

MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CRÍAS DE PESCADO BLANCO



Margarita Hernández-Martínez

Juan Antonio Tello-Ballinas

Sergio Sabanero-Meza

José Cristóbal Román-Reyes

Francisco Javier de La Cruz-González

María del Carmen Monroy-Dosta

Gerardo León-Ceras

Concepción Luna-Raya

Gustavo Alejandro Rodríguez-Montes de Oca

Manual para la producción de crías de pescado blanco

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

Dr. Pablo Roberto Arenas Fuentes
Director General

Ocean. Juan Carlos Lapuente Landero
Director General Adjunto de Investigación en Acuicultura

Dr. Ramón Isaac Rojas González
*Director General Adjunto
de Investigación Pesquera en el Atlántico*

M. en C. Pedro Sierra Rodríguez
Director General Adjunto de Investigación Pesquera en el Pacífico

Manual para la producción de crías de pescado blanco

MARGARITA HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ

JUAN ANTONIO TELLO-BALLINAS

SERGIO SABANERO-MEZA

JOSÉ CRISTÓBAL ROMÁN-REYES

FRANCISCO JAVIER DE LA CRUZ-GONZÁLEZ

MARÍA DEL CARMEN MONROY-DOSTA

GERARDO LEÓN-CERAS

CONCEPCIÓN LUNA-RAYA

GUSTAVO ALEJANDRO RODRÍGUEZ-MONTES DE OCA

Revisión editorial: Ma. Teresa Gaspar-Dillanes, Elaine Espino Barr
Corrección de estilo: Lurdes Asiain Córdoba
Diagramación: Olivia Hidalgo Martín
Diseño de portada: Ana Ma. Calatayud
Fotografías: Margarita Hernández Martínez, Juan Antonio Tello Ballinas,
José Cristóbal Román-Reyes y Sergio Sabanero Meza
Imágenes: Margarita Hernández Martínez, Juan Antonio Tello Ballinas,
Gerardo León Ceras y Rafael Vélez Molina.

La reproducción parcial o total de esta publicación, ya sea mediante fotocopia o cualquier otro medio, requiere la autorización por escrito del representante legal del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.

Primera edición, 2018

D.R.© 2018, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura
Ave. México núm. 190, Col. Del Carmen,
C.P. 04100, Delegación Coyoacán, Ciudad de México.
<http://www.gob.mx/inapesca/>

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Distribución gratuita

Contenido

Presentación.	7
Introducción.	9
Clasificación taxonómica.	11
Distribución.	13
Aspectos biológicos de la especie <i>Chirostoma estor</i>	15
<i>Anatomía</i>	15
<i>Hábitat</i>	15
<i>Hábitos alimenticios</i>	16
Manejo en cultivo.	17
<i>Calidad del agua</i>	18
<i>Unidades para mantenimiento de reproductores</i>	20
<i>Reproducción</i>	22
<i>Alimentación de reproductores</i>	24
<i>Obtención de huevo</i>	26
<i>Incubación de huevo</i>	28
<i>Infraestructura para cultivo de larvas</i>	30
<i>Infraestructura para cultivo de juveniles</i>	31
<i>Alimentación de larvas y juveniles</i>	32
<i>Evaluación del crecimiento</i>	34
<i>Ubicación de unidad de producción</i>	35
<i>Limpieza del sistema</i>	36
<i>Producción de alimento vivo</i>	37
<i>Cultivo de microalgas</i>	37
<i>Cultivo de rotíferos</i>	42
<i>Cultivo de Artemia sp.</i>	47
<i>Cultivo de Daphnia sp.</i>	48
<i>Parásitos y enfermedades en cultivo</i>	50
<i>Enfermedades parasitarias</i>	50
<i>Enfermedades nutricionales</i>	56
<i>Estrés</i>	58

Enfermedad de la burbuja	58
Prevención de enfermedades	59
<i>Traslado de crías</i>	60
Orientaciones económicas para la producción de crías de pescado blanco. .	61
<i>Stock de reproductores de pescado blanco</i>	61
Producción de alimento vivo	62
Glosario	65
Literatura citada	67
Acerca de los autores	71

Presentación

Esta obra es el resultado del esfuerzo conjunto, la dedicación y toda la experiencia adquirida por más de 20 años de investigación del personal del Centro Regional de Investigación Pesquera en Pátzcuaro, del Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura. En él, los autores describen los aspectos biológicos del pescado blanco para comprender de manera más práctica el manejo de la especie en cautiverio.

Su consulta permite al nuevo productor delimitar la infraestructura necesaria para mantener a los organismos en las mejores condiciones para su buen desarrollo, principalmente la reproducción y el mantenimiento de huevos, larvas y juveniles.

Asimismo, aquí se ofrecen consejos prácticos para superar cada etapa del crecimiento, así como la creación y el mantenimiento de los cultivos de apoyo necesarios para generar el alimento indispensable para cada etapa de vida del organismo.

