

Capítulo XIII. **CULTIVO DE LAS TILAPIAS ROJA (*Oreochromis* spp.) Y PLATEADA (*Oreochromis niloticus*)**

Carlos Espejo González¹
Enrique Torres Quevedo²

INTRODUCCIÓN

Las tilapias comúnmente conocidas en Colombia como mojarra roja y mojarra plateada pertenecen a una gran familia de peces conocida como Cichlidae, caracterizadas por tener el cuerpo oblongo con aletas dorsales largas que tienen entre 23 a 31 espinas y rayos (Hepher y Pruginin, 1988).

Es un pez originario de África considerado bíblico (Saint Peter's fish), muy apreciado a nivel mundial por la calidad de su carne y las bondades que presenta para cultivo. En países como Filipinas e Indonesia ha sido adoptado como pez nativo. En 1995 China fue el primer país productor de tilapia en el mundo, con 160 000 toneladas métricas por año, seguido de Filipinas con 63 000 toneladas métricas, en la actualidad es uno de los peces de cultivo más importantes en Latinoamérica (Costa-Pierce y Doyle, 1997).

Las tilapias (Fig. 1) son peces de aguas cálidas tropicales, el rango óptimo de temperatura para obtener un mayor rendimiento en términos de crecimiento está entre 25 a 30 °C, su crecimiento se ve afectado cuando la temperatura desciende por debajo de los 15 °C y si ésta se acerca a los 9 °C, su muerte es inminente.

En Estados Unidos su carne es muy apreciada en todas las presentaciones, pero especialmente en forma de filete. Dentro de los productos pesqueros es el tercer producto de importación, después del camarón marino y del salmón del Atlántico. Las estadísticas del Departamento de Comercio de ese país muestran que las importaciones de esta especie pasaron de 3389 toneladas métricas en 1992 a 27 820 toneladas métricas en 1998, lo que en valor equivale a un incremento de US 6 016 115 a US 52 740 016 (Jory et al., 1999).

El cultivo y consumo ha ido creciendo aceleradamente en los países latinoamericanos. En los países Centroamericanos como Costa Rica la tilapia ocupa uno de los primeros lugares en el renglón de las exportaciones, de igual forma en Honduras éste cultivo crece cada día más e igualmente se sabe que Méjico esta en proceso de industrialización de este cultivo en donde los esquemas de producción se llevan a cabo bajo el sistema intensivo.

En la producción en Suramérica se destacan Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela. En el Ecuador la industria de la tilapia ha adquirido gran importancia debido a la crisis por la que atraviesa la producción del camarón, en donde la producción de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) se hace con densidades no superiores a 0.4 ó 0.5 peces por metro cuadrado, es decir, los cultivos son extensivos. El mayor productor en cuanto a calidad y cantidad es Colombia con 19842 toneladas cultivadas en el año 1998, de acuerdo con el Boletín Estadístico (INPA, 2000).

1. ASPECTOS REPRODUCTIVOS

A diferencia de otras especies, las tilapias son consideradas como prolíficas, debido a que se pueden reproducir a edad temprana (3 a 6 meses) y esta condición ha hecho que se busquen alternativas de manejo para contrarrestar los efectos sobre el cultivo que conlleva esa alta reproducción (Hepher y Pruginin, 1988).

¹ Médico Veterinario zootecnista, Magister producción piscícola, Universidad Nacional de Colombia, Consultor en acuicultura Asociación Americana de Soya. Pereira (Risaralda). E-mail: cespejo85@hotmail.com

² Biólogo Marino, Asesor técnico en acuicultura, Proyecto piscícola Potreritos. Villavicencio (Meta). E-mail: etorres@villavicencio.cetcol.net.co

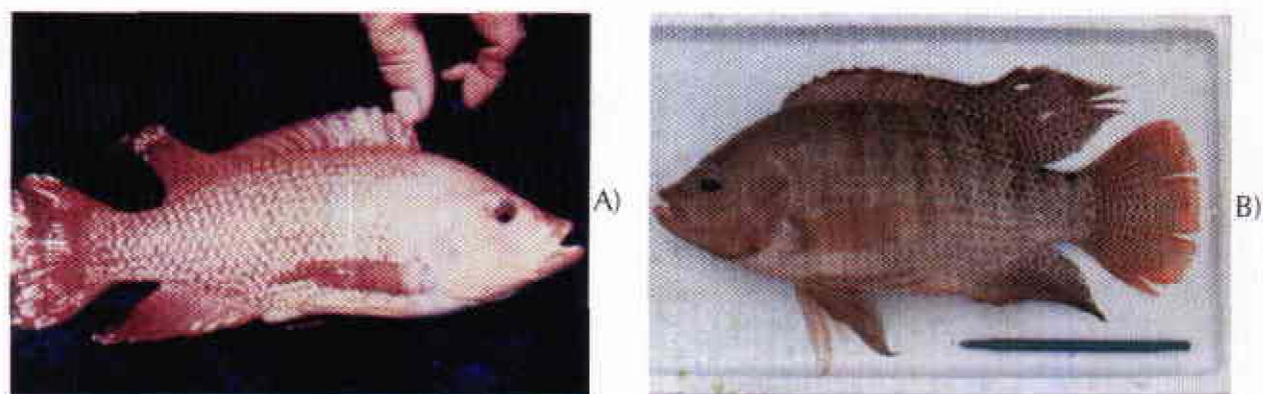


FIGURA 1. A. Ejemplar adulto de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) B. Ejemplar de *Oreochromis niloticus*

Conteos realizados a larvas de hembras de 200 gramos de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) han permitido establecer 370 larvas eclosionadas en la boca, esto indica que por cada gramo de hembra se pueden esperar 1.8 larvas (Tabla 1). La viabilidad de estas es baja si las condiciones medioambientales del estanque no son favorables. Para efectos prácticos de planificación de la empresa piscícola se estima que una hembra de 200 g puede producir aproximadamente 0.5 larvas viables por gramo de peso (Popma y Green, 1990).

TABLA 1. Estimativos en la producción de larvas de tilapia por gramo de peso vivo de la hembra

Fuente	Peso promedio (g)	No. larvas en boca	No. larvas por gramo
Espejo (2001)	200	370	1.8
Popma y Green (1990)	200	Sin reporte	0.5

Tanto la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) como la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) son especies incubadoras bucales, es decir, que las hembras guardan los huevos fertilizados en su cavidad bucal y ésta característica hace que la sobrevivencia de las larvas sea mayor, entre 85 y 90 %.

1.1 MANEJO DE REPRODUCTORES

Para el cálculo de una producción final de animales, o kilogramos de peces por unidad de volumen o área a producir, es necesario estimar acertadamente la cantidad de reproductores, huevos, larvas y alevinos a obtener y finalmente juveniles a sembrar. Lo anterior indica, en últimas el número más cercano a la producción proyectada y para hacerlo es muy importante tener unos registros históricos confiables de mortalidad y eficiencia en cada una de estas etapas, preferiblemente de la misma granja o una similar en dimensión y manejo, pues esto varía de acuerdo con la especie, el nivel de producción deseado y los sistemas utilizados en la producción, bien sean canales, jaulas o estanques en tierra.

