CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS

Tenguayaca (Petenia splendida) y Castarrica (Cichlasoma urophthalmus)

> Carlos A. Álvarez González Carlos Ramírez Martínez Gabriel Márquez Couturier



Cultivo de mojarras nativas: Tenguayaca (*Petenia splendida*) y Castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*)

Cultivo de mojarras nativas: Tenguayaca (*Petenia splendida*) y Castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*)

Carlos Alfonso Álvarez González,¹ Carlos Ramírez Martínez,² Gabriel Márquez Couturier,¹





UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO

División Académica de Ciencias Biológicas

Laboratorio de Acuicultura Tropical



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



















Publicado por la Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco, Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Morelos, A.C., Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C.

- © Alvarez-González, C.A., Ramírez-Martínez, C., Martínez-García, R., Jesús-Ramírez y Márquez-Couturier, G., F. 2013 Cultivo de mojarras nativas: Tenguayaca (*Petenia splendida*) y castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*). UANL-UJAT-Fomix CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco. México.
- © 2013 por UANL-UJAT-CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco. Todos los derechos reservados. La reproducción parcial o total de este documento esta prohibido por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo las fotocopias, microfilm y grabación, o por medio de cualquier almacenaje de información o sistema de recuperación, sin permiso de escritura de los autores.

ISBN 978-607-27-0117-5

CONTENIDO

PROLOGO	9
INTRODUCCIÓN	11
Aspectos generales de la biología de la tenguayaca	
(Petenia splendida)	13
Aspectos generales de la biología de la castarrica	
(Cichlasoma urphthalmus)	15
(Cronsmon in principle)	
1. OBTENCIÓN DE REPRODUCTORES	19
1.1 Cuarentena	20
2. DESOVE	22
2.1 Selección de los reproductores	22
2.2 Instalaciones para la reproducción	
2.3 Preparación de sustrato y desove	26
2.4 Control de la estación y frecuencia del desove	28
2.5 Manejo de los reproductores	
2.6 Fecundidad relativa.	29
2.7 Producción de crías	29
2.8 Alimentación de reproductores	30
2.9 Supervivencia a la eclosión	
2.10 Colecta de las larvas	
2.11 Incubación	33
3. MASCULINIZACIÓN	35
3.1 Inversión sexual de las crías	35
3.2 Preparación del alimento vivo	35
3.3 Elaboración de materiales para alimento vivo	
3.4 Preparación de la solución eriquecedora de Artemia	
con la hormona 17 a metiltestosterona	38

5.) Preparación dei alimento artificial adicionado	
con la hormona 17 a metiltestosterona	40
4. ALEVINAJE	
4.1 Manejo de las crías	45
4.2 manejo del sistema de alevinaje	46
4.3 Calidad del agua	47
5. PRE-ENGORDA	51
5.1 Siembra inicial y alimentación	
6. ENGORDA	54
6.1 Etapas del cultivo para la engorda	
6.2 Evaluación del crecimiento	
6.3 Cosecha de los peces	
7. CULTIVO DE MOJARRAS EN ESTANQUES	
RÚSTICOS	61
Programa piloto de cultivo de mojarras nativas	
en la Selva Lacandona.	63
	0
Evaluación del modelo de producción piscícola	79
2. mandon del modelo de producción prociedaminimi	•••••
8. BIBLIOGRAFÍA	83



l cultivo de peces nativos en México, es una actividad que aunque actualmente es incipiente, está cobrando cada vez mayor importancia, debido a problemas ocasionados por la introducción de especies exóticas como la tilapia, la cual a pesar de que ha aportado proteína de buena calidad para la alimentación humana, ha provocado una serie de daños ambientales y ecológicos, que no pueden ser revertidos. Adicionalmente, la baja de los precios de esta misma especie ha ocasionado que cada día el cultivo a una escala intensiva comercial se vuelva incosteable, por lo que la producción solamente se sostiene por los programas de apoyo que a nivel de gobierno se hacen para el repoblamiento en cuerpos de agua, que continúan impactando los ambientes. De esta manera, desde hace más de 20 años, las investigaciones para el cultivo de peces nativos que el Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco han venido desarrollando los estudios básicos y su aplicación para desarrollar la biotecnología en el cultivo de cíclidos

nativos como la tenguayca (*Petenia splendida*) y la castarrica (*Cichla-soma urophthalmus*) en Tabasco, con miras a potenciar la diversificación acuícola, realizando un manejo sustentable de los recursos bióticos a través de la acuicultura, que adicionalmente permitan disminuir el impacto que la pesquería ribereña está logrando en estas especies.

Este manual ha sido financiado por el proyecto "Identificación de ingredientes en alimentos balanceados y su digestibilidad en el cultivo experimental de peces nativos en Tabasco" FOMIX Gobierno del Estado de Tabasco – CONACYT, clave: TAB-2005-C06-16260.



a necesidad de crear sistemas de producción piscícolas integrados, se hace evidente cuando se toma en cuenta la necesidad de alimentar a la población humana de forma sustentable y redituable desde el punto de vista económico. En este aspecto, la piscicultura es una tecnología empleada para la producción de organismos a través de la cual es posible aprovechar eficientemente los recursos hídricos de las diferentes regiones del mundo. En México esta actividad gira alrededor de unas pocas especies, en su mayoría introducidas como las tilapias, carpas, bagres, lobinas entre otras, por lo que la mayor parte de los cultivos que se han desarrollado en nuestro país son del tipo dulceacuícolas a través de la adaptación de tecnologías desarrolladas en otros países. En este mismo sentido, resulta evidente que aún cuando la actividad ha tenido un desarrollo importante, este ha sido lento y poco eficiente, debido principalmente a una serie de dificultades como son las deficiencias técnicas en el manejo de las granjas, ambientales al seleccionar lugares inadecuados para realizar esta actividad, legales por la informalidad

en el momento de su registro y financiero que ha limitado una adecuada inversión de los recursos, sin contar con la dependencia que tiene esta actividad de insumos externos para su producción y al deficiente apoyo dado a la promoción de la organización social principalmente en el medio rural. Actualmente, la piscicultura tabasqueña gira alrededor de la tilapia, por tal motivo la limitada experiencia que se ha adquirido por años en el cultivo de esta especie ha llevado a estudiar a otras especies de importancia económica y cultural de nuestro estado. Es así que en Tabasco y Chiapas, el cultivo de especies dulce acuícolas como la tenguayaca (Petenia splendida) y la castarrica (Cichlasoma urophthalmus), van cobrando terreno en la piscicultura. Si bien es cierto que estas especies no tienen un crecimiento rápido como el de la tilapia, se debe resaltar que son especies que se pueden cultivar en ambientes controlados de forma alternativa, respondiendo favorablemente a las condiciones ambientales del estado, de tal manera que su cultivo puede ser una alternativa de diversificación para los productores de las diferentes especies como la tilapia, las cuales pueden ser introducidas en sus granjas favoreciendo su producción y no dependiendo únicamente de la tilapia engordada en forma de monocultivo; aunando al alto valor cultural que se tiene por el consumo de la carne de estas especies. Además se debe resaltar que su valor comercial está por arriba del valor actual que tiene la tilapia en los mercados regionales y nacionales. Cabe mencionar que en el Sureste de México se cuenta con los recursos hídricos, biológicos y de personal necesario para que esta actividad se vaya incrementando, logrando así satisfacer las demandas de la población la cual va en aumento de forma constante.

Aspectos generales de la biología de la tenguayaca (Petenia splendida)

La mojarra tenguayaca (*Petenia splendida*) fue descrita originalmente por Günter en 1862, a partir de ejemplares procedentes del lago de Peten en Guatemala (Páramo-Delgadillo, 1982). Siguiendo los criterios de Greenwood *et al.* (1966) y Nelson (2006), esta especie se ubica taxonómicamente de la siguiente forma (Fig. 1):



Figura 1. Mojarra tenguayaca (Petenia splendida)

Phylum: Chordata

Subphyllum: Vertebrata

Superclase: Gnathostomata

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS

Clase: Teleostomi

Subclase: Actynopterygi Infraclase: Neopterygii

Superorden: Acanthopterygii

Figura 1. Mojarra tenguayaca (Petenia splendida)

Orden: Perciforme Familia: Cichlidae Género: *Petenia*

Especie: Petenia splendida (Günter, 1862).

En relación a su morfología, Álvarez del Villar (1970), describe a la tenguayaca como un pez dulceacuícola que llega alcanzar una talla de 40 cm de longitud y aproximadamente 600 g de peso corporal; es una especie de cuerpo alto y comprimido, boca terminal, grande y protráctil; los dientes en forma de cono con terminales puntiagudas. Presentan un par de aberturas nasales en la cabeza y la línea lateral interrumpida. Tiene una sola aleta dorsal continua formada por una parte espinosa y otra de radios; la anal es similar a la dorsal pero más corta; la aleta caudal es redonda, la cual es una especie carnívora por excelencia, primordialmente ictiófaga. Por su parte, Reséndez y Salvadores (1983), encontraron mediante un análisis de contenido estomacal que la tenguayaca se alimenta de peces en mayor proporción, en menor proporción encontraron restos vegetales, materia orgánica y restos de insectos. Su talla mínima de madurez sexual se alcanza a los 165 mm de longitud total (LT) y la época de desove parece iniciarse en marzo, alcanzando su mayor actividad entre junio y julio, y extendiéndose hasta octubre. Asimismo, Ferreira et al. (1988) y Caro et al. (1994), mencionan que su distribución

abarca la cuenca del río Usumacinta en Chiapas y Tabasco, además de los tributarios de este sistema. El río Papaloapan en el Sur de Veracruz, el Río Grijalva en Tabasco y lagunas interiores asociadas a la laguna de Términos de Campeche. También ha sido registrada en los cenotes de Yucatán y Quintana Roo alcanzando el Río Hondo en Belice.