Por último, el más importante aspecto que determina el éxito de la producción de crías de pescado blanco: la orientación que los autores incluyen relacionada con los costos de producción, con información detallada de los costos fijos y variables que se deben contemplar.

M. en C. Daniel Hernández Montaña

Introducción

El pescado blanco de Pátzcuaro, *Chirostoma estor estor* (Jordan 1880), es una especie representativa de la fauna nativa de agua dulce de México, que los purhépechas y mestizos de la ribera del lago conocen como *Khuruchecha* o *Khuruchaurapiti*; es endémica y tiene un alto valor ecológico, cultural y comercial. Debido a su agradable sabor, las pocas espinas y su piel blanca, en el mercado local y en el regional tiene alta demanda y alcanza precios que van de \$250 a \$700 pesos por kilogramo, lo que la hace la especie de agua dulce de mayor valor económico, que compite incluso con especies marinas como el huachinango y el robalo.

Durante la últimas tres décadas, la composición de la captura pesquera del Lago de Pátzcuaro no ha cambiado o ha variado muy poco; la mayoría de los pescadores prefiere el charal (entre 20% y 30%), la carpa (entre 15% y 25%), la acúmara (20%), la lobina (18%) y la tilapia (10% a 20%), mientras que en la preferencia de pescado blanco y achoque se observa una disminución de 6% a 1%, ligada por la disponibilidad del recurso y la falta de registro en las capturas oficiales (Fig. 1), lo que dificulta conocer el estado de los recursos pesqueros y, más aún, determinar un probable colapso de esta pesquería.

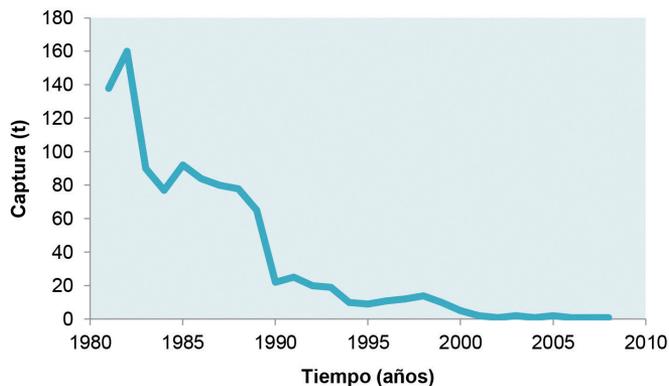


FIG. 1. Captura histórica de pescado blanco en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

A partir del año 1990, los volúmenes de captura empezaron a disminuir y en en día no se conoce el estado de la pesquería por la escasa disponibilidad del recurso y por la falta de registro en las capturas oficiales (Hernández-Montaño 2006).

De acuerdo con Rojas-Carrillo y Sasso-Yada (2005) la problemática del Lago de Pátzcuaro está relacionada con diversos aspectos, entre los que sobresalen: 1) impacto y disminución en la producción pesquera, 2) traslocaciones de especies de pescado blanco de otros lagos, 3) competencia y desplazamiento de especies nativas por introducción de especies exóticas, 4) dificultad para la identificación de especies, 5) hibridación entre especies del género *Chirostoma*, 6) sobreexplotación de la especie de pescado blanco, 7) alteración o desaparición de hábitats y el conjunto de estos factores colocan a la pesquería en un estatus de deterioro (DOF 2010); además de la existencia de especies exóticas de pescado blanco en el lago, *Chirostoma lucius* (Boulenger 1900), *Chirostoma estor copandaro* De Buen 1945 (Alaye 1993) y *C. humboldtianum* (Rojas-Carrillo *et al.* 1993 y 1995¹) complican el seguimiento del estado de las poblaciones de *C. estor*.

La acuicultura ha demostrado ser una alternativa para el rescate y la conservación de varias especies de organismos acuáticos cuyas poblaciones se han visto afectadas por las actividades humanas, en el caso del pescado blanco se puede incluir el enfoque productivo para el aprovechamiento sustentable de este valioso recurso. Las especies que han sido estudiadas para su cultivo son *Chirostoma estor* (Jordan 1879) y *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes 1835) (DOF 2010 y 2012).

Los conocimientos adquiridos a lo largo de 40 años, han permitido un notable avance en el desarrollo tecnológico para su cultivo, lo que ha permitido cerrar el ciclo de vida en condiciones de laboratorio, a pesar de ser una especie delicada y de difícil manipulación. Esto representa una oportunidad de crecimiento económico, dado que permite a los acuacultores diversificar su cultivo con una especie de alto valor en los mercados local, regional y nacional.

La presente obra deriva de las experiencias de investigadores y técnicos de investigación del Laboratorio de Acuicultura del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) en Pátzcuaro, que contribuirá al conocimiento de métodos y técnicas para la producción de crías de pescado blanco.