Experiencias de campo realizadas por uno de los autores (Espejo, 2001) han podido establecer que el tamaño ideal de los reproductores en donde se alcanza el mayor pico de producción se encuentra entre los 160 y 300 g, a partir de esta talla la motilidad espermática en el macho se ve fuertemente afectada y en las hembras se presenta taponamiento del oviducto, lo que hace que no puedan llevar a cabo su función de oviposición.

En general los grupos de reproductores que excedan los 300 gramos como peso promedio presentan inconvenientes de manejo y de fisiología reproductiva, se constituyen en peces más delicados para las faenas de traslado, pesaje, muestreos y en términos generales para todas las tareas que se requieren cuando se lleva a cabo una producción intensiva de alevinos.

En toda granja piscícola que posea planta de producción de alevinos se debe contar con un plantel permanente de reposición de reproductores ése grupo deber ser del 25 % del total de peces que se esté trabajando en reproducción, es decir, si el plantel de reproductores es de 1000 peces entre machos y hembras, en el grupo de reposición debe haber por lo menos 250 reproductores en la talla de 150 a 200 g para reponer cualquier faltante del grupo principal de reproductores.

El grupo de reposición debe permanecer separado por sexos y cuando el pez haya llegado a la talla de reproducción el alimento balanceado a suministrárseles debe contener un nivel superior al 30 % de proteína cruda a una ración del 2% de la biomasa de peces en el estanque.

No se ha investigado mucho acerca de los requerimientos nutricionales de los reproductores de tilapia, la experiencia en el campo indica que la relación energía - proteína debe mantenerse entre 9 y 10, es decir, que un alimento que garantice 30 % de proteína debe igualmente contener entre 2800 y 3000 Kcal por kilo de alimento balanceado, con esta relación se busca que el padrote no se engorde o no deposite excesivo tejido graso alrededor de sus órganos reproductivos.

1.1.1 Producción y selección de reproductores

En el cultivo de las tilapias es apropiado hablar de animales comerciales y de animales de selección, los comerciales son los que se cultivan en los estanques de producción y que llegan al consumidor final, sobre estos peces es apropiado mantener un proceso de selección que permita identificar las mejores características de producción en términos de ganancia de peso y así mismo en términos de características externas como color y conformación corporal.

Se recomienda que periódicamente se separe un grupo de larvas a las cuales no se les somete a reversión sexual con el fin de evaluar su potencial como futuros reproductores mediante el registro de crecimiento, conversión de alimento y sobrevivencia. Los peces separados deben ser tratados como futuros reproductores, es decir, el manejo conlleva una alimentación que mantenga la relación energía-proteína no inferior a 9, los niveles de proteína deben manejarse según la fase de desarrollo, de acuerdo con lo sugerido en la tabla 2.

TABLA 2. Niveles de proteína sugeridos para la alimentación de reproductores en levante

Peso promedio (g)	Nivel de proteína (%)
1 – 10	38
10 – 50	32
50 – 150	28
150 – 200	25

Los peces seleccionados deben ir a estanques que garanticen la no mezcla con otras "líneas" o con peces de otros orígenes, además estos animales deben ser seleccionados por sexo tan pronto como sus papilas permitan la identificación.

La densidad sugerida para el manejo de estos futuros reproductores es de dos animales por metro cuadrado. El manejo anteriormente descrito debe estar acompañado de excelentes registros que dejen conocer los individuos mas adelantados en parámetros zootécnicos. De otro lado, con los animales de selección se debe llevar a cabo el mismo manejo en la alimentación y en las densidades de siembra pero sobre ellos se deberá hacer un manejo más riguroso.

En lo que respecta a la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) los animales considerados como de selección deben ser manejados como animales cruzantes, es decir, como peces <con los que se pueden mejorar ciertas características indeseables en los llamados peces comerciales.

Estos cruces de peces deben ser llevados a cabo en estanques pequeños, preferiblemente en material duro (cemento) para poder de esta forma tener la seguridad que los alevinos allí encontrados son el producto de los cruces preestablecidos. Una vez obtenida la reproducción se separan los alevinos de los padres para someterlos a crecimiento y evaluar si se presenta mejoría en la característica deseada.

1.2 PRODUCCIÓN DE ALEVINOS

El número de padrotes necesarios para producir una determinada cantidad de alevinos de mojarra es directamente proporcional a la cantidad neta de alevinos de 15 g a producir. Se habla de ese peso porque a partir de éste se puede garantizar una buena supervivencia en las siguientes etapas, se obtiene el tamaño adecuado para diferenciar el sexo y además es posible revisar la eficiencia del proceso de **reversión sexual** (producción de poblaciones sólo-macho con ayuda de hormona) antes de ir a la etapa de pre-engorde.

Una buena estimación del número de padrotes a utilizar es importante para determinar la cantidad de alevinos a producir por cualquier método (hibridación o reversión sexual). Sin embargo en el primer caso se recomienda reforzar con un 30% el número de reproductores estimado, debido a que en los cruces interespecíficos las hembras pierden fecundidad o son menos eficientes en el apareo.

La producción comercial de alevinos de tilapia se considera de relativa facilidad por la ya referida precocidad de los reproductores en lo referente a la madurez sexual y al número de alevinos obtenidos por hembra.

Los reproductores se pueden confinar en estanques de cemento, jaulas flotantes o estanques en tierra. Cada sistema tiene su manejo especial y de éste depende el éxito en la producción de semilla. Lo más aconsejable es mantenerlos en estanques en tierra de máximo 1.5 m de profundidad en la parte más honda, con dimensiones que van de acuerdo con la dimensión del proyecto y que pueden ser hasta de 500 m². De todas formas esto depende de la granja y del tipo de manejo que se emplee.

Los reproductores se pueden mantener a una densidad de tres a cinco animales por m², en una proporción de tres hembras por cada macho. Comienzan a reproducirse a los 4 meses de edad aproximadamente y tienen alrededor de cinco a ocho reproducciones durante el año. Se estima que la reproducción se puede permitir a partir de los 60 gr, aunque esto podría ocasionar problemas óseos en los padrotes y los mejores resultados se obtienen con reproductores cuyo peso es superior a los 120 g; sin embargo, esto depende de la temperatura y la densidad de siembra. Si se separan tempranamente de la progenie se contribuye a aumentar la frecuencia de reproducción y es recomendable que la hembra no sea mayor en tamaño que el macho, aunque se puede dar lo opuesto, pero es ideal que los reproductores sean del mismo peso.

Teniendo en cuenta que los reproductores están sometidos a un intenso manipuleo es normal que se presente una alta mortalidad (10 -15 % al año), por lo tanto es necesario hacer siempre un inventario de animales cada vez que se vaya a efectuar una reproducción y tratar de manipularlos de la mejor manera.

