

FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN MASIVA DE ALEVINES MACHOS DE *Tilapia nilotica* A TRAVÉS DE LA INVERSIÓN HORMONAL DE SEXO EN HONDURAS¹

Bartholomew W. Green², Luis A. López³

COMPENDIO⁴

La demanda de alevine machos de tilapia para sembrar en estanques de engorde ha aumentado significativamente en los últimos cinco años. Nuevas tecnologías de producción son necesarias para poder abastecer la demanda existente y futura de alevines. Una de ellas es la Inversión hormonal de sexo en pescaditos de tilapia que consiste en la administración por vía oral de una hormona masculina sintética (17 a-metil-testosterona) durante un período de 28 días comenzando poco después de haber eclosionado y antes de haberse diferenciado el tejido gonadal. El objetivo de este trabajo, que se desarrolló durante el período enero a noviembre de 1988, fue determinar la factibilidad de implementar en la Estación Experimental Acuícola El Carao, Comayagua, Honduras, la producción masiva de alevines machos de tilapia utilizando la Inversión hormonal de sexo. El proceso requiere pescaditos menores de 13 mm de largo que se obtienen de estanques de reproducción (0.05 - 0.1 ha) que han sido sembrados con reproductores de *Tilapia nilotica* (2 hembras: 1 macho). Los estanques son drenados en promedio de 18 a 20 días después de sembrados, los reproductores transferidos a piletas de concreto y las larvas cosechadas usando una red de mano con malla de 1.6 mm. El ciclo completo (siembra a siembra) de producción de larvas dura un promedio de 23 d. El número promedio de larvas cosechadas variaba entre 66,500 a 99500. Los pescaditos son sembrados (4,400/m²) en japas (encierro de malla de 1.6 mm; dimensiones 2 m x 2.1 m x 1 m ó 1 m x 2 m x 1 m, profundidad promedio de agua = 60 cm) después de haber sido pasados por un excluidor con malla de 3.2 mm. La hormona es incorporada en alimento molido (23% proteína) a razón de 60 mg/kg alimento. Alimento es ofrecido cuatro veces al día, siete días por semana. La duración del tratamiento es de 28 d. El promedio de sobrevivencia de la etapa de tratamiento hormonal fue 87.6%. Larvas tratadas son sembradas en estanques de pre-engorde (0.2 ha) para crecimiento adicional a razón de 102,500/ha. Un total de 1,935,000 pescaditos fueron cosechados de los estanques de reproducción, de los cuales se descartaron 350,000 por ser grandes para tratarse. De las 1,585,000 de pescaditos restantes 1,313,500 fueron sometidas a tratamiento hormonal; 272,000 fueron descartadas por falta de espacio en japas. Un total de 1,189,600 pescaditos completaron o se encontraron en la etapa de tratamiento. Estanques de pre-engorde han sido sembrados con un total de 661,700 alevines; el promedio de sobrevivencia de esta etapa fue 81.6%. Hasta noviembre, 1988, se produjeron 399,000 alevines de 18 g cada uno y de los cuales más del 97% fueron machos. El costo de producción de alevines tratados (0.15 g cada uno) fue L. 9.124,000 alevines. La tecnología ha resultado ser factible no sólo para la Estación Experimental Acuícola El Carao, sino también para piscicultores calificados.

Palabras clave adicionales: Hormona masculina sintética, tratamiento hormonal, piscicultura.

