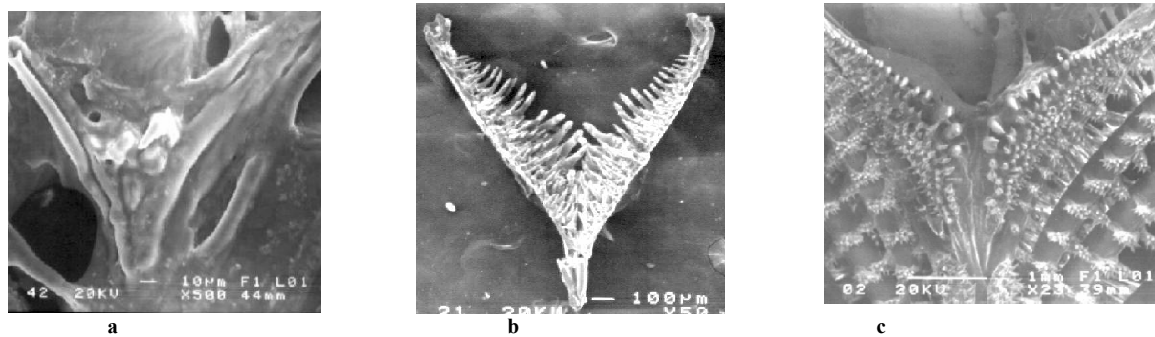


Figura 1. Dientes faríngeos de *Chirostoma estor estor* de 10 días(a); 80 días (b) y 1 año de edad (c).

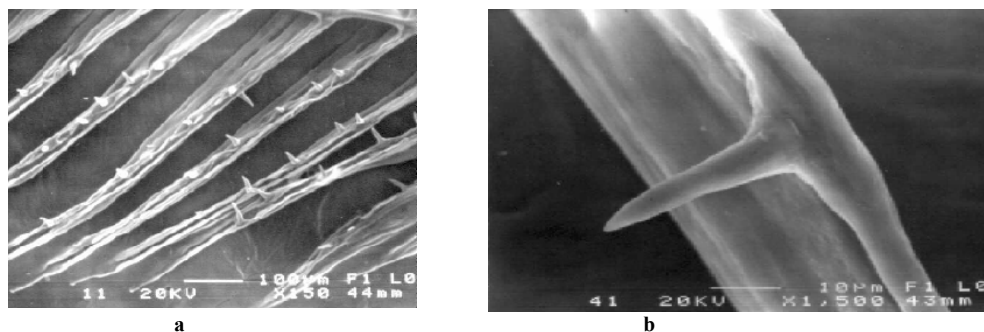


Figura 2. Branquiespinas de *Chirostoma estor estor* de 90 días de edad (a); se presenta el detalle de una branquiespina (b).

Aunque las branquiespinas inician su ornamentación con pequeñas espinas a partir de los 90 días, no es hasta el año cuando esta ornamentación se completa y estas espinas branquiales se convierten a su vez en un sistema de filtración complejo para el primer arco branquial, como puede verse en la fotografía al año de edad; normalmente espinas branquiales elongadas son una adaptación clara a la filtración, como en el caso del género coregonus (Lagler *et al.*, 1977). Los dientes de la placa faríngea son delgados

monocúspides asociados a una dieta de pequeñas partículas (Trewavas, 1983). Los peces blancos poseen una la boca terminal y pequeños dientes monocúspides en la mandíbulas superior e inferior (Figura 3).

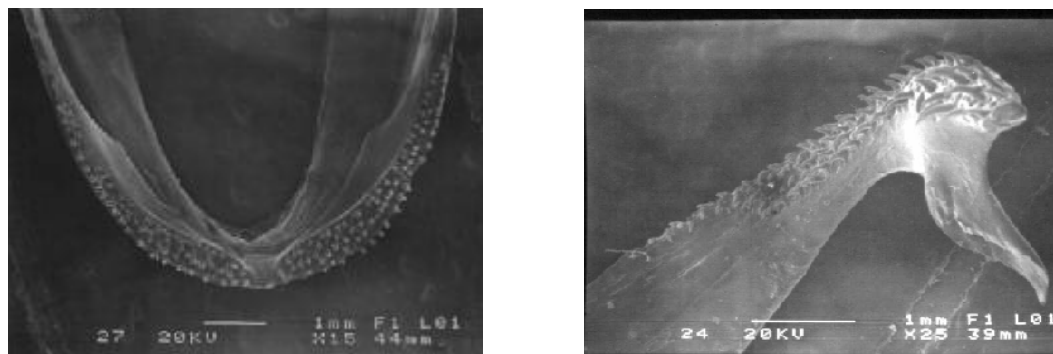


Figura 3. Detalles de mandíbula con dientes monocúspides de *Chirostoma estor estor* de un año de edad.

En conclusión *Chirostoma estor estor* tiene, 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 la filtración para el consumo de pequeñas partículas desde edades muy tempranas que se convierte en un sistema complejo de filtración zooplanctófago cuando es juvenil y adulto, lo cual no invalida a la especie a incluir dentro de su dieta a Astacidos de tamaño mediano y peces cuando alcanza las tallas adultas.