1. Rojas P, G Mares Báez, MP Toledo Díaz-Rubín. 1995. Abundancia relativa, estructura de tallas y proporción sexual de las especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro. *Resúmenes XIII Congreso Nacional de Zoología*. Morelia, Mich. 21 a 24 de noviembre de 1995.

Clasificación taxonómica

Los pescados blancos y charales pertenecen a la familia Atherinopsidae y las especies pertenecientes a esta familia son de longitudes pequeña a moderada, de cuerpo delgado y comprimido, con una banda lateral plateada, boca y dientes pequeños y esencialmente sin línea lateral (Miller *et al.* 2005).

Algunos autores reubicaron el género *Chirostoma* Swainson 1839 en el género *Menidia* Bonaparte 1836 (Dyer y Chernoff 1996); sin embargo, nuevamente se utiliza el nombre original del género.

El género *Chirostoma* abarca 19 especies y seis subespecies, Barbour (1973a) divide las especies mexicanas del género *Chirostoma* en dos grupos: *Jordani* que incluye a los peces comúnmente llamados “pescado blanco”, que se caracterizan por ser organismos de longitud mayor a 20 cm de longitud total (LT); y el grupo *Arge* que incluye a los “charales” que presentan longitud máxima de 10 cm de longitud patrón (LP), excepto *Chirostoma grandocule* (Steindachner 1894), que puede alcanzar 17 cm de LP (Tabla 1).

TABLA 1

Especies de *Chirostoma* presentes en el Grupo *Jordani* y Grupo *Arge*

Grupo <i>Jordani</i>	Grupo <i>Arge</i>
<i>C. consocium</i>	<i>C. attenuatum</i>
<i>C. reseratum</i>	<i>C. zirahuen</i>
<i>C. chapalae</i>	<i>C. labarcae</i>
<i>C. estor</i>	<i>C. riojai</i>
<i>C. estor copandaro</i>	
<i>C. grandocule</i>	
<i>C. humboldtianum</i>	
<i>C. jordani</i>	
<i>C. lucius</i>	
<i>C. patzcuaro</i>	
<i>C. promelas</i>	
<i>C. sphyraena</i>	

Distribución

La distribución de las especies de pescado blanco está relacionada con la historia geológica de la región central de México, que dio origen a elevaciones montañosas en el Pleistoceno que condujo a la formación de lagos y cuencas endorréicas (Barbour 1973b). *Chirostoma estor* tiene como lugares de distribución natural, el Lago de Pátzcuaro y el Lago de Zirahuén en Michoacán, así como el Lago de Chapala, Jal. Sin embargo, no se ha capturado desde 1901 (Miller *et al.* 2005). Estrada *et al.* (2015) registran su presencia en el Lago Zirahuén y la Presa El Bosque.

Chirostoma humboldtianum tiene amplia distribución en la vertiente del Pacífico mexicano, en la Laguna de Zacapu (Alaye 1993, Rojas-Carrillo *et al.* 1993, Estrada *et al.* 2015), Presa Cointzio, Presa del Bosque y Lago de Pátzcuaro en Michoacán (Alaye 1993, Rojas-Carrillo *et al.* 1993²); Lago de Zirahuén (Rojas-Carrillo y León-Murillo 2004³); y en el Estado de México, en la Presa Tepuxtepec (Paulo-Maya *et al.* 2000, Estrada *et al.* 2015), Valle de Bravo, San Felipe Tiacaque, Trinidad Fabela, Huapango y Danxhó (Paulo-Maya *et al.* 2000).

-
2. Rojas-Carrillo PM, LG Mares B, L Jiménez B. 1993. Estudio de algunos aspectos biológicos del género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro como base para su administración y cultivo. Informe de Investigación (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera en Pátzcuaro. México. 48p.
 3. Rojas-Carrillo PM, G León M. 2004. Composición de especies, biomasa y abundancia relativa de la captura comercial pesquera del Lago de Zirahuén, Mich. *Resúmenes IX Congreso Nacional de Ictiología*. Villahermosa, Tabasco, 13 a 15 de septiembre de 2004.

Aspectos biológicos de la especie *Chirostoma estor*

Anatomía

Este pez posee un cuerpo alargado y fusiforme; cabeza grande y triangular; la mandíbula inferior se proyecta ligeramente sobre el hocico y quedan expuestos dientes pequeños sobre la porción anterior de las mandíbulas. La boca es terminal y el hocico no es muy agudo, su cuerpo está cubierto por pequeñas escamas de tipo cicloide en la línea lateral apiñados y con canales, en número de 64 a 82 en serie longitudinal. Las aletas pectorales son redondeadas o ligeramente agudas con coloración plateada con la vistosa y amplia banda lateral (Rosas 1970). Los organismos más grandes alcanzan longitudes de hasta 42 cm y peso de 540 g, pero en la actualidad, los especímenes mayores capturados raramente rebasan 32 cm y dominan los ejemplares de 17 a 25 cm de longitud (Fig. 2).



