

Reproducción y cría de
alevines de tilapia



manual práctico

Daniel E. Meyer y Suyapa Triminio Meyer

Contenido:

Prefacio	
Lista de figuras	
Lista de cuadros	
1. Introducción	11
2. Condiciones óptimas para la reproducción de tilapia	15
3. Ciclo de vida de la tilapia	16
4. Diferenciando entre machos y hembras de tilapia	19
5. Manejo de los cultivos para producir alevines de tilapia	23
6. Manejo de ciclos de reproducción de tilapia	27
7. Cría y reversión sexual de los alevines de tilapia	31
Selección de los alevines por su tamaño	31
Conteos de los alevines	32
Proceso de reversión sexual	36
Preparación del alimento con la hormona	36
8. Transporte de alevines de tilapia	40
9. Costos para producir alevines machos de tilapia del Nilo y tilapia roja	45
Bibliografía de utilidad	49
Glosario de términos	50

Prefacio

Este manual está dirigido a las personas interesadas en mejorar sus conocimientos sobre el cultivo de tilapia y aprender los fundamentos de su reproducción y crianza en la finca. Fue preparado para quienes ya tienen experiencia con el cultivo de tilapia u otra especie de pez.

El cultivo de tilapia para los mercados locales se ha extendido mucho en Latinoamérica durante los últimos años como respuesta a su producción comercial y exportación hacia los USA. Una limitante en el desarrollo del cultivo de tilapia es la falta de semilla de buena calidad y disponible durante todo el año en cada región.

La semilla de la tilapia consiste en los alevines usados en la siembra de cada unidad de producción para comenzar un nuevo ciclo. Como cualquier tipo de producción agropecuaria, contar con semilla de calidad en el momento apropiado es muy importante para lograr una buena cosecha y un ciclo de producción con resultado económico positivo.

Los términos y palabras subrayados en el texto de este manual están incluidos y definidos en el glosario al final del documento.

Agradecemos a Fany Giselle Ramos, Adonis Galindo, Franklin Martínez y Claudio Castillo por sus múltiples e importantes contribuciones a este trabajo.

Daniel E. Meyer y Suyapa Triminio Meyer

Escuela Agrícola Panamericana

Apartado postal 93

Tegucigalpa, Honduras

Tel: 504-776-6140

Fax: 504-776-6248

dmeyer@zamorano.edu

smeyer@zamorano.edu

Reproducción y cría de **alevines de tilapia** manual práctico

Por

Daniel E. Meyer & Suyapa Triminio Meyer

Escuela Agrícola Panamericana

Tegucigalpa, Honduras

2007

**BIBLIOTECA WILSON POPKOW
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 88
TEGUCIGALPA HONDURAS**

Publicación del ACRSP (Programa de Colaboración en
Apoyo a la Investigación en Acuicultura
www.pdacrsp.orst.edu) y
Zamorano, Honduras

- Figura 15. Algunos detalles anatómicos para ayudar en la identificación y selección como reproductores de ejemplares de tilapia del Nilo.
- Figura 16. La manera correcta para tomar una tilapia con la mano. Son las espinas duras de su aleta dorsal las que le pueden hacer daño a su mano.
- Figura 17. Ilustración del funcionamiento de una incubadora artificial para los huevos de tilapia. Los huevos se mantienen suspendidos en el agua con un flujo continuo desde abajo hacia arriba dentro del recipiente.
- Figura 18. Red de mano (chayo) útil para la captura y manejo de alevines de tilapia y una caja de cosecha frente al drenaje de un estanque vacío (foto a la derecha).
- Figura 19. Un arreglo de hapas con peces adultos y manejo intensivo para la producción de alevines de tilapia.
- Figura 20. Una incubadora de huevos de tilapia fabricada de fibra de vidrio. La incubadora contiene aproximadamente 500,000 huevos.
- Figura 21. Una caja separadora de los alevines. El aparato consiste en un marco de tubos de PVC revestido por una malla de 3 mm de luz. Cualquier alevín mayor de 12 mm se queda en la caja mientras los más pequeños pasan la malla con facilidad.
- Figura 22. El conteo individual de los alevines cuando son pasados de un recipiente a otro.
- Figura 23. El conteo de alevines por el método gravimétrico. Se determina el peso promedio de los alevines con una balanza de precisión para luego solamente pesarlos en bulto o grupos, para estimar el número en una transferencia.
- Figura 24. El método del conteo de los alevines por el desplazamiento del agua. Se determina el volumen de agua desplazada por los alevines previamente contados. Luego, el número de alevines es estimado basado en el volumen de agua que desplazan.
- Figura 25. El conteo de alevines por el método de comparar poblaciones visualmente. Luego de contar los alevines en un recipiente con agua, se agregan alevines a un segundo recipiente idéntico, hasta tener poblaciones iguales, vistas desde arriba.

Lista de cuadros

- Cuadro 1.** Algunos parámetros de la calidad del agua a considerar en la reproducción de tilapia.
- Cuadro 2.** Temperatura del agua y la duración de los ciclos de producción de alevines de tilapia manejados con una cosecha total.
- Cuadro 3.** Número de alevines de tilapia recomendado para su transporte en bolsas plásticas infladas con O² puro.
- Cuadro 4.** Comparación de los costos estimados (USD) para producir alevines (≤ 12 mm) de tilapia del Nilo y tilapia roja en una pila de concreto de 7.5 x 2.0 x 1.0 m o en un estanque de 10 x 10 x 1 m excavado en la tierra, Zamorano, Honduras.
- Cuadro 5.** Costos estimados (USD) para la producción de alevines machos de tilapia del Nilo y tilapia roja en una pila de concreto de 7.5 x 2.0 x 1.0 m, Zamorano, Honduras.
- Cuadro 6.** Comparación de la cantidad relativa y costos (USD) para producir alevines machos de la tilapia del Nilo y roja en Zamorano, Honduras.

-
- Figura 26. La persona responsable por la preparación del alimento con la hormona debe usar protección adecuada y trabajar en un lugar fresco y ventilado. Los guantes protejan contra la absorción de la hormona por la piel y la máscara por la vía aérea.
- Figura 27. Los materiales y equipos para preparar el alimento con la hormona. Estos incluyen a: una balanza de precisión (0.01 g), la hormona 17-alfa-metil- testosterona, cristalería, alcohol etílico 95% y un recipiente de plástico para la mezcla.
- Figura 28. Una bolsa para el transporte de alevines en forma de salchicha. El plástico para hacer la bolsa viene en un rollo de material tubular (90 cm de ancho). La bolsa es formada usando hules para amarrar cada extremo de un pedazo de tubo. La bolsa tiene capacidad de 40 L de agua.
- Figura 29. Una bolsa para el transporte de alevines con el fondo cuadrado. La bolsa tiene dimensiones de 37 x 37 x 55 cm.
- Figura 30. Un bolsa con doble sello en la parte inferior para resistir el manipuleo y maltrato durante el transporte de alevines.
- Figura 31. El proceso de aclimatar a los peces a las condiciones del recipiente a donde serán transferidos. Se recomienda colocar la bolsa de transporte en el recipiente para comenzar un proceso de igualar la temperatura del agua de transporte con el recipiente. Luego se abre la bolsa para introducir agua del recipiente poco a poco, acostumbrando los alevines a la calidad del agua.
- Figura 32. Una vez aclimatados, los alevines son liberados. El proceso de aclimatación toma de unos 15 a 30 minutos y es un paso importante para asegurar una buena sobrevivencia de los peces transferidos.

Reproducción y cría de alevines de tilapia

1. Introducción

La tilapia es una especie oriunda de África. Actualmente es el pez más importante en la piscicultura de Centro América y el segundo más importante en Latino América. Existen muchas especies nativas, pero ninguno de los peces locales conocido hasta ahora, reúne e iguala las características y bondades de la tilapia para su cultivo en la región.

La tilapia es un pez de agua dulce, resistente al manipuleo, adaptable a las condiciones de cautiverio y que presenta raros o infrecuentes episodios de patologías. Es un pez robusto que consume fitoplancton, detritus y otra gran variedad de alimentos naturales y artificiales. Tiene un crecimiento rápido y su carne es de color blanco, textura sólida y excelente sabor.

La tilapia se adapta con facilidad a vivir en agua salina (hasta 10,000 ppm de sal) y salobre (de 10,000 a 20,000 ppm de sal). En ciertas líneas genéticas los peces toleran salinidades elevadas, hasta alcanzar una concentración similar a la del mar (20,000 a 36,000 ppm). Generalmente por encima de unos 25,000 ppm de salinidad, la tilapia presenta una capacidad reproductiva reducida.

La tilapia se reproduce en la finca prácticamente de manera espontánea y durante todo el año con temperaturas del agua dulce por encima de 23° C. Estos peces alcanzan su madurez sexual a una edad temprana (en unos tres o cuatro meses) y a un tamaño pequeño (de \pm 15 cm de largo total) bajo las condiciones de la finca.

En los países de Centro América existen miles de proyectos piscícolas, en su mayoría de pequeña o mediana escala. Estos proyectos operan con muchas limitantes. La piscicultura no es parte de las actividades y prácticas agrícolas tradicionales en la región.