ABSTRACT

The demand for young male fish of *Tilapia nilotica* for seeding in reproduction ponds has significantly increased in the last five years. New production technologies are necessary in order to have adequate supply for existent and future demands of the young fish. One of those is the hormonal sexual inversion of the young fish of *Tilapia nilotica* via the oral ingestion of a synthetic male hormone (17 a-methyl-testosterone) during a period of 28 days which starts shortly after hatching and before differentiation of genital tissue. The objective of this work which was conducted during the months of January through November, 1988 was to determine the feasibility of implementing the massive production of young males of *Tilapia nilotica* using the hormonal sexual inversion process at the experimental station "Acuicola El Carao" in Comayagua, Honduras. The process requires obtaining young fish less than 13 mm long from reproduction ponds (0.05-0.1 ha) that have been seeded with *Tilapia nilotica* (2 females: 1 male). The ponds are then drained within 18 to 20 days after having been seeded, the reproducers are transferred to concrete separating tanks and the young fish are harvested by hand using a net 1.6 mm long. The complete cycle for young fish production lasts approximately 23 days. The average number of harvested fish varies between 66,500 to 99,500. The fish are seeded at a population of 4,400/m² in "japas" (wire nets of 1.6 mm, with dimensions 2 m x 2.5 m x 1 m or 1 m x 2 m x 1 m, with an average water depth of 60 cm) after having been passed through a 3.2 mm separator net. The hormone is incorporated into the ground feed (23 % protein) at a rate of 60 mg kg⁻¹. The ground feed is applied four times per day, seven days a week. The duration of the treatment described is 28 days. The average life span of the hormonal treatment was 87.6%. Treated fish were seeded in prefattening ponds (0.2 ha) for additional growth (102,500 ha⁻¹). A total of 1,935,000 fish were harvested from the reproduction ponds of which 350,000 were discarded due to excess size. Of the 1,595,000 fish, 1,313,500 were treated with the hormone. Of that 1,199,600 fish were found to complete the treatment cycle. Of the seeded pre-fattening ponds with a total of 661,700 fish an average survival rate of 81.6% was obtained. Up till November, 1988, 3,000 18 g fish were produced, 97% being males. The cost of production of treating the fish (0.15 g each) was L 9.12/1000. This technology has resulted in being feasible not only for the experiment station in Comayagua but should also be feasible for qualified fisheries

¹ Presentado en la XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras 1989.

² Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, AL 36849-5419 U.S.A.

³ Estación Experimental Acuícola El Carao, Recursos Naturales Renovables, Comayagua, Honduras.

⁴ El abstract y compendio fueron elaborados por el Comité Editorial para mostrar el formato de presentación de los artículos.

Publicado en Agronomía Mesoamericana Vol. 1 (1990).

INTRODUCCIÓN

La Estación Experimental Acuícola “El Carao”, recientemente nombrado el Centro Nacional de Investigación Piscícola “El Carao”, Recursos Naturales Renovables, Comayagua, Honduras, es la fuente principal de alevines de tilapia, las carpas y el tambaquí en el país. Los piscicultores hondureños se han acostumbrado a comprar alevines de 10 a 20 gramos cada uno, listos para sembrar en el estanque de engorde, así obviando la necesidad de que él mismo los produzca. La Estación “El Carao” cuenta con aproximadamente 2.0 ha de estanques disponibles para la etapa de preengorde durante la cual el pez joven de (± 1 gramo) crece al tamaño deseado. Por lo tanto, el número total de alevines de 10 a 20 gramos que puede producirse es limitado. Nuevos sistemas de producción de alevines fueron implementados en la Estación “El Carao” durante los últimos cuatro años para poder abastecer la demanda creciente. Hubo aumentos significativos en la producción de alevines como resultados de investigaciones realizadas por el Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación (CRSP) en materia de acuicultura, los cuales le permitieron a la estación atender los pedidos, pero en forma demorada. Estos trabajos se enfocaron en la producción del híbrido *tilapia nilotica* x *T. Hornorum*. El híbrido fue producido debido al alto porcentaje de machos (casi 100%) obtenidos, sin embargo, su producción está sujeta a problemas potenciales y serios al comprometer la pureza de los progenitores. Es difícil mantener la pureza de los reproductores, aun bajo las mejores circunstancias, y una vez contaminadas, es poca la justificación para producir el híbrido.