Aspectos generales de la biología de la castarrica (Cichlasoma urphthalmus)

En el caso de la mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*), está se clasifica siguiendo la descripción taxonómica de Greenwood *et al.* (1966) y Nelson (2006) de la siguiente manera (Fig. 2):



Figura 2. Mojarra castarrica (Cichlasoma urophthalmus)

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS

Phylum: Chordata

Subphyllun: Vertebrata

Superclase: Gnathostomata

Clase: Teleostomi

Subclase: Actynopterygi Infraclase: Neopterygii

Superorden: Acanthopterygii

Orden: Perciforme

Figura 2. Mojarra castarrica (Cichlasoma urophthalmus)

Familia: Cichlidae Género: Cichlasoma

Especie: Cichlasoma urophthalmus (Günter, 1862)

De esta manera, Miller (1976) citado por Martínez-Palacios (1987), menciona que su distribución abarca desde el sureste de México, en la porción media del estado de Veracruz, norte de Oaxaca, Tabasco, Campeche, Yucatán, ríos de Quintana Roo, hasta Centro América en Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua (Anónimo, 1983). La describe como un pez dulceacuícola que alcanza más de 30 cm de longitud y más de 400 g de peso, tiene cuerpo alto y comprimido, un solo par de orificios nasales en la cabeza, mandíbulas con dientes en forma de conos; el par central de dientes en la mandíbula superior es más grande que los demás, la línea lateral es interrumpida, tiene una sola aleta dorsal y una anal, la aleta caudal es redondeada. Por otra parte, Chávez et al. (1989), mencionan que sus hábitos alimenticios son omnívoros con tendencia carnívora pero que utiliza igualmente los recursos más abun-

dantes del medio donde se encuentra y se comporta como oportunista. Martínez-Palacios y Ross (1994), describen a la castarrica como un pez dulceacuícola cuyo color del cuerpo varía de castaño rojizo a verde violáceo, con 7 bandas transversales azul oscuro o azul verdoso y una mancha de igual color en la base de la cola. La cabeza es verdosa mientras que la garganta y el pecho, son rojizos. Las aletas dorsal, caudal y anal son verdes y su borde es rojo; la dorsal presenta pequeñas manchas rodeadas de color rojo; las pectorales son amarillas. Crece y se reproduce en un amplio rango de ambientes, desde lagos de agua dulce hasta lagunas salobres y manglares.

Este libro pretende dar a conocer de manera muy específica los avances en el desarrollo sobre la tecnología del cultivo de las mojarras tenguayaca y castarrica, además de los aspectos básicos que se deben tomar para el manejo integral en su cultivo en granja, abarcando desde el manejo de reproductores, larvicultivo en sistemas controlados, alimentación y manejo de los peces y procesos de engorda en diversos sistemas de cultivo, por lo que en la figura 3 se presentan los pasos que se deben seguir para realizar el cultivo de estas especies de importancia comercial para la región Sureste de México.

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS

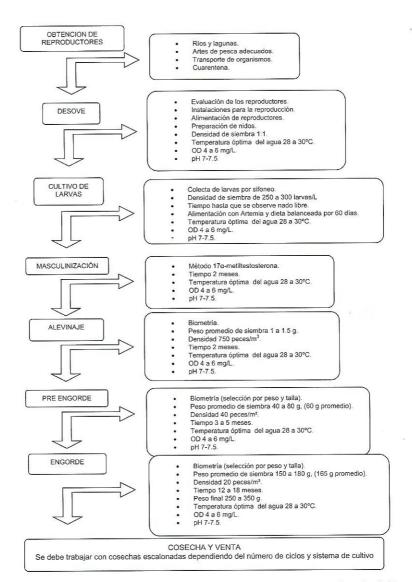


Figura 3. Esquema para la producción de las mojarras tenguayaca (*P. splendida*) y castarrica (*C. urophthalmus*).

OBTENCIÓN DE REPRODUCTORES

a base que sostiene el cultivo de juveniles para su engorda es la reproducción, de tal forma que la producción de semilla juega un papel primordial para las granjas, las cuales deben tener a disponibilidad crías de buena calidad y en la cantidad suficiente a lo largo del año. Por lo tanto, el aplicar técnicas adecuadas para la producción de crías es fundamental. En este aspecto, los peces a utilizar como progenitores se deberán obtener en una primera intención, del medio silvestre (ríos lagunas, canales entre otros) utilizando las artes de pesca más adecuadas, esto con el propósito de disminuir el daño físico que pudiera causarse a los peces en su captura. Estos una vez capturados, deben ser colocados en jaulas flotantes en relación a su tamaño para evitar agresiones durante este tiempo. Una vez completado la cantidad necesaria de ejemplares, dependiendo de la cantidad de crías que se quiera producir, se transportarán a las instalaciones de la granja procurando mantener una densidad no mayor a 150 peces/m³ en el contenedor (Fig. 4).



Figura 4. Tanque contenedor para el transporte de los peces.

Una vez transportados a la granja, deberán colocarse en un área distinta al sistema destinado para la reproducción (cuarentena), donde deberán ser mantenidos para su adaptación a las nuevas condiciones y procesos de depuración, para posteriormente realizar una selección del pie de cría por sexo, morfometría y su estado físico. Las hembras deberán tener un peso aproximado de 200 y 300 gramos. En el caso de los machos es deseable que su peso sea similar o un poco mayor al de las hembras (250 a 350 gramos).

1.1 Cuarentena

El proceso de cuarentena consiste básicamente en eliminar posibles parásitos o enfermedades que provengan del medio silvestre y pudieran ingresar a los sistemas de cultivo. Como parte de esta actividad los ejemplares deben ser adaptados gradualmente al consumo de alimento artificial para facilitar el manejo en cautiverio y el su-

ministro de medicamentos, si es que esto fuese necesario. En el caso de administrar antibióticos esto debe ser bajo supervisión profesional o del técnico de la granja.

Para llevar a cabo lo anterior, los peces se separarán por sexo y especie, introduciéndose en tanques circulares, cuadrados o rectangulares de concreto, fibra de vidrio o plástico con capacidad para 2 a 10 m³ de agua (manejando una densidad no mayor de 50 peces/ m³). En estos sistemas se deben aplicar tratamientos profilácticos, siendo uno de las más usuales el baño de los organismos por emersión en agua salada a 5, 10 o 20 ups y una exposición no mayor a 10 minutos. Otro tratamiento muy usual es la aplicación de azul de metileno (2%) en el agua, los peces son colocados por un tiempo no mayor a dos días, esto favorecerá a la total eliminación de ectoparásitos a la par de una adecuada alimentación o ayudará a mantener o mejorar el estado de salud de los peces. Con respecto a la alimentación, los reproductores deben ser alimentados dos a tres veces al día primeramente con alimento fresco o congelado (crías de tilapia) y paulatinamente con alimento balanceado (usualmente de trucha) hasta lograr la adaptación total.

La cantidad de alimento a suministrar diariamente será del 1 al 5% de su peso corporal. La ración diaria se divide en dos o tres porciones, suministrándose la mayor cantidad en el horario cuando más lo demanden los peces. Asimismo, es recomendable mantener el agua clara y limpia con recambios del 100% diario para reducir la presencia de materia orgánica, manteniendo limpias las paredes y el fondo del tanque, a fin de romper el ciclo de vida de los posibles parásitos. Una vez terminada la cuarentena, los peces pueden entrar al área de reproductores con la certeza de que van libres de patóge-

nos, este proceso se puede ir realizando en varias ocasiones a fin de completar el lote completo, incluyendo peces de reserva que pueden pasar a ser reproductores cuando haya peces que hayan bajado su producción.

2. DESOVE

2.1 Selección de los reproductores

Los cíclidos tienen una reproducción precoz, es decir, inician su reproducción en tallas pequeñas (aproximadamente 12 cm para castarrica y 16.5 cm para tenguayaca), lo cual representa muchas veces una desventaja para establecer el cultivo completo a nivel comercial. Las hembras pequeñas producen menor número de huevos y por lo tanto, se obtiene un menor número de larvas, en comparación con hembras de mayor talla y peso. Sabiendo lo anterior, es conveniente la selección de ejemplares de talla mediana que permitan obtener una producción promedio, aprovechándose al máximo su vida útil como progenitores y la capacidad instalada de la granja para el cultivo de estas dos especies, siendo evidente que el tamaño es importante para una reproducción exitosa. Por lo tanto, en la selección del lote de reproductores deben elegirse organismos con las características mencionadas, con comportamientos no agresivos y de fácil adaptación al consumo de alimento artificial para así obtener un lote de ejemplares 100% adaptados al manejo reproductivo en cautiverio.

Para diferenciar los sexos, los ejemplares deben ser anestesiados con metasulfonato de tricaina al 2% (MS-222) y mediante la observación de la papila genital la cual se encuentra situada por delante del ano (Fig. 5); una vez diferenciados, deberán ser separados los sexos en estanques diferentes a fin de evitar la reproducción dentro del área de cuarentena y llevar un control adecuado cuando se coloquen las parejas para iniciar los ciclos de reproducción. Un aspecto adicional es la necesidad de marcar a los peces de tal manera que se lleve desde un principio un correcto historial de producción por ejemplar, lo cual conllevará a tomar decisiones en relación al estado reproductivo de los peces y su posible descanso o remplazo.

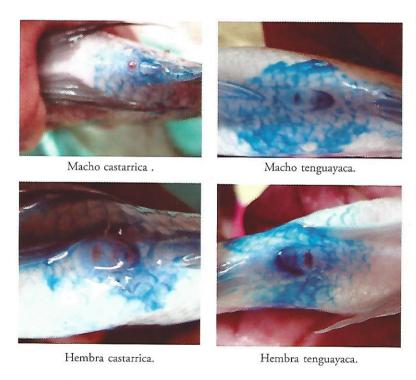


Figura 5. Diferenciación del poro urogenital para tenguayaca y castarrica.

2.2 Instalaciones para la reproducción

Como los adultos defienden su territorio (cuidado parental) mediante agresividad, es importante crear condiciones para minimizar las agresiones y el estrés de los peces. Los estanques circulares han sido empleados con éxito en la reproducción de las mojarras castarrica y tenguayaca, obteniéndose desoves constantes. Un tanque circular de 2 o 4 metros de diámetro con capacidad de 1.5 a 5 m³ puede ser acondicionado perfectamente para esta actividad. La profundidad del agua no deber ser mayor a 70 centímetros y el tanque debe estar provisto de 4 a 8 nidos los cuales pueden ser elaborados con una placa de acrílico opaco de 75 centímetros de ancho y un metro de altura, estos deberán ser sujetados al estanque para evitar que se deslicen al fondo. El espacio que queda entre los nidos y la pared del estangue, es utilizado por los peces como territorio de desove y crianza, además sirven como refugio para sus crías. El centro de la tina, se constituye como un espacio común para la alimentación, cortejo y selección de pareja. Tal acondicionamiento del estanque, permite el establecimiento y apareamiento de las parejas en espacios relativamente pequeños y aislados, reduciéndose de esta manera las agresiones entre los machos y favoreciendo que se realice el desove de las distintas parejas simultáneamente. La proporción de sexos en los tanques deberá ser de 2:1 (hembra/macho), colocándose de 9 a 18 peces según la talla de los progenitores y la demanda de crías (Figs. 6, 7 y 8).



