

## Masculinización del cíclido nativo Tenhuayaca, *Petenia splendida* (Günther, 1862), usando nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide 17- $\alpha$ metiltestosterona

## Masculinization of the native cichlid Tenhuayaca, *Petenia splendida* (Günther, 1862), using *Artemia* nauplii as vehicle of the steroid 17- $\alpha$ methyltestosterone

Juan Manuel Vidal-López, Carlos Alfonso Álvarez-González,  
Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez y Ulises Hernández-Vidal

Laboratorio de Acuicultura Tropical, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5., Villahermosa, Tabasco, 86039 México  
e-mail: alvarez\_alfonso@hotmail.com

---

Vidal-López J. M., C.A. Álvarez-González, W.M. Contreras-Sánchez y U. Hernández-Vidal. 2009. Masculinización del cíclido nativo tenhuayaca, *Petenia splendida* (Günther, 1862), usando nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide 17- $\alpha$  metiltestosterona. *Hidrobiológica* 19(3): 211-216.

### RESUMEN

El uso de esteroides para producir poblaciones monosexo en cíclidos, ha sido ampliamente utilizado con el objetivo de evitar el proceso de reproducción y sobrepoblación de los estanques de cultivo, por medio de su aplicación a través del alimento balanceado. Sin embargo, cíclidos como la tenhuayaca, la cual tiene un alto potencial acuícola en el sureste de México y Centroamérica, durante su fase larvaria no aceptan el alimento balanceado, por lo que el uso de *Artemia* como vehículo para la administración de esteroides sintéticos ha sido propuesto recientemente. En el presente estudio se evaluó la masculinización de crías de *Petenia splendida* mediante la utilización de nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide 17- $\alpha$  metiltestosterona (MT), para lo cual se utilizaron larvas de primera alimentación a las cuales se les suministraron nauplios de *Artemia* como vehículo de la MT durante 5, 10, 20, 28, 45 y 60 días de alimentación, respectivamente y un tratamiento sin MT. Se determinó que los mayores porcentajes de masculinización y supervivencia, (96% de machos, 85% respectivamente) se presentaron cuando se alimentaron las larvas con nauplios por 60 días. En el tratamiento control solamente se obtuvo un 56% de machos con una supervivencia de 83%, por lo cual concluimos que el uso de presas vivas como vehículo de la MT es adecuado para la producción de crías de *P. splendida*.

**Palabras clave:** Masculinización, *P. splendida*, Cichlidae, vehículo, 17- $\alpha$  metiltestosterona.

### ABSTRACT

At world-wide level the use of steroids to obtain all-male population in cichlids, has been widely used with the objective to avoid the reproduction process and to canalize the energy of the food in weight gain. In this sense, the application of steroids has been commonly through the artificial diets. Nevertheless, for some cichlid such as tenhuayaca or bay snook *Petenia splendida*, which is considered an appropriate species for aquaculture in the Southeastern of Mexico and Central America, the use of artificial diets during the larval period is not possible, for this reason the use of live preys is required which could be use as vehicle for the steroids. In the present study the production of all-male population was evaluated in *P. splendida* using *Artemia* nauplii as vehicle for the steroid 17- $\alpha$  methyltestosterone (MT). For this study the first feeding larvae were fed with *Artemia* nauplii with MT for 5, 10, 20, 28, 45 and 60 days of feeding, and a control treatment without MT. Significant differences were detected in the masculinization percentage and survival of the larvae fed for 60 days with MT using *Artemia* nauplii (96% and 85% respectively) compared with the

control treatment where only 56% of males and a similar survival of 83% were obtained. For this reason, we conclude that the use *Artemia* nauplii as vehicle of MT is a suitable alternative to obtain all male production in *P. splendida* when larvae are feed for 60 days.

