

INCUBACIÓN ARTIFICIAL Y REVERSIÓN SEXUAL DE TILAPIA

Ing. Jesús Hernández Riverón¹, Lic. Anaisa M. González Acevedo¹

1 UEB Alevinaje Matanzas, Carretera Central Km 97½, Finca Los Molinos, Matanzas, Cuba.

Resumen

Uno de los mayores problemas en la producción de tilapia en el mundo es la obtención de semilla. Se ha podido comprobar que trasladando los huevos y larvas de la cavidad oral de las hembras para continuar la incubación de forma artificial resulta un paso de avance en la productividad. Aprovechando que las larvas que se obtienen presentan talla y edad conocida ofrece la oportunidad de utilizar la reversión sexual. El objetivo de esta revisión es realizar una valoración de su posible utilización en Cuba, según nuestras condiciones climáticas y tecnológicas. Aspecto de mucha importancia ya que con ello se puede eliminar los frecuentes desoves de tilapia en estanques de cultivo y obtener mayor rendimiento por unidad de área debido a la mejor tasa de crecimiento de los machos con respecto a las hembras.

Palabras claves: *Incubación, Reversión, Larvas, Oreochromis, Gonocórico.*

Introducción

La importancia cada vez mayor de la acuicultura a nivel mundial obliga a los productores a mejorar las técnicas para conseguir lo que constituye un requisito esencial para su desarrollo, obtener la semilla necesaria para los cultivos. Ello se logra con la propagación masiva, artificial o semiartificial, de peces de las especies cultivadas. Es evidente que la necesidad de producir semilla de peces de buena calidad para los cultivos extensivos e intensivos no se puede lograr sin la utilización de las técnicas de propagación artificial y reproducción inducida. Ejemplo de ello lo constituye la producción de especies de Ciprínidos o Carpas Chinas en nuestro país que por las condiciones del mismo donde no contamos con ríos caudalosos la reproducción de las especies mencionadas no sería posible.

Las técnicas de propagación artificial han hecho posible el abastecimiento masivo de semilla de numerosas variedades de peces, que se ha utilizado para el cultivo extensivo en micropresas y presas o cultivo intensivo en estanques y jaulas flotantes. Estas técnicas han permitido además introducir varias especies importantes de peces en zonas geográficas muy alejadas de sus hábitats naturales.

Es imprescindible destacar que después del arroz, los productos forestales, la leche y el trigo, los peces son el quinto recurso natural más importante y el mayor proveedor de proteína animal que consumen más de mil millones de personas en todo el mundo, proveen el 25% de la proteína animal en países desarrollados y más del 75% en los países en vías de desarrollo (Castillo, 2004).

Por tal razón la importancia de ampliar el conocimiento en acuicultura es evidente. En los últimos treinta años su crecimiento anual ha sextuplicado el de la pesca tradicional y más que triplicado el de la producción de especies terrestres (González, 2008).

En tal sentido en la edición del 2012 del “El estado de la pesca y la acuicultura”-SOFIA por sus siglas en inglés-, que se publica periódicamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), refleja que la producción acuícola mundial ha seguido creciendo en el nuevo Milenio, aunque más lentamente que en los decenios de 1980 y 1990. En el transcurso de medio siglo aproximadamente, la acuicultura ha pasado de ser casi insignificante a equipararse totalmente a la producción de la pesca de captura en cuanto a la alimentación de la población en el mundo. Este sector también ha evolucionado respecto a innovación tecnológica y la adaptación para satisfacer las necesidades cambiantes.

La producción acuícola mundial alcanzó otro nivel máximo sin precedentes en 2010 (observar tabla 1), de 60 millones de toneladas (excluidas las plantas acuáticas y los productos no alimentarios), con un valor total estimado de 119 000 millones de USD. En 2010 un tercio de la producción acuícola mundial de especies comestibles se logró sin utilizar piensos y correspondió a la producción de bivalvos y carpas que se alimentan por filtración. Si se incluyen las plantas acuáticas y los productos no alimentarios, la producción acuícola mundial de 2010 asciende a 79 millones de toneladas por valor de 125 000 USD.

Tabla 1. Comportamiento producción acuícola mundial (2006 – 2011)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	<i>(millones de toneladas)</i>					
Aquaculture						
Continental	31,3	33,4	36,0	38,1	41,7	44,3
Marítima	16,0	16,6	16,9	17,6	18,1	19,3
Acuicultura total	47,3	49,9	52,9	55,7	59,9	63,6

Fuente: “El estado de la pesca y la acuicultura”, (2012).

Nuestro país cuenta con un número de especies de peces de agua dulce con tecnología de cultivos desarrolladas que fueron aclimatadas escalonadamente en las décadas del 60-70, respondiendo a las necesidades del desarrollo acuícola (Noris Millares, 2012). Las características esenciales de las especies sometidas a cultivo son el rápido crecimiento y alta tasa reproductiva, buena conversión del alimento, capacidad para soportar y desarrollarse en condiciones de hacinamiento, poco susceptibles a enfermedades y la manipulación y poseer buenas características para el mercado.

En la actualidad la producción acuícola nacional se centra en los siguientes renglones: en el año 2011 se alcanzó una producción total de 21 554.4 t, correspondiendo el 68.20 % de la producción total a las carpas chinas, el 7.78 % a tilapia y el 24.02 % a las clarias. Para el año 2012 se planificaron capturar 26 156 t, de las cuales 15 227 pertenecen a ciprínidos, 3 654 a tilapia y 7 225 a las clarias.

Según Guerrero (2007), la Tilapia es el segundo pez más cultivado del mundo después de la carpa, convirtiéndose el continente Asiático debido a su crecimiento, en una de las cinco regiones más grandes de producción de tilapia del mundo.