FIG. 2. Pescado blanco (*Chirostoma estor*) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Hábitat

La especie en su hábitat natural prefiere aguas lénticas con ligero oleaje, templadas, claras o medio turbias y con poca vegetación; prefiere fondos arenosos

o de grava; crece entre temperaturas de 14°C a 27°C, aunque su óptimo de crecimiento sucede a 25 °C.

Hábitos alimenticios

El pescado blanco se considera principalmente consumidor de zooplancton, ya que dentro de sus características bucofaríngeas presenta dientes mandibulares pequeños unicúspides, estructuras faríngeas y branquiespinas pequeñas (Fig. 3) características de los peces filtradores (Martínez-Palacios *et al.* 2006).



FIG. 3. Cavidad branquial de pescado blanco.

Sin embargo, a lo largo de su vida silvestre se han observado en su dieta diferentes tipos de alimento de acuerdo con su etapa de desarrollo (Tabla 1, Fig. 4).

TABLA 1

Contenido estomacal observado en organismos silvestres de pescado blanco (*Chirostoma estor*) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán

<i>Etapa</i>	<i>Dieta</i>
Cría	Protozoarios, rotíferos, larvas de insectos y microcrustáceos.
Juvenil	Pequeños crustáceos, larvas de insectos y gasterópodos.
Adulto	Peces pequeños, macrocrustáceos e insectos.

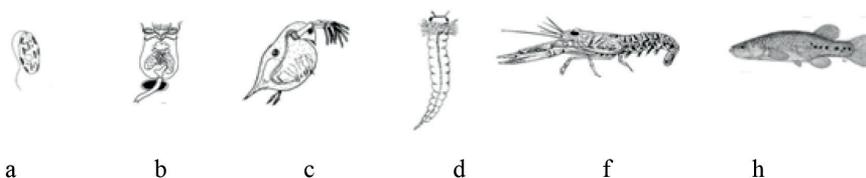


FIG. 4. Alimento vivo consumido por pescado blanco en sus diferentes etapas de vida en su hábitat natural, *a)* protozoarios, *b)* rotíferos, *c)* pulga de agua, *d)* larvas de insectos, *e)* crustáceos y *h)* peces.

Manejo en cultivo

El pescado blanco de Pátzcuaro es una especie sensible a cambios físico-químicos del agua, además de que se estresa con facilidad, por lo que su manejo en cautiverio es delicado. Se ha observado que en condiciones de cultivo, los peces de un año de edad son sexualmente maduros; sin embargo, no son los mejores organismos para la producción de huevos, ya que su calidad no es la más adecuada, por ello, se recomienda utilizar organismos de dos a cinco años de edad (Fig. 5).

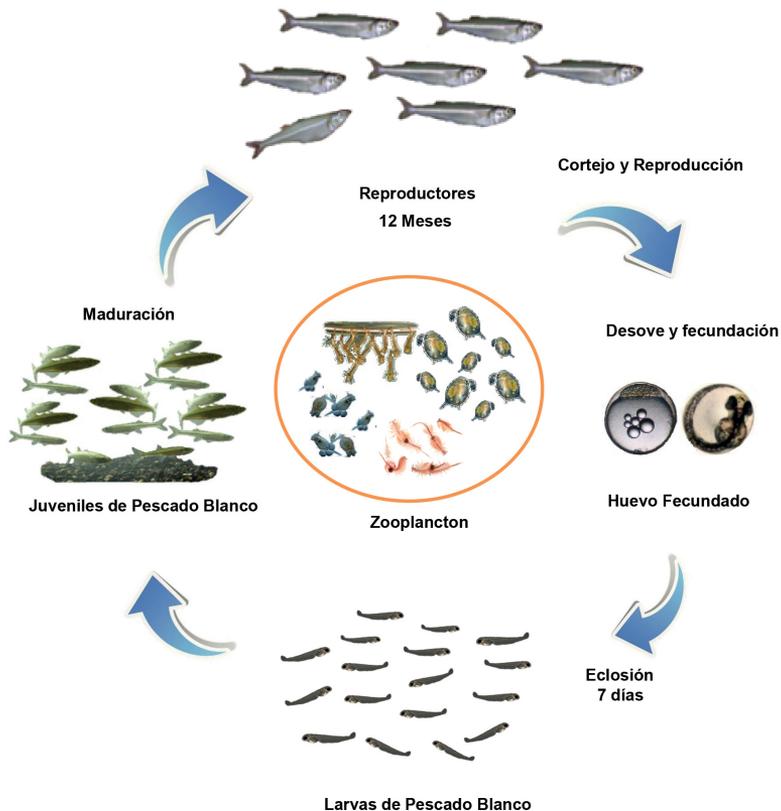


FIG. 5. Ciclo de vida del pescado blanco (*Chirostoma estor*) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Calidad del agua

Se ha observado que esta especie se desarrolla adecuadamente en cautiverio, sin embargo, es necesario poner especial atención en que la calidad del agua sea la adecuada para el sano desarrollo de la especie. Las variables ambientales que se deben controlar se muestran en la *tabla 2*.