Antes de la siembra de los reproductores para iniciar cada ciclo, el estanque debe estar seco y desinfectado con cal viva, posteriormente se debe abonar con abono orgánico, químico o ambos.

En la tilapia la cantidad de **alevinos efectivos** por hembra varía según el tamaño de éstas, pero se mantiene en un rango de 30 a 50 individuos por postura. Sin embargo, la literatura reporta producciones más altas y algunos técnicos aplican la fórmula citada por Jensen (1979), la cual dice que: «la longitud de la hembra al cuadrado es igual al número de alevinos que es capaz de producir». Esto difiere de las cifras reportadas anteriormente, seguramente debido al manejo a que se ven sometidos los reproductores en una explotación comercial y a las mortalidades que afectan cada etapa del proceso productivo (larva, postlarva, alevino reversado, levante).

Una vez sembrados los reproductores en los estanques de reproducción, que no deben exceder los 500 m², se pueden colectar las larvas al cabo de 10 días después de la siembra de los reproductores, éstas se recolectan en las orillas por cuanto los peces toman de allí gran cantidad de alimento como fitoplancton y zooplancton.

El número total de larvas cosechadas aumenta al incrementar la frecuencia de recolección, si se siembran 5000 reproductores / ha, y se recolecta cada 7 días la cosecha será de 104100 +/- 17644, pero si la cosecha se lleva a cabo cada 25 días la recolección es de 49000 +/- 9037 (Green et al., 2000).

Las larvas deben ser pasadas por tamices para lograr que sólo las de menos de 10 mm sean las que pasen por la malla y las que logren pasar son sometidas al tratamiento de reversión sexual con la hormona andrógena, debido a que hasta este tamaño los peces están indiferenciados sexualmente y por consiguiente el andrógeno podrá actuar sobre las células sexuales induciendo a estas a la masculinización.

La producción de alevinos de mojarra tiene como objetivo conseguir una población monosexo, específicamente masculina, toda vez que los machos son los que presentan mayor crecimiento, mejor conformación corporal, mayor rendimiento y menor riesgo al momento de verse contaminada la población con animales del otro sexo.

1.2.1 Obtención de poblaciones monosexo

Para conseguir una población monosexo de tilapia se pueden utilizar los siguientes métodos:

Sexaje manual

Con el fin de obtener una población 100% machos se recomienda llevar a cabo el método de sexaje manual, el cual únicamente se puede realizar en ejemplares que hayan alcanzado el desarrollo de características externas en sus órganos, los que se pueden observar en animales de talla superior a 10 cm. Este método consiste en separar los machos de las hembras por medio de la diferenciación de las papilas genitales, las cuales se resaltan mediante la aplicación en ellas de algún colorante como el azul de metileno, verde de malaquita o tinta china con un copo de algodón. La efectividad de este método depende principalmente de la destreza de la persona que adelante ésta práctica. En la figura 2 se presenta la diferenciación de sexos.

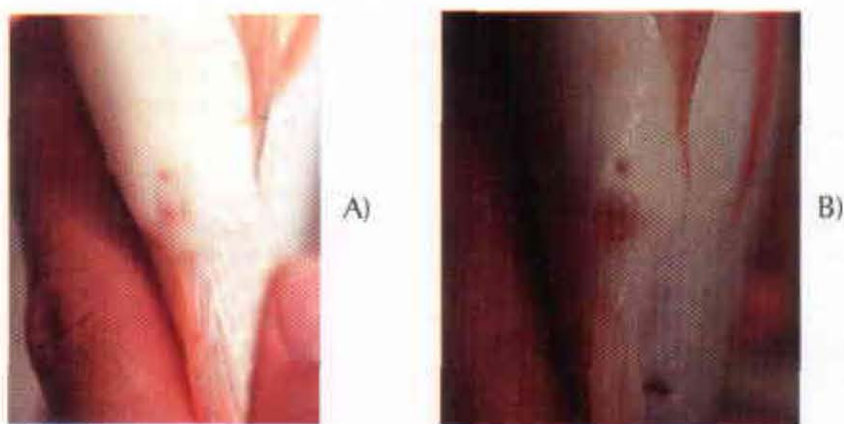


FIGURA 2. Papila genital en tilapia roja. A. Macho, obsérvese el ano y el conducto urogenital. B. Hembra, obsérvese el ano, el oviducto y el conducto urinario.

Hibridación

La hibridación de la mojarra es el cruce de dos especies diferentes afines etológica y genéticamente, con el fin de obtener individuos monosexo y un mejoramiento en sus características fenotípicas.

Como condición especial para que este sistema funcione se necesita contar con cepas absolutamente puras de las dos especies seleccionadas.

El cruce más utilizado en tilapicultura es el de machos de *Oreochromis aureus* por hembras de *Oreochromis niloticus*, que garantiza una descendencia 100% de machos de excelentes condiciones y características, resistente a bajas temperaturas, buen rendimiento en filete y acelerado crecimiento (Buddle, 1984).

XIII. CULTIVO DE LAS TILAPIAS ROJA (*Oreochromis spp.*) Y PLATEADA (*Oreochromis niloticus*)

Existe otro híbrido que es el resultado del cruce entre *Oreochromis urolepis hornorum* macho y *O. niloticus* hembra, que también puede producir una descendencia del 80 al 100% machos según la pureza de la cepa, con el inconveniente de que hasta el 25% de la prole queda con características fenotípicas inclinadas hacia *O. urolepis hornorum*, cuya presentación como producto en el mercado no es muy atractiva para el consumidor por el color oscuro de su piel.

En el esquema siguiente se presenta la composición genética de algunas especies de este género, lo cual ilustra el porqué de la producción de poblaciones monosexo machos (Tabla 3).

TABLA 3. Composición genética de algunas especies del género *Oreochromis*

Especie	Hembras	Machos	
<i>Oreochromis mossambicus</i>	XX	XY	Hembras Homogaméticas
<i>Oreochromis niloticus</i>	XX	XY	
<i>Oreochromis aureus</i>	WZ	ZZ	Machos Homogaméticos
<i>Oreochromis urolepis hornorum</i>	WZ	ZZ	

En la determinación del número de reproductores a utilizar para conseguir la cantidad de alevinos híbridos necesarios es importante mencionar que en este proceso la producción de alevinos disminuye en por lo menos un 50% comparándolo con un cruce intraespecífico (entre miembros de una misma especie).

Con relación a la tilapia roja se concibió inicialmente como un híbrido que accidentalmente tuvo su origen en Taiwán en 1968. A partir de ese momento en Filipinas, Israel y Estados Unidos se dedicaron a mejorar y purificar el fenotipo por medio de cruces interespecíficos.

Se cree que los primeros ejemplares aparecieron debido al cruce de animales albinos de *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*; sin embargo, esto no se confirmó hasta que estudios hechos en la Universidad de Sterling y Swansea determinaron que se trataba de «mutantes» de color, principalmente de *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis mossambicus* en poblaciones naturales puras (Tave, 1991).