La producción de alevines machos de tilapia por la inversión hormonal de sexo es una tecnología relativamente nueva, pero ya probada. Esta tecnología consiste en la administración oral de una hormona masculina sintética durante un período de 28 días, comenzando poco después de eclosionarse y antes de diferenciarse el tejido gonadal. Al completarse el tratamiento todos o casi todos los alevines son machos funcionales. La producción masiva de alevines machos por inversión hormonal se ha demostrado en Israel (Rothbard *et al*, 1983), en donde las larvas fueron tratadas en agua limpia y, luego en Ecuador (Popma, 1987), en donde las larvas fueron tratadas en estanques fértiles. La presencia de productividad natural no impide la inversión de sexo. El objetivo principal de este trabajo fue determinar la factibilidad de la producción masiva de alevines machos de *T. nilotica* a través de la inversión hormonal de sexo en la Estación Experimental Acuícola “El Carao”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Acuícola El Carao”, Recursos Naturales Renovables, Comayagua, Honduras, durante el período 21 de enero al 14 de noviembre de 1988. La producción de larvas de *T. nilotica* se realizó en estanques de 0.1 - 6 0.05 -ha, cada uno equipado con una pila de cosecha de concreto cuya área fue 9 m². Una malla (luz de malla de 19.0 - 25.4 mm cuadrados) fue colocada encima de la pila de cosecha. Se llenaron los estanques con agua de riego filtrado por mafia “saran” y se sembraron los reproductores (Cuadro 1). El estanque fue fertilizado una vez con gallinaza (2200 kg/ha) después de llenarse. Los reproductores fueron alimentados con alimento pelletizado (23% proteína al 3% de la biomasa de peces por día) seis días por semana. En la cosecha que se realizó de 14 a 26 días después de sembrados, el nivel de agua del estanque fue bajado al nivel con la pila de cosecha. Tela metálica prevenía la fuga de larvas por el tubo de drenaje. Los reproductores fueron sacados de la pila en un solo lote al levantar la malla previamente colocada. Los reproductores fueron mantenidos en pilas de concreto hasta resembrarlos. Las larvas fueron cosechadas utilizando una red de mano (1 m x 0.5m con red de 1.6 mm luz de malla) y puestas en una japa (1,6 mm luz de malla) colocada en un tanque de transporte conteniendo agua limpia. Se suspendió la cosecha cuando pocas larvas fueron capturadas (probablemente menos de 500). Larvas atrapadas en la malla del tubo de drenaje o no cosechadas no fueron enumeradas. Se volvían a llenar los estanques 1 a 3 días después de drenados; el estanque vacío fue secado y/o los pozos fueron envenenados con cloro.

Las larvas cosechadas del estanque de reproducción fueron sembradas en japas para tratamiento con hormona; las japas fueron colocadas en un estanque de 0.2-ha (Cuadro 2). Generalmente las larvas fueron pasadas por un excluidor, cuya luz de malla fue 3.2 mm, antes de sembrarse en las japas; larvas retenidas por el excluidor eran predominantemente mayores de 14 mm de largo, un tamaño considerado muy grande para tratar; el tamaño ideal es de 7 a 13 mm de largo. El estanque fue fertilizado periódicamente con gallinaza (1,000 kg/ha) para mantener la florescencia de algas. Hubo dos tamaños de japa, dependiendo del número de larvas a tratarse: Una grande (2 m x 2.5 m x 1 m; 5 m² área) o una pequeña (1 m x 2 m x 1 m; 2 m² área). La profundidad del agua en la japa promediaba 0.6 m. Un anillo flotante fue puesto en cada japa para contener el alimento tratado ofrecido a los peces; un pedazo de plástico fue sumergido debajo del anillo para retener cualquier alimento que se hundió. Cada japa fue sembrada con larvas que atravesaron el excluidor a razón de 3000-5000 larvas/m². El número de larvas sembrado fue determinado por el método de comparación visual: una muestra de 1000-2000 larvas fue contada a un balde blanco conteniendo agua limpia;

larvas fueron agregadas a otro balde con la misma cantidad de agua hasta que las densidades de larvas se parecieran. Una muestra de 250-500 larvas fue llevada al laboratorio para medirse individualmente y pesarse en masa. Después de la cosecha las larvas tratadas fueron sembradas en estanques de pre-engorde para crecer a un tamaño sexable.