En la figura 1 se presenta la producción de las principales especies o grupos de especies procedente de la acuicultura en el año 2010, donde se destaca la Tilapia como el segundo grupo más representativo dentro de las especies de agua dulce, con una producción de 3,5 millones de toneladas.

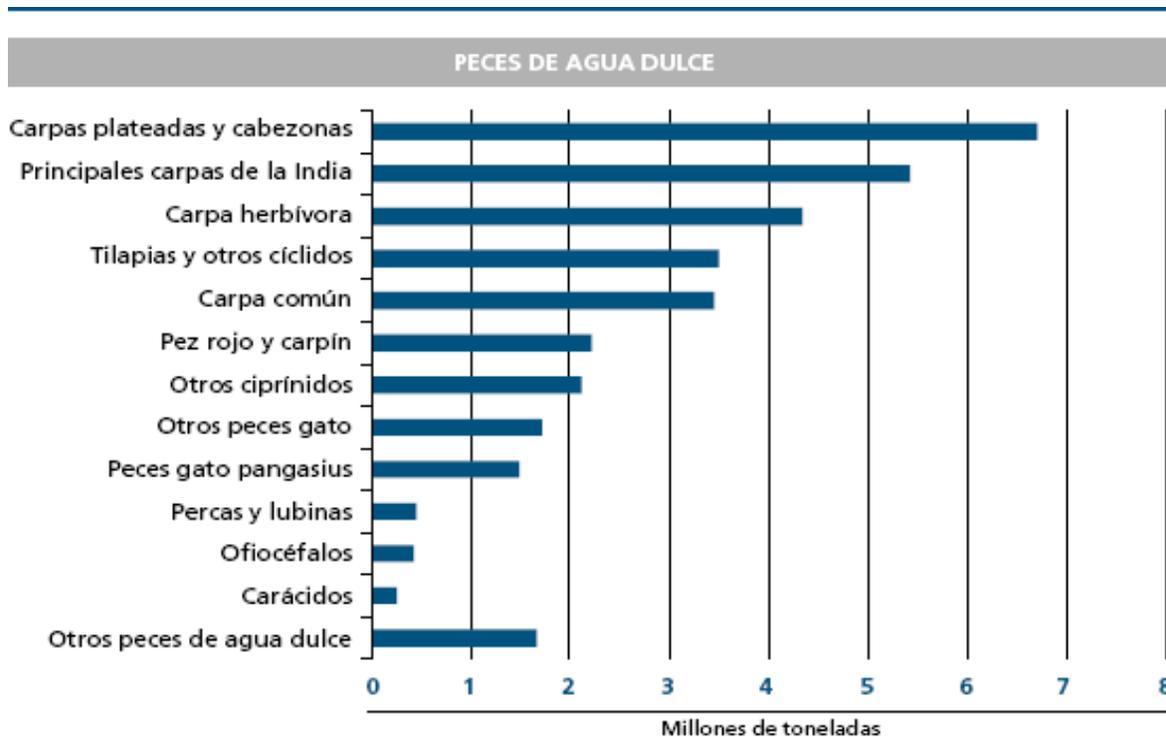


Figura 1. Producción de las principales especies o grupos de especies procedente de la acuicultura en 2010.

Fuente: “El estado de la pesca y la acuicultura”, (2012).

Para los cultivos extensivos de tilapia, la sobre explotación pesquera, la falta de alimento natural y su degeneración por consanguinidad, son las causas de la disminución de ejemplares en embalses naturales, provocando, disminución de talla y peso de los mismos.

La introducción de tecnologías que aumenten los niveles de producción sería una solución que pudiera mejorar la disponibilidad de alimentos en los mercados internos, y porqué no, aumentos en los niveles de exportación. La incubación artificial de tilapia como método reproductivo y la reversión sexual de las hembras hacia macho, aprovechando que los machos alcanzan hasta dos veces el peso de las hembras en el mismo tiempo de cultivo, mejoraría los indicadores de crecimiento, disminuiría el tiempo de duración de los mismos, reduciría la conversión del alimento, y todo ello nos conduce a un impacto económico, social y ambiental favorable.

Desarrollo

Producción tradicional

El sistema tradicional de cultivo de tilapia ampliamente utilizado en el mundo y en Cuba presenta un número de inconvenientes que limitan el desarrollo de la actividad:

1. Desove asincrónico de las hembras.

2. Canibalismo entre larvas.
3. Diferencia en talla de las larvas recolectadas.
4. Reproducción incontrolada en los estanques de ceba.
5. Como consecuencia de la incubación bucal las hembras gastan tiempo y energías en cuidados parentales.

En los sistemas de estanques de reproducción, la cantidad de larvas producidas normalmente aumenta rápidamente después que los reproductores son introducidos y luego disminuye gradualmente (Macintosh y Little citados por Prieto y Olivera, 2002).

El desove de las hembras ocurre de forma sincronizada, justo después de que los nuevos reproductores introducidos completen su primera puesta. Como resultado, la producción de larvas se realiza de forma continua, pero a un ritmo bajo Baltazar, (2007).

Generalmente en el primer ciclo de desove se necesita que las hembras puestas en reproducción transiten por un periodo de adaptación a los factores del medio y de influencia de los factores sociales (referidos más adelante en el trabajo) para que ellas logren la sincronización adecuada, en los ciclos posteriores al primero se observa un pico de producción de larvas más definidos que en el anterior. Como consecuencia del desove asincrónico de las hembras y de lo difícil que se hace la recolección de las larvas, de las puestas precoces, se produce un considerable número de casos de canibalismo en larvas jóvenes por parte de larvas mayores, que provoca, una disminución en el número de las mismas. Además de ocurrir una competencia por el alimento donde son favorecidas las larvas de mayor tamaño.

Al ser sembrados en los estanques de cultivo alevines de ambos sexos facilita que cuando los mismos alcanzan la madurez sexual cosa que en la tilapia es temprano entre los 3 ó 4 meses se reproduzcan de forma incontrolada aumentando la población en el estanque y existiendo una competencia por el alimento y el espacio.