Para mejorar las posibilidades de éxito de proyectos piscícolas de pequeña y mediana escala, muchos reciben subsidios ofrecidos por organizaciones no gubernamentales o por agencias del Gobierno. Los subsidios proveídos generalmente incluyen la asistencia técnica a los productores, pago para la compra y transporte de los alevines a sembrar en los estanques y fondos para la adquisición de otros insumos.

La historia de los últimos 30 años indica que los proyectos piscícolas apoyados artificialmente con subsidios son poco viables a largo plazo. Los subsidios se vuelven componentes indispensables

para mantener los piscicultores principiantes cultivando tilapia. Eventualmente los subsidios desaparecen y el piscicultor solo no puede continuar la actividad o pierde interés en ella.

Una decisión importante para el piscicultor es determinar con cuál especie o variedad de pez va a trabajar. En la región Centroamericana hay varias líneas genéticas de tilapia que son cultivadas actualmente. A continuación se ofrece una descripción breve de las líneas de mayor importancia en la región.

Tilapia del Nilo: La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es una especie de coloración azul-grisácea (Figura 1). Es la línea de tilapia de mayor importancia en la piscicultura mundial. Es un pez robusto y de rápido crecimiento. Es bastante resistente a los patógenos y parásitos. Se reproduce con mucha facilidad en la finca y sin ningún manejo ni condiciones especiales.

Tilapia roja: Las líneas genéticas de la tilapia roja han sido derivadas a partir de unos pocos ejemplares de la tilapia de Java (*O. mossambicus*) en los 1980s (Figura 2). Estos peces actualmente presentan una variedad de colores y un pedigrí confuso.

En la realidad existen varias líneas de tilapia roja. Las dos más populares son de la Florida y de Jamaica. Son peces que presentan diferentes coloraciones, como rojiza, anaranjada o amarillenta. La tilapia roja tiene un crecimiento rápido similar a la tilapia del Nilo. Son menos prolíficos que los peces grises en su reproducción. Los peces rojos son visibles en el agua y susceptibles a las aves depredadoras.

Tilapia blanca: (*Oreochromis sp*) Recientemente entró en Centro América una variedad de tilapia de muy poca pigmentación, conocida como la línea blanca (Figura 3). Es un pez atractivo y de rápido crecimiento. Son prolíficos en su reproducción. Este pez tiene reputación de aguantar mejor que las otras variedades de tilapia las temperaturas por debajo de 25° C.

Tilapia de Java: La tilapia de Java (*O. mossambicus*) fue la primera tilapia introducida a Centro América en 1954 (Figura 4). Todavía existen ejemplares de la tilapia de Java en muchos de los ríos y lagos de la región a pesar de que su cultivo ya no es importante localmente.

La tilapia de Java es prolífica en su reproducción y los ejemplares presentan mucha pigmentación. Los machos adultos de la tilapia de Java desarrollan una fuerte coloración negruzca, la cual facilita la identificación del macho, especialmente. La papila genital del macho es de color crema, otra característica importante para facilitar la determinación del sexo en ejemplares adultos de la tilapia de Java. En cautiverio la tilapia de Java madura sexualmente a una edad más joven y a un tamaño más pequeño que las otras especies y variedades.



Figura 1. Ejemplar adulto de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).



Figura 2. Ejemplar adulto de la tilpaia roja (*Oreochromis sp.*).



Figura 3. Ejemplar adulto de la tilapia blanca (*Oreochromis sp.*).



Figura 4. Ejemplar adulto de un macho de la tilapia de Java (*Oreochromis mossambicus*).

2. Condiciones óptimas para la reproducción de tilapia

La tilapia se reproduce en la finca con mucha facilidad. No requiere de condiciones ni estimulaciones especiales. Para lograr un buen control de su reproducción, se requiere mantener los peces en condiciones como se describen en el Cuadro 1 a continuación. El factor más importante y generalmente fuera de nuestro control es la temperatura ambiental y del agua. La tilapia es un pez originario de las partes tropicales de África y el Medio Oriente. Su desarrollo es rápido y eficiente a temperaturas elevadas (Cuadro 1), y lento y poco eficiente en las aguas frías.

Cuadro 1. Algunos parámetros de la calidad del agua a considerar en la reproducción de tilapia.

Parámetro a considerar:	Valores o rango:	Comentario/observación:
Altura o elevación del lugar	≤ 1200 msnm	La temperatura ambiental local es influenciada por la elevación o altura del lugar. En muchas partes de Centroamérica en lugares arriba de 1200 msnm los climas son frescos y las temperaturas no están dentro del rango óptimo para la cría y engorde de tilapia, un pez tropical.
Temperatura	24 a 32° C	Son peces tropicales adaptados a climas cálidos. Con temperaturas inferiores a los 23 C los peces presentan un crecimiento lento y su cultivo se vuelve poco rentable.
Oxígeno disuelto	≥ 3 ppm	Son peces fuertes, ellos enseñan cuando no hay O ₂ suficiente en el agua.
pH del agua	6.5 a 9.0	
Transparencia del agua (con el <u>disco Secchi</u>)	20 a 100 cm	Los peces se comunican visualmente pero se reproducen bien en aguas turbias.

3. Ciclo de vida de la tilapia

Las diferentes especies o variedades de tilapia cultivadas en diferentes partes del mundo practican la incubación bucal materna de los huevos, embriones y alevines recién nacidos, como parte de su ciclo reproductivo (Figuras 5 y 6). Las tilapias son peces ovíparos y la fertilización de los huevos es externa (= en el agua). A continuación se presenta una breve descripción del ciclo de vida de la tilapia, enfocando en la tilapia del Nilo, con descripciones de las diferentes etapas. Ocasionalmente se refiere a otras especies de tilapia para ilustrar algo de las diferencias entre ellas.

Huevo recién puesto y fertilizado. El huevo elipsoidal de la tilapia mide aproximadamente 2 mm en su eje mayor y recién puesto es de color crema-amarillento (Figura 7). Cada huevo contiene una gran cantidad de vitelo como reserva de materia y energía para sostener el desarrollo del embrión y pez-larva durante sus primeros días de vida. La primera división del cigoto ocurre a unos 90 minutos después de su fertilización por el espermatozoide.

Huevo en proceso de incubación. A las 24 horas de incubación comienzan a aparecer unas manchas de pigmentos en el embrión.

Embrión desarrollado. El embrión se desarrolla consumiendo el contenido del vitelo. A los cuatro días de su incubación se acerca al momento de la eclosión.

Pez-larva recién eclosionado. El pez-larva recién eclosionado continúa su desarrollo por absorber el contenido del vitelo (Figura 8). En esta etapa el pez-larva se protege dentro de la cavidad bucal de la hembra. La boca del pez-larva no es funcional y no es capaz de nadar por tener una gran cantidad de vitelo todavía.

Pez-larva en pleno desarrollo/incubación. Mientras el pez-larva se desarrolla disminuye el tamaño del vitelo. Ya están formadas sus aletas pero todavía no puede nadar bien.

Pez-larva finalizando la absorción del saco de vitelo. Después de varios días post-eclosión, el pez-larva ya casi no tiene vitelo y su boca ya funciona para poder ingerir alimentos.

Alevín de tilapia: Al finalizar la absorción del vitelo el alevín es capaz de nadar libremente en el agua, ingerir alimentos por su boca e independizarse de la hembra (Figura 9). Los alevines en esta etapa de su vida típicamente miden de 10 a 12 mm longitud total.

Madurez sexual. Bajo las condiciones artificiales del cultivo, la tilapia del Nilo alcanza su madurez sexual a una edad de unos tres a cuatro meses y a un peso de unos 40 a 50 g. La tilapia de Java (*O. mossambicus*) madura en menos tiempo y puede reproducirse a edades mucho más tempranas (\pm 2 meses) y de apenas 10 g de peso.



Figura 5. Una hembra de tilapia roja incubando huevos en su cavidad bucal.



Figura 6. Una hembra de tilapia del Nilo incubando larvas en su cavidad bucal.

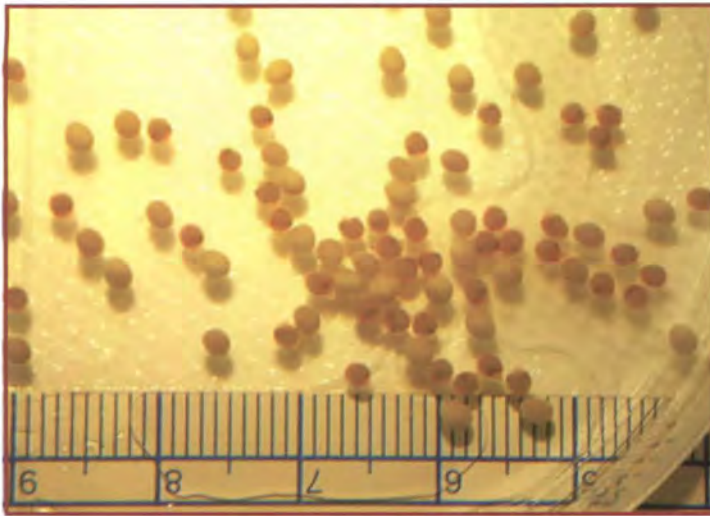


Figura 7. Algunos huevos de tilapia en su desarrollo embrionario. Cada huevo tiene una longitud de aproximadamente 2 mm.