La hormona fue incorporada en un alimento peletizado comercial de 23% proteína. El alimento peletizado fue molido usando un molino de martillo con saranda de aperturas de 9.5 mm. El alimento molido fue pasado por una saranda de aperturas de 560 micrones para eliminar las partículas grandes. Hormona masculina sintética (17 a-metilo-testosterona) fue incorporada en el alimento sarandado, a razón de 60 mg/kg alimento. La hormona fue disuelta primero en alcohol etílico (95% conteniendo glicerina 0.5 % v/v), utilizando 0.51 de alcohol por kg de alimento. La solución de hormona/ alcohol entonces fue mezclada con el alimento. Luego el alimento fue secado en un horno a 60T. Alimento tratado seco fue guardado en refrigeración hasta usarse.

Una vez completado el tratamiento, los peces tratados fueron sembrados en estanques de pre-engorde de 0.2-ha cada una, a razón de 102,500/ha para crecer a un tamaño sexable.

Cuadro 1. Descripción del manejo de los estanques para la producción de larvas de *Tilapia nilotica* a someterse a la inversión hormonal de sexo en la Estación Experimental Acuícola "El Cano", Comayagua, Honduras. Datos son de cosechas completas de estanques durante el período enero a noviembre, 1988

Descripción	Promedio	Rango
ESTANQUE DE 0.1-ha		
Número hembras sembradas	245	150-400
Biomasa hembras sembradas (kg)	63.57P	32.829-142.344
Número machos sembrados	130	72-201
Biomasa machos sembrados (kg)	47.727	24.608-91.995
Relación hembra:macho	1.95	1.62-2.11
Duración siembra-cosecha (d)	20	16-26
Duración siembra-resiembra (d)	23	19-34
Número de larvas cosechadas (x 1000)		
≤3 mm largo	59.8	22-134.1
≥214 mm largo	39.7	0.0180.8
Total	99.5	16.0-183.0
ESTANQUE DE 0.05-ha		
Número hembras sembradas	209	115-250
Biomasa hembras sembradas (kg)	40.131	10.518-60.380
Número machos sembrados	96	69-117
Biomasa machos sembrados (kg)	26.097	18.711-31.483
Relación hembra:macho	2.23	1.50-2.62
Duración siembra-cosecha (d)	18	14-22
Duración siembra-resiembra (d)	23	16-31
Número de larvas cosechadas (x 1000)		
≤13 mm largo	59.5	5.6-110.9
≥14 mm largo	7.0	0.0-43.0
Total	66.5	83-110.9

* Dimensiones: 2 m x 2.5 m x 1 m

**Dimensiones: 1 m x 2 m x 1 m

El estanque fue llenado aproximadamente una semana antes de sembrarse y fertilizado con gallinaza (2000 kg/ha). Gallinaza fue aplicada semanalmente durante el período de preengorde a razón de 1000 kg/ha. Los alevines fueron alimentados cinco días por semana a razón de 4.5 kg alimento (23% proteína)/día. La duración de la etapa de pre-engorde fue de 45-60 días. En 16 de 21 cosechas, 5000 alevines por estanque fueron sexados para determinar la eficacia del tratamiento hormonal. En seis ocasiones, lotes de 100 peces por lote tratado fueron examinados microscópicamente para determinar el sexo; los resultados eran ± 0.5% de los obtenidos con el sexado manual.

Se realizó un análisis económico sobre producir anualmente 750,000 larvas tratadas de 0.15 g cada uno, listos para sembrar en el estanque de pre-engorde. El sistema requería dos estanques de 0.05-ha: Uno para reproducción y el otro para tratamiento hormonal. La hormona y cierto equipo tienen que ser importados; sus costos reflejan transporte y 100% impuesto de introducción. El costo de la etapa de pre-engorde no se incluyó.