Figura 6. Estanque equipado para la reproducción de cíclidos nativos.



Figura 7. Sistema de aireacion y entrada de agua.



Figura 8. Ubicación de los nidos.

2.3 Preparación de sustrato y desove

El comportamiento durante el proceso reproductivo de los cíclidos nativos incluye el establecimiento de un territorio, en el cual los padres protegen de posibles depredadores a sus crías. Los dos hábitos más comunes de limpieza y removimiento de materiales con la boca han sido denominados "mordidas" y "pellizcos" por Baerends-Van Roon (1950) y Keenleyside (1979), respectivamente, observándose estos hábitos durante la limpieza y preparación del substrato en el momento de la construcción del nido tanto para *C. urophthalmus* (Martínez-Palacios, 1987) como para *P. splendida*. Puesto que

estas especies no requieren un tipo especial de substrato para un desove exitoso, las parejas exhiben un comportamiento completo de formación del nido, limpiando el área de desove en la parte interna de los refugios, depositando los huevos, incubándolos y protegiéndolos. Este comportamiento, permitirá a los reproductores desovar en un área controlada, limpia y tranquila, reduciendo así, las posibilidades de contaminación en condiciones de cultivo intensivo. Una vez establecida el área de desove, la hembra usa la papila genital como un ovopositor y deposita unas pocas filas de huevos. El macho los fertiliza esparciendo el esperma sobre los huevos con ayuda de las aletas pectorales. Esta secuencia se repite hasta que se completa el desove (Fig. 9).



Figura 9. Comportamiento de apareamiento de las mojarras nativas

2.4 Control de la estación reproductiva y frecuencia de desove

La temperatura, es uno de los factores de mayor influencia en el metabolismo de los peces, el cual regula muchas de sus actividades como alimentación y, sin lugar a dudas, el ciclo reproductivo. Por lo tanto, cuando la temperatura desciende a menos de 24°C, la reproducción virtualmente cesa. Un método de bajo costo, que se puede utilizar en la época de invierno, es cubrir los tanques con una hoja de vinilo transparente, produciendo el efecto de un invernadero. Esto es suficiente, para aumentar la temperatura arriba de 25°C y mantener la reproducción durante casi todo el año. Sin embargo, es importante considerar que esta disminución en la reproducción, permite dar un descanso a los progenitores así como mantenimiento a los estanques de reproducción. Martínez-Palacios (1987) demostró que en sistemas intensivos bien manejados, bajo condiciones controladas de temperatura (alrededor de 28 a 31°C), buen alimento y espacio, las hembras pueden desovar cada 26 días (21 a 29 días) si los huevos son retirados una vez que las larvas han eclosionado.

2.5 Manejo de los reproductores

Una vez detectada alguna puesta, la propia respuesta del cuidado guardián que realizan los reproductores, permite rápidamente ser identificados, por lo que es necesario a partir de la marca realizada, registrar que ejemplares realizaron la reproducción, de tal manera que se lleve un historial continuo y pueda evaluarse su desempeño

reproductivo, así como la cantidad de huevos que ovopositaron, de tal manera que al detectar peces que no hayan tenido ningún evento, estos pueden ser sustituidos por otros de mejor calidad y se mejore la producción.

2.6 Fecundidad relativa

La fecundidad de la mojarra castarrica *C. urophthalmus* varía entre 2,085 a 6,615 huevos por hembra, en peces con un intervalo de longitud total entre 11.3 a 19.8 cm (Martínez-Palacios, 1987). Por su parte, Reséndez y Salvadores (1983) mencionan que *P. splendida* (tenguayaca) en el rango de tamaño de 21 a 28 cm produce entre 1,600 a 3,800 huevos por hembra.

2.7 Producción de crías

Empleando cuatro parejas de reproductores ya perfectamente establecidas y considerando un 90% de sobrevivencia por tanque se obtendrán aproximadamente 16,200 crías de castarrica y 10,800 crías de tenguayaca por mes en el pico del ciclo anual de reproducción (marzo a octubre) con el mismo lote de reproductores. La variación en estos valores dependerá de la frecuencia de desoves, número de huevos por desove y porcentaje de eclosión. Para asegurar una producción continua sin desgastar demasiado a los progenitores, se deberá conservar un lote de adultos en reposo, los cuales serán empleados cuando la producción de larvas disminuya dándoles descanso a los peces de forma escalonada. Es importante men-

cionar que para que en la granja haya una producción constante de crías, es necesario que los ciclos de reproducción se hagan de manera escalonada, esto consiste en que se vayan rotando los reproductores para obtener varias puestas en tiempos determinados y no que se obtenga una sola serie de puestas. Si se tienen 5 lotes de reproductores tanto de tenguayaca como de castarrica se pondrá un lote para un ciclo manteniendo separados los otros lotes, una vez terminado el primero ciclo de reproducción (3 a 6 meses) se monta el segundo ciclo y así sucesivamente. Esto asegurará el abasto de crías durante toda la época de reproducción.

2.8 Alimentación de reproductores

Los reproductores requieren de alimentos de alta calidad nutricional para mantenerse en una buena condición reproductiva y que esta se manifieste en la producción de alevines de alta calidad. Los alimentos comerciales disponibles suelen ser en ocasiones los responsables del engrasamiento visceral, de la reducción de la fecundidad y de causar deficiencias nutricionales que predisponen tanto a los reproductores como a las crías a enfermedades nutricionales e infecciosas. La falta de vitamina C en el alimento puede producir una respuesta inmediata en la salud de los ejemplares, aumentando la mortalidad de larvas y alevines, aunque esto no es obvio en los reproductores si se manifiesta en las crías. Por lo tanto, los reproductores deben ser alimentados de dos a tres veces al día con alimento balanceado (usualmente de trucha), con niveles de proteína de un 40 a 45% y 12 a 15% de lípidos, donde se ha observado que

en la práctica los reproductores aceptan muy bien los alimentos extruidos flotantes de 3.5 mm de diámetro, pudiendo también alimentarlos con alimento fresco o congelado (crías de tilapia). La cantidad a suministrar diariamente será del 1 al 5% de su peso corporal, dividiendo la ración diaria en dos o tres porciones, suministrándose la mayor cantidad en el horario en que mayor demanda haya por los peces. Asimismo, es recomendable mantener el agua clara y limpia, con recambios del 100% diario o con un sistema de recirculación.

2.9 Supervivencia a la eclosión

La tasa de eclosión de los huevos de estas dos especies, es alta cercana al 95%, solo unos pocos huevos no son fecundados. Los huevos son adherentes y suelen ser bastante resistentes a los hongos, solo raramente los recién liberados son dañados por ellos. Tomando en cuenta la fecundidad promedio en cada una de las especies y el porcentaje de sobrevivencia para esta etapa, el número promedio de huevos eclosionados será de 4,050 para castarrica y 2,700 para tenguayaca.

2.10 Colecta de las larvas

Una vez que se hayan obtenido los desoves y las larvas hayan eclosionado, las crías serán separadas de los progenitores aproximadamente cinco días después de la eclosión cuando empiecen a desprenderse del substrato (nado libre). La colecta de las larvas se reali-

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS

zará mediante sifonéo del área donde se encuentran estas, con una manguera de abertura ancha (2 a 3 cm) y colocadas en un recipiente de plástico de 4 L (cubeta) para evitar que se maltraten durante la transportación al sistema de crianza larvaria. Por lo general, las larvas de los cíclidos nativos suelen agruparse cerca del refugio donde la iluminación es mínima, lo cual deberá aprovecharse para efectuar la colecta. Tanto los huevos como las larvas se adhieren al substrato y son muy delicados, por lo que no se debe intentar separarlos del substrato hasta que inicie el nado libre; se recomienda que el agua del estanque de reproducción sea clara, ya que esto facilitará a la observación de las puestas y así llevar un mejor control (Figs. 10 y 11).



Figura 10. Formación de cardúmenes de las larvas.



Figura 11. Vista general de las larvas previo al proceso de masculinización

2.11 Incubación

Las crías obtenidas en cada desove de forma individual, se colocarán en un recipiente de 15 a 20 L de volumen a una densidad de 250 a 300 crías por litro, con agua del tanque de reproducción, para evitar mortalidad por cambios en la temperatura del agua; allí permanecerán hasta el momento de la primer alimentación, cuando hayan consumido el saco vitelino. Es necesario, que todo el equipo que se use en estas actividades, como son cubetas o mangueras, redes, etc. sea totalmente desinfectado antes y después de ser usado para evitar problemas de enfermedades. Esto puede hacerse lavando

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS

el material con agua que contenga azul de metileno, sal, cloro o yodo, enjuagándolos perfectamente para evitar dañar a las larvas (Fig. 12).



Figura 12. Desinfección de los aditamentos para el cultivo larvario.

3. MASCULINIZACION

3.1 Inversión sexual de las crías

El término inversión sexual se refiere al proceso en el cual la gónada indiferenciada (ovario o testículo) es dirigida hacia un sexo en particular, por medio de la administración de esteroides (Green et al., 1997; Contreras, 2001). El uso de esteroides para producir poblaciones monosexo en cíclidos ha sido ampliamente utilizado con el objetivo de evitar el proceso de reproducción y sobrepoblación de los estanques de cultivo. Puesto que las mojarras tenguayaca y castarrica, durante la fase larvaria no aceptan alimento balanceado, es necesario el uso de los nauplios de *Artemia* como fuente principal de alimento en sus primeras etapas después de la absorción del saco vitelino, la cual sirve como vehículo del esteroide (17 a-metiltestosterona), que es la responsable de la reversión sexual.

3.2 Preparación del alimento vivo

Se pesa la cantidad necesaria de quistes de *Artemia sp.*, (INVE) los cuales se hidratan durante una hora en agua dulce (hidratador), con aireación constante inmediatamente después se descapsulan con solución de hipoclorito de sodio (cloro comercial) al 4%, observando con detenimiento como cambia la coloración de café tenue a naranja; cuando esto sucede se coloca la solución de cloro con *Artemia* en un tamiz de 100 µm, esta se lava con abundante agua hasta eliminar el cloro (oler la muestra hasta no percibir el cloro), finalmente se coloca en un recipiente de plástico de 20 L con agua

marina artificial (la preparación se describe posteriormente) por 24 horas hasta su eclosión (Fig. 13), la eclosión de los nauplios se puede observar a través de una pipeta, se toma una muestra de agua y se ve a contraluz observándose el nado. Si no se observa esto, deberá prepararse nuevamente más alimento disminuyendo el tiempo en el uso del cloro comercial (debe practicarse varias veces hasta lograr una adecuado descapsulado).