TABLA 2

Factores fisicoquímicos recomendados para el cultivo de pescado blanco.

Variable ambiental	Intervalos recomendados
Temperatura	22 a 25 ± 1 °C
Oxígeno	4.7 a 8.7 mg/l
pH	7.1 a 8.9
Dureza	100 a 158 mg/l
Nitritos	0.001 a 0.060 mg/l
Nitratos	0.070 a 0.425 mg/l
Amonio	0.008 a 0.526 mg/l

Para llevar a cabo un correcto control de la calidad del agua, se recomienda realizar registros diarios de temperatura, oxígeno disuelto y pH con equipos portátiles de campo, como los que se muestran en la *figura 6* y en la *tabla 3*.



FIG. 6. Equipos portátiles para registro de pH, oxígeno y temperatura en agua.

Los registros de amonio total ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), nitritos, nitratos y dureza, entre otros, se pueden realizar semanalmente, con equipos portátiles de campo con

sistema de espectrofotometría, que son precisos y se basan en técnicas estándar (APHA-AWWA-WPFC) para estudios de calidad del agua (Tabla 3 y Fig. 7).



FIG. 7. Equipo portátil para registro de amonio total ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), nitritos, nitratos, dureza, entre otros.

TABLA 3
Parámetros, equipos de apoyo y frecuencia de medición
del agua en unidades de cultivo

Variable ambiental	Equipo de medición	Frecuencia de medición
Temperatura	Termómetro (-10 a 120 °C)	Diario
Oxígeno disuelto	Multiparámetro, potenciómetro	Diario
pH	Multiparámetro, kit	Diario
Salinidad	Refractómetro	Diario
Conductividad	Multiparámetro	Quincenal
Nitritos	Kit	Semanal
Nitratos	Kit	Semanal
Amonio	Kit	Semanal

Es importante que los cultivos en sistemas cerrados cuenten con aireación constante y suficiente, en especial durante la noche, ya que en ausencia de luz las microalgas presentes en el agua consumen el oxígeno disuelto y ponen en riesgo la vida de los peces; o, en su defecto, contar con un flujo continuo de agua a manera de cascada que permita oxigenarla y mantener la concentración adecuada de oxígeno disuelto.

La calidad del agua de los sistemas es un aspecto importante en el que hay que tener particular cuidado en mantener la temperatura, el oxígeno y el pH, entre otros, dentro de los intervalos de tolerancia a fin de ofrecer un ambiente

confortable a los peces para favorecer la reproducción y reducir los riesgos durante el cultivo, por ejemplo, la muerte por anoxia (Fig. 8).



FIG. 8. Pescado blanco que presenta muerte por anoxia.

Unidades para mantenimiento de reproductores

La infraestructura utilizada en el mantenimiento de reproductores es variable, ya que puede depender de la disponibilidad de espacio, agua y tipo de manejo que se pretenda dar a los organismos reproductores. Los más recomendables son los tanques circulares de geomembrana o liner (Fig. 9), debido a que son más económicos en comparación con los tanques de concreto o de fibra de vidrio, y tienen un tiempo de vida útil de diez años aproximadamente, son desmontables y se pueden reubicar con facilidad. Las dimensiones de los tanques pueden variar dependiendo del área destinada, la producción esperada, así como a los recursos económicos y el personal dedicado a esta etapa del cultivo; los más recomendados para reproductores son de 3 m de diámetro x 1.20 m de altura (capacidad de 7 m³), recubiertos por una membrana de PVC (geomembrana) de 0.5 a 1 mm de espesor y un tubo de PVC al centro de 3 plg de diámetro con altura de 1 m, utilizando un flujo de 15 l/min, que permite un recambio del volumen total del tanque cada siete horas.



FIG. 9. Tanques de geomembrana utilizados en el mantenimiento de los reproductores de pescado blanco.

El buen manejo y la adecuada disponibilidad de agua en los sistemas de cultivo son aspectos importantes para el saludable desarrollo de la población, por lo que se recomienda contar con sistemas de filtración mecánica y biológica, mantener flujos que oscilen entre 10 y 20 l/min, y que el suministro de entrada sea por un tubo vertical con orificios dirigidos hacia el contorno del tanque y en su salida inferior hacia el centro del mismo, esto permitirá la oxigenación y la circulación del agua, así como la concentración de materia orgánica al centro del tanque, para facilitar su eliminación (Fig. 10).