ESTRUCTURAS EN EL HUEVO Y LAS PRIMERAS LARVAS

Segner *et al.* (1994) sugieren que características específicas de las larvas de los peces, tales como el desarrollo del tracto digestivo al inicio de la alimentación exógena, pueden ser una adaptación al tamaño del animal. Peces con huevos grandes, absorben su saco vitelino en largos períodos y presentan larvas de mayor tamaño, lo cual favorece una organogénesis avanzada del tracto digestivo al momento de la primera alimentación; mientras que peces con huevos muy pequeños, como es el caso de peces marinos, muestran una organogénesis incompleta del tubo digestivo al comienzo de la alimentación exógena.

Los huevos del pez blanco *Chirostoma estor estor* son de tamaño pequeño (entre 0.9 y 1.2 mm de diámetro) poseen 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 (a 25°C) y el saco vitelino desaparece hacia el tercer día después de la eclosión (Campos, 2000; Martínez-Palacios, 2002). No se ha definido la duración del período larvario de esta especie y se carece de conocimientos básicos acerca de los cambios funcionales y estructurales del aparato digestivo y del metabolismo de sus estadios tempranos. Las larvas antes de la eclosión poseen un desarrollo extraordinario de los ojos que se hace patente en su habilidad de captura de presas en el momento de la eclosión.

Por otro lado los huevecillos contrario a otras especies de agua dulce, poseen una cantidad limitada de vitelo, acompañada de un gran glóbulo de aceite como reserva energética que es consumido durante el desarrollo larvario y que puede observarse como remanente hasta después de 3 a 4 días pasada la eclosión (Figura 4).

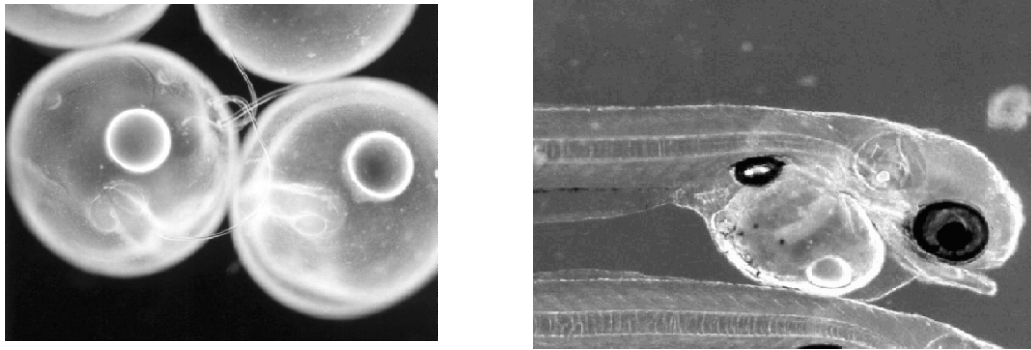


Figura 4. Huevos y larvas de *Chirostoma estor estor* en los que se evidencia claramente el glóbulo de aceite.

En los sistemas tradicionales de desove del pez blanco, se utilizan reproductores capturados en el lago y se realiza fertilización artificial, mediante la manipulación de la hembra presionando con gentileza sus costados para obtener los óvulos maduros, los cuales se fertilizan con el esperma obtenido de por lo menos dos machos por medio de desove utilizando también la presión abdominal. Todo esto se lleva a cabo utilizando agua del lago y con un mezclado lento y pausado de los productos sexuales utilizando la cola de uno de los mismos reproductores. Posteriormente los huevecillos se adhieren por los hilos que poseen a raíces de lirio acuático (*Eichornia* sp.) colocadas expofeso, donde se incuban a temperatura ambiente (20-22°C) obteniéndose la eclosión en aproximadamente 12 a 14 días. La mortalidad en estas condiciones alcanza valores de 50 a 70% en el momento de la eclosión debido principalmente a infecciones por hongos y asfixia de los huevos debido a la adhesión de los hilos.

La metodología actualmente usada en nuestro laboratorio para reducir la mortalidad se inicia cuando después del desove manual los huevecillos son recibidos en solución carbamida (Hórvat *et al.*, 1984) en lugar de agua del lago, de tal manera que los hilos de adhesión no se activan (Figura 5), pudiendo hacer una fertilización mas eficiente, al retardarse el proceso de adhesión, hecho que puede reducir considerablemente la sobrevivencia por asfixia en la zona interna de la masa de huevos. Posteriormente a la fertilización se adiciona agua dulce que dispara el mecanismo de adhesión y se colocan fibras nylon para que los huevos se adhieran evitando en lo posible la aglomeración y el contagio por hongos (Figura 6).

Posteriormente los huevos fertilizados se colocan en canaletas con agua a 10 o/oo y a una temperatura de 25 °C y la eclosión se lleva a cabo en siete días (Martínez *et al.*, 2002). Un

día antes de la eclosión cuando los huevos están totalmente oculados se reduce la salinidad a 5 o/oo, lo que permite una eclosión masiva con mortalidades sobre huevos fertilizados originalmente de sólo un 10 a 15%, puesto que estas salinidades inhiben el ataque por hongos.