Figura 8. Tres peces-larvas de tilapia de aproximadamente 7 mm de largo. Cada larva todavía tiene un gran saco de vitelo para su nutrición y no puede nadar en el agua.

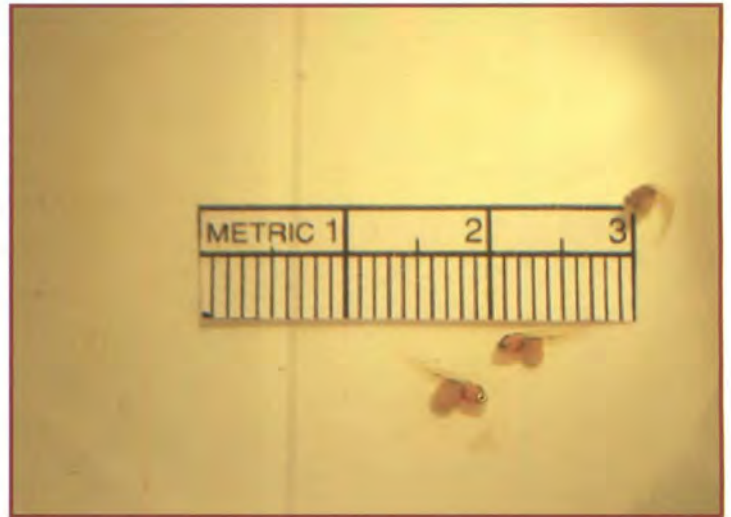


Figura 9. Unos alevines de tilapia de unos 12 mm de longitud total y de unos 10 a 12 días post-fertilización. Estos pececillos ya no tienen vitelo, pueden nadar bien en el agua y consumir alimentos por su boca.

4. Diferenciando entre machos y hembras de tilapia

Cada productor de tilapia tiene que ser capaz de distinguir e identificar los machos de las hembras (Figuras 10 y 11). El macho de tilapia sexualmente maduro presenta, típicamente, una coloración diferente y un comportamiento más agresivo que la hembra. Esta coloración especial o pre-nupcial, es parte de la comunicación entre los peces de la población.

Se identifica a un macho por identificar visualmente su papila genital, localizada inmediatamente por detrás de su ano. En el macho la papila es alargada, puntiaguda, y presenta en su extremo distal el orificio de la uretra, un conducto común para emitir la orina y lecha del pez.

La hembra tiene una papila genital menos puntiaguda y más redondeada en su forma. Se observa cerca de la base de su papila el orificio del oviducto de la hembra por el cual son expulsados los huevos durante una postura. En las hembras vírgenes, el oviducto es menos obvio en la anatomía de la papila genital.

La hembra de tilapia presenta un desarrollo no sincronizada de los huevos en su tracto reproductivo (Figura 12). Esto significa que en un momento de su vida adulta, su tracto contiene huevos en diferente estado de madurez a lo largo de su oviducto.

En cada postura, ella depositará solamente la fracción de huevos maduros, del total en su sistema reproductivo. Así ella pone los que están maduros y listos en el momento. El resto del contenido de su tracto se mantiene con huevos inmaduros, los cuales serán madurados y puestos en reproducciones o posturas futuras.

Construcción de un nido por el macho y el cortejo. El macho adulto comienza la construcción de un nido en el fondo del estanque. Los nidos de tilapia son excavaciones redondas en forma de cráteres (Figura 13). El macho remueve el sedimento con su boca para formar su nido. Usualmente el diámetro y profundidad del nido aumentan con la profundidad del agua. En los estanques usados para su cultivo, los nidos de tilapia típicamente miden de unos 30 a 50 cm de diámetro y de 10 a 20 cm de profundidad. Cada macho defiende un territorio alrededor de su nido.

Cortejo y postura de huevos. El macho es capaz de identificar una hembra madura y receptiva, y atraerla a su nido. La pareja ya formada pasa el tiempo nadando por encima y haciendo pasadas al interior del nido, cerca del fondo del estanque. Esta actividad puede durar de unos pocos minutos a varias horas. Eventualmente la hembra pasa por el nido bajando la parte posterior de su cuerpo al fondo y expulsando de su oviducto una cantidad de huevos (postura). Enseguida, el macho pasa por el nido y libera esperma o lecha encima de los huevos. La hembra vuelve al nido y con su boca recoge los huevos y lecha para acomodarlos en su cavidad bucal.



Figura 10. Las partes anatómicas para identificar un macho adulto de tilapia. Se debe practicar la identificación de los sexos con individuos mayores de 15 cm de largo total. La fotografía muestra el vientre del pez con su cabeza a la derecha y cola a la izquierda.

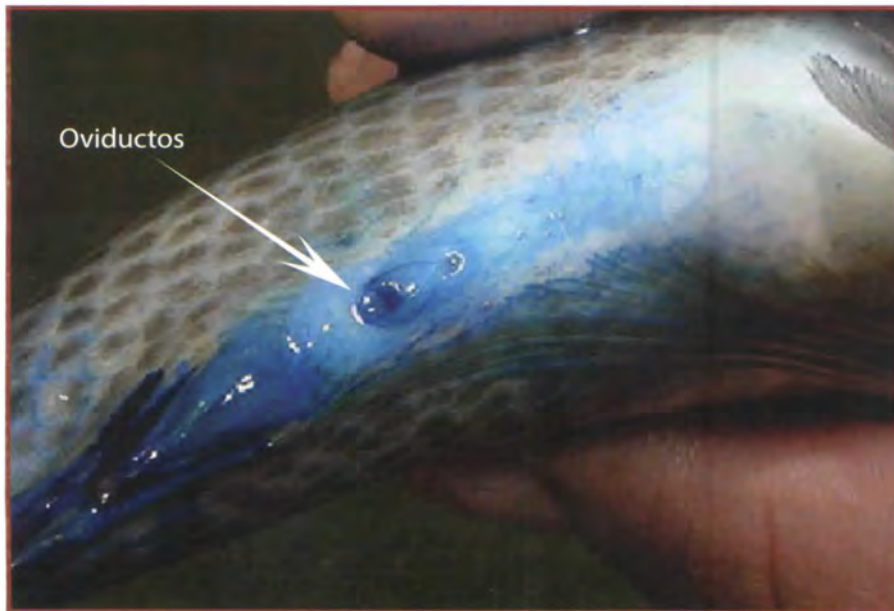


Figura 11. Las partes anatómicas para identificar una hembra de tilapia. La identificación del sexo de hembras vírgenes (que nunca han puesto huevos) es más difícil. La fotografía es del vientre de un pez adulto con su cabeza a la derecha y cola (aleta caudal) a la izquierda.



Figura 12. Una hembra adulta abierta para mostrar sus ovarios y cantidad de huevos en su tracto reproductor.

El proceso se repite una y otra vez hasta que la hembra ya no tiene más huevos maduros para expulsar. Luego el macho continúa depositando lecha y ésta es recogida por la hembra en su boca. Se supone que la recolección de lecha por la hembra es para asegurar la fertilización de todos los huevos ya colocados dentro de su cavidad bucal. Normalmente la postura de los huevos en la tilapia del Nilo ocurre en las tempranas horas de la tarde del día.

Incubación bucal por la hembra. Una vez terminada la postura, fertilización y recolección de los huevos por la hembra, ella abandona el nido y se separa del macho para comenzar el proceso de incubación. Los huevos cargados en la cavidad bucal de la hembra están protegidos durante esta etapa importante de su desarrollo.

El periodo de incubación dura de unos 5 a 15 días. La mayor influencia en determinar el tiempo requerido para la incubación de los huevos y desarrollo de los embriones y peces-larvas es la temperatura del agua. A mayor temperatura del agua menos es el tiempo de incubación. Esta relación es válida dentro de un rango de temperaturas de unos 23 a 32° C.

Se considera que mientras la hembra está incubando, no es capaz de consumir alimentos por su boca. Como consecuencia, la hembra incubando no gana peso y se atrasa su crecimiento. Eventualmente los peces-larvas abandonan la cavidad bucal de la hembra para comenzar su vida independiente. Los alevines forman cardúmenes buscando un mayor nivel de protección quedándose en grupo. Comúnmente los cardúmenes de alevines de tilapia se encuentran nadando en el agua cerca de la orilla de los estanques, pilas o hapas, situación en que pueden ser capturados con facilidad.

La hembra, con su boca desocupada de nuevo, vuelve a consumir alimentos y se prepara para su próximo apareamiento con un macho.



Figura 13. Unos nidos hechos por los machos de tilapia en fondo de un estanque recientemente drenado.



Figura 14. La captura de los alevines en las unidades usadas para la reproducción de tilapia realizada con una hapa.

5. Manejo de los cultivos para producir alevines de tilapia

El objetivo de cada ciclo de reproducción de tilapia es producir el mayor número de alevines similares y uniformes en tamaño (≤ 12 mm de largo total) y edad para entrar en el subsiguiente proceso de producción denominado reversión sexual.

Algunas consideraciones generales para la producción de alevines de tilapia.