Figura 13. Dispositivo para la eclosión del nauplio de Artemia.

3.3 Elaboración de materiales para alimento vivo

Los dispositivos para el descapsulado del quiste de *Artemia* se realizan cortando una botella de plástico trasparente de 3 L, quedando en forma de embudo y lavarla (desinfectar), colocarle la tapa a la

botella, ponerla de forma invertida con la abertura más grande hacia arriba. Este servirá para colocar el agua dulce para la hidratación y el cloro con los quistes de *Artemia* (Fig. 14).

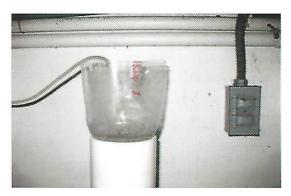


Figura 14. Dispositivo para la hidratación y descapsulado de Artemia

La base para el dispositivo descapsulador se elabora cortando un pedazo de tubo de PVC hidráulico de 3 pulgadas de diámetro y de 20 cm de largo (Fig. 15).



Figura 15. Vista específica del dispositivo eclosionador.

De manera general, se requiere también de un tamiz el cual se elabora con un pedazo de PVC hidráulico de 3 pulgadas de diámetro por 10 cm de largo; para lo cual, se corta la tela para serigrafía de 100 µm, de modo que abarque todo el diámetro del tubo, agregar resistol permanente en el borde de uno de los extremos del tubo y se pega dejándolo secar por 24 horas (Fig. 16).

Para la preparación del agua de mar artificial se debe utilizar agua dulce libre de cloro disolviendo sal comercial bruta (libre de yodo) hasta alcanzar una salinidad de 28 ups (28 g de sal por litro de agua), para verificar la salinidad se puede utilizar un refractómetro. Para utilizar el equipo primeramente debe calibrarse con agua dulce de acuerdo a las instrucciones del manual. Luego se debe colocar unas gotas del agua que se está preparando sobre el prisma de vidrio, cerrar la tapa (placa de iluminación), enfocar hacia una fuente de luz y mirar por el ocular. Ahí verás una escala y simplemente tomas el valor de la línea que separa la parte blanca y la azul la cual te indicara la salinidad del agua (Fig. 17).

3.4 Preparación de la solución enriquecedora de Artemia con la hormona 17 a-metiltestosterona

Previo a la colocación de los nauplios de *Artemia* en la solución con la hormona, se deberá preparar una solución madre de 17 á-metiltestosterona a una concentración de 6.67 mg/L, para lo cual se diluyen 500 mg del esteroide (Marca Argent), en 75 mL de alcohol etílico al 70%. Esta solución se vierte en la en el agua marina artificial, donde están los nauplios de *Artemia* durante dos horas. Poste-

CARLOS A. ÁLVAREZ, CARLOS RAMÍREZ, GABRIEL MÁRQUEZ



Figura 16. Vista general del tamiz para el manejo de los nauplios de Artemia.



Figura 17. Refractómetro para medir salinidad.

riormente, los nauplios de Artemia se suministran a las larvas a saciedad aparente cuatro veces al día en un horario de 8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 horas, ajustando el consumo diario en relación al número de organismos de cada tina (se puede iniciar con descapsulación de 2 gramos de quiste por cada 10,000 larvas). Este tratamiento tiene una duración de 15 días a partir de la absorción del vitelo.

3.5 Preparación del alimento artificial adicionado con la hormona 17 a-metiltestosterona

Después de realizar la alimentación con nauplios de *Artemia* con la hormona, es necesario realizar la alimentación con una dieta balanceada iniciador para trucha (52% de proteína y 15% de lípidos). En este sentido, Contreras-García (2003) obtuvo una masculinización exitosa de crías de tenguayaca *P. splendida* de entre 95.9 y 100% de machos, mientras que Real (2003) encontró que es posible masculinizar crías de mojarra castarrica *C. urophthalmus* entre el 91 y 98% de machos al administrar alimento hormonado a una dosis de 60 mg/kg de alimento. Para la etapa de masculinización de ambas especies, la densidad de crías será de 3000 larvas/m³ las cuales se mantienen en un sistema de recirculación con un control estricto de los parámetros ambientales y conservando las especies separadas.

Es importante tomar en cuenta que una buena inversión sexual (masculinización) es la base del éxito de la engorda en estas especies; una deficiente inversión sexual conllevará problemas en la etapa de engorde como: organismos de tallas pequeñas lo cual se traduce mayor tiempo de cultivo (mayor a un año y medio), reproduc-

ción no deseada en los estanques, gasto de alimento y por ende pérdidas económicas considerables.

Para la preparación del alimento hormonado es importante realizar una pulverización y extenderlo en una charola de aluminio. Una vez colocado el alimento, de la misma solución madre que se preparó anteriormente, se diluye en 1 L de alcohol etílico al 5% y por medio de la utilización de bomba de aspersión, la solución se esparce por encima del alimento, de tal forma de humedecerlo, y se deja secar por unos 30 minutos en un cuarto oscuro para que el alcohol se evapore (Fig. 18).

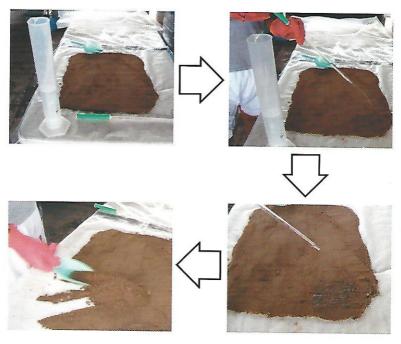
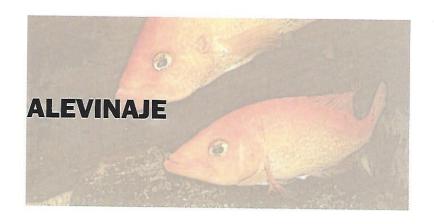


Figura 18. Preparación del alimento artificial hormonado.

Las crías recién nacidas pueden sobrevivir por 9 o 10 días con sus propias reservas. Dependiendo del tamaño del vitelo 50% será consumido entre los días 8 a 11 después de la eclosión, por lo cual es recomendable iniciar la alimentación a partir de los 5 días después de la eclosión (apertura de boca), aunque aun presenten un vitelo remanente. Se les deberá alimentar a una tasa de 15-20% del peso de su cuerpo diariamente utilizando un alimento iniciador para trucha (52% de proteína y 15% de lípidos), previamente preparado con la dosis de hormona.



as larvas durante el periodo de masculinización permanecerán un total de 60 días y deberán ser mantenidas en un sistema de recirculación a una densidad de 250 a 300 larvas/L, manteniendo condiciones óptimas de calidad del agua (Fig. 19). Una vez alcanzado un peso promedio de 0.5 a 1.5 g, los peces se transfieren a tanques de mayores dimensiones (se recomiendan tinas circulares de 2 a 5 m³) utilizando una densidad de siembra inicial de 750 peces/m³, con lo cual se inicial la etapa de alevinaje, alimentando a los peces de 4 a 6 veces al día con un espacio de 2 horas entre alimentaciones iniciando a las 8:00 AM.

Para la alimentación se empleará una dieta balanceada para trucha etapa alevín 1, 2 o pellets de 1.5 mm de diámetro, dependiendo del tamaño que vayan alcanzando las crías, este alimento contiene un 45% de proteína y 16% de lípidos, generalmente la alimentación se realiza a saciedad aparente, aunque es recomendable iniciarla considerando de un 10 a 15% de la biomasa para iniciar los ajustes del consumo diario. La etapa de alevinaje terminará cuando los organis-



Figura 19. Sistema de recirculación para el cultivo larvario.

mos alcancen un intervalo de peso entre 20 a 40 g aproximadamente, teniendo una duración de 2 a 3 meses dependiendo del manejo que se realice. Al finalizar la etapa de alevinaje se separarán por tallas y se ajustará la densidad para la siguiente etapa de cultivo. Los alevines más pequeños serán desechados y los más grandes serán resembrados en los estanques de pre-engorde (Fig. 20).



Figura 20. Estanques utilizados para la etapa de alevinaje.

4.1 Manejo de las crías

Antes de iniciar la alimentación se debe realizar una biometría a 50 a 100 organismos a los cuales se tomará su peso y longitud para determinar el factor de condición (FC) general de los peces, el cual tiene un valor de 1.1 para la tenguayaca y de 1.9 para la castarrica. Para esto, se utilizará la siguiente fórmula:

$FC = W \times L^3$

Donde, W = Peso promedio de las crías en gramos, y L = Longitud total promedio de las crías en cm.

Si los valores obtenidos de FC son muy diferentes a los antes mencionados, indica la posibilidad de estar sobreexcediendo o limitando la alimentación, para lo cual deberá calcular la biomasa total del cultivo:

Biomasa total = Peso total de los peces muestreados X total de peces de la tina

Con este valor de biomasa, deberá recalcular la cantidad diaria de alimento suministrado considerando de un 10 % de la biomasa; es decir, multiplique la biomasa total por 0.1 y ese valor indica la cantidad de alimento a suministrar, el cual se dividirá en seis alimentaciones al día y se proporcionará a las crías en los siguientes horarios: 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 y 18:00 h.

Se debe mencionar que la sobrealimentación, provocará que el agua de los estanques se deteriore rápidamente, ocasionando enfer-

medades, además de estar desperdiciando alimento; mientras que la falta de alimento se reflejará en un incremento en la agresividad de las crías y mortalidad, además de cierto grado de desnutrición, que se reflejará en un pobre crecimiento en la siguiente etapa del cultivo.

4.2 Manejo del sistema de alevinaje

Para el manejo de alevines, de forma similar a lo mencionado en el capítulo de reproducción, los alevines deben manipularse de forma escalonada para asegurar su producción constante; por lo que el manejo de estos, se torna primordial, ya que al finalizar la etapa de masculinización, hay una disparidad en la talla y el peso individual, y por ende debe de hacerse una selección y separación de los organismos en chicos, medianos y grandes, manejando densidades no mayores a 2500 alevines/m³. La granja debe de tener un área de transición donde se hace un ordenamiento de los peces en relación a las tallas, colocándolos posteriormente en tinas específicas donde se lleva un adecuado control del crecimiento con biometrías cada 15 días de una muestra de 30 peces por tina (Fig. 21).