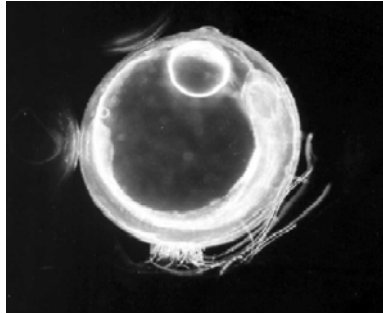


Figura 5. Huevo de *Chirostoma estor estor* en el que se observan sus hilos de adhesión.

Otra característica importante es que la vesícula biliar se puede observar dos días antes de la eclosión cuando la larva se encuentra aún en el huevo, aspecto que en otras especies acontece hasta después de por lo menos 8 días después de la eclosión, así las larvas antes de tomar su primer alimento tienen una conspicua vesícula biliar de color verde pálido a verde intenso. Esta coloración de la vesícula viene a ser una inconfundible señal de inanición de las larvas, aspecto muy importante para reconocer la muerte por ésta razón y adicionar alimento si éste es requerido.



Figura 6. Huevos de pez blanco *Chirostoma estor estor* adheridos a fibras de nylon

TRACTO DIGESTIVO

El Intestino de juveniles y adultos de pez blanco tiene una proporción de 1:0.7, característica de un carnívoro, sin embargo esta especie no posee un verdadero estómago (Figura 7). Esto se ve confirmado porque a lo largo del tracto digestivo del pez blanco

adulto el pH se mantiene entre 6.5 en la sección anterior y 8 en la parte media y posterior del tracto digestivo.(Graham, 2001).



Figura 7. Adulto de *Chirostoma estor estor* mostrando su tracto digestivo en relación a su longitud total. Se aprecia la carencia de un estómago como tal.

Según Pedersen *et al.* (1987), la capacidad digestiva está directamente relacionada con la cantidad de enzimas digestivas disponibles, necesarias para el rompimiento extracelular de un alimento. De esta manera, el análisis de enzimas puede utilizarse como herramienta para el entendimiento de las condiciones nutricionales de las larvas en etapas tempranas de desarrollo. Al ser la actividad de las enzimas digestivas un buen indicador de la capacidad digestiva de las larvas, el momento de mayor actividad enzimática puede indicar cuándo el individuo está fisiológicamente listo para digerir alimento exógeno (Gawlicka *et al.*, 2000).

Algunas enzimas proteolíticas (proteasas o peptidasas) han sido propuestas como indicadores de la condición nutricional de las larvas de peces; estas enzimas toman parte en la utilización de proteínas y consecuentemente afectan el crecimiento del organismo (Dabrowski & Glogowski, 1977). Como lo afirman Díaz *et al.* (1997), la actividad proteolítica es un aspecto decisivo para establecer si las larvas tienen la habilidad de utilizar dietas artificiales.

La detección de pepsina en larvas de peces es usualmente considerada como un indicador de un estómago funcional (Moyano *et al.*, 1996). El tracto digestivo es completamente funcional con la diferenciación de un estómago y con el inicio de secreción de pepsina, lo cual trae una mejor degradación de los componentes de la dieta (Zambonino-Infante & Cahu, 1994). En los casos en los que el estómago de las larvas no se encuentre completamente desarrollado, la falta de pepsina se ve compensada por una elevada actividad proteolítica alcalina en el intestino en las primeras etapas de vida (Walford & Lam, 1993; Moyano *et al.*, 1996).

Hasta el momento se ha detectado actividad enzimática en larvas de pez blanco de tipo pepsina y tripsina, lo que hace ver que estas especies poseen un equipo enzimático capaz de digerir proteínas a temprana edad, aunque todavía es necesario conocer la cantidad de enzima que puede llegar a producirse, de tal manera que se pueda inferir la capacidad real digestiva de estas especies.

Enzimas de tipo pepsina presentan una actividad baja a lo largo de todo el tracto digestivo del pez blanco, mientras que enzimas de tipo tripsina son detectadas con una mayor actividad a lo largo del intestino, lo cual pone en evidencia que la última es la proteasa de mayor importancia durante la digestión de esta especie. Ambas enzimas tienen un intervalo amplio de actividad en pH que oscila entre 2 y 10, teniendo siempre la enzima tipo tripsina mayor actividad que la peptidasa de tipo pepsina. (Graham, 2001).

En conclusión y debido a las evidencias mostradas podemos decir que el pez blanco es una especie que no posee un estomago definido, el pH del tracto digestivo oscila entre neutro y alcalino y por lo tanto la mayor actividad de proteasas que se tiene dentro de las analizadas es la de tipo tripsina.

ESTUDIOS SOBRE TEMPERATURA Y SALINIDAD

Con el propósito de optimizar el cultivo del pez blanco se llevó a cabo un estudio sobre el crecimiento de larvas a diferentes temperaturas (Martínez-Palacios *et al.*, 2002). Como resultado se obtuvo el mejor crecimiento y la mejor supervivencia para el cultivo de larvas a una temperatura de 25°C; lo cual sirve hoy de base para el manejo de la especie durante su producción masiva.