Cuadro 2. Resumen de resultados de la etapa de tratamiento hormonal en la producción de alevines machos de *Tilapia nilotica* en la Estación Experimental Acuícola "El Carao", Comayagua. Hormona masculina sintética (17 a-metilo-testosterona) fue incorporada en alimento molido a razón de 60 mg/kg. Datos son cosechas totales de Japas entre 16 de febrero y 14 de noviembre 1988

Descripción	Promedio	Rango
NUMERO DE LARVAS SEMBRADAS (x 1000)		
Total japa* pequeña	8.7	6.0-10.0
Total japa** grande	21.5	10.0-26.0
Por m ² de japa pequeña	4.4	3.03.0
Por m ² de japa grande	4.3	2.03.2
Peso promedio inicial (g/larva) todas larvas	0.018	0.009-0.040
Tamaño inicial de larvas (%) todas larvas		
≤13 mm largo	89.3	40.6400.0
14-15 mm largo	6.9	0.0-29.7
≥16 mm largo	3.9	0.0-31.2
Número de larvas cosechadas (x 1000)		
Total japa pequeña	7.0	3.4-12.5
Total japa grande	19.1	0.0-32.8
Por m ² japa pequeña	3.5	13-6.2
Por m ² japa grande	3.8	0.046
Sobrevivencia (%) todas larvas	88.8	0.0153.5
Peso prom. final (g/larva) todas larvas	0.144	0.069-0.751
Tamaño final de larvas (%) todas larvas		
≤13 mm largo	2.0	0.0-35.3
≥14 mm largo	98.0	643-100.0
Duración del tratamiento (d) todas larvas	28	26-28
Alimento tratado usado todas larvas		
Por japa (kg)	3.774	1.680-5.719
kg/1000 larvas cosechadas	0.213	0.096-0.752
Machos fenotípicos producidos (%) todas larvas	97.8	903-99.5

* Dimensiones: 2 m x 2.5 m x 1 m

** Dimensiones: 1 m x 2 m x 1 m

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de producción de larvas en el estanque de reproducción son resumidos en el Cuadro 1. Larvas mayores de 13 mm de largo son consideradas como muy grandes para someter a tratamiento hormonal, ya que el tejido gonadal hubiera comenzado a diferenciarse. Durante el transcurso del año hubo aumento en la temperatura del agua y por lo tanto la duración de esta etapa disminuyó de un promedio de 20 a 18 días. Como resultado de esta reducción, hubo menos producción de larvas mayores de 13 mm de largo, lo cual significa una utilización más eficiente del estanque de reproducción. La producción total de larvas parecía mayor en el estanque de reproducción más grande, sin embargo, la producción de larvas menores de 13 mm de largo fue similar en los dos tamaños de estanque.

Un promedio de 88,5 % de las larvas sembradas completaron la etapa de tratamiento hormonal (Cuadro 2). La mayoría de las larvas eran mayores de 13 mm de largo al cosecharlas. Hasta la fecha, el tratamiento hormonal ha resultado en un promedio de 97,8% alevines machos. Es posible que el 2% de peces menores de 13 mm largo en la cosecha tuvieran un porcentaje significativo de hembras (peces no invertidos) (Popma, 1987). Hasta la fecha, se ha usado 137.835 kg tratados en producir más de 725,000 larvas tratadas.

El análisis económico de la producción de alevines (0.15 g cada uno) machos de *Tilapia nilotica* por inversión hormonal del sexo indicó que el costo total por cada 1000 alevines fue de L. 9.12 (\$1 U.S.= 2 Lempiras) (Cuadro 3). La mano de obra comprendía 528.4 hombre-horas para la etapa de producción de larvas y 1834.6 hombre-horas para la etapa de tratamiento hormonal en japas.

Un total de 1.935,000 larvas fueron cosechadas de los estanques de reproducción, de los cuales se descartaron 350,000 por ser demasiado grandes para tratar. De las 1.585,000 de larvas restantes 1.313,500 fueron sometidas a tratamiento hormonal; 272,000 fueron descartadas por falta de espacio en japas. Un total de 1.189,600 larvas completaron o se encontraron en la etapa de tratamiento. Estanques de pre-engorde han sido sembrados con un total de 661,700 alevines; el promedio de sobrevivencia de esta etapa fue 81.6%. Hasta noviembre 1988, se produjeron 399,000 alevines de 18 g cada uno y de los cuales más del 97% fueron machos. El costo de producción de alevines tratados (0.15 g cada uno) fue L. 9.12/1,000 alevines. La tecnología ha resultado ser factible no sólo para la Estación Experimental Acuícola El Carao, sino también para piscicultores calificados.