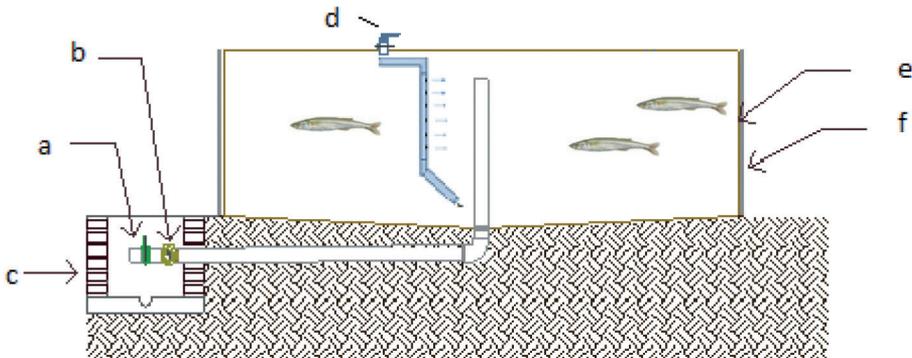


FIG. 10. Estanque circular de geomembrana donde se observa: a) salida a sistema de recirculación, b) válvula de desagüe, c) canal de drenaje, d) válvula de llenado, e) membrana y f) estructura de soporte.

Reproducción

El pescado blanco es una especie ovípara gonocórica, que una vez que alcanza la madurez sexual produce desoves parciales, de forma que en una temporada puede tener varios desoves, por lo que se clasifica como un pez con reproducción asincrónica (Blancas *et al.* 2003), ya que en su ambiente natural desova todo el año. Sin embargo, se identifican dos ciclos reproductivos durante el año, el más productivo es de enero a junio, si bien se incrementa significativamente entre marzo y junio (Rosas 1976⁴, Alaye 2006⁵), y un segundo periodo de septiembre a noviembre (Alaye 2006⁹).

Al no existir un claro dimorfismo sexual, la diferenciación de sexos se realiza por medio de los productos sexuales, para lo que es necesario ejercer una ligera presión en los flancos ventrales de los peces hasta la aleta anal (Fig. 11).



FIG. 11. Obtención de ovos y espermatozoides de pescado blanco.

Otra forma que permite la diferenciación de ejemplares con una precisión cercana a 80% es la observación de la posición de las aletas anales con respecto al ano y al oviducto (hembras) (Fig. 12) o a la papila urogenital (machos) (Fig. 13). En las hembras, las aletas son más cortas, sin llegar al oviducto, y sus bordes son redondeados; mientras que en los machos igualan o sobrepasan la papila y por lo general terminan en forma puntiaguda.

-
4. Rosas MM. 1976. Datos biológicos de la Ictiofauna del Lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de sus especies. *Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales*. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. II: 299-366.
 5. Alaye RN. 2006. Actualización de la información técnica para el manejo pesquero del Lago de Pátzcuaro y actividades relativas a la ejecución del plan manejo. Informe de investigación (documento interno). Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Pátzcuaro. México. 104p.



FIG. 12. Posición de las aletas ventrales de las hembras con relación al ano y al oviducto en el pescado blanco.



FIG. 13. Posición de las aletas ventrales de los machos con relación a la papila urogenital en el pescado blanco.

Para la obtención de huevo se utilizan reproductores preferentemente de entre dos a cinco años de edad; en promedio cada hembra desova por semana 1 000 huevos, con lo que se mantiene una proporción de 2:1 (dos machos por una hembra) para asegurar fertilizaciones cercanas a 80%; sin embargo, se ha observado que en fertilizaciones artificiales tan sólo se necesita un macho maduro para obtener una fecundación mayor de 90%, ya que éstos cuentan con alta concentración espermática (Peñaloza-Camargo 2009). Se recomiendan densidades de 15 a 20 organismos/m³, lo que dependerá de la talla de los peces, sistema de cultivo y calidad del agua de la unidad de producción. Los organismos deberán seleccionarse de acuerdo con las características fenotípicas de la especie (Fig. 14), y se eliminarán aquellos ejemplares que muestren deformidad o pigmentación anormal. Se han realizado estudios acerca del efecto del fotoperiodo en la reproducción del pescado blanco, en los que se ha observado que en periodos de 18 horas de luz y seis de oscuridad mantienen a los peces en reproducción todo el año. Asimismo, se ha observado que en salinidades no mayores a 5 ups y fotoperiodos de 6 h de luz y 18 h de oscuridad, detienen la reproducción (Peñaloza- Camargo 2009, Toscano-Soto 2016).



FIG. 14. Reproductor de pescado blanco (*Chirostoma estor*).