En la actualidad se utilizan reproductores híbridos rojos (dihíbridos, trihíbridos o tetrahíbridos) de las especies anteriormente citadas, donde cada una de ellas aporta una característica deseable para el individuo, como se indicó anteriormente.

Al mantener los reproductores es importante contar como mínimo con dos líneas genéticas, con el fin de tener siempre buena calidad y cantidad de reproducciones, ya que al tener sólo una, los sucesivos cruces entre hermanos terminarán por separar los parentales y se perderán las características adquiridas durante los cruces iniciales.

En todo lo que tenga que ver con la reproducción de las mojarra o las tilapias es importante tener en cuenta que se trata de animales sumamente prolíficos y de gran resistencia a las condiciones adversas, por lo que es muy fácil que se contaminen las líneas parentales (grupos especiales de reproductores). Para evitar esta situación es aconsejable cubrir con malla los estanques de reproducción para evitar la predación por aves, que en muchos casos sueltan la presa en otro estanque y mezclan los diferentes grupos. En el mejor de los casos los reproductores se deben situar en lugares de fácil acceso y oportuna vigilancia.

A finales de la década del noventa se introdujo al país la línea roja denominada Stirling que consiste en la especie *O. niloticus*, pero es de color rojo.

Reversión sexual

La reversión sexual tiene como fin, al igual que la hibridación, producir poblaciones monosexo; es un proceso que se realiza durante el primer mes de vida del animal una vez reabsorbido el saco vitelino, utilizando hormonas.

La hormona utilizada para producir machos hasta el 100% en alevinos recién nacidos de mojarra (tilapia) es la 17 α metil testosterona, en una proporción que varía según la metodología e infraestructura a utilizar. La reversión puede realizarse en jaulas, estanques de cemento, canaletas o estanques de tierra. Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas.

La cantidad de hormona a utilizar varía de acuerdo con el tratamiento, para su incorporación al alimento concentrado pulverizado de alto valor proteico (45%) ésta se disuelve en etanol al 95% y se mezcla en una proporción de 1 litro de solución por cada kilo de concentrado. La mezcla de hormona-etanol-concentrado se seca en un horno a 60°C durante una hora o se seca a la sombra. Algunos autores aconsejan por cada kilogramo de alimento, adicionar los siguientes ingredientes:

◆ Complejo vitamínico	15 ml
◆ Aceite de hígado de bacalao	30 ml
◆ Aceite de cocina	30 ml
◆ Terramicina	1.4 g

El alimento con el andrógeno 17 α metil testosterona debe ser suministrado a las larvas por lo menos 12 veces al día y sobre la base de 10 % de la biomasa, este tratamiento se debe llevar a cabo en estanques de tierra pequeños, no más de 400 m² o en jaulas pequeñas de ojo de malla mosquitero que se ubican en un estanque a poca profundidad, no superior a 40 cm, o en canaletas de 2 metros de largo por 40 cm de ancho.

Se tiene en claro que si la reversión se lleva a cabo en estanques en tierra los alevinos terminaran el tratamiento con cerca de 1 g como peso promedio, si se hace en los otros dos sistemas entonces la talla final será de 0.6 a 0.7 gramos; esa diferencia en la talla final se debe al alimento adicional que los peces reciben por la productividad primaria en los estanque de tierra.

El tratamiento de reversión debe durar por lo menos 21 días y máximo 28 días, durante este proceso es frecuente la presencia de afecciones por el protozooario conocido como *Trichodina*, que producen no sólo epizootias entre los peces de agua dulce sino que son los más frecuentes en los peces de aguas marinas (Roberts, 1981).

Reversión sexual en jaulas

Debe utilizarse para su construcción un angeo plástico o de PVC de 1 mm de ojo rígido, que no permita deformaciones ni ampliación del ojo de malla con la limpieza. El tamaño recomendado debe ser hasta de 3 m² de área por 1 m de profundidad, con una estructura flotante que puede ser de tubos de PVC de 1.5 pulgadas, que le sirve además de marco. Deben situarse en un estanque no muy abonado que presente un recambio constante de agua del fondo, con el fin de que exista una corriente de agua que oxigene permanentemente las jaulas; éstas deben quedar ancladas y estar cubiertas para evitar la predación por aves.

Las mallas se deben limpiar periódicamente de las algas que se fijan con el fin de mantener abierto el ojo de éstas, permitiendo una libre circulación del agua. Esto es muy importante, ya que al taponarse el angeo los animales pueden morir rápidamente por anoxia o sufrir un ataque bacterial y micótico, debido al deterioro de la calidad del agua en este recinto ocasionado por la acumulación de heces y alimento no consumido.

Según el adecuado recambio y la calidad de agua que exista en el sitio donde se encuentran las jaulas se puede trabajar con densidades de 500 a 3000 alevinos por m³ o más.

La cantidad de hormona a utilizar puede ser de 60 mg/kg de alimento, lográndose un porcentaje de reversión del 80 al 95%, dependiendo de los cuidados en la preparación del alimento, el suministro y el acceso a otras fuentes de alimento como los de origen natural. Una adecuada oferta de alimento natural es importante para la nutrición de los alevinos, puesto que contribuye a la disminución de la mortalidad a causa de enfermedades nutricionales. Es importante garantizar el consumo de la hormona incorporada al concentrado para poder obtener un buen porcentaje de reversión.

Reversión sexual en estanques de cemento

En este tipo de infraestructura la reversión es generalmente más eficiente debido a que existe más control sobre la población, pero a diferencia de las jaulas se presenta un mayor riesgo de mortalidades masivas por infestación de hongos, bacterias y ciliados. Por lo anterior es de suma importancia establecer un manejo que contemple la limpieza diaria, el retiro de restos de comida y si es posible el traslado periódico de la población a otro estanque limpio y desinfectado. Las mortalidades comienzan a presentarse entre el día 12 y 14 del tratamiento, especialmente en estanques que previamente a la siembra no han sido debidamente lavados y desinfectados (Fig. 3). En estanques recién construidos generalmente no se presentan mortalidades. Las densidades a las cuales se pueden trabajar con éxito son de 500 a 2000 alevinos por m² o más, dependiendo de las condiciones del agua, oxígeno disuelto, recambios de agua y aseo entre otros. Se recomienda trabajar con una dosis hormonal de 30 a 45 mg/kg de alimento, con lo cual se logra un porcentaje de reversión del 93 al 97%.



FIGURA 3. Estanques de cemento utilizados para la reversión sexual de la tilapia.