Comas-Morte (2001) describe que el mejor crecimiento y sobrevivencia de larvas de *Chirostoma estor estor* cultivados a 25°C se lleva a cabo en salinidades de 10 y 15 o/oo (Figura 8). Por otro lado Tello Ballinas *et al.* (2001) muestran que los huevecillos de *C. estor estor* tienen un adecuado desarrollo a 10‰, sin embargo la eclosión no es eficiente si la salinidad no se reduce a 5 o/oo antes de la eclosión (Figura 9); también encuentran que a salinidades mayores de 10 o/oo el ataque de hongos es totalmente inhibido con lo que la mortalidad por éste tipo de parasitosis es nula (Figura 10).

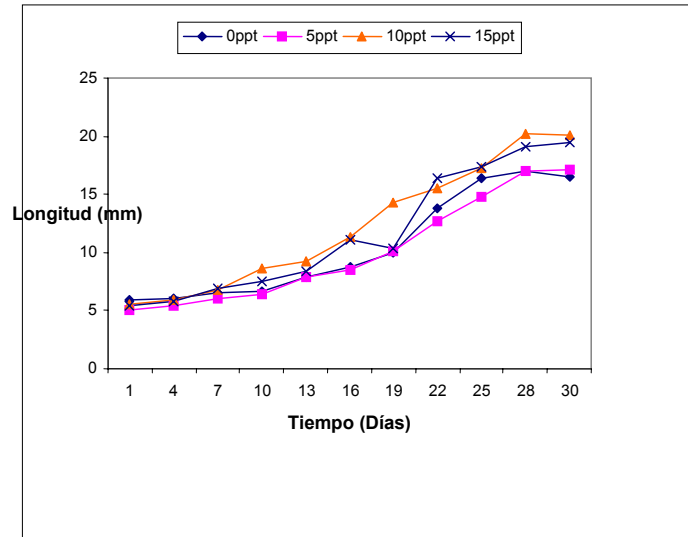


Figura 8. Crecimiento de larvas de *C. estor estor* mantenidas a diferentes salinidades, durante 30 días de cultivo.

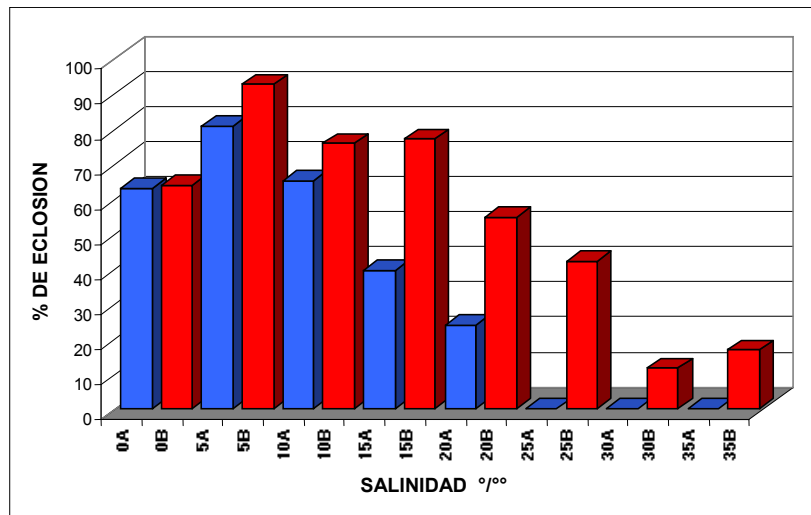


Figura 9. Por ciento de eclosión de larvas de *C. estor estor* mantenidas a ocho salinidades (Las salinidades con letras B se bajaron a cero antes de la eclosión).

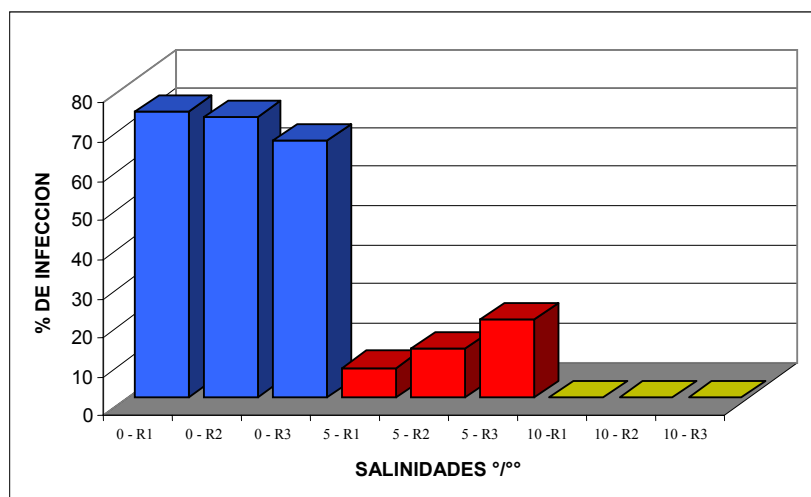


Figura 10. Por ciento de infección por hongos en la incubación de huevos de *C. estor estor*

Estos hallazgos han permitido reducir la mortalidad a prácticamente cero durante la incubación y el desarrollo de larvas y juveniles de la especie, permitiendo tener parámetros ambientales confiables para llevar a cabo experimentación con alimentación.