**Key words:** Masculinization, *P. splendida*, Cichlidae, vehicle, 17- $\alpha$  methyltestosterone.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los cíclidos son uno de los recursos acuáticos más importantes para la alimentación humana. Para su cultivo (principalmente la tilapia), el uso de poblaciones monosexuales obtenidas con esteroides sintéticos es común, ya que presentan un crecimiento rápido y el control de la reproducción, lo cual permite canalizar la energía del alimento para la producción de masa corporal (Johnstone *et al.*, 1983; Landau *et al.*, 1984; Lahav, 1993; Green *et al.*, 1997). La exposición a esteroides antes o durante el periodo de diferenciación sexual, cambia el desarrollo de las gónadas en algunas especies de peces; el tratamiento con andrógenos induce la masculinización, siendo los más utilizados la 17 $\alpha$ -metiltestosterona, 17 $\alpha$ -metilandrosterona, 17 $\alpha$ -etinitestosterona y el acetato de trembolona, cuya potencialidad ha sido ensayada en distintas especies (Guerrero III, 1979; Alfonso & Wassermann, 2002; Devlin & Nagahama, 2002). Para que el proceso de masculinización se lleve a cabo de manera exitosa, la hormona debe administrarse justo antes del inicio de la diferenciación sexual (periodo lábil; Hunter & Donaldson, 1983). En los peces este proceso sucede en las primeras etapas de desarrollo y para el caso de los cíclidos, como la tilapia, se ha detectado entre los 11 y los 21 días después de la fertilización (Pompa & Green, 1990). La aplicación de 17 $\alpha$ -metiltestosterona (MT) antes del inicio de la diferenciación sexual ha sido efectiva para inducir el cambio de sexo en muchas especies de peces (Gale *et al.*, 1995; 1999; Stewart *et al.*, 2001; Contreras-Sánchez, 2001). Las técnicas más utilizadas para la masculinización de crías de peces han sido la adición de hormonas en el alimento y la inmersión de los peces en soluciones de hormonas esteroideas como la dihidrotestosterona, dietilestilbestrol, acetato de trembolona, entre otras por ciertos periodos de tiempo. Una técnica relativamente nueva y más práctica consiste en utilizar presas vivas (p. ej. *Artemia* spp.) como vehículo de la hormona (Stewart *et al.*, 2001). Para poder usar los nauplios de *Artemia* como vehículo de la MT es necesario añadirlas al agua en donde se cultivan las presas vivas por un tiempo determinado, con la finalidad de que dichos organismos incorporen el esteroide en sus tejidos y lo transporten así a las larvas de peces (Stewart *et al.*, 2001; Conteras *et al.*, 2003). En los últimos años, en México se han venido desarrollando técnicas para el cultivo comercial de especies nativas y específicamente en la región sureste se encuentran algunas especies de cíclidos nativos de gran importancia pesquera, alimentaria, ecológica y social, entre ellas la Tenhuayaca, *Petenia splendida* (Günther, 1862). Esta especie se distribuye desde el sureste de México hasta Guatemala y Belice. Tiene una gran aceptación en los mercados locales y regionales y alcanza tallas de hasta 40 cm y un peso máximo de

1500 g (Reséndez & Salvadores, 1983; Schmitter & Gamboa, 1994; Domínguez-Cisneros & Rodiles-Hernández, 1998).

En cuanto a su biología y cultivo se ha logrado avanzar en aspectos tales como nutrición, fotoperíodo, desarrollo embrionario, temperatura preferencial, proporción sexual y evaluación de densidades óptimas para el larvicultivo, entre otros (Contreras-García, 2003; Chan-Rodríguez, 2004; Martínez, 2004; Pérez, 2006; Jiménez-Martínez *et al.*, 2009). Las experiencias de años de investigación han permitido que en la actualidad se produzcan crías de manera comercial para su engorda en diferentes sistemas de cultivo de la región. Sin embargo, un problema importante para el cultivo de esta especie, es que durante su periodo larvario no acepta fácilmente el alimento artificial (alimento micro-pelletizado), razón por la cual se usan presas vivas (nauplios de *Artemia* sp.) para alimentarlo las larvas durante los primeros días de vida (Contreras-García, 2003). Contreras-García (2003) indica que el crecimiento y la sobrevivencia obtenidos al masculinizar crías de *P. splendida* con alimento artificial no son tan buenos comparados con los obtenidos al usar nauplios de *Artemia*. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la masculinización de crías de *P. splendida* utilizando nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide 17 $\alpha$ -Metiltestosterona (MT).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Obtención y crianza larvaria.** Las larvas fueron obtenidas de un desove natural del lote de reproductores de *Petenia splendida* ubicado en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura Tropical de la DACBIOL-UJAT. Los embriones eclosionados, fueron retirados de los nidos y colocados en recipientes de 5 L hasta que presentaron el nado libre y la absorción del vitelo (día 6 post-fertilización con un peso y talla promedio de 5 mg y 6.03 mm, respectivamente) en condiciones medidas diariamente de temperatura promedio de 28°C, 6.8 mg/L de oxígeno disuelto y pH de 7.3. Una vez que iniciaron su proceso de nado libre, las larvas fueron contadas y seleccionadas aquellas que no presentaban ninguna alteración física o motriz, colocándose un total de 100 larvas por unidad experimental. La asignación de cada una de las crías en cada tina, así como de los tratamientos se realizó de manera aleatoria. Los tratamientos se llevaron a cabo en un sistema de recirculación cerrado compuesto de 18 tanques cilíndricos de 20 L de capacidad cada uno, un filtro biológico (carbón activado y rejillas que permitían la formación de colonias de bacterias) y una bomba sumergible de 1/4 hp.