Reversión sexual en canaletas

Es un sistema tan eficiente como el anterior, pero de menor capacidad y más complicado de manejar. Si se efectúa aseo adecuado y diario, se puede trabajar con 500 a 3700 alevinos por m³, aunque es posible mantener densidades más altas que en los sistemas anteriores, el bajo volumen de las canaletas hace que se necesiten más unidades de estas para obtener una producción significativa y por consiguiente se incrementan los costos de instalación y de mano de obra en la operación. Sin embargo, se pueden lograr porcentajes de reversión del orden del 95 al 97 %, con alimento preparado en una proporción de 30 a 45 mg/kg de hormona.

Reversión sexual en estanques en tierra

Este sistema presenta la ventaja de alcanzar una alta supervivencia, poca demanda de mano de obra y bajo costo de instalación, pero a su vez las densidades de siembra son menores que en los sistemas anteriores. Se manejan densidades de 200 a 500 alevinos por m². Se obtienen menores porcentajes de reversión en razón a que las larvas consumen alimento del medio natural por lo que es necesario aumentar la cantidad y la frecuencia de suministro de alimento.

La reversión puede estar entre el 75 y el 95%, según el manejo. Se utilizan dosis más altas de hormona, del orden de 60 a 100 mg/kg, para compensar los problemas anteriormente mencionados.

En general, el éxito de los tratamientos de reversión sexual tiene que ver más con el tiempo de ingestión de la hormona (21 a 60 días), la talla inicial del tratamiento (9 a 11 mm) y un adecuado suministro de alimento en cuanto a calidad, cantidad y frecuencia (mientras mayor sean las veces que se les suministre mejor), que con otros factores, como el porcentaje de proteína en el alimento, la temperatura (una temperatura alta aumenta el consumo) y la presencia de plancton.

2. DIFERENTES FORMAS DE CULTIVO DE TILAPIA UTILIZADAS EN COLOMBIA

Se están utilizando básicamente tres modelos de producción en la fase de cebsa para estos cíclidos:

- a. En jaulas ubicadas en represas de generación eléctrica y en reservorios para riego.
- b. En canales, de cemento o en tierra.
- c. En estanques de tierra

2.1 CULTIVO EN JAULAS

Esta una forma de cultivo superintensivo y se tienen reportes en Colombia, Brasil, y Panamá donde se está trabajando hasta 400 peces por metro cúbico, esto quiere decir que si el peso final es de 300 gramos, entonces la biomasa obtenida por metro cúbico es de 120 kilos.

Las recomendaciones de orden técnico es que para esta tecnología se debe implementar el uso de jaulas pequeñas, cuyas medidas son de 1.5 m de ancho, 1.5 m de largo y 1 m de alto, con estas medidas se obtienen 2.25 m³ (Fig. 4), donde se siembran hasta 1000 peces de 15 g cada uno.

Por recomendaciones técnicas de la Asociación Americana de Soya (ASA), estas jaulas deben tener por lo menos cinco recambios de agua por minuto, ésta condición hace que la ubicación de las jaulas dentro del cuerpo de agua se seleccione muy bien con el fin de garantizar buenos resultados.

Es necesario que entre jaulas exista por lo menos 3 metros de distancia, de esta forma se garantiza el mejor recambio dentro de la unidad de producción, de igual forma el fondo de las jaulas debe estar a una buena distancia del fondo del cuerpo de agua, con el fin de poder obtener una buena dispersión de los desechos metabólicos y los desperdicios de alimento. Se sugiere que cada jaula tenga su propio alimentador, cuyo diseño corresponde a una caneca de 55 galones cortada exactamente a la mitad, este alimentador no permite la salida del concentrado extrudizado del interior de la jaula. Cada unidad de producción de estas debe estar cubierta con una fina malla oscura que no permita índices elevados de estrés en los peces confinados (Fig. 5).

Estos cultivos se pueden adelantar como una actividad secundaria en represas de generación eléctrica o en reservas de agua para el riego agrícola, en cuyo caso se tienen experiencias prometedoras de poder cultivarse hasta 100 jaulas de la dimensiones descritas anteriormente en una cuerpo de agua de tan solo 0.8 hectáreas. Es condición indispensable que para esta alta tecnología se mantenga un programa permanente de limpieza de fondos (en los reservorios) y de recambios de agua del fondo de los mismos, sólo así se podrá movilizar los metabolitos producidos por los peces.

En este modelo de producción se adquieren mejores ganancias diarias, del orden de hasta 4 g día, esto se debe fundamentalmente a que en el confinamiento del pez el gasto energético y de proteínas se hace menor, lo que trae mejores rendimientos zootécnicos.

Este modelo de piscicultura intensiva ha hecho que la industria genere rentabilidades cercanas a 35 % y gran rotación del capital invertido, por cuanto se reducen los costos operativos y se acortan los tiempos de cultivo.

Los datos de producción de este modelo se resumen en la tabla 4.



FIGURA 4. Estructura de una jaula



FIGURA 5. Alimentador elaborado con caneca plástica ubicado dentro de la jaula. Se observa el momento en que se dispone el alimento dentro de este.

TABLA 4. Parámetros de producción de tilapia en jaulas

Tiempo de cultivo (días)	91
No. Inicial de peces por jaula	650
Supervivencia %	82
Peso inicial (g)	60
Peso final (g)	350
Ganancia de peso (g)	290
Ganancia gramos /día	3.18
Biomasa inicial por jaula (kg)	39.12
Biomasa inicial Kg/m ³	13.48
Biomasa final por jaula (Kg)	187.45
Biomasa final Kg/m³	64.63
Aumento biomasa jaula (Kg)	148.33
Aumento biomasa Kg/m ³	51.14
Consumo alimento en Kg	327.15
Conversión alimenticia	2.21

Fuente: Piraquive y Vélez (2000)

2.2 PRODUCCIÓN DE TILAPIAS EN CANALES DE CEMENTO O EN TIERRA

Este tipo de cultivo se ha desarrollado fundamentalmente en Costa Rica a partir de una compañía privada que dispone de grandes volúmenes de agua de recambio. La producción mensual es de 350 toneladas para un total de 4200 toneladas anuales. El tamaño del pez para el mercado es de 900 gramos en promedio lo que permite producir filetes de 150 g o más (Berman, 1997).

A nivel de latinoamérica, conjuntamente con Honduras, son los únicos países que trabajan la producción de tilapia a nivel superintensivo en canales. Estas producciones se hacen en canales que en muchos de los casos les revisten las paredes en cemento para evitar su deterioro por la acción de la corriente, la movilización de agua puede ser del orden de 8 a 12 m³ por segundo, los estanques tienen áreas comprendidas entre 100 y 1000 m². Los alevinos son sembrados de 50 g y allí se tienen hasta los 900 g finales. En la primera etapa los peces son sembrados a densidades de 300 alevinos por m² y después de 4 ó 5 meses, cuando los animales han alcanzado los 300 g, la densidad desciende a 100 peces por m² (Berman, 1997).

En estos sistemas de producción la alimentación se sustenta totalmente bajo el alimento balanceado, debido a que este alto recambio de agua no permite que en el estanque se mantenga una oferta de alimento natural.