PRIMERA ALIMENTACIÓN

La primera etapa y a su vez, la más crítica en el cultivo de peces es lograr la obtención masiva de larvas y juveniles con baja mortalidad y mejor crecimiento. El período de transición entre la reabsorción del saco vitelino (reservas alimenticias) y la primera alimentación de las larvas de peces es crucial (Watanabe & Kiron, 1994), pues frecuentemente se presentan altas mortalidades, que según Jones & Houde (1986) son el resultado de una alimentación inicial inadecuada. El caso del pez blanco no es la excepción pues, al igual que en el caso de los peces marinos, se presenta baja sobrevivencia en las etapas tempranas de desarrollo.

El sistema digestivo de las larvas de peces está adaptado para la digestión de organismos zooplanctónicos (alimento vivo), y su capacidad para procesar alimentos artificiales ha sido ampliamente discutida (Segner *et al.*, 1989). El cambio de alimento vivo a dietas artificiales, fase conocida como “destete”, es crucial en la larvicultura. En el caso de peces marinos esta fase puede darse después de algunas semanas de vida, mientras que en peces de agua dulce puede darse en etapas tempranas; incluso algunas especies dulceacuícolas pueden recibir dietas artificiales desde el momento en que las larvas abren su boca (Cahu & Zambonino-Infante, 1995).

Aún la larvicultura marina depende en gran medida de los cultivos de alimento vivo, los cuales requieren de espacio e incrementan los costos de producción (Kolkovski *et al.*, 1993). Es por ello que se busca reducir o eliminar el período en el que se proporciona

alimento vivo, y reemplazar este por dietas elaboradas. Desafortunadamente, al proporcionar dietas artificiales a las larvas, se presentan menores crecimientos y más baja sobrevivencia que al proporcionar alimento vivo. Una posible explicación del poco éxito del uso de dietas artificiales es que el sistema digestivo de las larvas no se encuentre completamente desarrollado (Hoffer & Nasir Uddin, 1985) y que no tengan la capacidad de digerir el alimento proporcionado.

Con el fin de establecer un estándar o línea base de alimentación confiable y reproducible lejos del zooplancton colectado para alimentar a larvas de pescado blanco y teniendo en cuenta tanto el carácter predador de las larvas como el tamaño de su boca, se llevó a cabo el cultivo masivo de rotíferos de agua dulce y marinos, encontrándose que los rotíferos de agua dulce (*Brachionus rubens*) sólo pueden usarse como primera alimentación, seleccionando a los neonatos (Campos-Mendoza, 2000), los adultos sólo pueden utilizarse después del quinto día debido su tamaño, que oscila entre 150 300 micras. Sin embargo una vez usando salinidades entre 5 y 10 o/oo la posibilidad de utilizar *Brachionus plicatilis* se incrementa notablemente, debido a que este rotífero en la línea que cultivamos oscila entre 90 y 150 micras lo que permite utilizarlo sin la selección de neonatos ya que la apertura de boca de *C. estor estor* es mayor que su talla. Así se puede proporcionar *B.plicatilis* a las larvas de pez blanco, usando hasta 20 rotíferos por mililitro en densidades de 10 y 20 larvas por litro. Los rotíferos *B.plicatilis* en cultivo se alimentan con microalgas del género *Clorella* sp. cultivada a salinidades de 5 y 10 o/oo.

Como se puede ver en la Figura 11, los rotíferos pueden ser en principio usados para alimentar las larvas hasta los 15 días, a partir de los cuales se proporcionan nauplios recién eclosionados de *Artemia salina* (puesto que en ese momento el tamaño de boca de los peces es lo suficientemente grande para su consumo) hasta los treinta días, y se destetan con alimento artificial retirando los nauplios de *A. salina*. Sin embargo, en su carácter de filtradores, las larvas de pez blanco pueden seguir alimentándose de rotíferos hasta los treinta días (Figuras 12 y 13).

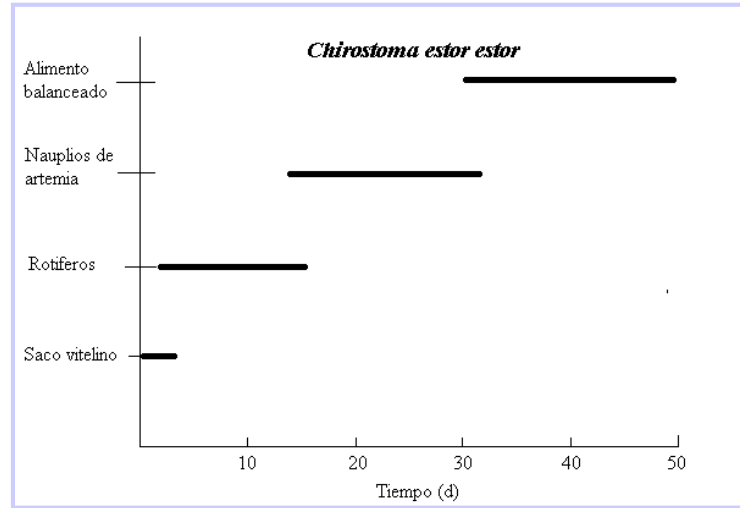


Figura 11. Programa de alimentación utilizado para larvas de *C. estor estor* hasta el destete.