**Diseño experimental.** Para este estudio se diseñó un experimento simple y completamente aleatorio con el fin de evaluar el tiempo de masculinización de *P. splendida* al alimentar las larvas de los peces con nauplios de *Artemia* usados como vehículo del esteroide 17  $\alpha$ -metiltestosterona. Se evaluaron seis tratamientos por triplicado (alimentación por 5, 10, 20, 28, 45 y 60 días) y un grupo control de larvas fue alimentado con nauplios de *Artemia* sin tratamiento hormonal durante 60 días. Para la preparación de los nauplios de *Artemia* usando como vehículo de la MT, se utilizó la técnica propuesta por Stewart *et al.* (2001) y Conteras *et al.* (2003) la cual consiste en añadir la hormona a los nauplios recién eclosionados e incubar esta mezcla en agua marina (28 ups) por un tiempo de 2 h.

Para cada alimentación de las larvas, se pesaron 2 g de quistes de *Artemia* (INVE), los cuales fueron hidratados en agua dulce por una hora, inmediatamente después se descapsularon con una solución de hipoclorito de sodio al 4.5 % y finalmente se colocaron en un recipiente de vidrio de 5 L con agua marina artificial a 28 ups por 24 h hasta su eclosión. Después de la eclosión, los nauplios fueron colectados con un tamiz de 100  $\mu$ m. Previamente se preparó una solución madre de 17  $\alpha$ -metiltestosterona a una concentración de 6.67 mg/mL, la cual se preparó diluyendo 500 mg del esteroide en 75 mL de alcohol etílico al 70 %. Los nauplios de *Artemia* fueron colocados en la solución de MT en agua marina artificial a 28 ups a una concentración final de 20 mg de MT/L de agua y una densidad de 450 nauplios/ml de medio durante dos horas. La alimentación de las larvas se realizó diariamente a saciedad aparente cuatro veces al día (8:00, 11:00, 14:00 y 17:00 h), ajustando el consumo de nauplios de *Artemia* en relación a la cantidad de organismos en cada tina.

Durante el experimento la calidad del agua del sistema se mantuvo adecuada mediante recambios totales de agua dos veces por semana y recambios parciales de un 20% del total de agua del sistema diariamente, los restos de heces y exceso de alimento fueron extraídos con una manguera de 0.5 pulgadas de diámetro. Diariamente se monitoreó la calidad del agua tomando los parámetros de oxígeno disuelto ( $5.88 \pm 0.30$  mg/l) y temperatura ( $29.14 \pm 0.25^\circ\text{C}$ ) con un oxímetro (YSI 85, Yellow Springs, OH, EUA), y el pH ( $6.78 \pm 0.40$ ) con un potenciómetro (Hanna, pHep, Sarmeola Di Rubano, PD, Italia). Una vez cada semana se monitorearon los parámetros de amonio ( $0.37 \pm 0.06$  mg/L), nitritos ( $1.3 \pm 0.32$  mg/l) y nitratos ( $2.25 \pm 0.07$  mg/l) con un fotómetro (Hanna, C-203, Sarmeola Di Rubano, PD, Italia).

**Procesamiento de las muestras.** Al final del experimento se determinó el peso y la longitud total individual de un 30 % de la población de cada unidad experimental, por medio de una balanza analítica (Ohaus, EUA precisión 0.001g), con el objetivo de determinar las variaciones en el crecimiento. Además se contó el total de peces para calcular el porcentaje de supervivencia. Asimismo, se tomó una muestra de 30 peces por réplica, los cuales se sacrificaron con una dosis de 0.5 g/l del

anestésico metasulfanato de tricaina (MS-222, INVE, Redmond, WA, EUA) y se les extrajeron las gónadas, colocándolas en un portaobjetos. Las gónadas fueron teñidas con el colorante de Wrigth y se les aplicó la técnica de aplastado desarrollada por Contreras-Sánchez (2001) para determinar el sexo de las mismas y por consiguiente la proporción de machos y hembras en cada unidad experimental. La determinación del sexo se llevó a cabo por observación microscópica a 10x y 40x con un microscopio óptico (Iroscopes UB-HK, Lower Ince, Wigan, WN3). Los datos obtenidos (proporción sexual, peso, longitud total y supervivencia) fueron analizados por el paquete estadístico Statgraphics plus® versión 4.0 (Rockville, MD 20852-4999 USA).