Figura 21. Sistema de rotación para el alevinaje en cíclidos nativos.

4.3 Calidad del agua

El medio en que viven los peces se compone de dos elementos: el agua y el sedimento sobre el que descansa esta agua, es decir el fondo y las paredes del estanque. Cualquier pez no puede vivir en cualquier agua. Es preciso que la temperatura del agua y las materias que contiene en disolución o en suspensión convengan a las características biológicas del pez. En este aspecto, la calidad del agua es uno de los factores que interviene directamente sobre el desarrollo de un cultivo sano, por lo tanto es necesario que el agua que se vaya a utilizar sea de una fuente confiable, por tal motivo el monitoreo constante del oxígeno, pH, temperatura, amonio por citar los más importantes, son de vital importancia; para lo cual, se requiere implementar sistemas de recirculación continua de agua, asegurando el buen estado de los alevines con recambios del 100% diarios. Es necesario que cada granja cuente con equipos que les permita monitorear continuamente los parámetros fisicoquímicos del agua, ya que la fuente de abastecimiento de agua para las granjas usualmente son ríos arroyos, lagunas, canales de agua, manantiales, ojo de agua, pozos artesanales, pozo profundos entre otros, que pueden tener calidades diferentes y afectar el cultivo; lo que sí es recomendable en primera instancia es hacer análisis de la calidad del agua de la fuente que se esté o se vaya a utilizar para el cultivo (DBO, DQO, pH, Fe, coliformes fecales, Amonio ionizado entre otros), para determinar si puede utilizarse de forma directa para la acuacultura o requiere algún tratamiento. Es muy importante que el agua no ingrese directamente al sistema de cultivo sin un previo saneamiento, por tal motivo es necesario que exista un reservorio de agua que tenga la capacidad adecuada para cada uno de los sistemas además de realizar un

tratamiento previo que permita oxigenar el agua (por medio de arieadores), además es necesario poner un filtro mecánico (arena) que tenga la capacidad adecuada para la depuración del agua que se utilizará en las áreas (incluyendo la de alevinaje).

La razón principal de la recirculación de agua (reciclaje) en las granjas de peces es para ahorrar agua y energía intensificando la producción, por lo que en un sistema de recirculación se deberán considerar los siguientes componentes:

Depósitos de agua para los peces, una unidad de tratamiento del agua, bombas y tuberías para el suministro de agua así como para su retorno. El corazón del sistema es la unidad de tratamiento de agua que consiste en sistemas de filtrado mecánico, biológico, esterilización y eliminador de sólidos.

Los peces se mantendrán en depósitos (estanques) de al menos 5 m³ y el agua se cambia continuamente para garantizar las mejores condiciones para su desarrollo. La corriente de agua lleva el oxígeno a los peces y elimina los productos metabólicos de desecho (heces, amoniaco y CO₂). Esos productos de desecho son transformados en compuestos menos perjudiciales o reducidos hasta concentraciones que no afectan a la salud ni al crecimiento de los peces. Otra alternativa muy usual en el cultivo de peces, sobre todo en la etapa de engorda donde se manejan grandes volúmenes de agua, el recambio de agua es una de las estrategias más usuales para mantener la calidad del agua, esto consiste en sacar un volumen determinado del agua que contiene el estanque que va desde un (10, 15, 20, 50 80%), del volumen total de agua en un determinado periodo de tiempo (semanal, quincenal o mensual), según lo requiera el sistema (Fig. 22 y 23).

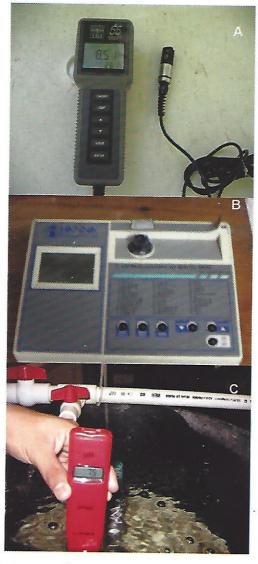


Figura 22. Equipos para el monitoreo de la calidad del agua: A) oxímetro, B) potenciómetro, C) multiparámetro.



Figura 23. Equipos para el mantenimiento de la calidad del agua.



5.1 Siembra inicial y alimentación

ara esta etapa del cultivo, los peces a sembrar en los estanques de pre-engorda tendrán un intervalo de peso entre 40 a 80 g (60 g promedio) y la densidad de siembra será de 40 peces/ m². Por ejemplo, en un estanque de 50 m² (10 x 5 m) se sembrará un total de 2,000 peces, los cuales se alimentarán 3 veces al día con espacios de 4 horas entre alimentaciones iniciando a las 8:00 h. Se les proporcionará alimento balanceado para tilapia de 2.5 y 3.5 mm, con 35% de proteína a un 10% de su peso corporal para la castarrica y de trucha con 42% de proteína y 12% de lípidos de 2.5 a 3.5 mm. Esta etapa finalizará cuando los peces alcancen los 150 g aproximadamente y durará entre 3 y 5 meses dependiendo del manejo y alimentación proporcionado. (Fig. 24 y 25).



Figura 24. Estanques utilizados para la etapa de pre-engorde.

Al concluir la etapa de pre-engorde se hará una segunda separación por tallas y se ajustará la densidad de peces para la siguiente etapa. Al igual que en la etapa anterior, los peces más pequeños se desecharán y los más grandes se sembrarán en los estanques de engorde.

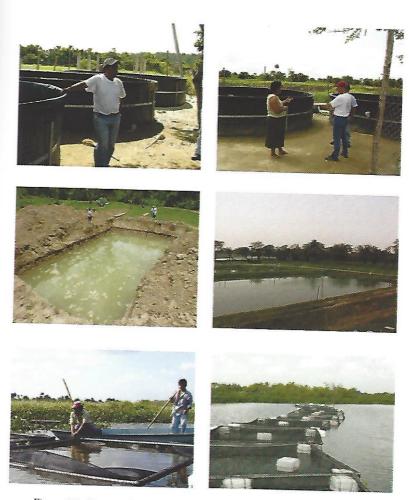


Figura 25. Sistema de rotación para el pre-engorde de cíclidos nativos.

6. ENGORDA

6.1 Etapas del cultivo para la engorda

Para iniciar esta etapa final, los peces deberán tener un peso entre 150-180 g (165 g promedio) y se sembrarán a una densidad inicial de 20 peces/ m², a partir de un desdoble de la etapa de pre-engorde, además de realizar un desdoble intermedio disminuyendo la densidad a 10 peces/m² a partir del mes 5 o 6 después de la siembra o cuando los peces alcancen 250 g en promedio. El número total de peces a sembrar en un estanque de 50 m² será de 1,000. Se alimentarán de 2 a 3 veces al día en el siguiente horario: 8:00, 14:00 y 18:00 h, suministrando alimento para tilapia en el caso de la castarrica con un contenido de proteína de 35% de proteína y 7 de lípidos y de trucha en el caso de la tenguayaca con un contenido de 42% de proteína y 8 % de lípidos, ambos de 3.5 y 5.5 mm, y se alimentarán a un 5% de su peso corporal ajustando el consumo diariamente en relación a la demanda. Los peces permanecerán en los estanques de engorde hasta que alcancen de 300 a 350 g de peso. El cultivo total tendrá una duración de 12 a 18 meses dependiendo del manejo de los sistemas.

Es importante que antes de iniciar la alimentación se verifique que los animales estén en buenas condiciones registrando los valores de oxígeno disuelto en el agua. Si los peces se comportan de manera diferente (ha aumentado la demanda de oxígeno) no deberá alimentarse y se procederá a hacer recambio de agua del estanque en al menos un 25% diario durante una semana.

Es necesario que en cada una de las etapas de cultivo, se realicen biometrías cada 15 días para ajustar la cantidad de alimento a suministrar. Para esto, se colectará una muestra de 50 a 100 peces, a los cuales se tomarán los datos de peso y longitud. De estos datos se obtendrá la biomasa total el cual se multiplicará por el porcentaje de peso corporal, y este resultado se multiplicará por el número total de peces como se mostró anteriormente. De esta manera, se obtendrá la cantidad de alimento que se proporcionará a los peces, aunque el suministro diario se deberá ajustar por medio de la observación en relación al consumo que se detecte en los estanques. De igual forma, es de suma importancia que la calidad del agua donde se desarrolla el cultivo se mantenga en los intervalos adecuados de calidad (ver figura 3), lo cual favorecerá a que el cultivo de los resultados planeados al inicio del cultivo.

6.2 Evaluación del crecimiento

La evaluación del crecimiento durante el proceso de engorda es una herramienta básica la cual nos permite la dispersión de la talla en función al alimento consumido y estimar el tiempo adecuado para iniciar las cosechas parciales. El tiempo adecuado para realizar las biometrías es de 30 días donde los datos que nos proporciona esta labor nos ayudará a reajustar la cantidad de alimento a suministrar cada 30 días. Para la realización de las biometrías se deberá contar con los equipos básicos como son un ictiómetro y balanza digital (Fig. 26), para lo cual, los peces deberán de ser capturados y manipulados con mucho cuidado e iniciar la verificación del crecimiento (Fig. 27 y 28), verificando su estado general de salud para detectar posibles infecciones y evitar lastimarlos durante la manipulación (Fig.

29). De igual forma, los datos de crecimiento nos permitirá tomar decisiones para realizar los desdobles de organismos, separándolos por tallas, favoreciendo el crecimiento y disminuyendo las agresiones por competencia de alimento y espacio que para este grupo de peces se da de forma natural.



Figura 26. Materiales necesarios para la realización de las biometrías.