1. **Unidades de producción (estanques, pilas, tanques, hapas):** La tilapia es versátil y resistente y se reproduce con mucha facilidad en la finca, en forma casi espontánea. Para realizar su crianza en la finca no se necesitan instalaciones especiales y sofisticadas, ni personal calificado. El pez no ocupa ni condiciones ni instalaciones especiales para empezar su reproducción. Son peces que se caracterizan por tener una gran capacidad reproductiva, a pesar de que no son considerados muy prolíficos.

La reproducción de tilapia y cosecha de sus alevines se puede llevar a cabo en prácticamente cualquier tipo de recipiente en donde los peces cuenten con condiciones adecuadas para sobrevivir y con una temperatura del agua superior a los 23° C. Esto incluye el uso de estanques excavados en la tierra, pilas de concreto, tanques de fibra de vidrio, jaulas o hapas de malla fina (luz de 1 mm) y otros. Normalmente los recipientes usados para el cultivo de tilapia y su reproducción tienen una profundidad de agua de aproximadamente un metro.

Al finalizar cada ciclo de reproducción llevado a cabo en los estanques excavados en la tierra, es necesario drenarlo completamente para recoger los adultos y para comenzar a preparar el estanque para un nuevo ciclo. Con frecuencia los adultos reproductores se maltratan cuando son cosechados de los estanques con fondo de tierra. El maltrato y daño físico a los reproductores es menor cuando son manejados en recipientes con fondo de material sintético (como el plástico, fibra de vidrio o hule) o sobre un fondo de concreto.

Al recoger los peces del fondo, se ensucian con el lodo y se lastiman, provocando a menudo daño físico y eventualmente la muerte de una fracción de la población de los peces reproductores. La muerte de reproductores manejados en pilas de concreto o en tanques de fibra de vidrio es menor, usualmente, en comparación con la mortalidad experimentada en los estanques de tierra.

2. **Selección de los adultos como reproductores:** Está fuera de los temas de este manual entrar en la parte de mejoramiento genético de los peces. A continuación se presentan algunos consejos, estrategias y recomendaciones sencillas para seleccionar peces reproductores para su programa de reproducción en la finca. Para adicional información sobre el mejoramiento genético de peces, se puede consultar algunos de los libros de genética citados en la sección de bibliografía de utilidad.

Para la selección de los peces para la reproducción, es importante escoger siempre peces adultos sanos y robustos, los cuales presentan las características típicas para la línea genética escogida.

Tilapia del Nilo: Se deben seleccionar individuos que presenten las características de un mínimo de siete barras oscuras verticales en los lados del pez y varias bandas verticales en la parte proximal de la aleta caudal (Figura 15).

Tilapia roja: Se recomienda escoger los peces de pigmentación uniforme de color rojiza, anaranjada o amarillenta. Es preferible que los peces escogidos no tengan manchas oscuras en sus cuerpos y que sean robustos y sanos sin ningún tipo de lesión ni herida.

Tilapia blanca: Se escogen peces de coloración uniforme, sanos y robustos para emplearlos como reproductores.

Tilapia de Java: Hoy día esta especie no es cultivada en Centro América y no será tomada en cuenta ni incluida en las discusiones a continuación en este manual.



Figura 15. Algunos detalles anatómicos para ayudar en la identificación y selección como reproductores de ejemplares de tilapia del Nilo. La tilapia del Nilo presenta unas barras oscuras verticales en los lados del cuerpo y varias bandas claras y continuas en la parte proximal de la aleta caudal.



Figura 16. La manera correcta de tomar a una tilapia con la mano. Son las espinas duras en su aleta dorsal las que le pueden hacer daño a su mano.

3. **Densidad de siembra de los peces adultos:** Hay muchas y variadas recomendaciones sobre la densidad de siembra de los peces reproductores de tilapia en cultivos destinados a la producción de alevines. Típicamente las recomendaciones oscilan entre 2 a 8 peces adultos por m² de espejo de agua, o m³ de agua, en la unidad de cultivo.

Cada macho adulto puede atender a varias hembras en la reproducción. Se recomienda poner de dos a seis hembras por cada macho sembrado en las unidades utilizadas para la producción de alevines. Los adultos reproductores deben tener pesos entre 100 y 700 g para asegurar que son sexualmente maduros y facilitar su manipuleo sin dañar físicamente, ni lastimar, a los peces. Peces muy grandes son difíciles de manipular y se lastiman con facilidad.

Los peces reproductores pequeños, apenas sexualmente maduros (entre unos 40 a 80 g de peso), producen muy pocos alevines. Los que son muy grandes, superiores a unos 800 g, son difíciles de manejar y manipular, y con frecuencia se lastiman durante las actividades de su captura y transporte, tareas necesarias para realizar la siembra y cosecha de los peces.

Los reproductores de mayor peso (≥ 800 g) y edad se reproducen menos frecuentemente en comparación con peces más jóvenes, pero la cantidad y tamaño de los huevos que producen, tienden a ser mayores.

Normalmente la cantidad de alevines obtenida de un ciclo de reproducción es en relación a la biomasa de las hembras sembradas en la unidad de producción. En esta característica hay mucha variabilidad entre los peces de las diferentes líneas de tilapia, variando según el tamaño o edad de los peces reproductores y las condiciones del cultivo y del clima.

4. **Incubación de los huevos:** La práctica de remover o robar los huevos y alevines recién nacidos de la boca de una hembra tiende a acortar el tiempo entre posturas sucesivas. Los embriones y peces-larvas robados pueden ser incubados artificialmente en recipientes de fabricación sencilla y con un flujo continuo de agua oxigenada.

La idea de la incubación artificial es imitar el proceso natural que practica la hembra con los huevos/embriones y peces-larvas en su cavidad bucal. Ella mantiene los huevos en movimiento continuo por acción de su mandíbula. Se supone que la acción de la hembra mueve los huevos para que reciban oxígeno en el agua pasando por la boca del pez.

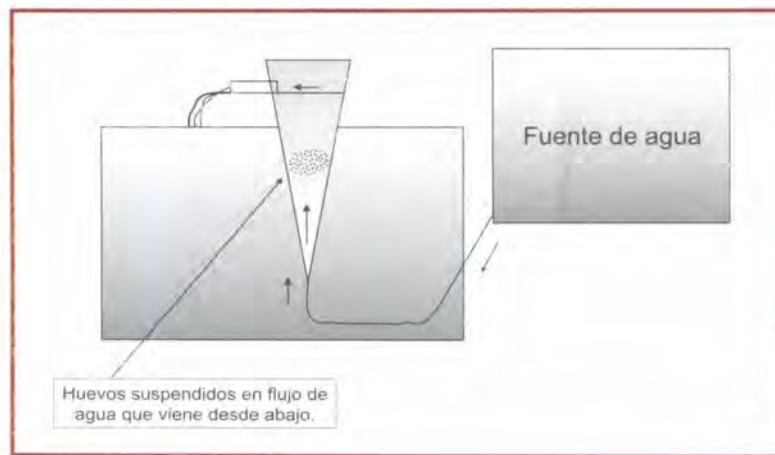


Figura 17. Ilustración del funcionamiento de una incubadora artificial para los huevos de tilapia. La cámara de incubación es un cono invertido parcialmente metido en el agua del tanque. Los huevos se mantienen suspendidos en el agua con un flujo continuo desde abajo hacia arriba dentro del recipiente. El agua rebalsa del cono al tanque por el tubo horizontal.

6. Manejo de ciclos de producción de tilapia

Básicamente son tres opciones en el manejo de las unidades empleadas para la reproducción de tilapia y producción de los peces-larvas. El objetivo es producir el mayor número de peces de similar tamaño y estado de desarrollo, aptos para la siguiente fase de producción. Además, se quiere usar las hembras en el proceso reproductivo de manera eficiente.

Una vez sembrada la unidad de reproducción con los peces adultos, las opciones del manejo incluyen: 1. realizar cosechas parciales de los alevines, 2. realizar una sola cosecha de los alevines en el momento de drenar el estanque o pila, y, 3. usar la técnica de capturar periódicamente a cada hembra con el propósito de robar los huevos, embriones y peces-larvas de su cavidad bucal para su incubación artificial.

1. **Manejo con cosechas parciales:** Después de unos cinco a diez días de haber sembrado los peces reproductores, aparecerán los alevines nadando en el agua. El tiempo requerido para ver los primeros alevines dependerá en varios factores. Siempre un factor importante es la temperatura del agua. En cuanto mayor es la temperatura del agua, menos es el tiempo para la aparición de los alevines. Este efecto se nota en el rango de temperaturas entre 23 a 31° C del agua.

Los alevines recién independizados de la hembra nadan libremente en el agua, formando cardúmenes en la orilla del recipiente (estanque, pila o tanque). Agrupados así, se facilita su captura con una red de mano o chinchorro pequeño de malla fina.

Se puede realizar capturas de alevines a intervalos regulares (diario o día por medio) a lo largo de cada ciclo de producción con duración de unos 30 a 90 días utilizando una red de mano o chayo (Figura 18). No se recomienda alargar demasiado los ciclos de producción de alevines de tilapia. Si diariamente se hace un buen esfuerzo para capturar a todos los pececillos en cada unidad, cada ciclo puede extenderse a más o menos tres meses.