Para los casos de alto recambio, en donde la participación del fitoplancton y del zooplancton es pobre, se requiere de alimentos con más alto índice de proteína, en estas situaciones se debe utilizar alimentos de hasta el 32 % de proteína en la fase de ceba, de igual forma es necesario mantener constante la relación energía-proteína (Espejo, 1997) (tabla 5).

TABLA 5. Parámetros de producción de tilapia en canales

Fase	Peso (g)	Ganancia g/día	Días/fase	Densidad/m ²	Mortalidad %	Prot. %	ICA	Alimento/Biomasa %
Alevinaje	1-50	0.2-0.4	130	10-60	30-40	35	1.5	10-5
Engorde 1	50-300	1.5-1.7	140	150-300	5-15	30	1.7	5-2
Engorde 2	300-900	3.5-3.9	145	80-125	1-5	30	1.9	2-1

Fuente: Berman (1997).

Es importante tener en cuenta que la tilapia es muy resistente a condiciones ambientales adversas, pero al igual que otras especies de peces si el medio en que habitan es favorable sus rendimientos productivos o zootécnicos serán mejores. Lo anterior hace referencia a parámetros de calidad y cantidad de agua acorde con las necesidades del animal, es decir, la tilapia puede sobrevivir en aguas con niveles de 0.5 % de oxígeno disuelto, pero su rendimiento en términos de transformación de proteína en músculo no va a ser la mejor, de igual forma sucede con metabolitos tóxicos como el amoníaco no ionizado NH₃, la especie resiste hasta 1 ppm, pero si la exposición a este metabolito es constante el rendimiento productivo se ve afectado.

2.3 PRODUCCIÓN EN ESTANQUES EN TIERRA

Esta producción se hace en estanques especialmente diseñados de forma que se puedan realizar los recambios de agua del fondo para que sea más eficiente la eliminación de todos los metabolitos tóxicos que se encuentren depositados como producto de la degradación de los nutrientes contenidos en los alimentos o de los desechos metabólicos.

Los estanques deben ser contruidos con fondos y taludes en tierra, estos últimos deben conservar una pendiente de 3:1, de esta forma se garantiza que las paredes del estanque no se deterioren cuando el macho realice el nido para la ovoposición de la hembra.

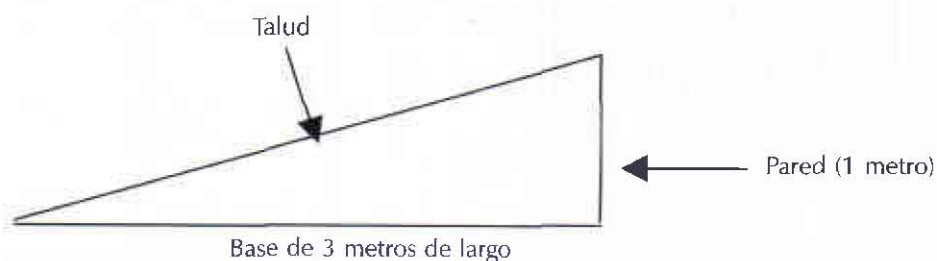


FIGURA 7. Pendiente recomendada en las paredes o taludes de los estanques

En la figura 6 se muestra la pendiente recomendada en las paredes o taludes de los estanques. Esta condición en la construcción de los estanques pocas veces se cumple, lo que ocasiona posteriores inversiones en reconstrucción de los mismos en detrimento de la rentabilidad del proyecto.

2.3.1 Bajo el modelo de piscicultura semi-intensiva

La densidad de siembra de este modelo es de 10 a 15 peces por metro cuadrado, el peso de siembra oscila entre 5 a 10 g, en algunos casos puede ser menor en la medida en que la tasa de crecimiento sea muy acelerada, así mismo se recomienda mantener un recambio permanente de agua entre 10 a 50 litros por segundo.

En países como Ecuador, Perú y Colombia los estanques tienden a ser de áreas superiores a 1000 ó 2000 metros cuadrados, en Ecuador los estanques tienen dimensiones superiores a 5 hectáreas, con profundidades no mayores a 1 metro, de esta forma la productividad primaria se ve aumentada por la penetración de los rayos solares (ultravioleta). Los datos de producción para este esquema se compilan en la tabla 6.

Tabla 6. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN ESTANQUES EN TIERRA

Parámetro	Unidades
Densidad de siembra	12 peces / m ²
Peso promedio de siembra	10 g
Mortalidad	20%
Duración del ciclo	210 días
Peso promedio de cosecha	357 g
Ganancia promedio/día	1,7 g
Conversión alimenticia	1,8

3. CULTIVO POR MEDIO DEL SISTEMA EN FASES

Con el fin de maximizar el uso del área, dar un mejor manejo y hacer seguimiento y detectar la presencia de hembras se recomienda adelantar el cultivo en tres etapas de crecimiento: levante, pre-engorde y engorde.

3.1 LEVANTE

En un cultivo intensivo la etapa de levante consiste en el confinamiento de animales de 1 g o menos, a una densidad máxima de 30 alevinos/m², hasta el momento en que alcanzan 15 g. A este peso se les distingue el sexo fácilmente a los animales, mediante la tinción de la papila genital con azul de metileno o tinta china. En esta etapa se utiliza la siguiente tabla de alimentación:

Rango de peso (g)	Cantidad de alimento (% de biomasa)
1.0 – 10	8.0
10.1 – 15	5.0
15.1 – 20	4.5
20.1 – 30	4.0

Durante el levante es muy importante el abonamiento de las aguas para aumentar la productividad natural. Esta práctica ayudará a obtener una buena conversión alimenticia durante esta etapa, la cual puede oscilar entre 0.5-1 : 1. El tiempo que dura el levante varía de 55 a 75 días, período requerido para llegar alrededor de los 20 g, dependiendo del manejo y de la temperatura.

En los cultivos superintensivos el levante se hace a densidades de 50 a 100 peces/m² (según la disponibilidad de flujo de agua constante y/o aireación), empezando con alevinos de 1 g hasta los 15-20 g. Bajo esta modalidad de cultivo el levante puede durar 45 días y es necesario suministrarles alimento de alto contenido proteínico, con el fin de suplir la falta de alimento del medio natural. Se puede presentar una mortalidad entre el 15 y 30%.

3.2 PRE-ENGORDE

En cultivos intensivos también se acostumbra realizar una etapa de **pre-engorde** a una densidad de 12 alevinos/m², antes de pasarlos a los estanques de engorde propiamente dichos. En esta etapa se levantan los animales de 20 g hasta 150 g y se utiliza la siguiente guía de alimentación.

Rango de peso (g)	Cantidad de alimento (% de la biomasa)
20 – 50	4.0
51 – 150	3.5

En la etapa de pre-engorde la conversión puede llegar a 1.5:1, mientras que el tiempo de cultivo se prolonga a 3.5 meses, dependiendo de la productividad del agua, la temperatura y el tipo y calidad de alimento.