Figura 27. Captura de peces para la realización de la biometría



Figura 28. Evaluación del crecimiento en peso y talla



Figura 29. Observación del estado físico general del pez

6.3 Cosecha de los peces

Una vez que se detecto que los peces han alcanzado una talla de 300 g en promedio, se deberá determinar a partir de los intervalos de peso (mínimos y máximos) el porcentaje de peces que están en determinada talla a partir de la biometría. Esto se realiza por medio del siguiente procedimiento:

- 1) Se capturan 50 peces, separarlos en tres grupos: chicos (menores a 250 g), medianos (251 a 300 g) y grandes (mayores a 301 g).
- 2) Una vez realizada esta separación, se contará el número de peces de cada grupo, p. ej. Chicos 12, medianos 22 y grandes 16
- 3) Calcular el porcentaje por grupo

Porcentaje por grupo = (total de peces de la talla X 100) / (total de peces de la muestra)

Esto dará para los chicos 24%, medianos 44% y grandes 32%, donde cada valor obtenido representa el porcentaje de peces dentro de su estanque que han alcanzado esa talla. Si usted sembró 5,000 peces en un estanque, podrá determinar el total de peces por talla en su estanque, para lo cual deberá hacer la siguiente operación:

Total de peces sembrados (5000) x 0.24 (valor decimal para los peces chicos) = 1,200 peces chicos

Total de peces sembrados (5000) x 0.44 (valor decimal para los peces medianos) = 2,200 peces medianos

Total de peces sembrados (5000) x 0.32 (valor decimal para los peces grandes) = 1,750 peces grandes

Con estos valores estimados usted podrá iniciar la cosecha considerando que tiene 1,750 peces que puede obtener del estanque y de esta manera, programar las fechas de cosecha (p. ej. semanalmente) para tener una producción continua en lo que los peces medianos y chicos alcanzan la talla final de venta (aproximadamente 350 g).

Desde el punto de vista de manejo, lo ideal para iniciar un cultivo semi-intensivo de cíclidos nativos es contar con al menos nueve estanques, ya sea de tierra o recubiertos con geomembrana e inclusive de concreto que tengan una capacidad mínima de 50 m³, lo que permitirá realizar un cultivo escalonado y cosechar peces a lo largo del año (Fig. 30).

CICLO DE PRODUCCION

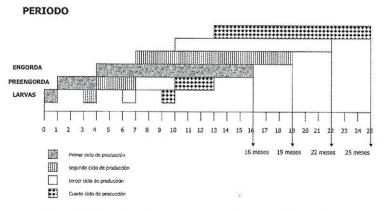


Figura 30. Manejo escalonado para el cultivo de cíclidos nativos

De esta forma, se puede tener un diseño integral para una granja semi-intensiva para el cultivo de cíclidos nativos y lograr una producción continua (Fig. 31). Cabe mencionar que este diseño puede variar en relación a los volúmenes de producción que se desee alcanzar.

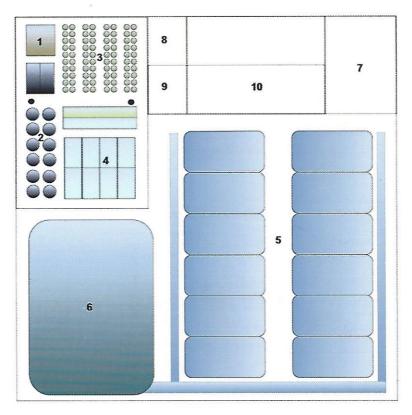


Figura 31. Diseño esquematizado de la granja para el cultivo de cíclidos nativos. 1: Cuarentena; 2: Reproducción; 3: Larvicultivo y masculinización; 4) Alevinaje; 5: Pre-engorde y engorde; 6: Laguna de oxidación; 7: Bodega; 8: Planta de emergencia; 9: Laboratorio general; 10: Oficinas.

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS EN AMBIENTES TROPICALES

Una opción de diversificación de la producción agropecuaria, mejora alimenticia y protección a los ambientes acuáticos naturales

Introducción

ctualmente el panorama acuícola nacional es muy dinámico, sobre todo en el subsector piscícola, que se encuentra en plena etapa de expansión y sus beneficios cada vez llegan a más mexicanos, especialmente aquellos que viven en zonas rurales. Muchas de las unidades de producción piscícola que hoy funcionan a lo largo de todo el territorio nacional, son el resultado de los esfuerzos que productores e instituciones gubernamentales encargadas de fomentar el desarrollo han realizado, con el fin de elevar la rentabilidad de los sistemas agropecuarios a través de la diversificación productiva (Ramírez, 1999). Sin embargo, en el mayor número de los casos se fomenta el uso de especies de peces

exóticos como la carpa y la tilapia, en sistemas de producción que carecen de medidas de bioseguridad que eviten la fuga de individuos al medio natural, lo que ha provocado, en muchos casos, su establecimiento y propagación lo que las convierte en especies invasoras.

La introducción de una especie invasora puede desencadenar la desaparición de una o varias especies. Dentro de este contexto, los ambientes acuáticos en particular son extremadamente sensibles, ya que un gran número de extinciones de especies en ecosistemas acuáticos se ha relacionado con la depredación, el parasitismo o la competencia provocadas por especies invasoras (Pimentel *et al.*, 2001). Adicionalmente, las extinciones en los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, son cinco veces más importantes que en los ambientes terrestres (Ricciardi y Rasmunssen, 1999). Finalmente, la gravedad de la introducción de especies invasoras a ambientes naturales puede llegar al extremo de contribuir con la degradación del ambiente, por ejemplo alterando los ciclos biogeoquímicos (Aguirre y Mendoza-Alfaro, 2009)

Por otra parte, la región conocida como Selva Lacandona ubicada al Este del estado de Chiapas, es considerada el centro de más alta diversidad biológica en el trópico, no sólo de México sino de la América Septentrional (De la Maza, 1997) por lo que aún es posible encontrar algunos de los ya muy escasos ríos prístinos, lo que permite que en esta zona exista una de las ictiofaunas más diversas y mejor conservadas de nuestro país (INE, 2000). Recientemente se describió una nueva especie y género (*Lacantunia enigmatica*) perteneciente una nueva familia (Lacantunidae) en el río Lacantún, al

sur de la RBMA (Rodiles *et al.*, 2005), lo cual confirma la condición prístina que tienen los ecosistemas acuáticos de esta región. Por todo lo anterior, fue necesario diseñar un programa de piscicultura rural para la Selva Lacandona, que conjugara la producción de alimentos de alto contenido proteínico para consumo humano, con la protección de los ambientes acuáticos de la región, pero que además fuera capaz de ser reproducido en zonas tropicales con características similares.

Programa piloto de cultivo de mojarras nativas en la Selva Lacandona

Con el objetivo de probar la viabilidad ambiental, técnica y productiva del cultivo de mojarras nativas en comunidades rurales ubicadas en la región conocida como la Selva Lacandona, localizada al Este del estado de Chiapas, Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C., diseño e instaló, durante el verano de 2007, cuatro unidades de producción piscícola en las comunidades de Trece de Septiembre y Loma Bonita, municipio de Ocosingo, Playón de la Gloria, municipio de Marqués de Comillas y San Felipe Jataté, municipio Maravillas Tenejapa, contando con el apoyo de personal académico de la División de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y habitantes de las comunidades.

Adicionalmente, a los productores y técnicos interesados en participar en la construcción y operación de las unidades de producción, les fueron impartidos una serie de cursos y talleres (figuras 32 y 33) con los siguientes temas:

- Tipos de especies a cultivar de acuerdo a las características del ambiente y la calidad genética de la crías.
- Determinación de las capacidades de carga de los estanques de engorda de acuerdo a sus dimensiones.
- Tipo y periodicidad de los alimentos que deben suministrarse a los organismos cultivados.
- Métodos de identificación de parásitos y enfermedades.
- Criterios ambientales, y la aplicación de los mismos, en la selección de sitios con viabilidad para instalar y operar de proyectos acuícolas.
- Métodos para calcular el costo beneficio de los cultivos.
- Preparación de estanques, previo a la siembra.



Figura 32. Curso de impartido a productores agropecuarios del municipio de Marqués de Comillas.

- Formas de cosecha y métodos para calcular los rendimientos.
- · Aclimatación y siembra de crías.
- · Importancia del recambio de agua.
- Control de predadores.
- Importancia de factores ambientales del agua como la transparencia, el oxígeno disuelto y la temperatura.

La ubicación de las unidades de producción se realizó tomando en cuenta los siguientes criterios:

 a) Evaluación de parámetros fisicoquímicos del agua In Situ (temperatura, transparencia, pH, oxígeno disuelto, total de



Figura 33. Curso de capacitación impartido a productores agropecuarios del municipio de Ocosingo.

- sólidos en suspensión y conductividad) en cada una de las posibles fuentes de abastecimiento de agua a los cultivos.
- b) Entrevista a productores sobre la cantidad de agua disponible, a lo largo del año, de la posible fuente de abasto.
- c) Tipo y permeabilidad del suelo.
- d) Distancia y accesibilidad del sitio propuesto, respecto al área urbana del ejido.
- e) Uso actual del suelo, tipo de vegetación y pendiente del terreno (figuras 34).



Figura 34. Determinación del sitio de ubicación de la unidad de producción piscícola en el ejido Playón de la Gloria. Una vez elegido el sitio de ubicación de las unidades de producción, se llevó a cabo el trazo del área perimetral y la estanquería (figura 35).



Figura 35. Trazo del área perimetral y estanquería en el ejido Trece de Septiembre.

La construcción de la estanquería de basó en un modelo estándar desarrollado tomando en cuenta las características ambientales con el fin de disminuir al máximo las posibles afectaciones sobre los ecosistemas acuáticos, y que en lo general contó de una cortina de 7.5 metros de largo y 10 metros de fondo, con una profundidad máxima de 1.5 a 2 metros de lado de la cortina y 1 metro en el extremo posterior, con paredes sin recubrir y abasto de agua derivado de corrientes cercanas a través de canales derivadores o mangueras de 2 pulgadas (diagrama 1). En al menos dos casos, el modelo propuesto, sufrió adecuaciones debido al tamaño y orografía de los sitios en se decidió instalar los módulos de producción piscícola (figuras 36 a 38)

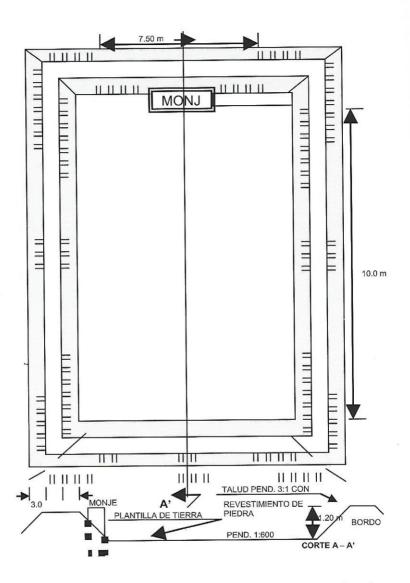


Diagrama 1. Especificaciones técnicas del tipo de estanque construido en la unidades piscícolas



Figura 36. Construcción de la unidad de producción piscícola en el ejido Trece de Septiembre.



Figura 37. Construcción de la unidad de producción acuícola en el ejido Trece de Septiembre.