Las hembras dedicadas a esta función (reproducción) invierten tiempo y energía en los cuidados parentales causa de una menor productividad, las especies pertenecientes al género *Oreochromis* normalmente incuban los embriones en su boca entre 3 a 5 días, posteriormente cuando las larvas ya reabsorbieron el saco vitelino el cuidado puede extenderse hasta 10 ó 15 días. Durante todo este periodo, las hembras no consumen alimento. Como resultado, necesitan de un periodo aproximado de dos semanas para recuperarse antes de volver a desovar. Por tanto para aumentar la productividad de los reproductores, es necesaria cualquier reducción en el periodo de incubación bucal o de la recuperación ovárica.

Diseño de la sala de incubación.

Las sala de incubación se pueden diseñar de diversas formas pero existe un número de componentes básicos que son utilizados en casi todas las construcciones (observar figura 2).



Figura 2. Algunos de los componentes básicos presentes en la sala de incubación

El sistema de incubación está compuesto por un depósito de almacenamiento de agua de 5 mil litros, el agua es filtrada por un filtro de arena y posteriormente al esterilizador ultravioleta es llevada a cuatro incubadoras de jarra Mc Donald de 6 litros dispuestas en serie y se recibe los alevinos en jivas de plástico y una charola de fibra de vidrio Santiago, (2008).

Cuando se diseñe un sistema de incubación debemos tomar en consideración que se disponga del volumen de agua necesaria para mantener el flujo de las incubadoras, ello se puede lograr con tanques elevados o bomba que garanticen dicho caudal en dependencia de las incubadoras que se dispongan.

Aunque sería beneficioso disponer de un dispositivo (termostato) donde se pueda regular la temperatura del agua en valores constante, si no tenemos esta condición ello no sería un factor limitante. Para las condiciones de Cuba donde a partir del mes de Febrero y hasta Octubre las temperaturas del agua están por encima de los 23 °C cercanas al óptimo de eclosión de los huevos de la tilapia pudiéndose comparar esta condición con la reproducción de Ciprínidos que poseen temperaturas de eclosión semejantes donde en el periodo mencionado se produce la reproducción de los mismos.

Algo que es de suma importancia es evaluar el comportamiento de la temperatura del agua en cada mes, en veinticuatro horas, obteniéndose la isoterma del mes y así decidir si es posible el proceso de incubación, el agua que se le toma la temperatura es la que se va a utilizar durante la incubación, ya que en dependencias de la fuente que se utilice pueden cambiar los valores de temperatura.

El agua que se debe utilizar es de pozo por poseer menor carga biológica de organismos patógenos. Para mejorar la calidad de la misma se necesitaría de un filtro de arena o gravilla, y mantener una buena circulación constante de agua, para así lograr una óptima incubación de estos embriones.

Para la construcción de las incubadoras se pueden utilizar un envase el cual debe ser cónico con una entrada de agua y una salida de la misma, permitiendo esto, que los huevos eclosionen; siempre hay que tener en cuenta el flujo de agua, considerando que para que ocurra este proceso de eclosión los huevecillos deben mantenerse en recirculación

aproximadamente hasta la mediación del recipiente sin llegar a la salida del agua. El flujo depende de esta condición y del número de huevos incubados.

Selección de los reproductores.

Los desoves de Tilapias están influenciados por factores del medio (como el foto período, temperatura y disponibilidad del alimento) y factores sociales (como el estímulo social de intercambio entre las hembras vecinas). Un buen manejo de los reproductores estará en función de aprovechar los mejores periodos de luz y temperaturas en dependencia de la respuesta productiva de las especies a cultivar, garantizar una adecuada alimentación natural y artificial, y seleccionar los reproductores en un estadio de reproducción óptimo para garantizar el estímulo social que se establece entre los mismos.

Según Toledo (2005), para lograr una buena reproducción es necesario tener en cuenta lo siguiente:

1. Crear un buen banco de reproductores formado por animales que estén entre los 10 y 20 meses de edad, los cuales hayan sido alimentados con una dieta con un alto nivel de proteína (30 a 35%) baja en grasa, para que tengan una buena capacidad abdominal.
2. Peso de 250 a 500 gr. y talla de 18 a 25 cm.
3. Deben tener la cabeza y cola pequeña en relación al resto del cuerpo (mayor proporción de carne).
4. Deben estar sanos, sin parásitos ni malformaciones.

La selección de los reproductores se hace de acuerdo a diferentes criterios; en tal sentido varios autores son citados por Víctor (2000): Little describió que los estanques de reproducción poblados con tilapias pequeñas (peso medio de las hembras de 207 gr) producían más larvas que los estanques poblados con tilapias grandes (peso medio de las hembras de 262 gr). Ambos tamaños derivaban del mismo grupo de edad, de forma que estos efectos no estaban relacionados con la edad. Smith y colaboradores encontraron que los reproductores de un año de edad son significativamente más productivos que los de 2 años. Por el contrario Hulata, plantea que algunas explotaciones israelitas estiman que las hembras reproductoras de dos años (hembras con un peso entre 150 y 250 gr) son más productivas que las de un año.

Es importante que los operarios de la incubación utilicen la edad, no el tamaño, como criterio de selección de reproductores. Si se utiliza el tamaño como criterio, es probable que se seleccionen inadvertidamente individuos de crecimiento lento como reproductores y eventualmente induzcan una reducción de crecimiento en la población resultante de la semilla obtenida. Además se debe tener presente que dentro de los individuos de la misma edad se selecciona por talla o peso los posibles reproductores. Los mismos deben acondicionarse al menos dos semanas de antelación antes de sembrarse en las estanques.

Durante el acondicionamiento son alimentados con un alimento balanceado (alrededor de 30% de proteína cruda), a una tasa de alimentación de 2 a 5% de su peso corporal.