En cultivos superintensivos, el pre-engorde se realiza con 25-40 peces/m² a partir de los 12 g hasta los 120 g en un período de 4 meses, aproximadamente. Finalmente, el segundo pre-engorde se hace desde los 120 g hasta los 300 g en 3.5 meses, a una densidad de 10 a 20 peces/m². Aquí la conversión puede ascender hasta 1.8:1.

Hay que hacer énfasis en que los rangos de peso anteriores varían según el manejo integral que se haga en la explotación, los controles sobre la calidad del agua, los muestreos periódicos (cada 15 días), y la calidad, método y frecuencia con que se alimente.

Referente a esto último, en los cultivos intensivos y superintensivos es sumamente importante incrementar la frecuencia de alimentación. En el levante y pre-engorde de los cultivos intensivos se puede alimentar cuatro veces al día (6 am, 11 am, 2 pm y 5 pm), mientras que en los de los superintensivos, la frecuencia puede ir hasta 6 a 8 veces al día.

3.3 ENGORDE

En los cultivos intensivos la densidad en la etapa de engorde puede ir desde 1.5 hasta 3 y 5 animales/m², dependiendo, entre otros factores, de la disponibilidad del agua para hacer recambios y el tipo de alimento, como se ha indicado anteriormente. Aquí se pueden esperar conversiones de 1.4-2 : 1. El tiempo de duración de la etapa, desde los 150 g de preengorde hasta el tamaño final de 350 g para la venta, puede estar entre 2 y 3.5 meses.

La guía de alimentación puede ajustarse así:

Rango de peso (g)	Cantidad de alimento % de la biomasa
150 – 280	3
280 – 350	2

Si es necesario dejar los animales en el estanque unos días antes del sacrificio se les suministrará alimento a razón del 1% de la biomasa por día lo que evitará pérdida de peso.

En los cultivos superintensivos la etapa última o de engorde consiste en llevar los animales desde los 300 hasta los 500 g o más, según los intereses del productor y la finalidad del cultivo, bien sea producción de filetes, eviscerado, etc. Se pueden mantener a una densidad de 15 a 25 animales/m² La conversión puede llegar a 1.8-2.2:1 o menos, dependiendo de los factores que se han expuesto.

Esta etapa puede durar de 3 a 3.5 meses y la guía de alimentación puede ser la siguiente:

Rango de peso (g)	Cantidad de alimento % de la biomasa
300 – 400	2.8
400 – 500	2.1
500 – 600	1.7
600 – 750	1.4

En la figura 7 se presenta la curva de crecimiento de la tilapia.

4. TIPOS DE CULTIVO

La tilapia roja es un pez que por sus hábitos alimenticios naturales y el nicho ecológico que ocupa es susceptible de cultivarse, ya sea en monocultivo, es decir, sólo esta especie en confinamiento, o en policultivo, en combinación con otras especies que no interfieren o compitan por espacio, oxígeno y alimento.

Las especies que se cultivan con la mojarra roja y con buenos resultados son: la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), la carpa espejo (*Cyprinus carpio*) y el camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*). Obviamente existen diferentes combinaciones, proporciones y densidades a las cuales se puede establecer el policultivo, dependiendo igualmente del nivel de producción a emplear: super-intensivo, intensivo, semi-intensivo o extensivo.

El monocultivo permite utilizar densidades más altas que el policultivo (hasta 50 animales/m² en etapa de engorde), mientras el policultivo tiene ventajas de aprovechar mejor el espacio en cultivos intensivos y semi-intensivos, diversificando así producción y mejorando la conversión alimenticia.

En policultivo se pueden utilizar con éxito las siguientes densidades: cachama 0.5/m²; mojarra 1/m²; carpa 1/15 m² y camarón 2/m². Con buena productividad del agua se puede esperar a los 6 meses de cultivo una producción por encima de las 18 ton/ha/año, con conversiones alimenticias del orden de 1.2:1 (Torres, 1989).

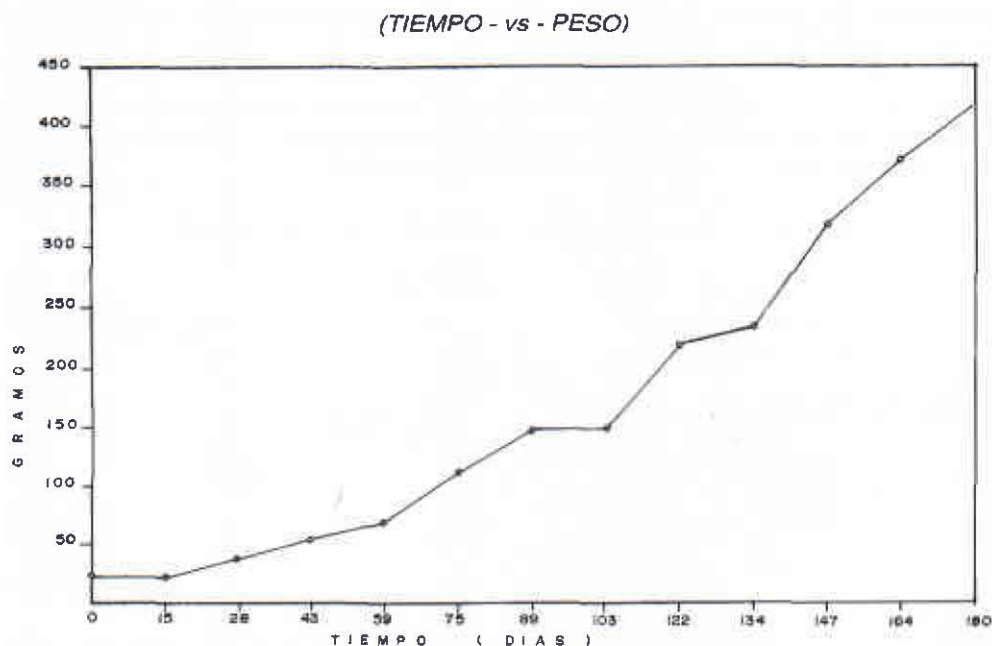


FIGURA 7. Curva de crecimiento de la tilapia roja en la Hacienda Potreritos (Llanos Orientales)

5. MANEJO DE LOS ESTANQUES

El manejo adecuado de los estanques determinará el éxito o el fracaso de la explotación acuícola. Especialmente con la mojarra es indispensable que el estanque, luego de cada cosecha, sea desinfectado con cal viva (CaO) al voleo, teniendo especial cuidado en aplicar a los charcos donde puedan quedar animales vivos que no se pudieron recoger. Esto es importante hacerlo con los estanques donde se ha presentado reproducción para que no se contamine la nueva población que se va a sembrar.

La medición de los parámetros fisicoquímicos del agua es necesaria y se debe evaluar periódicamente para garantizar el comportamiento normal y la calidad en el proceso productivo.