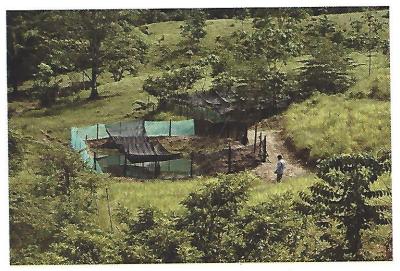


Figura 38. Unidad de producción de la comunidad del Trece de Septiembre.

Una vez concluida la construcción de los estanques se procedió a llevar a cabo las siguientes actividades, las cuales se han repetido durante el inicio de cada ciclo de producción:

- a) Apisonado de los pisos y paredes de los estanques, con el fin de mejorar su compactación (figura 39).
- b) Preparación de compostas usadas para fertilizar los módulos de producción (figura 40)
- c) Llenado de los estanques y colocación de compostas.
- d) Limpieza de malezas y colocación de malla sombra (figura 41).
- e) Retiro de composta y recambio de 30% de la columna de agua.



Figura 39. Apisonado de pisos y paredes



Figura 40. Preparación de compostas



Figura 41. Limpieza de malezas y colocación de malla sombra

Durante los cinco años que han estado en operación las unidades de producción, se han sembrado 1,500 individuos en cada uno de los estanque, producidos y masculinizados en el Centro de Producción Acuícola de la División de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (figuras 42 y 43), dando como resultado una densidad promedio de 20 ind/m² (tabla 1).



Figura 42. Siembra de alevines de Castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*) en la unidad de producción acuícola localizada en el ejido Loma Bonita



Figura 43. Siembra de alevines de Castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*) en la unidad de producción acuícola localizada en el ejido Trece de Septiembre

Unidad de producción	Área productiva (m²)	Individuos sembrados	Bajas en siembra	Variedad	Densidad de siembra
Trece de septiembre					
Unidad a	75	1,500	0	Tenguyaca	20 ind/m ²
Unidad b	75	1,500	0	Castirrica	20 ind/m ²
Loma Bonita					
Unidad a	75	500	0	Tenguayaca	20 ind/m ²
		1,000		Castarrica	
Playón de la Gloria		- Control of the cont			
Unidad a	70	1,500	0	Tenguayaca	21 ind/m ²
Unidad b	70	1,500	0	Castarrica	21 ind/m ²
San Felipe Jataté					
•	50	1,500	0	Castarrica	30 ind/m ²
	50	1,500	0 _	Tenguayaca	30 ind/m ²

Tabla 1. Especificaciones técnicas de proceso de siembra de peces

La principal fuente de alimento para los individuos cultivados ha sido la producción primaria y secundaria presente en la columna de agua del estanque; sin embargo, se han sido agregados alimentos balanceados de forma complementaria, tomando en cuenta la siguiente fórmula: alimento con un contenido de 52% de proteína dos veces al día (mañana y tarde), durante los primeros 30 días y posteriormente alimento balanceado con un contenido de 30 a 35% de proteína, dos veces al día (mañana y tarde).

Al cumplirse noventa días de haber sido realizada la siembra se llevaron a cabo pre-cosechas con el fin de determinar los siguientes parámetros:

- a) Tasas de crecimiento y peso de los individuos cultivados, a través de una muestra de 50 individuos.
- b) Desarrollo gonadal de los individuos.
- Sanidad de los cultivos, presencia de parásitos o enfermedades.

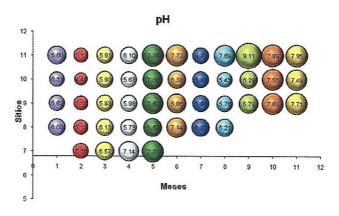
Los resultados de las diferentes precosechas realizadas mostraron que las tallas máximas registradas fueron de 15 centímetros (largo total), con un promedio de 12 centímetros y un peso máximo de 120 gramos con un promedio de 90 gramos, lo cual sugiere una tasa de crecimiento alta, ya que en sólo 90 días los organismos cultivados pasaron de una talla de 3 cm (largo total) y 5 gramos (en promedio) a las tallas y pesos registrados. Lo anterior muestra que los individuos cultivados han ganado diariamente en promedio 0.1 centímetros de talla y 0.96 gramos de peso.

El desarrollo gonadal de los individuos que fueron muestreados fue de casi siempre de 1 (desarrollo incipiente de gónadas) y no ningún caso se encontraron parásitos y/o signos de enfermedad. Adicionalmente, se han monitoreado las condiciones en cultivo a través de parámetros:

- a) Calidad del agua (pH, oxígeno disuelto, temperatura de la columna de agua, total de sólidos disueltos y conductividad)
- b) Evaluaciones de la productividad primaria *in situ* utilizando métodos indirectos (disco de sechii) y composición de la comunidad planctónica.
- c) Calidad sanitaria de los cultivos (inspección externa y disección en busca de parásitos e indicios de enfermedades) (Figuras 36 a 39)

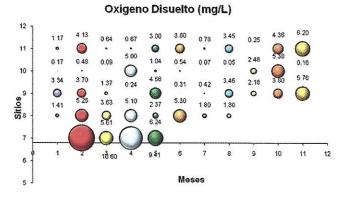
El comportamiento observado en los parámetros de calidad del agua que fueron monitoreados en las unidades de producción fue el siguiente:

• pH.- los valores registrados han fluctuado entre 4.5 y 9 con un promedio de 6.75 (gráfica 1)



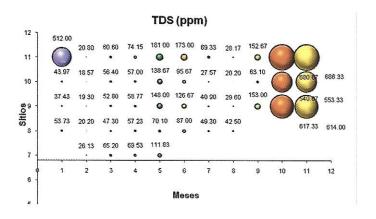
Gráfica 1. Valores de pH registrados en las unidades de producción

 Oxígeno disuelto.- la cantidad de este elemento en la columna de agua fluctuó de 0.09 l a más de 10 mg/l (gráfica 2)



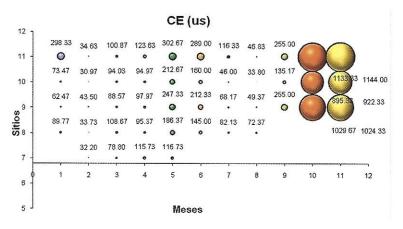
Gráfica 2. Valores de Oxígeno Disuelto registrados en las unidades de producción

• Total de sólidos disueltos.- se registraron valores desde 18.5 a más de 680 partes por mil (gráfica 3)



Gráfica 3. Total de Sólidos Disueltos registrados en las unidades de producción

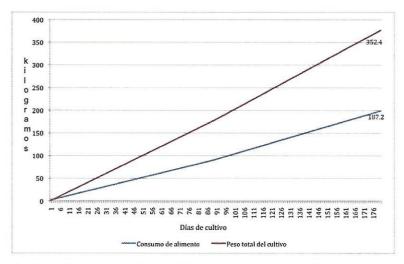
• Conductividad.- se registraron valores entre 32 y 1,144 micro-siemens (gráfica 4)



Gráfica 4. Valores de conductividad eléctrica registrados en las unidades de producción

Temperatura. Los valores de temperatura registrados fluctuaron entre 21 y 28 °C

Los alimentos complementarios que han sido proporcionados a partir del cuarto mes de cultivo, han sido balanceados con un contenido de 25% de proteína, proporcionados dos veces al día (mañana y tarde). El consumo promedio de alimento por estanque al cumplirse 180 días de cultivo, ha sido de aproximadamente de 200 kilogramos, equivalente a 1,100 gramos por día, lo que significó un consumo promedio de 0.55 gramos diarios por individuo (gráfica 5).



Gráfica 5. Consumo de alimento VS aumento de peso promedio de individuos en cultivo

A partir de los 150 días de cultivo se han presentado organismos con un desarrollo gonadal 4 (gónadas desarrolladas y maduras) primordialmente de sexo masculino (aproximadamente 10% de los individuos cosechados), por lo que se decidió llevar a cabo la cosecha de las unidades piscícolas entre los 180 y 240 días de cultivo, registrando tallas máximas de 27 centímetros (largo total), con un promedio de 22 centímetros y un peso máximo de 270 gramos y promedio de 220 gramos (figuras 44 a 48).

Y ninguna de las cosechas que ha sido realizadas han sido observados parásitos y/o enfermedades en los individuos; sin embargo, fueron reportadas algunas muertes múltiples en los estanques localizados en la comunidad del Trece de Septiembre (hasta 20 individuos) en fechas determinadas (febrero y marzo de 2010), las cuales

CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS



Figura 44. Cosecha de individuos en unidad de producción localizada en Playón de la Gloria



Figura 45. Individuos de mojarra castarrica (*Cichlasoma urophtalmus*) cosechados



Figura 46. Medición de talla (longuitid caudal y total) de los individuos cosechados



Figura 47. Medición de peso de los individuos cosechados.



Figura 48. Medición del peso total de la muestra de individuos cosechados.

se encuentran asociadas a condiciones de baja concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, debido a la acumulación de materia orgánica en el fondo de los estaques y una falta de recambio de agua producida por una baja en el suministro de agua provocada por el descenso de los niveles de este líquido en la fuente de abasto (arroyo) debido a las condiciones que predomina durante la temporada de secas (baja precipitación y altas tasas de evaporación).

Evaluación del modelo de producción piscícola

En cada una de las unidades de producción se han obtenidos cosechas promedio de 1,900 individuos por estanque, lo cuales han registrado un peso promedio de 265 gramos dando como resultado una obtención de aproximadamente 500 kilogramos por estanque de tal forma que en las unidades de producción de Playón de la Gloria, San Felipe Jatate y Trece de Septiembre se han obtenido cosechas promedio de 1 tonelada/ ciclo y Loma bonita ½ tonelada/ ciclo, debido a que sólo cuenta con un estanque.

El alimento promedio que ha consumido cada una de las unidades piscícolas ha sido de 8 bultos de alimento balanceado de 25 kilogramos por unidad de producción, lo que significó un consumo total de 200 kilogramos de alimento por ciclo de cultivo. De tal forma que la conversión de alimento es de aproximadamente 5:1, lo cual significa que por cada kilo de alimento balanceado se obtuvieron 5 de carne de pescado.