Después del acondicionamiento, los reproductores hembra deben ser chequeadas de acuerdo a su preparación para el desove, a través del examen visual de sus características morfológicas. Las hembras se categorizan de acuerdo a sus condiciones de maduración sexual en uno de los siguientes grupos:

- Lista para desove (L.D)
- Abultada (A)
- No lista para desove (NLD)
- Desovada (D).

Las reproductoras hembras categorizadas como “Listas para desove” se seleccionan primero para ser apareadas con los machos en los estanques de reproducción.

A continuación en la tabla 2, se presenta las características morfológicas para cada una de las categorías de maduración sexual de la tilapia de acuerdo al criterio de los autores del Manual de la tilapia GIFT realizado y publicado por el World Fish Center, (2004).

Tabla 2. Características morfológicas para cada una de las categorías de maduración sexual de la tilapia

Categoría	Código	Características morfológicas	Días antes del desove
Lista para desove	LD	Papila genital protuberante, de rosado a rojo, el poro genital completamente abierto y el abdomen distendido.	de 3 a 7
Abultada	A	La papila genital de rosado a amarillo, el poro genital ligeramente abierto y el abdomen ligeramente distendido.	de 5 a 10
No lista para desove	NLD	Papila genital plana de blanco a claro y abdomen normal.	de 21 a 30
Desovada	D	Papila genital roja y abdomen de recogido a comprimido.	De 15 a 30

Es cierto que para llegar a seleccionar las hembras por estas características es necesario experiencia, de ella depende la sincronización del ciclo productivo y que el desove sea masivo en los días planificados además de tener en cuenta los factores tanto ambientales como sociales que en este proceso de preparación para el desove influyen.

Una hembra volverá a desovar en un período de 4 a 6 semanas nuevamente. Durante el período de incubación las hembras no se alimentan y fácilmente pierden hasta un tercio de su peso.

Mantenimiento y siembra de los reproductores.

Los reproductores de reserva se mantendrán a una densidad de 1-1.5 hembras/m² y los machos a 2/m². Debe mantenerse una óptima base alimentaria natural, garantizar alimento artificial y la biomasa de peces no debe exceder de 2 t/ha según el Procedimiento Operacional de Trabajo (POT, 2007 a).

Las hembras, son mantenidas en jaulas de malla a densidades elevadas (2,5 Kg/m²) durante 10 a 14 días donde reciben alimento balanceado en proporción de 2-3 % de la biomasa. Posteriormente se trasladan a las jaulas de reproducción, de mayor tamaño, donde permanecen de 5 a 7 días con los machos, a una densidad más baja (6 peces/m²) (Bhujel, citado por Prieto y Olivera, 2002).

En tal sentido Cantor, (2007), señala que para obtener una buena producción de larvas se recomienda emplear una proporción de 1.5 a 2 machos por 3 hembras, sin exceder 1.0 Kg de biomasa por metro cuadrado, ya que en el exceso tanto en biomasa como en el número de reproductores puede provocar disminución de la postura

Víctor (2000), plantea que a pesar de que se sabe que las tilapias se reproducen cuando tienen un año si las condiciones ambientales son las adecuadas, se produce una notable caída de la productividad después de 3-4 meses de puesta continua. Por lo que se podría lograr una importante mejora en la productividad de semilla dejando a los animales desovar y reproducirse durante 5-10 días y reacondicionándolos durante los siguientes 5-10 días. También encuentran que la sincronización de la puesta aumenta considerablemente después de este tipo de manejo.

La fase de apareamiento consiste en el estímulo del macho hacia la hembra, a través de roces corporales el macho estimula a la hembra, una vez estimulada la hembra libera sus óvulos en el nido y el macho los fertiliza, a este proceso se le denomina fecundación externa.

Ella pone los huevos en pequeños grupos de 20 a 50 en cada pasada. Luego pasa él por el nido para fecundar cada grupo de huevos con semen. Los huevos recién fecundados son recogidos en la cavidad bucal de la hembra y enseguida comienza un ciclo nuevo con la hembra depositando y el macho fecundando los huevos, los que terminan en la boca de la hembra.

La incubación bucal de los huevecillos es una adaptación que asegura una buena sobrevivencia de los embriones y de los peces-larvas que nacen después. Durante el período de incubación, tiempo que dura de 12 a 15 días, la hembra básicamente no está consumiendo alimento

Colecta de huevos.

Está muy bien establecido que el destete, la práctica de retirar los huevos y larvas recién eclosionadas de la boca de los reproductores de *Oreochromis* spp., dan como resultado el aumento de la producción de semilla (Watanabe *et al.*, citado por Víctor, 2000).

A partir de los 5 a 7 días de ser sembradas se capturan a las hembras con cuidado, se separan las hembras y se extraen los huevos de la boca, (observar figura 2), estos son recibidos en tinas de plástico teniendo cuidado no se expongan los huevos a la luz solar, las hembras que aún no están listas se liberan para otra revisión.



Figura 3. Extracción de los huevos

Los autores Subasinghe y Sommerville, citados por Prieto y Martha Olivera, (2002). Plantean que los huevos se desinfectan con soluciones yodadas, formalina, verde de malaquita o acriflavina, para evitar infecciones bacterianas, principalmente *Aeromonas hydrophyla* y *Pseudomonas fluorescens*, o de hongos como *Saprolegnia* sp., *Fusarium* sp. y *Trichoderma* sp., lo que puede disminuir los porcentajes de eclosión considerablemente.

Fase de incubación.

Refiere Zapater (2001) que algunas especies, como las Tilapia producen una gran cantidad de huevos, que pueden incubarse en un dispositivo similar a los empleados habitualmente para eclosionar nauplios de Artemia, con una botella plástica de 2 L invertida, en el fondo de la cual se sitúa un tubo de aireación que mantiene a los huevos en suspensión, proporcionándoles así una aireación adecuada para su desarrollo. Este curioso sistema no es aplicable a todas las especies, pero su efectividad para estos peces parece bastante alta.