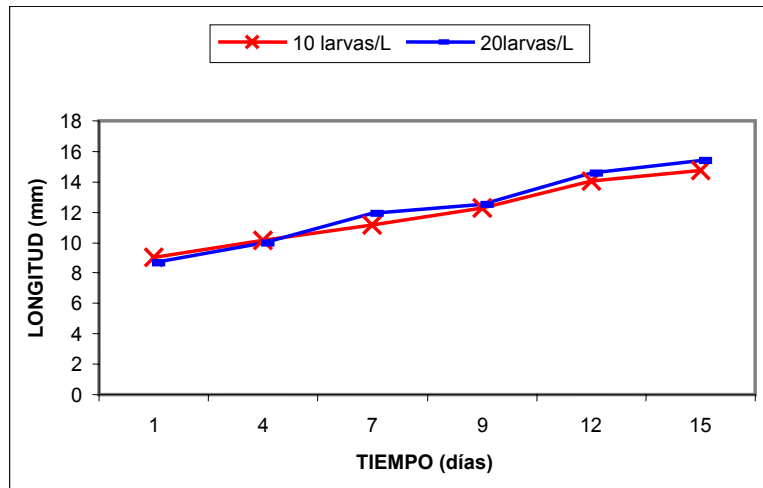


Figura 12. Crecimiento de larvas de pez blanco alimentadas con rotíferos *B. plicatilis* durante 15 días, cultivadas a densidades de 10 y 20 larvas/litro

Con este sistema de alimentación, la mortalidad del pez blanco en etapas tempranas es baja (Figura 14).

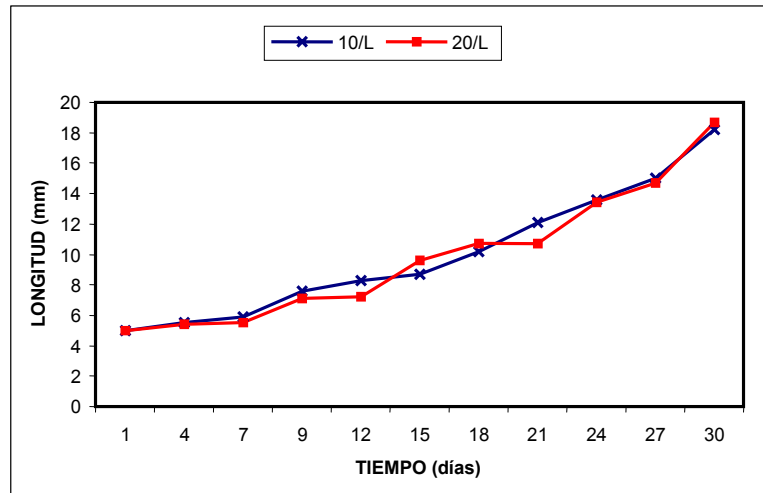


Figura 13. Crecimiento de larvas de pez blanco alimentadas con rotíferos *B. Plicatilis* durante los primeros 15 días y posteriormente con *Artemia salina* hasta los treinta días, cultivadas a densidades de 10 y 20 larvas/litro

DESTETE

El destete en larvas de pez blanco se inicia a partir de los 25 días, para evitar el uso de *A. salina* en un plazo mayor de tiempo y con ello reducir notoriamente los costos de producción. El proceso se lleva a cabo de la manera siguiente: Los peces alimentados con nauplios de *A. salina* o *B.plicátilis* son iniciados a partir del día 25 después de la eclosión, ofreciendo alimento en hojuelas de tamaños que oscilan alrededor de las tallas de los nauplios (295 a 400 micras).

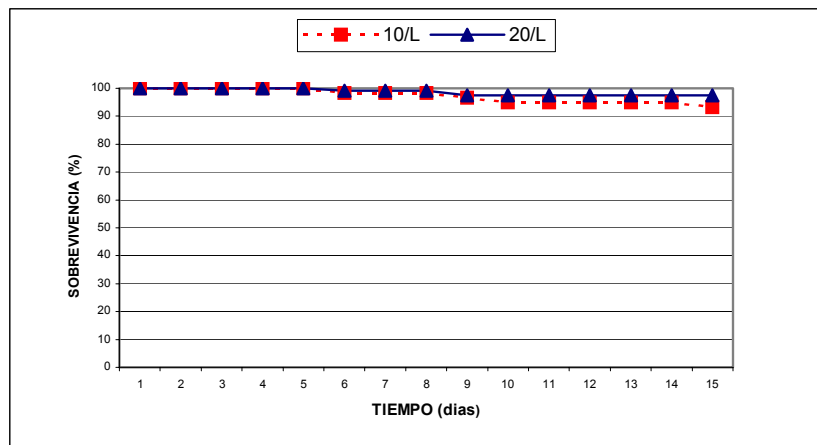


Figura 14.- Sobrevivencia de larvas de *C. estor estor*, durante 15 días de cultivo a densidades de 10 y 20 larvas por litro.