En la práctica no se puede capturar todos los alevines producidos en el recipiente usado para la reproducción. Por ejemplo, en estanques excavados en la tierra los alevines no capturados oportunamente tendrán tiempo adicional en el agua para crecer. Estos pececillos ya crecidos, luego comenzarán un proceso de canibalismos en el cultivo, depredando a los alevines más jóvenes y pequeños. El canibalismo reduce considerablemente la producción de alevines.

2. **Manejo con una sola cosecha de alevines:** Con un manejo intensivo se puede organizar las unidades de producción para la realización de una sola cosecha de alevines. Típicamente esta estrategia es usada contando con estanques de 300 a 500 m² de espejo de agua. El estanque tiene que tener incorporado una caja de cosecha frente el tubo de drenaje (Figura 18). Se coloca una malla de luz abierta (≥ 12 mm) en el fondo y lados de la caja de cosecha antes de llenar el estanque con agua. En unos días aparecerán los cardúmenes de alevines en la uni-

dad de producción. Se realiza la cosecha total de los alevines drenando el estanque en una fecha determinada por la temperatura del agua (Cuadro 2). Cuando solamente hay agua en la caja de cosecha, se levanta la malla para remover los adultos, dejando atrás los alevines. Luego los alevines son capturados tranquilamente con redes de mano o chinchorros pequeños.

La ventaja de este manejo es que resulta en una sola cosecha de un gran número de alevines similares en edad y tamaño, aptos para continuar en el proceso de producción. En una finca piscícola, trabajar con lotes grandes de alevines producidos a intervalos de unos 20 a 30 días es más eficiente que tener que manejar a menudo lotes pequeños, normalmente.

Al finalizar la captura de los alevines el estanque tiene que ser drenado completamente. Luego se coloca de nuevo la red en la caja de cosecha, se llena el estanque con agua y se repite el ciclo de reproducción y producción de nuevos lotes de alevines.



Figura 18. Red de mano (chayo) útil para la captura y manejo de alevines de tilapia y una caja de cosecha frente al drenaje de un estanque vacío (foto a la derecha).

Cuadro 2. Temperatura del agua y la duración de los ciclos de producción de alevines de tilapia manejados con una cosecha total (información tomada de: Popma and Green 1990).

Temperatura del agua	Duración del ciclo de producción de alevines
$\leq 25^{\circ} \text{ C}$	20 a 23 días
Entre 25 a 28° C	17 a 21 días
$\geq 28^{\circ} \text{ C}$	14 a 18 días

3. **Manejo con la remoción/robo de los huevos y embriones de la cavidad bucal de la hembra y su incubación artificial:** En algunas fincas comerciales y en estaciones experimentales los adultos de tilapia son sembrados en pilas de concreto, hapas de malla nylon (Figura 19) o en pilas, para la producción de alevines con manejo intensivo. Tener los peces en recipientes pequeños de concreto, malla de nylon o fibra de vidrio, facilita su captura y contribuye a reducir los daños físicos asociados con el frecuente manipuleo de los peces adultos grandes, trabajo requerido en este manejo.

Normalmente a intervalos de unos 5 a 7 días, los adultos de cada unidad son capturados para robar o remover los huevos y embriones encontrados en la cavidad bucal de cada hembra. Para la captura de las hembras y recolección de los huevos en buen estado, se recomienda utilizar una red de mano con dos mallas.

Frecuentemente las hembras capturadas escupen o liberan espontáneamente los huevos y embriones de su cavidad bucal. Así, la red de mano tiene una primera malla de aproximadamente 6 mm de luz para acomodar y retener al pez hembra, pero que deja pasar a los huevos. La segunda malla es de ≤ 1 mm de luz, suficientemente fina para retener a los huevos y embriones sin que éstos estén en contacto o dañados por el pez adulto.

Los peces adultos revisados manualmente son devueltos al recipiente para continuar en el proceso de reproducción. Los huevos y embriones recolectados son clasificados según su estado de desarrollo y puestos en incubadores artificiales especiales. Los peces adultos manejados así pueden permanecer durante meses en un programa de reproducción.

La incubación artificial de huevos y embriones de tilapia es realizada en varios tipos de recipientes. El propósito es imitar lo que hace la hembra durante la incubación natural manteniéndolos artificialmente suspendidos en una corriente suave de agua oxigenada y con una temperatura en el rango de 25 a 30° C (Figuras 17 y 20).



Figura 19. Un arreglo de hapas con peces adultos y manejo intensivo para la producción de alevines de tilapia.



Figura 20. Una incubadora conteniendo medio millón de huevos. Los huevos se mantienen suspendidos por un flujo continuo de agua en el centro.

La proporción de los huevos y embriones que sobreviven la incubación artificial oscila entre unos 50 a 80%, similar al resultado esperado por el proceso normal realizado en la cavidad bucal de una tilapia hembra. La principal ventaja de la incubación artificial es que se acorta el tiempo que la hembra requiere para prepararse y aparear nuevamente con un macho en una reproducción subsiguiente.

Los **peces-larvas**, ya nacidos y de unos tres a cuatro días post-eclosionar, pueden ser incubados artificialmente en bandejas de plástico, siempre con una corriente suave y continua de agua oxigenada. Al terminar la absorción del vitelo, los pececillos tendrán largos totales entre unos 10 al 12 mm, tamaño adecuado para que entren en el proceso de reversión sexual.

7. Cría y reversión sexual de los alevines de tilapia

El uso de la hormona en el proceso de reversión sexual es efectivo solamente en los peces menores o igual de 12 mm de largo total. Los peces mayores no responden a la hormona debido a que ya han comenzado a desarrollarse sus gónadas u órganos sexuales.

Selección de los alevines por su tamaño.

Típicamente los pececillos cosechados en las unidades de reproducción presentan una variedad de tamaños entre ellos. Para homogenizar cada lote y eliminar los que superan 12 mm de largo, se realiza una separación o selección de los pececillos después de su captura o cosecha.

El aparato a usar es simplemente una red o malla de 3 mm de luz en forma de una caja. Todos los alevines capturados en las unidades de reproducción son depositados dentro de la caja o red separadora. Los alevines del tamaño deseado (≤ 12 mm) pasan la malla y cualquier pez mayor de 12 mm en su largo es retenido. Por este medio es fácil de separar a los peces no aptos para recibir el tratamiento de hormona y asegurar un producto de alta calidad.



Figura 21. Una caja separadora de los alevines. El aparato consiste en un marco de tubos PVC revestido por una malla de 3 mm de luz. Cualquier alevín mayor de 12 mm se queda en la caja mientras los más pequeños pasan la malla con facilidad.

Conteos de los alevines.

Hay unas cuatro técnicas utilizadas comúnmente para contar los peces larvas o alevines, los cuales son detallados a continuación (ver las fotos).

- a. Técnica del conteo individual: Utilizando pequeñas redes de mano o cucharas de plástico, se procede a contar los pececillos uno por uno mientras son pasados de un recipiente a otro (Figura 22). Es una técnica precisa y útil para enumerar pequeños lotes de peces, pero es demasiado tedioso y consume mucho tiempo para contar varios miles de alevines.
- b. Técnica por gravimetría: Se determina el peso promedio de los pececillos en seco o sin agua, y luego los peces restantes son pesados en lotes para estimar su número (Figura 23). Los peces son pesados en un recipiente de peso conocido, como un colador de plástico, y luego se cuentan los peces uno por uno para estimar su promedio. Ya sabiendo el peso de un lote y el peso promedio de cada pez, se proceda a pesar más peces de similar tamaño para estimar su número. Para esta técnica es indispensable contar con una balanza de precisión y peces uniformes en su tamaño y peso.
- c. Técnica por desplazamiento del agua o por volumen: Se determina el número de peces depositados en un volumen conocido de agua para luego contarlos (Figura 24). Se comienza el proceso por agregar agua a un recipiente calibrado o probeta. Se registra el volumen inicial de agua en la probeta. Los peces contados uno por uno son pasados a la probeta para observar el incremento en el volumen. La diferencia en el volumen es dividido por el número de peces agregados a la probeta para calcular el promedio.

Por ejemplo, se agregan 300 pececillos y el incremento observado en el volumen del agua en la probeta es de 50 ml. Así cada pez desplaza aproximadamente 0.17 ml de agua (= 50 ml/300 alevines). De allí en adelante, se adicionan los alevines a contar a la probeta para estimar su número por el volumen de agua desplazado, no contándolos.

- d. Comparación visual de poblaciones: Para esta técnica se necesita tener varios recipientes o pailas idénticas y conteniendo la misma cantidad o volumen de agua. Se recomienda usar pailas o platos con color claro y uniforme conteniendo unos 2 L de agua transparente (Figura 25).

Se pasan al primer recipiente con agua unos 500 peces contados individualmente. Luego se agregan peces al segundo recipiente hasta obtener una población similar, evaluada por comparación visual. Con una persona experimentada la estimación del número de alevines es rápida y relativamente precisa ($\pm 5\%$).



Figura 22. El conteo individual de los alevines cuando son pasado de un recipiente a otro.



Figura 23. Conteo de alevines de tilapia por el método gravimétrico. Se determina el peso promedio de los alevines con una balanza de precisión para luego solamente pesarlos en bulto o grupos para estimar el número en una transferencia.