La incubación de los huevos se hace en incubadoras cónicas de flujo ascendente, entre 24 y 28 °C, para eclosiones que pueden variar entre el 50 y el 100 % de sobrevivencia (Acuorientes, 2007).

Una vez revisadas las hembras, al 5^{to} ó 7^{mo} día, sus huevos fecundados son retirados de la cavidad oral. Los huevos de las especies de *Oreochromis* se incuban en recipientes con fondo redondeado, lo cual permite la continua rotación de los huevos. Debido a su gran tamaño (1,4 – 2,2 mm), y peso (3,8 – 7,8 mg), tienden a caer rápidamente al fondo del

recipiente por lo cual se debe mantener un flujo de agua constante, simulando el movimiento de rotación que los huevos sufren en la boca de la hembra.

Ventajas de la incubación artificial:

1. Se puede realizar la recolección del 100% de las larvas sexualmente indiferenciadas para someter a tratamientos hormonales de reversión sexual, con resultados sobresalientes.
2. Los alevines que se obtienen tienen talla inferior a los 11 mm ideales para el proceso de reversión.
3. Es muy efectivo para producir una alta calidad de alevines con un mínimo grado de manipulación.
4. Control más eficiente sobre los reproductores en cuanto a las cantidades que producen los mismos de huevos y alevines.
5. Al poder incubar embriones de la misma edad, o con diferencia de edades muy cercanas, se obtienen poblaciones con diferencias de tamaño mínimas lo que evita problemas de canibalismo.
6. Aumentos de los porcentajes de supervivencias en el cultivo de los alevines.
7. Control sobre las condiciones físicoquímica del agua de incubación disminuyendo las infecciones de agentes patógenos.
8. La técnica de incubación artificial permite desarrollar programas de mejoramiento genético ya sea por selección individual o masal y selección por familias, evita la disminución de la calidad genética de los descendientes.
9. Con la planificación adecuada de los alevines a obtener se disminuye los días en que siembra un estanque.

Desventajas de la incubación artificial:

1. Necesita disponibilidad de tiempo de control del proceso de incubación.
2. También necesita que los reproductores sean manejados periódicamente y esto se traduce en un aumento de mano de obra.
3. El manejo periódico de los reproductores puede aumentar la aparición de enfermedades oportunistas.
4. Disponibilidad de agua.

Reversión sexual.

Según Soledad Delgadillo (2006), un grupo de investigadores de la Universidad de Auburn, en Alabama, EUA fueron los pioneros en iniciar la reversión sexual en tilapia en 1976, aportado sus experiencias y los beneficios del control de la reproducción de tilapia a nuestro gremio en todo el mundo.

La inversión sexual ha sido lograda, gracias al conocimiento preciso de los esteroides sexuales tanto andrógenos, como estrógenos, así como de los mecanismos de determinación sexual (Gonocodismo y Hermafroditismo) de las especies que han servido como objeto de experimentación (Hurtado, 2005). Existe una amplia gama de procedimientos para producir reversión de sexo, tanto para producir masculinización como feminización. Y su empleo es posible en varias especies de peces de las Familias *Cichilidae*, *Cyprinodontidae*, *Anabantidae*, *Poecilidae*, *Salmonidae* y *Cyprinidae*.

Castillo (1994) citando a Tave, plantea que es en 1988 cuando se descubre la presencia del Factor Determinante del Testículo (FDT) (ver gráfico 1 y 2), situado en un gen de los cromosomas para Y, el cual libera una proteína que ocasiona en los órganos indiferenciados la definición en testículos y otras estructuras del sistema reproductor masculino. La ausencia del FDT ocasiona la pérdida de la señal proteica específica, por lo tanto, los órganos sexuales indiferenciados se convierten en ovarios y otras estructuras del sistema reproductor femenino.

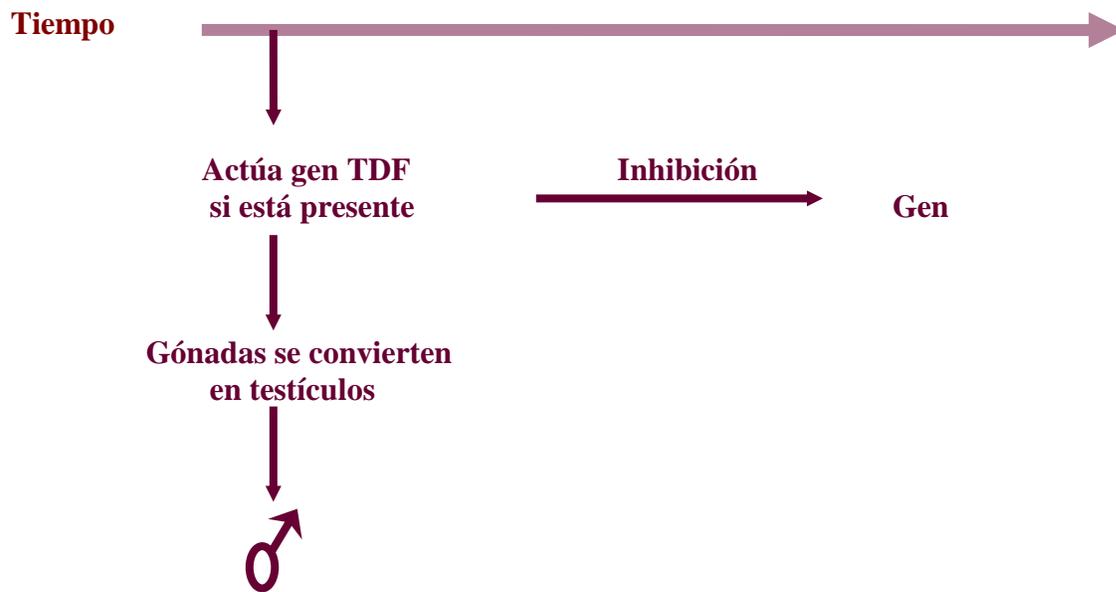


Gráfico 1. Presencia del Factor Determinante del Testículo (FDT) y formación de estructuras del sistema reproductor masculino.