Alimentación de reproductores

La buena alimentación es uno de los aspectos importantes para lograr la reproducción de los peces, pues ésta determina la supervivencia, el crecimiento y la madurez sexual. El pescado blanco acepta alimentos naturales vivos e inertes cuando está en cautiverio; sin embargo, como especie zooplanctófoga tiene marcada preferencia por presas vivas, por lo que es necesario proporcionarle una ración de alimento fresco o vivo para cubrir sus requerimientos nutricionales y que las dietas inertes no pueden ofrecerle, en especial antes de la temporada de reproducción. Este complemento puede ser filete de pescado (carpa o trucha), *Artemia* sp. (adulta), cladóceros o copépodos.

Para que el alimento sea balanceado debe incluir 45% de proteína y de 5% a 10% de lípidos. Las raciones diarias deben ajustarse de 3% a 5% de la biomasa cultivada, lo que dependerá de la demanda del pez en función de la temperatura del agua y la cantidad de alimento vivo disponible en el estanque. Se recomienda proporcionar de cinco a seis raciones diarias (Tabla 4), de acuerdo con la estación del año, debido a que a menores temperaturas del agua (invierno), el metabolismo se hace más lento y, de ser necesario, se debe reducir el número de raciones para evitar pérdidas de alimento, que conllevaría un incremento en los costos de producción y detrimento de la calidad del agua. Para asegurar el cumplimiento de las raciones programadas, se puede considerar el uso de alimentadores automáticos que funcionan bien para el suministro de alimentos balanceados, en especial para horarios nocturnos.

TABLA 4
Horario para la alimentación de reproductores

Hora	Dieta
8:00	Balanceado
10:00	Filete de pescado
12:00	Balanceado
15:00	Alimento vivo (enriquecido)
18:00	Balanceado
20:00	Balanceado

Previo a la época de reproducción se pueden adicionar de una a dos raciones diarias de alimento vivo (*Artemia* sp. y cladóceros) enriquecido con algún aditivo que ayude a incrementar la calidad reproductiva. En el mercado existen productos con probióticos que han demostrado mejorar la calidad reproductiva (Hernández-Martínez *et al.* 2015⁶ o ácidos grasos esenciales como el Araquidónico (ARA), el Eicosapentanoico (EPA) y el Docosahexanoico (DHA) (Martínez-Palacios *et al.* 2006). Se deben seleccionar los formulados para peces marinos, ya que el pescado blanco es una especie con ancestros marinos y tiene requerimientos semejantes a los de este grupo de peces.

La presencia de este tipo de ácidos grasos incrementa la calidad de los huevos de los peces, un ejemplo de ello son los depósitos de grasa ricos en ácidos grasos esenciales, en ejemplares silvestres, resultado del consumo de dietas vivas (Fig. 15).



FIG. 15. Aspecto interno de pescado blanco silvestre.

- Hernández-Martínez M, JA Tello Ballinas, MA Martínez Peralta, J Velasco Sarabia, DA Retana Ortega, S Sabanero Meza, G León Ceras, J de La Cruz González, C Luna Raya, B Diego Guzmán, A González Alejo. 2015. Producción masiva de crías de pescado blanco (*Chirostoma estor*). Etapa II: Mejoramiento de reproductores. Informe de Investigación (documento interno). Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Pátzcuaro. México. 20p.

Obtención de huevo

En su hábitat natural, los desoves se presentan a una profundidad de 25 cm a 1.30 m, sobre algas filamentosas que proporcionan un sustrato ideal para la fijación de los huevos. Cada hembra madura produce de 15 a 20 mil huevos de tipo telolecito (con abundante vitelo), de forma esférica y traslúcido, con diámetros de 1 000 a 1 100 micras y con la presencia de seis a nueve filamentos adherentes (Rosas 1970). En cautiverio se han registrado en promedio desoves de 1 000 huevos/semana, que se presentan durante la tarde-noche y hasta antes del amanecer.

Cada hembra puede desovar en promedio cada 4.5 días, dependiendo de la alimentación, la calidad de agua y el fotoperiodo. Durante la reproducción, el macho persigue a la hembra y se coloca a un costado por detrás de ella, juntando su lado ventrolateral al de la hembra a la altura del orificio genital, para luego arquear ligeramente el cuerpo durante fracciones de segundos, acción que repite en promedio 21 ± 4 veces hasta concluir el desove, la hembra regula en pausas cada liberación de huevos, que van desde segundos hasta cinco minutos, mientras el macho nada activamente por todo el tanque, en espera de que la hembra se mueva o inicie su nado, para repetir el cortejo (Toscano-Soto 2016). Conocer el comportamiento de los peces, permitirá controlar su reproducción y la calidad de los desoves para la obtención de mejores producciones en sistemas controlados.

Una buena alimentación proporcionada a los progenitores permitirá ofrecer huevos de calidad, es decir huevos con una gran gota de aceite, en lugar de huevos con muchas gotitas de aceite (Fig.16), lo que se refleja en larvas más fuertes y con suficiente energía para la captura de presas vivas, al iniciar su alimentación exógena.



FIG.16. Huevos de pescado blanco con una y varias gotas de aceite.