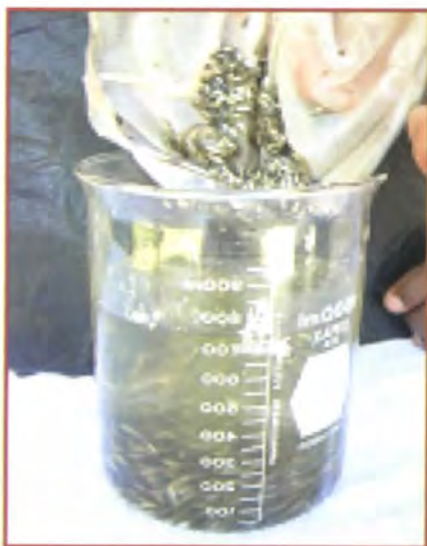


Figura 24. El método del conteo de los alevines por el desplazamiento del agua. Se determina el volumen de agua desplazado por los alevines previamente contados. Luego, el número de alevines es estimado basado en el volumen de agua desplazado.



Figura 25. El conteo de los alevines por el método de comparar poblaciones visualmente. Luego de contar los alevines en un recipiente con agua, se agregan alevines a un segundo recipiente idéntico hasta tener poblaciones iguales, vistas desde arriba.

Proceso de reversión sexual.

Introducción. Probablemente el paso más importante para tener éxito en el cultivo de tilapia es controlar, o eliminar por completo, la reproducción de los peces sembrados durante su engorde. Si los peces se reproducen libremente, el estanque se llenará rápidamente con peces pequeños, los cuales harán competencia con los más grandes por el espacio, alimento y oxígeno disponibles. En resumen, la presencia de muchas crías de tilapia interfiere con el normal desarrollo del cultivo de engorde.

Existen varias técnicas o estrategias para lograr poblaciones mono-sexuales de tilapia. La técnica más utilizada/usada en muchas partes del mundo es el proceso de reversión sexual de los alevines. Esto consiste en tratar los pececillos con una hormona masculinizante para convertir todos, o casi todos, al sexo masculino.

Sencillamente, los peces pequeños (< 12 mm de largo) consumen un alimento conteniendo 17- α -metil testosterona (MT) ofrecido durante 28 días. Al finalizar el periodo de tratamiento, los peces no reciben más hormona. La hormona tiene el efecto de influir en el desarrollo de los tejidos de las gónadas del pez. La testosterona es una hormona masculinizante y la mayoría ($\geq 97\%$) de los alevines de tilapia tratados desarrollarán todas las características y capacidades de un pez macho.

Es muy importante tratar los peces pequeños con la hormona. Los individuos de tilapia menores de 12 mm de largo total todavía no han comenzado el proceso de diferenciación de los tejidos de sus gónadas. Significa que se puede modificar el desarrollo sexual del pez pequeño administrándole una hormona en su dieta.

Los peces mayores de 12 mm no responden igual a la hormona porque ya había comenzado el desarrollo o diferenciación de sus gónadas en testículos (machos) o en ovarios (hembras). La técnica de reversión sexual no funciona igual en otras especies de peces. Si funciona con los alevines de tilapia y el éxito del cultivo de tilapia en muchos países se debe a este procedimiento.

Preparación del alimento con la hormona:

El alimento: Se debe usar un alimento con alto nivel de proteína cruda ($\geq 35\%$) para alimentar a los alevines recién nacidos y suministrarles la MT. El alimento debe ser molido finamente, tomando en cuenta el tamaño pequeño de las bocas de los pececillos. Se puede pasar el alimento molido por un tamiz de 0.5 mm (= 500 micras) para eliminar cualquier partícula grande. Una malla mosquitera para ventana es adecuada para este proceso.

Químicamente, la hormona es un esteroide, insoluble en agua pero soluble en alcohol. Se recomienda preparar una solución madre de 1.00 g de la hormona disuelta en 1000 ml de alcohol etílico (95%). La solución madre preparada así tendrá una concentración de 1 mg de MT/ml de solución.

Esta solución madre debe ser guardada en un lugar fresco y donde no esté expuesta a la luz solar. Un lugar idóneo es guardar la solución madre de hormona en la refrigeradora. Es preferible tener la solución en un frasco de vidrio color ámbar. Se debe etiquetar el frasco con la fecha de preparación de la solución. La solución madre de la MT tiene una vida útil mayor de 90 días en refrigeración.

Precaución: La testosterona es capaz de provocar cáncer en nosotros y es considerada una sustancia peligrosa para los humanos. La metil-testosterona es un producto sintético fácilmente absorbido a través de la piel humana o por la inhalación de partículas de alimento en el aire ya conteniendo la hormona.

La MT es inactivada químicamente por los rayos UV de la luz solar y por las altas temperaturas. Mantenga el alimento preparado con la hormona en un lugar fresco y oscuro.



Figura 26. La persona responsable por la preparación del alimento con la hormona debe usar protección adecuada y trabajar en un lugar fresco y bien ventilado. Los guantes protegen contra la absorción de la hormona por la piel y la máscara por la vía aérea.

Quien prepare el alimento con la hormona debe tener precaución para evitar contaminarse. La hormona es absorbida por la piel humana. También puede ser absorbida en combinación con partículas del alimento inspiradas en forma de polvo. La persona responsable debe trabajar en un lugar bien ventilado, usando guantes de hule y mascarilla contra la contaminación aérea. Nunca debe tocar el alimento preparado con sus manos directamente.

Procedimiento a seguir:

1. Pese un kilogramo de alimento molido y colóquelo en una bandeja o paila de plástico (véase fotos).
2. Con una pipeta o probeta, extraiga 60 ml de la solución madre de hormona.
3. Deposite los 60 ml en un frasco graduado y agregue alcohol hasta llegar a 500 ml.
4. Invierta el frasco con los 500 ml solución de hormona sobre el alimento en la paila de plástico.
5. Con una cuchara grande mezcle bien todo asegurando que el alimento quede completamente humedecido.
6. Continúe mezclando todo durante unos cinco a diez minutos.
7. Luego, extienda el alimento húmedo sobre un pedazo de plástico o bandeja para que el alcohol se evapore más rápido. La evaporación del alcohol puede tomar de unos minutos a varias horas. De nuevo, es importante tener el alimento preparado con MT en un lugar fresco y no expuesta a la luz solar.
8. Una vez que se haya secado, coloque el alimento en una bolsa plástica para su posterior uso. Se recomienda usar bolsas de plástico negro y guardar todo en una refrigeradora.

Advertencia: Es importante ofrecer el alimento con hormona a pececillos no más largos de 12 mm. La hormona no tiene un efecto en pececillos más grandes.

Los pececillos recién nacidos consumen una gran cantidad de alimento en proporción a su peso. Típicamente durante su tratamiento con la hormona, consumen diariamente de un 15 a 30% de su peso en alimento.

La cantidad diaria de alimento a ofrecer a los peces debe ser repartida en por lo menos cuatro porciones, dos en la mañana y dos por la tarde. Se recomienda usar comederos o plataformas sumergidas en el agua (ver foto) para poder observar el consumo del alimento y proporcionar la cantidad que los peces pueden consumir, según su apetito.

La reversión sexual se realiza teniendo los pececillos en pilas de concreto, tanques de fibra de vidrio o de otro material, en estanques excavados en la tierra, o en hapas. Se recomienda sembrar los pececillos recién cosechados a una densidad entre 1000 a 2000 por m³ de agua para el proceso de reversión sexual.

El alimento preparado con la hormona es ofrecido a los pececillos durante unos 28 días. Al terminar las cuatro semanas, los peces ya no requieren consumir más alimento con la hormona y deben tener un peso promedio entre 0.2 a 0.6 g. La proporción de alevines machos en cada lote tratado debe superar 97%.

Advertencia: Tres problemas comunes en el proceso de reversión sexual en tilapia son:

1. Se incluyen alevines grandes (> 12 mm) en los lotes a tratar con la hormona, resultando en un alto porcentaje de hembras y una semilla de baja calidad.
2. No se preparó correctamente el alimento con la dosis adecuada de hormona, resultando en que los pececillos no reciben una dosis suficiente para tener el efecto de la reversión y de nuevo, el producto es una semilla de baja calidad.
3. El alimento con MT es dado a los pececillos por un periodo menor de 28 días y la hormona no tiene un efecto, resultando en poblaciones con gran cantidad de hembras.

Una semilla de tilapia de alta calidad es uniforme en tamaño y color, y la cantidad de hembras es menor de 3% de la población.



Figura 27. Los materiales y equipos para preparar alimento con la hormona incluyen a: un balanza de precisión (0.01 g), la hormona 17-alfa-metil-testosterona, cristalería, alcohol etílico 95% y un recipiente de plástico para la mezcla.

8. Transporte de alevines de tilapia

Una buena cosecha se inicia con una buena semilla. Un paso importante para tener éxito en una explotación acuícola es contar con una fuente de semilla de calidad. En la piscicultura la semilla consiste en adquirir los alevines o pececillos recién nacidos, requeridos para comenzar cada nuevo ciclo de producción.

En algunos casos, se realiza la crianza y producción de semilla de tilapia, y las diferentes fases de engorde, en la misma finca, pero lo más común es tener productores especializados en proveer la semilla y otros enfocados en el engorde y producción de peces para el consumo.