**Gónadas se convierten
en ovarios**



Gráfico 2. Sin la presencia del Factor Determinante del Testículo (FDT) ocurre la formación de estructuras del sistema reproductor femenino.

Es deseable que los peces que vayan a ser tratados, sean gonocóricos o hermafroditas, que son formas de definición sexual en peces, la primera se caracteriza por que el organismo presenta la potencialidad de definir su gónada hacia ovario o testículo, y la segunda es en la que los peces poseen tejido ovárico o testicular en la misma. Las formas de definición sexual hacen posible que en los peces el sexo sea manipulable por medio de esteroides. Así mismo, es necesario que la especie presente dimorfismo sexual por medio del cual podrán identificarse los cambios de acuerdo a las características sexuales propias de machos y hembras de las especies que se estudien, así como por el comportamiento sexual que asuman (Hurtado, 2005).

Básicamente existen dos formas para la administración de las hormonas: por inmersión o por ingestión. La segunda es la más practicada, incorporando la hormona en la dieta normal, con la cual los peces son alimentados por un período dado. Las variables a considerar son la naturaleza de la hormona, concentración en la dieta, lapso de tiempo del suministro y el momento del inicio del tratamiento.

En el caso de producir todo macho aplicando la masculinización mediante el uso de hormonas sexuales, entre los andrógenos empleados se encuentran algunos de origen natural como testosterona, 11 ketotestosterona y androstenediona. Entre los sintéticos, el más usado es 17 α -metiltestosterona, fáciles de obtener, presenta gran estabilidad química, pero no necesariamente es el más potente.

Adaptación y preparación para la reversión.

Después de la eclosión, las larvas emergen a la superficie y van abandonando las incubadoras para caer atrapadas en bandejas de poca profundidad que pueden ser utilizadas para mantenerlas hasta por 20 días. (Prieto y Martha Olivera, 2002). El tiempo que toman las larvas en reabsorber su saco vitelino varía de 4 a 6 días, si se mantienen las mismas condiciones ambientales que se presentaron en el proceso de incubación.

Las bandejas con dimensiones 40 x 25 x 8 cm de aluminio o plástico deben tener dos filas de perforaciones de 2 cm de diámetro y protegidos con malla fina a lo largo de cada lado de la bandeja, para evitar la fuga de las larvas contenidas en ellas (observar figura 4).



Figura 4. Recipientes utilizados para el mantenimiento y reversión de las larvas de tilapia

El principal riesgo durante la fase de larvicultura es la infección por *Trichodina sp.* o *Dactilogyrus sp.*, parásitos que atacan la piel y branquias, produciendo entre 70-80% de mortalidad en la población en un periodo de 10 días. Si se mantienen las condiciones del agua de buena calidad se minimiza este riesgo.

Según Rad citado por Prieto y Martha Olivera, (2002). La supervivencia por bandeja es cercana al 90% a densidades entre 5000 a 12000 larvas, con flujos de 3 a 4 l min⁻¹, mientras que las mejores tasas de crecimiento específico se encuentran a bajos flujos de agua (2 l min⁻¹). Las larvas producidas en este sistema presentan mejor crecimiento (11%/día vs 8,3%/día) y sobrevivencia que las larvas producidas naturalmente (73% vs 98,4%).

Preparación del pienso hormonado y dosis de reversión.

Según Popma and Green citado por Arboleda, (2005), en un litro de alcohol etílico (etanol) al 90% se disuelven 6 gramos de 17 alfa metiltestosterona y con esta cantidad se alimentan a 300 000 alevines. Pero un litro de solución sirve para diluir 2 kg de concentrado, luego de diluido la hormona-alcohol se seca en un horno a 60 grados, o sino se puede secar sin que le de la luz solar directamente, y que el alimento quede a un espesor de 5 cm. Después de que el alimento se seque, se debe mantener refrigerado y no permanecer más de un mes guardado.

Actualmente se usan diferentes insumos y alimentos para peces, los cuales deben ser molidos a polvo, tamizados antes y después de la preparación del alimento, garantizando un tamaño homogéneo de las partículas del alimento, los cuales podrán ser cogidos por las larvas. Un ejemplo práctico de alimento para la reversión sexual es una mezcla de 4 harinas: trigo, maíz, soya y pescado (45 % de proteína), previamente la hormona es diluida

en alcohol (60 mg/0.5 litro.), se mezclan y se deja secar a temperatura ambiente, removiendo de vez en cuando para un secado parejo hasta dejar de percibir el olor a alcohol Hurtado, (2005).

Se pesan 60 mg de hormona y se disuelven en 500 ml de alcohol etílico al 95 %. Se muele el alimento hasta que las partículas sean menores a 1 mm y se mezcla 1 kg de alimento con la solución de alcohol – hormona. Se seca el alimento a temperatura ambiente o de cualquier forma excepto exposición al sol > de 60 grados. Para producir mayor o menor cantidad se ajustan todas las cantidades. Guardar en frío el alimento POT, (2007 b).

La dosis de reversión tiene que ver fundamentalmente con la biomasa. Y es suministrada a razón de un 20% de la biomasa/ día repartido en mínimo 4 a 8 raciones. Los porcentajes de alimentación pueden ser ajustados a diario basados en las estimaciones de crecimiento en peso, obtenidos de una muestra promedio de alevines cada 7 días.