RECONOCIMIENTO

Agradecemos la colaboración de Miguel Zelaya. Este trabajo fue realizado como parte del Proyecto de

Cuadro 3. Análisis económico de la producción anual de 750,000 alevines machos (>97% machos) de *Tilapia nilotica* de 0.15 g cada uno por inversión hormonal de sexo. Se necesitan 2 estanques de 0.05-ha: Uno como estanque de reproducción y uno para tratamiento hormonal. El ciclo de reproducción promedia 25 días de siembra a resiembra. Trece ciclos de reproducción por año son posibles. Un promedio de 67,000 larvas/cosecha son obtenidas del estanque de reproducción. Un promedio de 87.57% de las larvas sobreviven los 28 días de tratamiento con hormona. Los costos son de noviembre, 1988 (2 lempiras = \$1 U.S.).

Descripción	Costo (Lempiras)
COSTOS VARIABLES	
Alimento	
Ración comercial, 811 kg @ L. 0.80/kg	648.80
Ración tratada con hormona, 162 kg @ L. 4.23/kg	686.10
Agua de riego	
Estanque de reproducción, 0.825 ha-m @ 1- 25.00/ha-m	20.64
Estanque de tratamiento hormonal, 0.23 ha-m @ L. 25.00/ha-in	5.75
Desinfectante	
11TH cloro, 7.8 @ L 10.50/kg	81.90
Transporte	
Alimento, 22 sacos (d L. 1.001saco,	22.00
Mano de obra	
Producción de larvas, 202 hombre-horas @ L.0.875/hom-h	176.75
Tratamiento hormonal, 702 hombre-horas @ L.0.875/hom-h	614.25
Gerencia, prorrateado, 15% @ L. 13,200/afic,	1980.00
Vigilante, prorrateado, 4% @ L. 2,520/año	100.80
Subtotal Costos Variables	4336.99
Intereses sobre capital variable, 9% por año, calculado diariamente	408.54
TOTAL COSTOS VARIABLES	4745.53
COSTOS FIJOS	
Depreciación	
Japas (vida 3 años)	314.67
Malla, pila de cosecha (vida 3 años)	190.00
Redes de Mano	
Malla (vida 2 años)	49.00
Manga (vida 5 años; 50% valor salvamento)	10.50
Azafata para secar alimento (vida 5 años)	12.00
Excluidor (vida 2 años)	20.00
Baldes (vida 1 año)	50.00
Pila de concreto (vida 5 años; 25% valor salvamento)	150.00
Muelle (vida 2 años)	85.00
Mantenimiento	
Estanques, 0.1 -ha@ 240.00/ha/año	24.00
Muelle, 12% costo total/año	20.40
Reemplazo de reproductores (20% población/año, 15 kg @ L. 3.31/kg)	49.65
Impuesto ejidal	1.50
Interés sobre capital fijo, 9% por año, calculado diariamente	
Construcción de estanques (L. 1,734.00)	163.28
Muelle (L. 170.00)	16.01
Equipo (L. 1,867.00)	175.87
Pila de concreto (L. 1,000.00)	94.20
Reproductores (L. 248.25)	23.38
Cobro por tierra, 0.1 6-ha para arroz	641.45
TOTAL COSTOS FIJOS	2090.91
TOTAL COSTOS	6836.44
COSTO TOTAL POR 1000 ALEVINES (0.15 g cada uno)	
INVERTIDOS	9.12

Acuicultura de Agua Dulce (Contrato USAID 522-0168-C-00-8010-00).

BIBLIOGRAFIA

POPMA, T. J., 19V. Freshwater fish culture development project/ESPOL, Guayaquil, Ecuador: Final Technical Report. Auburn University, AL 36849 USA. 75 p.

ROTHBARD. S.; SOLNIK. E.; SHABBATH, S.; AMADO, R., GRABIE, I. 1983. The technology of mass production of hormonally sex inverted all-male tilapias. *In* L. Fishelson and Z Yaron. (ed.). International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. p. 425434.