En Centro América los productores de semilla de tilapia comercializan los alevines revertidos al sexo masculino con pesos promedios entre 0.3 a 6.0 g, típicamente. El precio de venta de los alevines tiende a aumentar con su peso promedio. Usualmente los alevines de tilapia roja son vendidos a precios superiores a los de la tilapia del Nilo.

Las más importantes precauciones en el transporte de peces en bolsas de plástico son:

- No sobrecargar las bolsas con demasiados peces.
- Acomodar las bolsas para evitar mucho movimiento brusco y rudo en el transporte.
- Preparar los peces adecuadamente para evitar acumulación de desechos (heces y amoníaco) en la bolsa durante el viaje.

La mortalidad de los alevines durante el transporte no debe ser más de 5% de la población.

Preparar los alevines para el transporte: Una semana antes de su transporte, se recomienda revisar los pececillos a transportar para detectar cualquier problema de infección o patología. Así habrá tiempo para tratar los peces en caso necesario.

Cosecha de los pececillos: Los pececillos son cosechados y colocados en un recipiente con agua de buena calidad y con un suministro continuo de aire de un soplador. La adición de 5000 a 9000 g de sal (sin yodo) por m³ de agua en el tanque de almacenamiento ayudará a reducir el estrés experimentado por los peces y promoverá la formación de una buena capa protectora de moco en ellos. La capa de moco sirve para prevenir infecciones cutáneas en los peces.

Los peces deben pasar de 24 a 48 horas en ayunas previo su empaque y envío. Las heces en el fondo del tanque de almacenamiento deben ser removidos por un sifón diariamente. Cuando ya no aparecen heces en el fondo significa que los tractos digestivos de los peces están vacíos y son listos para el transporte. El material fecal dejado en el fondo del tanque puede ser re-ingerido por los peces. En lo posible, debe evitarse que los peces defequen dentro de las bolsas de transporte.

Ya listos para el transporte, los peces son contados y mantenidos en recipientes con un volumen de agua suficiente para llenar cada bolsa. Hay varias técnicas para el conteo de los peces pequeños. Así cada balde preparado con agua y peces sirve para arreglar una bolsa de transporte.

Las bolsas para el transporte de peces son variadas en su tamaño y forma. En Centro América las bolsas de transporte son fabricadas in situ utilizando un material plástico en forma de un tubo (Figura 28). El material es vendido en rollos de 44 kg y tiene un ancho de 90 cm.



Figura 28. Una bolsa para el transporte de alevines en forma de salchicha. El plástico para hacer este tipo de bolsa viene en un rollo de material tubular (90 cm de ancho). La bolsa es formada usando hules para amarrar cada extremo de un pedazo de tubo. La bolsa tiene capacidad de 40 L de agua.

Al preparar una bolsa con el plástico tubular se forman pliegues cerca de los hules usados para sellar. Estos pliegues representan lugares donde los pequeños peces pueden meterse y quedarse atrapados, lastimándose durante el transporte.

Probablemente una mejor opción es usar bolsas manufacturadas especialmente para el transporte de peces vivos (Figura 29). Se pueden comprar bolsas sencillas con un doble sello en su parte inferior o bolsas con fondo cuadrado (Figura 30). Estas bolsas se llenan con agua, los peces y oxígeno puro.

La cantidad de peces de tilapia que se recomienda transportar en estas bolsas es detallada en el Cuadro 3 para viajes de ocho horas duración o menos. Se recomienda colocar las bolsas en cajas de cartón parafinado para facilitar su manipuleo, evitar que los peces estén expuestos a la luz solar y altas temperaturas, y darles una mayor protección.

Aclimatación de los alevines en la finca receptora: Es posible que existan diferencias importantes entre la temperatura del agua de transporte y del recipiente en donde se sembrarán los alevines al concluir su transporte. La temperatura del agua es el parámetro que más comúnmente provoca problemas en el transporte de los peces. Una diferencia de 5° C entre el agua de transporte y del estanque puede causar la muerte de muchos peces en los momentos después de la siembra.

Para reducir estas diferencias, se recomienda flotar las bolsas, todavía selladas con los peces adentro, en el agua del recipiente que representa el destino final, por unos 15 a 30 minutos. Luego, abra la bolsa y agregue lentamente agua del estanque a la bolsa. Al finalizar esto, la diferencia de temperatura habrá reducido y se procede a invertir la bolsa soltando los peces en su nuevo lugar de cultivo. Si todo fue bien hecho, los peces deben salir de la bolsa nadando activamente hacia las aguas profundas.



Figura 29. Una bolsa para el transporte de alevines con el fondo cuadrado. La bolsa tiene dimensiones de 37 x 37 x 55 cm.



Figura 30. Una bolsa con doble sello en la parte inferior para resistir el manipuleo y mal trato durante el transporte de alevines.



Figura 31. El proceso de aclimatar a los peces a las condiciones del recipiente a donde serán transferidos. Se recomienda colocar la bolsa en el recipiente para comenzar un proceso de igualar la temperatura del agua de transporte con el recipiente. Luego se abre la bolsa para introducir agua del recipiente poco a poco, acostumbrando los alevines a la calidad del agua.



Figura 32. Una vez aclimatados, los alevines son liberados. El proceso de aclimatación toma unos 15 a 30 minutos y es un paso importante para asegurar una buena sobrevivencia de los peces transferidos.

Cuadro 3. Número de alevines de tilapia recomendado para su transporte en bolsa plástica inflada con O₂ puro.

Duración viaje =	Número de alevines/Litros de agua		
	4 horas	6 horas	8 horas
Peso X alevines 0.5	120 a 240	80 a 160	50 a 100
2.0	40 a 80	30 a 60	25 a 50
5.0	20 a 40	16 a 32	13 a 25

9. Costos para producir alevines machos de tilapia del Nilo y tilapia roja

La reproducción, crianza y venta de alevines machos de tilapia es una actividad lucrativa en Centro América. Los datos presentados a continuación son el resultado de múltiples ciclos de producción y cría de tilapia realizados en Zamorano en los últimos años.

Los costos variables son los que varían según el nivel de producción en la finca. Por ejemplo, con una mayor producción de peces se esperaría un mayor costo en la compra de los alimentos concentrados. Los costos fijos no tienen una relación directa con el nivel de producción, sino con la depreciación de las instalaciones físicas de la finca y de los equipos. Para este análisis no se incluyó un valor por la administración de la finca (costos administrativos) entre los costos fijos de la operación.

Comúnmente los peces adultos son sembrados en pequeños estanques excavados en la tierra ($\leq 500 \text{ m}^2$) o en pilas de concreto para su manejo intensivo en los ciclos de reproducción (Cuadro 4). Los costos variables más importantes para producir los alevines aptos para el proceso de la reversión sexual (Cuadro 4) son para el alimento concentrado, la mano de obra y para reponer a los peces adultos lastimados o muertos.

Los peces adultos se lastiman y mueren más en los estanques. La mortalidad de los peces adultos rojos es mayor que la mortalidad observada de tilapia del Nilo. Al concluir un ciclo de reproducción, el estanque es drenado y muchos de los adultos son recogidos en el sedimento del fondo. Estos peces se llenan de lodo y con frecuencia sufren posteriormente de infecciones y lesiones.

Los costos de mano de obra son mayores para el manejo de los peces en los estanques debido al mayor número de reproductores sembrados y mayor cantidad de alevines cosechados, en comparación con las pilas (Cuadro 4).

Cada alevín rojo apto para el proceso de reversión sexual tiene un costo de producción tres veces mayor que para los alevines de tilapia del Nilo. Esta diferencia es debido a la mayor cosecha de alevines obtenida y a la menor mortalidad de los peces adultos de tilapia del Nilo, en comparación con los peces rojos (Cuadro 4).

Los valores en el Cuadro 5 son basados en tratar con hormona números iguales de alevines ($\leq 12 \text{ mm}$ de largo) de tilapia del Nilo y rojos en pilas de 15 m^3 de capacidad. En Centro América los alevines machos (tratados con la hormona) de tilapia del Nilo se comercializan a un precio inferior que los rojos. La sobrevivencia de los alevines de tilapia del Nilo es superior a los alevines rojos durante el periodo de 28 días de tratamiento con la hormona.

Cuadro 4: Comparación de los costos estimados (USD) para producir alevines (≤ 12 mm) de tilapia del Nilo y tilapia roja en una pila de concreto de 7.5 x 2.0 1.0 m o en un estanque de 10 x 10 x 1 m excavado en la tierra, Zamorano, Honduras.