Además uno de los métodos acertados del manejo de alevines para mejorar su supervivencia es combinar dos alimentos cuya diferencia es la adición de un antibiótico en los primeros 12 días de reversión sexual, periodo en el cual los peces se encuentran en una fase donde aun son muy débiles sometidos a un estrés fuerte por lo que sería conveniente aumentar su sistema inmune.

Determinación del porciento de reversión.

La forma más frecuente de comprobar la inversión sexual es por medio del análisis de los caracteres sexuales secundarios que las especies presentan:

- Estas pueden ser modificaciones en las aletas.
- Presencia de accesorios en alguna parte del cuerpo.
- Modificación de las mandíbulas, etc.

Estas características se pueden apreciar cuando los peces han crecido, por ejemplo en la tilapia se puede definir el sexo por medio de la observación de los poros ventrales, ya que las hembras presentan tres y los machos solamente dos y una papila bien definida.

Otro de los métodos de definir el sexo es el procedimiento descrito por Guerrero y Shelton y citado por (Mónica Botero et al., 2011) consistente en realizar cortes histológicos transversales del pez en los que es posible extraer la gónada para posteriormente observar en el microscopio. Antes de ser observadas, se someten a un leve aplastamiento (squash) con el cubreobjetos y a tinción con azul de metileno al 3%. Determinándose si el tejido corresponde a testículo o a ovario, la desventaja de este método es que los animales deben ser sacrificados.

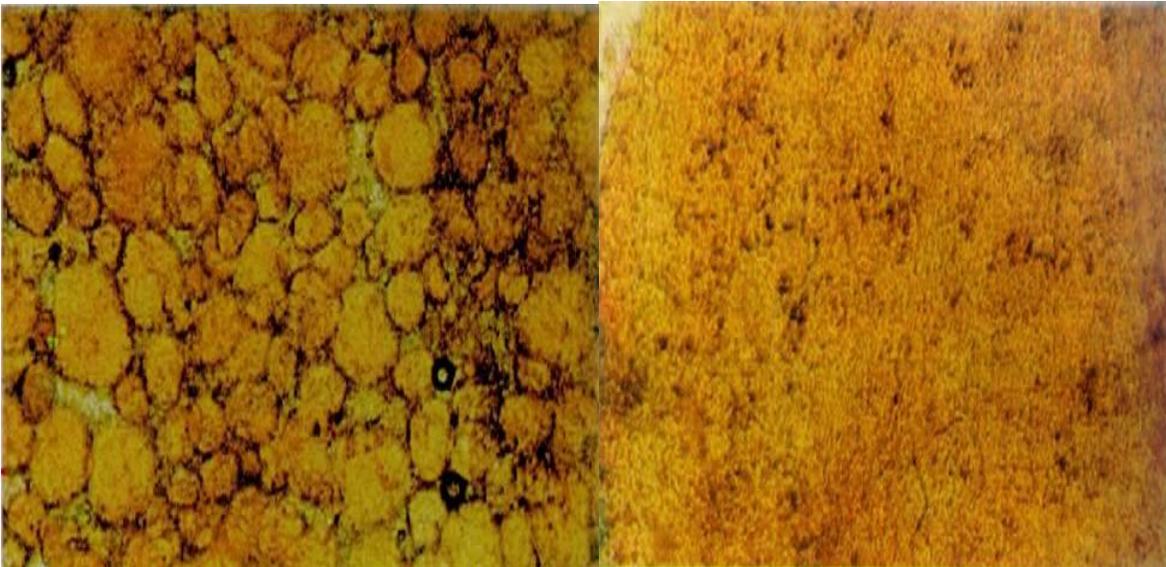


Figura 5. Observación microscópica de la gónada femenina a la izquierda y masculina a la derecha.

Resultados obtenidos en trabajos de reversión sexual de la Tilapia.

En trabajo realizado por López et al. (2007), donde comparan la masculinización de tilapia roja con dos tratamientos: masculinización por alimento y masculinización por inmersión, empleando las técnicas histológica y sexaje visual para la determinación sexual, obtuvieron histológicamente una eficiencia del 100% con la masculinización por alimento y del 90.4% con la masculinización por inmersión, al analizar una muestra del 21% de la población total. Por medio del sexaje visual se analizaron los individuos restantes al día 97 y se obtuvieron valores de 100 y 92.6% de machos para los dos tratamientos, respectivamente. Al combinar las dos técnicas de determinación sexual, los valores fueron de 100 y 91.8%, encontrándose una diferencia significativa ($p < 0.05$). Los resultados de la evaluación de parámetros productivos (peso y longitudes) y sobrevivencia no mostraron diferencias ($p > 0.05$). La sobrevivencia fue de 76.9 y 83% para los tratamientos estudiados, lo que significó una mortalidad de 23.1 y 17% para cada caso respectivamente. Las larvas para la reversión fueron obtenidas por incubación.

Sin embargo (Ada Fonticiella, 2009) comparó, en condiciones de producción los resultados obtenidos de dos estanques de cultivo de tilapia especie *Oreochromis aureus*, donde uno de los estanques los ejemplares eran revertidos, obteniendo que de los parámetros del cultivo analizados estadísticamente (peso alcanzado, incremento en peso y factor de conversión), no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los casos. Aunque las tilapias del cultivo monosexo por reversión tienen mejores características en cuanto a la relación largo total/largo de la cabeza (Lt/Lc) y largo total/largo estándar (Lt/Ls), o sea, presentan el cuerpo más grande con cabeza y cola relativamente más pequeñas.

En trabajo realizado con el objetivo evaluar la reversión sexual por inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) clasificadas por estadios de fertilización (color de ovas claras y oscuras) a diferentes hormonales 0, 800 y 1200 μg de 17 α - Metil Testosterona

(17 α MT/L) por litro de agua según (Mónica Botero et al., 2011) obtuvieron los resultados siguientes, las variables peso final y longitud total presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) con respecto al sexo, mostrando mejor respuesta los machos.