El pez blanco de Pátzcuaro tiene una gran selectividad en el tamaño del alimento a consumir pues partículas tan o más grandes que el tamaño de la boca son totalmente rechazadas. Además el alimento debe mantenerse el mayor tiempo posible en la superficie o sedimentarse lentamente, debido que las crías al inicio de su alimentación no toman el alimento del fondo; igualmente es necesario ofrecer el alimento con una alta frecuencia, para que se encuentre disponible.

Esta especie no es voraz cuando empieza a consumir alimento artificial y empieza a serlo hasta que han pasado varias semanas del destete. Otra particularidad del pez blanco es la poca capacidad en el tracto digestivo para almacenar alimento, debido a que carece de un estómago verdadero y posee un corto intestino, hecho que lo convierte necesariamente en un consumidor frecuente, lo cual no es extraño en una especie zooplanctófaga.

CICLO BIOLÓGICO CERRADO EN CAUTIVERIO

Las investigaciones llevadas a cabo por el grupo de trabajo han permitido seguir el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro, fuera de su hábitat natural en sistemas de cultivo cerrados. En estos sistemas se ha constatado que los peces llegan a la madurez gonádica en aproximadamente un año con tallas que oscilan entre los 12 y 15 centímetros de longitud total. Tanto hembras como machos han sido evaluados y se ha observado que producen óvulos y esperma al término de un año, además de que se han logrado los primeros desoves en cautiverio. Las larvas así obtenidas se han desarrollado sin contratiempo. La especie es un desovador frecuente, pequeñas cantidades de huevos dependiendo de la talla (500 a 3000) maduran y los picos de desove al parecer se sincronizan con el ciclo lunar. En el laboratorio el foto periodo influye de una manera preponderante puesto que se han logrado desoves con alta frecuencia teniendo iluminación durante 24 horas.

CONCLUSIONES

Es evidente que se ha avanzado notoriamente en el cultivo de *Chirostoma estor estor* puesto que se tienen algunas bases que nos permiten entender cuáles fueron los problemas en el pasado y por qué se tuvieron tantos problemas para su manejo. En el pasado se intentó manejarlos de una manera rudimentaria tratando de generalizar algunas técnicas de cultivo de especies de agua dulce como carpas, truchas, tilapias o bagres, cuando definitivamente la especie tiene un hábitat y requerimientos muy diferentes, más parecidos a peces marinos que a especies dulceacuícolas.

Actualmente se tienen las bases para iniciar una investigación metódica en los temas de mayor importancia para hacer despegar el cultivo piloto comercial de la especie. Definitivamente no es una especie tolerante, pues es importante decir que su domesticación no ha comenzado; lo que es muy claro es que su cultivo es factible.

Una vez que se ha avanzado en la larvicultura del pez blanco con la producción masiva de larvas y juveniles, se requieren urgentemente estudios de cultivo controlado en sistemas

extensivos, semi intensivos e intensivos tanto en estanques como en jaulas. Por ello, la producción en sistemas comerciales para acuicultura se obtendrá a mediano plazo.

Los estudios básicos sobre requerimientos nutricionales deben de iniciarse a la brevedad para que en un corto futuro se pueda contar con dietas para una especie tan peculiar como ésta en términos niveles protéicos, aminoácidos, ácidos grasos, requerimientos de vitaminas, digestibilidad, tamaños de partícula, aglutinantes a utilizar, etc., sin dejar de lado los estudios de fisiología, requerimientos de oxígeno y sobre estrés, puesto que esta especie tiende a estresarse muy fácilmente en cultivo.