Así mismo, se debe observar que ningún tipo de pesticida llegue al estanque con la fuente de agua. Se han reportado concentraciones bajas que han llegado a ser tóxicas y acumulativas, tanto en el pescado como en el consumidor.

Según el nivel de producción se hace necesario monitorear periódicamente el oxígeno; concentraciones menores de 4 ppm producen bajos rendimientos en los cultivos de mojarra roja. Esta es menos resistente que la mojarra plateada a las bajas intempestivas de la concentración del oxígeno disuelto y por lo tanto es deseable que la concentración de este parámetro esté por encima de 6 ppm., especialmente durante la noche.

Cuando la alcalinidad del agua de un estanque o de la fuente está por debajo de 20 ppm, como es usual encontrar en los Llanos orientales es necesario encalar, es decir, aplicar cal agrícola (CaCO_3) en una proporción de 2000 a 3000 kg/ha. Generalmente sólo se necesita una aplicación al año para aumentar la alcalinidad y la productividad de un estanque. La cal agrícola o dolomítica se aplica con el estanque semihúmedo para que sea atrapada por el piso del estanque. Posteriormente se deja secar durante varios días (3 ó 4) y a continuación se puede llenar.

El abonamiento garantiza un buen crecimiento de los peces especialmente en los primeros meses de vida, debido al incremento de la productividad natural del agua. Esto puede verificarse mediante la lectura del Disco Secchi que

XIII. CULTIVO DE LAS TILAPIAS ROJA (*Oreochromis spp.*) Y PLATEADA (*Oreochromis niloticus*)

debe ser mínimo de 30 cm. El abonar conlleva a mejorar la conversión alimenticia y por consiguiente a disminuir los costos en alimentación.

El abonamiento incrementa las poblaciones de algas y animales microscópicos que complementan la dieta del pez con vitaminas, elementos traza y aminoácidos que no siempre están disponibles en los alimentos concentrados que se le está suministrando o no se encuentran en la proporción necesaria.

Según la disponibilidad se podrán emplear abonos orgánicos en las siguientes cantidades:

Porquinaza:	60 g /m ² /semana
Gallinaza:	17 g /m ² /semana
Bovinaza:	70 g /m ² /semana

O abonos químicos con las siguientes cantidades:

10:30:10	1.5-2.25	g /m ² /semana
Úrea	1.5-2.0	g /m ² /semana
Superfosfato	1.25-1.5	g /m ² /semana
11:53:00	1.3	g /m ² /semana
18:46:0	1.5	g /m ² /semana

La aplicación siempre es mejor cuando se diluye el abono en agua, tanto orgánico como inorgánico y luego se riega en las orillas de los estanques.

6. COSECHA Y PROCESAMIENTO

La cosecha total debe hacerse bajando a 1/3 el nivel del agua en el estanque y con este volumen se hacen 2 ó 3 arrastres con la red para sacar la mayoría de la población; posteriormente se desocupa completamente el estanque para pescar el resto. Este método agilizará la cosecha y permitirá recuperar la mayoría del pescado sin barro y con menor estrés.

En el momento del sacrificio es importante tratar de hacer un corte ventral superficial para no romper el peritoneo, que limita en la parte dorsal con las vísceras, ya que esto le restaría valor al producto.

El beneficio debe hacerse con agua muy limpia y contemplar por lo menos tres lavados. Debe mantenerse suficiente hielo para conservar los peces mientras se empacan y almacenan en un cuarto frío, o para evitar esto se sitúa la mesa de evisceración lo más cerca posible del sitio de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- BERMAN, Y. 1997. Producción Intensiva de Tilapia en agua fluyente. 59-63p. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. Tegucigalpa, Honduras 22-24 de abril 1997.
- BUDDLE, R. 1984. Monosex Tilapia fry production. ICLARM Newsletter. Center for living aquatic resources Management. Manila. 7(1):4-6.
- CASTILLO, L. F. 1993. Genética e Ictiopatología. Seminario Aplicación de Nuevas Tecnologías para la producción del híbrido de tilapia roja. U.J.T.L., Bogotá, mimeo. 10 p.
- COSTA-PIERCE, B. A. y R.W. DOYLE. 1997. Genetic identification and status of tilapia regional strains in southern California. 1-17 p. In: B. A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, (Ed). Tilapia aquaculture in the Americas, Vol. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- ESPEJO, C. 1997. La piscicultura en Colombia, tecnología de punta en el departamento del Valle del Cauca. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. Tegucigalpa, Honduras.

- ESPEJO, C.. 2001. Manejo industrial de las tilapias. Curso Lance en Acuicultura. Monterrey, México. Marzo 2001.
- ESPEJO, C.; J. BUITRAGO; F. KOGSON; G. ALVIS y L. LINCE. 1999. Evaluación de torta de soya, soya integral y harina de yuca en la alimentación de tilapia roja en jaulas. II congreso sur-americano de acuicultura. Puerto La Cruz, Venezuela. 198-205 p.
- GREEN, W. B.; R. D. TEICHERT-CODDINGTON y R. T. HANSON. 2000. Desarrollo de tecnologías de acuicultura semi-intensiva en Honduras. Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambientes Acuáticos. Series para la investigación y desarrollo número 45. Universidad de Auburn, Alabama 36849-5419 USA.
- HEPHER, B. y Y. PRUGININ. 1988. Cultivo de peces comerciales. Editorial Limusa. 94-106 p.
- INPA, 2000. Boletín Estadístico Pesquero. 1999. Grupo de estadísticas. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA. Bogotá. 63 p + 29 tablas.
- JORY, D. E.; C. ALCESTE y R. T. CABRERA. 1999. Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica. II congreso Sur-americano de Acuicultura. Puerto La Cruz, Venezuela. 121p.
- PIRAQUIVE, R. A. y R. J. M. VÉLEZ. 2000. Comparación de Parámetros de Producción, Costos y Análisis de Calidad de Agua Utilizando Dos Alimentos Balanceados en el Cultivo de Peces (tilapia roja) en Jaulas. Tesis de grado Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia. Santa Fe de Bogotá.
- POPMA, J. T. y W. B. GREEN. 1990. Manual de producción acuícola, Reversión sexual en Lagunas de tierra. Auburn University, Alabama.
- ROBERTS, R. 1981. Patología de los Peces. Ediciones Mundi-Prensa. 182 p.
- SALAZAR, A. G. 1995. Consideraciones generales sobre la acuicultura. 1 - 19 p. En: Rodríguez, H.; G. Polo y G. Salazar (Eds.). Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Colombia. 286 p.
- TAVE, D. 1991. Genetics of body color in tilapia. Aquaculture Magazine, U.S.A. 17 (2):76-79.
- TORRES, E. 1989. Levante superintensivo de postlarvas de *Macrobrachium rosebergii* y engorde en policultivo con cachama blanca *Piaractus brachipomus* y Mojarra *Oreochromis niloticus*. Memorias III Reunión Red Nacional de Acuicultura INDERENA CIID COLCIENCIAS, 524p.