En un cultivo monosexo por reversión se pudiera alcanzar un aumento de producción de hasta un 25 % con respecto a un cultivo donde los animales no hayan sido revertidos, ya que los machos pueden aumentar hasta el doble del peso comparado con las hembras, otro elemento a destacar es el control que se ejerce en la tasa de reproducción de un estanque de cultivo evitándose los aumentos indeseables de la población.

Conclusiones

Como conclusión de este trabajo de incubación y reversión sexual y teniendo en cuenta la bibliografía consultada, se puede afirmar que los mismos abren nuevos horizontes en el logro de la seguridad alimentaria a partir del desarrollo de la actividad acuícola, en momentos en que el ahorro de cualquier elemento de la producción (pienso, agua, energía, etc.) en nuestro país se hace indispensable. Con la aplicación de ambos métodos se reduce el número de hembras que se utilizan en la reproducción con la consiguiente disminución del consumo de pienso, se aumenta considerablemente la cantidad de alevines obtenidos por hembras, por otra parte con la ceba de todos machos se elimina el desove temprano de las tilapias por lo que aumentan el volumen de producción total y una mayor eficiencia en la tasa de conversión de alimento.

Bibliografía

- Acuioriente. Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Piscícola en el Departamento del Meta. [en línea] 2007. Disponible en: <http://www.ensistemas.net/acuioriente/CadenaPiscicola.htm>. [Consultado el 24 de Abril del 2009].
- Arboleda Obregón, D. A. Reversión sexual de las Tilapias roja (*Oreochromis Sp.*). Una Guía básica para el acuicultor. (en línea). Diciembre 2005. REDVET, Vol. VI, # 12. Disponible en: [.http://www.veterinaria.org/revistas/redvet](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet). [Consultado el 24 de Abril del 2009].
- Baltazar, P. M. 2007. La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. Avances de las ciencias biológicas en el Perú. Número especial 13 (3): 267 – 273. Julio.
- Botero M, Pineda JC, Gallego. 2011. Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17α metiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo. Ciencias Pecuarias. 24 (1):38-47, enero-marzo.
- Cantor Atlatenco, F. 2007. Manual de Producción de Tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 26 Norte 1202, Edificio “B”, Col. Humboldt. México. (135 h).
- Castillo, L.F. 1994. La Historia Genética e Hibridación de la Tilapia Roja. 1^{ra} ed. /Colombia/. /Ideal/. /236 p.
- Castillo, L.F. Tilapia Roja una evolución de 23 años de la incertidumbre al éxito. (on line) 2005. Disponible en: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/Castillo2004.doc>. [Consultado el 2 de Octubre del 2007].
- Delgadillo, S. Proceso de Hormonización de crías de Tilapias: Análisis y Alternativas. (on line) 2006.. Disponible en: <http://www.el-pedregal.com/pdf/tilapiahormonado.pdf>. [Consultado el 9 de Julio del 2009].
- Fonticiella Monteagudo, A. 2009. Evaluación del cultivo monosexo de *Oreochromis aureus* en estanques de tierra. Acuacuba Vol. 11, N°2.
- González Vargas, D. Alimentos para acuicultura: producción y calidad. [en línea] 2008. Disponible en: http://www.ciabcr.com/jornadaacuicola/6_Alimentos_para_Acuicultura.pdf. [Consultado el 24 de Abril del 2009].

- Guerrero, R.D. Tilapia producción in Asia. (on line) (2007). Disponible en: www.nrcp.dost.gov.ph/index.php?option=com_docman&task. [Consultado el 24 de Abril del 2009].
- Hurtado, T, N. Inversión Sexual en Tilapias. [CD-ROM]. Lima, Perú 2005. (43 h).
- López CA, Carvajal DL, Botero MC. 2007. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona. *Ciencias Pecuarias*. 20 (3): 318-326. julio-septiembre.
- Millares, N. 2012. *Acuicultura*. ACPA, 31 (2): 51 – 53. Abril- Junio.
- Prieto, C.A. y Martha Olivera Angel. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp*. (on line) 2002. Disponible en: <http://acuiculturasenagaira.blogspot.com/2008/09/proyecto-tilapia-roja.html>. [Consultado 24 de Abril del 2009].
- POT. 2007 a. Procedimiento Operacional de Trabajo para el Cultivo de Alevines de Tilapia. (C. Habana). MIP. (48 h.).
- POT. 2007 b. Procedimiento Operacional de Trabajo para la Reversión Sexual de la Tilapia. (C. Habana). MIP. (24 h.).
- Santiago, A. Centro Acuícola de Jalapa del Marqués. [en línea] 2008. Disponible en: http://www.scribd.com/doc/3185478/INDUCCION-SEXUAL#document_metadata>. [Consultado el 31 de Marzo del 2009].
- SOFIA. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. (on line) 2012. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250s/i0250s.pdf>. [Consultado el 9 de Julio del 2012].
- Toledo Pérez, S. J. Cultivo de Tilapia: Experiencia en Cuba. [en línea] 2005. I Taller Seminario de Acuicultura Continental. Argentina. Disponible en: <http://www.adeformosa.org.ar/templates/media/pdf/Experiencia%20en%20Cuba%20y%20de%20desarrollo%20en%20la%20Argentina.pdf>. (Consultado el 8 de Agosto del 2006).
- Victor Suresh, A. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. [en línea] 2000. Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1005/tilapia.htm>. [Consultado 24 de Abril del 2009].
- World Fish Center. 2004. GIFT Tenology Manual. Publisher By World Fish Center. PO FOX 500 GPO 10 670. Penang, Malaisia. (46 p).

Zapater, M. Incubación Artificial de Bucales. [en línea] 2001. Disponible en: <http://www.geocities.com/ciclidios/articulos/bucales.htm>. [Consultado el 31 de Marzo del 2009].