Descripción	Unidad	Precio unidad	Valor total tilapia del Nilo		Valor total tilapia roja	
			Pila	Estanque	Pila Ciclo 20 días	Estanque Ciclo 30 días
Costos Variables:						
Alimento (28% proteína cruda)	Kg	0.50	5.40	24.30	5.40	24.30
Mano de obra	Hombre-hora	0.62	12.40	24.80	12.40	24.80
Electricidad ¹ (bomba + soplador)	Kw-h	0.075	3.50	7.50	3.50	7.50
Uso de vehiculo	Km	0.30	1.20	2.40	1.20	2.40
Reponer peces adultos lastimados/muertos	c.u.	1.00	0.00	14.00	8.00	34.00
Costs Fijos:						
Depreciación unidad de producción	Mes	8.33	8.33	5.81	8.33	5.81
Depreciación bomba de agua y motor	m ³	0.02	0.60	4.00	0.60	4.00
Depreciación soplador de aire	Mes	1.20	0.80	---	0.80	---
Costos Totales Estimados =			32.23	82.81	40.23	102.81
Rendimiento X alevines/ciclo en tanque			19,421		11,775	
Rendimiento X alevines/30 ciclo en estanque				57,577		31,681
Costos de Producción/alevín ≤ 12 mm =			0.001	0.001	0.003	0.003
Costos de Producción/1000 alevines =			1.66	1.14	3.41	3.24

¹ El agua de la pila recibía aireación continua y se estimo un recambio completo de su volumen en cada ciclo de reproducción. El agua del estanque no recibía aireación artificial y el recambio fue estimado en 50% para cada ciclo.

Cuadro 5: Costos estimados (USD) para la producción de alevines machos de tilapia del Nilo y tilapia roja en una pila de concreto de 7.5 x 2.0 x 1.0 m, Zamorano, Honduras.

Descripción	Unidad	Alevines machos tilapia del Nilo			Alevines machos tilapia roja		
		Cantidad	Precio unidad	Valor total	Cantidad	Precio unidad	Valor total
Income:							
Venta de alevines machos (0.3 a 0.5 g)	c.u.	25,530	0.02	510.60	17,400	0.03	522.00
Costos Variables:							
Peces larvas ≤12 mm	c.u.	30,000	0.001	30.00	30,000	0.003	90.00
Alimento con hormona (38% proteína)	Kg	23		46.46	18	2.02	36.36
Mano de obra	Hombre-hora	48	0.62	29.76	36	0.62	22.32
Electricidad ¹ (bomba agua + soplador)	Kw-h	0.075		1.80		---	1.80
Uso de vehículo	Km	5	0.30	1.50			1.50
Costos Fijos:							
Depreciación tanque ² de 15m ³	Mes	1	8.33	8.33	1	8.33	8.33
Depreciación bomba agua y motor ³	m ³	30	0.05	1.50	30	0.05	1.50
Depreciación soplador de aire ⁴	Mes	1	1.20	1.20	1	1.20	1.20
Costos Totales Estimados =				120.55			163.01
Costo producir 1000 alevines machos				4.72			9.36
Ingreso Neto = Ingreso – Costos Totales =				390.05			401.99
% Ganancia = IN/CT x 100 =				324%			247%

¹ Basado en valor estimado de USD 0.075 por Kw-h en Honduras.

² Valor de la construcción del tanque estimado en USD 1000 con vida útil de 10 años.

³ Bomba de agua con motor de 3 HP para llenar y hacer recambios de agua en tanque.

⁴ El soplador de 2.5 HP y el sistema de distribución de aire valorados en USD 1200. El sistema supe aire a más de 50 unidades experimentales y de producción.

A tomar en cuenta el mayor número de alevines producidos y su superior sobrevivencia durante el periodo de tratamiento con la hormona, los resultados económicos favorecen aun más a la reproducción y crianza de alevines de tilapia del Nilo (Cuadro 6). La producción y venta de alevines machos de tilapia del Nilo y roja es muy lucrativa. La rentabilidad de producir alevines machos de Tilapia del Nilo es mayor debido a su mayor fecundidad y mejor sobrevivencia de sus peces-larvas durante el tratamiento con le hormona.

La rentabilidad obtenida de trabajar con tilapia roja se radica en el precio superior de venta para estos peces en la región en comparación con los peces grises. La producción y venta de alevines machos de tilapia en Centro América es una actividad altamente rentable. La demanda para alevines de calidad ($\geq 97\%$ machos, y uniformes en tamaño y color) continúan en expansión.

Cuadro 6: Comparación de la cantidad relativa y costos (USD) para producir alevines machos de la tilapia del Nilo y roja en Honduras.

Descripción	Tilapia Nilo	Tilapia roja
No. alevines cosechados estanque 100 m ²	57, 577	31,681
No. alevines machos para ventas	48,998	18,375
Costos Totales de Producción (en USD)	228.33	168.68
Ingresos = Venta alevines @ 0.02 c.u.	979.76	
Ingresos = Venta alevines @ 0.03 c.u.		551.25
Ingreso Neto = I - CT	751.43	382.57
Ganancia = IN/CT x 100	329%	226%

Bibliografía de utilidad

Nota: Para conocer más de cerca la biología y reproducción de la tilapia, y el manejo de su crianza en cautiverio, se puede buscar información adicional en las siguientes publicaciones.

Beveridge, M.C.M. and B. J. McAndrew (editors). 2000. Tilapias: Biology and Exploitation. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands. 505 p.

Egna, H.S. and C.E. Boyd (editors). 1997. Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 437 p.

Engle, C.R. and N. Stone. 2002. Costs of Small-Scale Catfish Production. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 1800. 4 p.

Green, B.W., K.L. Veverica and M.S. Fitzpatrick. 1997. Fry and fingerling production, p. 215-243, en: H.S. Egna y C.E. Boyd (editors), Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Lutz, C.G. 2001. Practical Genetics for Aquaculture. Blackwell Science Ltd., Ames, Iowa, USA. 235 p.

Popma, T.J. y B.W. Green. 1990. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. Research and Development Series No. 35, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA. 15 p.

Popma, T. and M. Masser. 1999. Tilapia life history and biology. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 283. 4 p.

Glosario de términos

Agua dulce: es agua que contiene menos de 1000 ppm de sales en solución; típicamente con más de 1000 ppm se puede sentir el sabor a sal en el agua.

Algas: son microorganismos acuáticos y fotosintéticos de dimensiones microscópicas, usualmente, de agua dulce y salada; el término alga se refiere a la forma de vida de estos organismos que pertenecen a una variedad de grupos taxonómicos.

Aves depredadoras: son las especies de aves que persiguen y depredan (= capturan y comen) a los peces; como por ejemplo, las garzas, el martín pescador y otras especies; la depredación de peces por las aves puede resultar en mucho daño y pérdida económica para el piscicultor.

Biomasa: es la masa biológica de un organismo o de una población de organismos; es la suma del peso de todos los organismos en un determinado lugar.

Chinchorro: red para capturar a los peces; red con forma de cortina con flotadores en su parte superior y línea con pesas en su parte inferior.

Cigoto: huevo fertilizado o la célula formada por la unión entre huevo y espermatozoide.

Cultivo de engorde: es la fase de producción en la cual los peces alcanzan un tamaño o peso de cosecha para el consumo humano. Este tamaño o peso de cosecha varía de lugar a lugar según las preferencias de los consumidores quienes forman el mercado local. En Centro América la tilapia entera es cosechada y comercializada desde 150 hasta 500 g de peso vivo.

Detritus: es la materia orgánica muerta en proceso de descomposición.

Disco Secchi: aparato sencillo usado para medir la transparencia del agua; consiste en un disco (pintado con cuadrantes de color blanco y negro) que desde la superficie es bajado en el agua y se mide a que profundidad desaparece a la vista.

Esteroides: compuesto orgánico poco soluble en el agua y precursor de varias hormonas en los animales; lípido con una estructura de cuatro anillos de carbonos.

Fertilización: en la reproducción es la unión de los gametos femenino y masculino (huevo con espermatozoide).

Gónadas: término que se refiere a los órganos sexuales de un organismo.

Hapa: es un término Hindú para bolsas de malla fina de forma cuadrada, útil en guardar/cultivar peces y otras especies acuáticas; la hapa se coloca suspendida de cuatro o más estacas clavadas en el fondo del estanque; su uso permite el fácil acceso a los peces adentro (ver figura 19).

Hormona masculinizante: las hormonas son los mensajeros químicos de animales y otros organismos; una hormona masculinizante es capaz de provocar el desarrollo de características masculinas en el individuo tratado.

Índice de conversión alimenticia (ICA): la proporción matemática entre la cantidad de alimento ofrecido a los peces de cultivo y su ganancia de peso (peso final – peso inicial) en determinado periodo de tiempo.

Fitoplancton: la comunidad de algas que vive a la deriva en cuerpos de agua.

Lecha: líquido seminal de los peces; líquido producido por los peces machos adultos conteniendo las células espermáticas (= gametos masculinos) y variedad de sustancias químicas accesorias.

Micra: unidad de largo igual a 10^{-6} m; milésima parte de un milímetro.

Ovíparo: característica reproductiva de los animales que ponen huevos; tacto o estrategia reproductiva común entre muchos animales (peces, pájaros, reptiles, anfibios y otros) de poner huevos para su posterior incubación y proceso de desarrollo.

Pez-larva: término para los peces recién nacidos o eclosionados que todavía utilizan el vitelo en su nutrición y desarrollo.

ppm: significa partes por millón; es usada para expresar la concentración de algunas sustancia en solución acuosa; un ppm es igual a un miligramo por litro de agua (mg/L) o un gramo en un metro cúbico de agua (g/m³).

Reversión sexual: proceso de tratar los alevines recién nacidos de tilapia con una hormona andrógena (metilo-testosterona) ofrecida en el alimento concentrado para lograr dirigir el desarrollo sexual de las hembras al sexo masculino.