Algunos factores que pueden determinar la calidad de la progenie (Carrillo *et al.* 2000) pueden ser:

- Manejo de reproductores, incluidos aspectos como genotipo, estado nutricional, estrés, entre otros.
- Procesos de envejecimiento, refiriéndose al tiempo de primera madurez, edad de los reproductores.
- Presencia de bacterias en la superficie del huevo.

La recolecta de huevo se puede realizar introduciendo en los tanques de cultivo colectores a una profundidad entre 30 cm y 50 cm de la superficie del agua. Éstos pueden ser de diversos materiales sintéticos; en laboratorio es preferible utilizar filamentos de nailon de hilo fino formando pequeños racimos que se colocan diariamente en las salidas del aire (Fig. 17).



FIG. 17. Colectores que sirven de sustrato para que la hembra de pescado blanco deposite sus óvulos y sean fecundados por el macho.

En sistemas controlados en recirculación, la recolecta de huevo también puede hacerse directamente del fondo del tanque, barriéndolo suavemente con un cepillo (Fig. 18) al que se le adhiere el huevo para posteriormente retirarlo e incubar (Fig. 19). Con esta técnica no es necesaria la colocación de colectores.



FIG. 18. Cepillo utilizado para la recolecta de huevos de pescado blanco.



FIG. 19. Vistas macroscópica y microscópica de huevos de pescado blanco.

Incubación de huevo

Una vez fecundada la ova, se le denomina huevuy presenta una serie de cambios en su interior, o metamorfosis, hasta formar un pequeño embrión (Fig. 20). En el laboratorio del CRIP Pátzcuaro se registran en promedio fertilizaciones de 60 por ciento.



FIG. 20. Huevos de pescado blanco en diferentes etapas de desarrollo embrionario.

Los huevos obtenidos se incuban en jarras de acrílico tipo McDonald (Fig. 21) a una salinidad de 10 ppm y 25 °C que, al término de siete días, eclosionan y liberan pequeñas y delicadas larvas de 4 a 5 mm de longitud, que son conducidas por la corriente hasta una charola colectora en donde se concentran, en esta etapa se estima una eclosión de 80%, debido a la manipulación y la contaminación de huevo, principalmente por bacterias y hongos. Se han probado tratamientos preventivos o profilácticos en huevo de otras especies como en el esturión de lago *Acipenser fulvescens* Rafinesque 1817, con una solución de yodo, que se refleja en un incremento en el porcentaje de eclosión (Carrillo *et al.* 2000).



FIG. 21. Jarras de acrílico tipo McDonald para la incubación de huevos de pescado blanco

Para esto se requiere la instalación de un sistema de incubación, integrado por una serie de jarras con capacidad para seis litros, tinas receptoras de larvas, un depósito de agua, un filtro que retenga sedimentos y controle los niveles de amonio, lámpara ultravioleta para desinfección de agua, equipo de bombeo y un equipo (calentadores o termostatos) para mantenimiento de la temperatura del agua a 25 °C (Fig. 22). Cada botella incubadora tiene una capacidad de hasta 20 000 huevos. En este sistema se maneja un flujo de agua de tres litros por minuto.

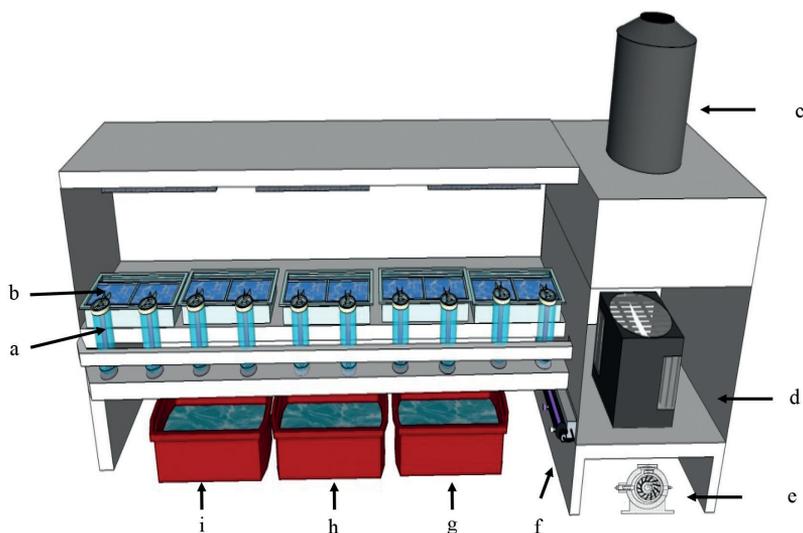


FIG. 22. Sistema para incubación de huevo, *a)* Incubadora, *b)* charola colectora, *c)* tanque reservorio, *d)* chiller, *e)* bomba, *f)* lámpara uv, *g)* aireación y bombeo, *h)* biofiltro e *i)* sedimentación.