Gran parte de los individuos cosechados han sido utilizados para la alimentación de las comunidades de la zona, sin embargo, algu-

nos excedentes han sido comercializados a un precio promedio de \$ 50.000/kilogramo a pie de estanque, lo cual supondría ingresos brutos por \$ 50,000.00 en cada unidad de producción. Por su parte, los costos de producción de cada uno de los estanques ha sido aproximadamente \$ 5,000.00 (tabla 2), lo que significa que las unidades piscícolas han tenido un costo aproximado de producción de \$ 10,000.00 por ciclo de cultivo. De tal forma, que la rentabilidad que ha sido observada en las unidades de producción piscícola que utilizan especies nativas es de 5 a 1.

Concepto	Unidades	Precio unitario	Costo/estanque
Crías	1,500	\$ 1,50	\$ 2,250.00
Traslado de crías (combustible y viáticos)		\$5,000	\$ 714.28
Consumo de alimento balanceado	8	\$ 250.00	\$ 2,000.00
Total			\$ 4,964.28

Las condiciones prevaleciente en los cultivos han permitido que la mayor parte del alimento consumido por los peces, lo provea el medio ambiente. Esto debido primordialmente a que las condiciones en las que se desarrollan los cultivos son muy favorables para las especies nativas, debido a que se presenta una alta productividad primaria a lo largo de todo el ciclo de cultivo provocada por una buena disponibilidad de nutrimentos en el agua y de luz solar, además de que las temperaturas promedio en la columna de agua, durante la fase de cultivo, oscilan entre 28 y 30 grados y que las concentraciones de oxígeno disuelto, en promedio, son mayores a 3

mg/lt gracias al recambio parcial de agua que se realiza permanentemente.

La tasa de conversión de alimento balanceado que se consideran rentables para cultivos de peces en el mundo, es de 2:1 (dos kilogramos de alimento por uno de carne producido). Mientras que para las unidades piloto con las que se trabajó, se han registraron tasas de conversión alimenticia de 1:5 (un kilo de alimento por cinco de carne producidos), esta situación solo es posible obtenerla a través del uso de especies nativas, la cuales están perfectamente adaptadas a las condiciones ambientales y alimenticias que se crean en los sistemas de cultivo, ya que en el caso de especies exóticas, especialmente tilapia (*Oreochromis spp.*), la dependencia del alimento balanceado es mayor, además de que son más susceptibles a presentar parásitos y enfermedades, lo cual provoca muy frecuentemente, caídas en el rendimiento productivo.

El diseño propuesto para la construcción de la estanquería consideró la producción de alimento natural como uno de los factores determinantes para su funcionamiento, el cual es adecuadamente aprovechado por las especies en cultivo debido a que se trata de especies nativas, las cuales se encuentran plenamente adaptadas a las condiciones ambientales que imperan en la zona, y que gustan de consumir primordialmente el alimento que se produce en la columna de agua, de tal forma que el alimento balanceado solo se utiliza como complemento alimenticio y no como principal aportante de energía a los cultivos.

Los resultados obtenidos hasta el momento, han demostrado que es posible operar un programa de piscicultura rural utilizando especies nativas, capaz de diversificar la producción agropecuaria, generar alimentos de alto contenido protéico y proteger a los ambientes acuáticos naturales. Sin embargo, la incorporación de la acuacultura al universo de producción con el que cuentan los habitantes de las comunidades, se ha realizado a través de un proceso de asesoría integral y destinando mano de obra familiar, tratando de lograr una adecuada rentabilidad y competitividad que permita su permanencia a través del tiempo, sumado al hecho de aplicar tecnologías ambientalmente sustentables. De tal forma que las actividades de fomento de la acuacultura que se han realizado han basado su proceder en dos principios básicos:

- 1. El desarrollo de esta actividad productiva depende del conocimiento biotecnológico de la especie a manejar y del ambiente en el cual se lleva a cabo el cultivo.
- El diseño y operación de unidades de producción acuícola, se dio con un estricto respeto a los recursos naturales, con el fin de que esta actividad productiva no causara daños al ambiente y únicamente ofrezca beneficios sociales y económicos.

Lo resultados en el programa piloto demuestran que la piscicultura rural que utiliza especies de especies nativas tiene una gran potencial en zonas con características ambientales y socioeconómicas similares a las que se presentan en el trópico húmedo del sureste mexicano.



Álvarez del Villar, J., 1970. *Peces mexicanos* (Claves). Secretaría de Industria y Comercio. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico–Pesquero. Serie Investigación Pesquera. Estudio l.1 México DF, 166 pp.

Anónimo, 1983. Catálogo de Especies acuáticas en el estado de Tabasco. Artes y métodos de captura. Delegación Federal de Pesca y la Dirección de Fomento Pesquero en el Estado de Tabasco, México, 353 pp.

Baerends, G. P. y Baerends-Van Roon, J. M. 1950. An introduction to the ethology of cichlid fishes. "Behavior", Suppl. 1, 242 pp.

Caro, C., Mendoza, A., Sánchez, M., 1994. "Caracterización del medio ambiente de Petenia splendida en lagunas del sur de Quintana Roo". En: Mendoza, Q.M.E.A., Galmiche, T.A., Meseguer, E.R., (Eds.), Memorias del II Seminario Sobre Peces Nativos Con Uso Potencial En Acuicultura, 23-26 de mayo del 1994, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, H. Cárdenas, Tabasco, México, 65-75 pp.

Chávez, M., A. E. Matheewus y M. H. Pérez, 1989. Biología de los peces del río San Pedro en vista de determinar su potencialidad para piscicultura. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) y Fundación Universitaria para la cooperación Internacional al Desarrollo (FUCID). Xalapa, Veracruz, México. 222 p.

- Contreras, S. W. M., 2001. Sex determination in Nile Tilapia, Oreochromis niloticus: Gene expresión, masculinization methods, and environmental effects. Tesis doctoral. Oregon State University. 193 p.
- Contreras-García, M.J. 2003. Inversión sexual de las mojarras nativas Cichlasoma salvini y Petenia splendida, mediante la administración oral de esteroides sintéticos. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 48 p.
- Ferreira, A., Nuño., G., Gómez-Nieto, N.G., 1988. Estado actual del conocimiento sobre los ciclidos nativos de los cuerpos de agua epicontinentales del estado de Quintana Roo. Memoria, 1er Seminario sobre peces nativos con su uso potencial en Acuicultura, del 11 al 13 de Abril en Cárdenas Tabasco, México CEICADES, UJAT-INIREB, 65 pp.
- Green, B. W., Veverica, K. L. and Fitzpatrick, M. S., 1997. "Fry and fingerling production". In: Egna, H. and Boyd, C. (eds.), *Dynamics of* pond aquaculture. CRC Press, Boca Raton, FL., pp. 215-243.
- Greenwood, P.H., Rosen, D.E., Weitzman, S.H., Myers, G.S., 1966. "Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of livings forms". Bull. Mus. Nat. Hist. 131 (4), 339-456.
- Keenleyside, M. H. A., 1979. Diversity and adaptation in fish behavior. Spring Verlag. Berlin, New York. 206 p.
- Keenleyside, M. H. A., Rangeley, R. W. y Kuppers, B. U. 1985. "Female mate choice and male parental defense behavior of the cichlid fish Cichlasoma nigrofasciatum". Canadian Journal of Zoology, 63, pp. 2489-2493.
- Martínez-Palacios, C. A., 1987. Aspects of the biology of Cichlasoma urophthalmus (Günther) with particular reference to its culture. Unpublished PhD thesis, University of Stirling. 321 pp.
- Martínez-Palacios, C., Ross, L.G., 1994. Biología y cultivo de la mojarra latinoamericana Cichlasoma urophthalmus. Edit. CIAD-CONACYT. México, 203 pp.
- Miller, R.R., Minckley, W.L., Norris, S.M. 2008. Freshwater Fishes of Mexico. University of Chicago Press, EUA 490 pp.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World. Wiley and Sons, EUA 601 pp Páramo-Delgadillo, S., 1982. *Ictiofauna del río González y Lagunas ad*-

- yacentes, Tabasco México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, 75 pp.
- Real, E.G., 2003. Masculinización de crías de mojarra castarrica Cichlasoma uropthalmus mediante la administración de la 17 a Metiltestosterona. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 57 p.
- Reséndez, M. A. y Salvadores, B. M. L., 1983. Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto Lepisosteus tropicus (Gill) y la tenguayaca Petenia splendida Günther, del estado de Tabasco. Biótica. Instituto nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). Xalapa, Veracruz. Vol 8, 4: 413-426.



CULTIVO DE MOJARRAS NATIVAS:
TENGUAYACA (PETENIA SPLENDIDA)
Y CASTARRICA (CICHLASOMA UROPHTHALMUS)
de Carlos Alfonso Álvarez González,
Carlos Ramírez Martínez, Gabriel Márquez
Couturier, se terminó de imprimir en junio
de 2013. Diseño editorial
de Rodolfo "Tono" Leal.
El tiraje fue de 1,000 ejemplares.

CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ

Es doctor en ciencias. Profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, en donde actualmente ocupa el cargo de coordinador de investigación y posgrado. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Especialista en fisiología digestiva de organismos acuáticos. Cuenta con 22 publicaciones en revistas indexadas, ocho capítulos de libro, un libro y más de 100 presentaciones en eventos científicos, además de ser ponente magistral en diversos foros. Imparte las asignaturas de bioquímica en las licenciaturas de biología, ecología e ingeniería ambiental y estadística en el posgrado.

GABRIEL MÁRQUEZ COUTURIER

Es maestro en ciencias biológicas y profesor-investigador asociado de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, especialista en nutrición acuícola y desarrollo de sistemas de cultivo y extensión acuícola. Ha publicado 12 artículos científicos en revistas indexadas, cuatro capítulos de libro y un libro. Imparte las asignaturas de técnicas en acuicultura, diseño de plantas acuícolas en licenciatura y nutrición acuícola y fisiología de peces en posgrado.

CARLOS RAMÍREZ MARTÍNEZ

Es doctor en ciencias biológicas. Ha colaborado como investigador y docente en diferentes universidades y ocupado diversos cargos en la administración pública federal, destacando el haber sido titular de la Dirección General de Acuacultura, a nivel nacional. Es autor de diversos artículos científicos y libros sobre el aprovechamiento de los recursos naturales y su vinculación con el desarrollo, así como el diseño y aplicación de sistemas de producción acuícola de carácter sustentable. Actualmente es académico-investigador del Instituto de Investigaciones Sociales y el director de Programas para la Sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

FIDEL JESÚS RAMÍREZ

Es biólogo egresado de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, en donde colabora como técnico acuícola en el Laboratorio de Acuicultura Tropical. Es coautor de un capítulo de libro y varios artículos de divulgación, además de cinco congresos en eventos científicos.



