REFERENCIAS

- 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.
- Cahu, C. L., Zambonino-Infante, J. L., 1995. Maturation of the pancreatic and intestinal digestive functions in sea bass (*Dicentrarchus labrax*): effect of weaning with different protein sources. *Fish Physiol. Biochem.*, 14(6): 431-437.
- Campos, A., 2000. Comparación del crecimiento de tres especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae), en cultivo experimental dentro de sistemas parciales de recirculación de agua. Tesis de Maestría. U.M.S.N.H. Morelia, Michoacán. 70 p.
- Comas-Morte, J., 2001. Tolerance of *Chirostoma estor estor* (Family Atherinidae) larvae to saline environments. MSc Thesis. Institute of Aquaculture, University of Stirling. 61p
- Dabrowski, K., Glogowski, J., 1977. Studies on the role of exogenous proteolytic enzymes in digestion processes in fish. *Hydrobiologia*, 54(2): 129-134.
- Díaz, M., Moyano, F. J., García-Carreño, F. L., Alarcón, F. J., Sarasquete, M. C., 1997. Substrate-SDS-PAGE determination of protease activity through larval development in sea bream. *Aquaculture International*, 5: 461- 471.
- Gawlicka, A., Parent, B., Horn, M., Ross, N., Opstad, I., Torrissen, O., 2000. Activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. *Aquaculture*, 184: 303-314.
- Graham, A. M., 2001. Comparative study of proteolytic enzymes in the digestive tracts of the sub-species of pez blanco (*Chirostoma estor estor* and *Chirostoma estor copandaro* (Pisces: Atherinidae). BSc. (Hon) Aquaculture Project. Institute of Aquaculture, University of Stirling. 35p.
- Hoffer, R., Nassir-Uddin, A., 1985. Digestive processes during the development of the roach, *Rutilus rutilus* L. *J. Fish. Biol.*, 26: 683-689.
- Horvát, L., Tamás, G., Tölg, I., 1984. Special methods in pond fish husbandry. Halver, J. (Ed.). Akadémiai Kiadó. Halver Corporation, Seattle. Budapest. 148 p.
- Jones, A., Houde, E. D., 1986. Mass rearing of fish fry for aquaculture. *In: Bilio, M. Rosenthal, H. & C. F. Sindermann (Eds.), Realism in Aquaculture: Achievements, constraints and perspectives.* European Aquaculture society, Bredene. 351-373 pp.
- Kolkovski, S., Tandler, A., Kissil, G. W., Gertler, A., 1993. The effect of dietary exogenous digestive enzymes on ingestion, assimilation, growth and survival of gilthead seabream (*Sparus aurata*, Sparidae, Linnaeus) larvae. *Fish Physiol. Biochem.* 12: 203-209.
- Lagler, K., Bardach, E., Miller, R., May Passino, D., 1977. *Ichthyology*. John Wiley & Sons, Second edition. USA. 506p.
- Martínez-Palacios, C.A., Barriga-Tovar, E., Taylor, J. F., Ríos-Durán, M. G., 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.
- Martínez-Palacios, C. A., Chávez-Sanchez, M. C., Papp, G. S., Abdó de la Parra, I., Ross, L. G., 2002. Observations on spawning, early development and growth of the puffer fish *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1843). *Journal of Aquaculture in the tropics*. 17(1):59-66.

- Morelos, M. G., Segura, V., Chacón, A., 1994. Desarrollo embrionario del pez blanco de Pátzcuaro *Chirostoma estor* Jordan 1873 (Pisces:Atherinidae). *Zoología Informa*, 27(8):22-46.
- Moyano, F. J., Díaz, M., Alarcón, F. J., Sarasquete, M. C., 1996. Characterization of digestive enzymes activity during larval development of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish Physiol. Biochem.* 15: 121-130.
- Oseguera, L., 1990. Caracterización morfológica de estadios embrionarios y juveniles de *Chirostoma grandocule* Steindachner (1896) y verificación del híbrido con *Chirostoma attenuatum* Meek (1902) del lago de Pátzcuaro, Mich., México. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Escuela de Biología. Morelia, Michoacán. 65 p.
- Pedersen, B. H., Nilssen, E. M., Hjelmeland, K., 1987. Variations in the content of trypsin and trypsinogen in larval herring (*Clupea arengus*) digesting copepod nauplii. *Marine Biology*, 94: 171-181.
- Rojas, P., Mares, G., 1988. Cultivo de pescado blanco (*Chirostoma estor*). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera. Informe de labores. Pátzcuaro, Mich. 98 p.
- Rosas, M., 1970. Pescado blanco (*Chirostoma estor*), su fomento y cultivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. 79 p.
- Rosas-Monge, C., 1994. Cultivo experimental de crías de pez blanco. Tesis Profesional. U.M.S.N.H. Morelia. 169 p.
- Segner, H., Rösch, R., Schmidt, H., Von Poeppinghausen, K. J., 1989. Digestive enzymes in larval *Coregonus lavaretus* L. *J. Fish. Biol.*, 35: 249-263.
- Segner, H., Storch, V., Reinecke, M., Kloas, W., Hanke, W., 1994. The development of functional digestive and metabolic organs in turbot, *Scophthalmus maximus*. *Mar. Biol.*, 119: 471-486.
- Solórzano, A., 1963. Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro, Mich. (*Chirostoma estor* Jordan, 1879). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. México. 15 p.
- Tello-Ballinas, J. A., Toledo-Cuevas, M., Martínez-Palacios, C. A., 2001. Efecto de la salinidad en la supervivencia de huevos y larvas de pez blanco *Chirostoma estor estor* (Pisces: Atherinidae). *Memorias del XVI Congreso Nacional de Ictiología*, 28 oct.-1 nov., 2001, México.
- Trewavas, E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *British Museum (Natural History)*. First Edition. London. 583p.
- Walford, J., Lam, T. J., 1993. Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. *Aquaculture*, 109: 187-205.
- Watanabe, T., Kiron, V., 1994. Prospects in larval fish dietetics. *Review. Aquaculture*, 124: 223-251.
- Zambonino-Infante, J. L., Cahu, C. L., 1994. Development and response to a diet change of some digestive enzymes in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Fish Physiol. Biochem.*, 12: 399-408. Pal