**Análisis estadístico.** Para poder determinar el efecto del tiempo de alimentación con los nauplios de *Artemia* usados como vehículo de la MT sobre el crecimiento (peso y longitud total), la proporción sexual y la supervivencia de las crías, fue primero necesario evaluar la normalidad (Prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homoscedasticidad (Prueba de Bartlett) de los datos obtenidos. Dichos postulados se cumplieron en el caso de los datos de crecimiento, pero no en el caso de la proporción sexual y la supervivencia, que tuvieron que transformarse por medio de la función arcoseno. Para comparar el crecimiento de las larvas se utilizó un ANOVA de una vía y la prueba de Tukey para diferenciar entre los tratamientos. Para comparar la proporción sexual y la supervivencia de las larvas, se empleó un análisis pareado de Chi cuadrada y la tabla de contingencia (Zar, 1996). Todas las comparaciones se realizaron con un nivel de significancia del 95%.

## RESULTADOS

**Crecimiento y supervivencia.** El análisis estadístico del crecimiento mostró diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA;  $p < 0.05$ ), donde la longitud total (49.83 mm) de las larvas alimentadas por 10 días con los nauplios de *Artemia* con la MT, las alimentadas con los nauplios de *Artemia* sin MT (grupo control, 48.65 mm) y las alimentadas por 20 días con los nauplios de *Artemia* con MT (48.58 mm) fueron estadísticamente iguales entre ellas, mientras que las larvas alimentadas por 5 días con los nauplios de *Artemia* (47.83 mm) fueron estadísticamente iguales a las alimentadas por 20 días con los nauplios de *Artemia* con MT y el grupo control, y diferentes a las alimentadas por 10 días con los nauplios de *Artemia* con la MT. Por otra parte, las larvas alimentadas por 28 días con los nauplios de *Artemia* con la MT (46.46 mm) y las alimentadas por 45 días con los nauplios de *Artemia* con MT (46.82 mm) fueron iguales entre ellas, pero estadísticamente más pequeñas que las de los tratamientos anteriormente mencionados. Finalmente, las larvas más pequeñas (42.88 mm) fueron las alimentadas por 60 días con los nauplios de *Artemia* con la MT. En el caso del peso, las larvas alimentadas por 10 días con los nauplios de *Artemia* con la MT (1.31 g) y las alimentadas con los nauplios de *Artemia* sin la MT (grupo control, 1.27 g), fueron las más grandes

y estadísticamente iguales entre ellas. Por otra parte, las larvas del grupo control, las alimentadas por 5 (1.31 g), 20 (1.22 g) y 45 días (1.11 g) con los nauplios de *Artemia* con la MT fueron iguales entre ellas y diferentes a las alimentadas por 10 días alimentadas con los nauplios de *Artemia* con MT. Asimismo, las larvas alimentadas por 28 (1.04 g), 45 y 60 días (0.98 g) fueron estadísticamente iguales entre ellas y las menores en relación a los tratamientos.

Para la supervivencia se detectaron diferencias significativas (Chi cuadrada;  $p < 0.05$ ), donde las alimentadas por 60 días con los nauplios de *Artemia* con la MT (85%) y las larvas del grupo control (83%) presentaron los mayores porcentajes, siendo este último estadísticamente igual a las larvas alimentadas por 28 días con los nauplios de *Artemia* con la MT (76%). En relación a las larvas alimentadas por 10 (72%), 28 y 45 días (73%) con los nauplios de *Artemia* con la MT fueron estadísticamente iguales entre ellas, pero menores a las alimentadas por 60 días y el grupo control. Finalmente, las larvas alimentadas por 20 días con los nauplios de *Artemia* con la MT (66%) fueron las que tuvieron la menor supervivencia comparadas con los otros tratamientos (tabla 1).

**Proporción sexual.** Nuestros resultados indican que existen diferencias significativas en la proporción de sexos obtenidos en los diferentes tratamientos (Chi cuadrada;  $p < 0.05$ ). La variabilidad entre réplicas de cada tratamiento fue baja, no habiendo diferencias significativas entre ellas. En el grupo de crías consideradas como control (alimentación sin MT) se obtuvo el menor porcentaje de machos (56%). Las crías alimentadas con los nauplios con MT durante diferentes tiempos de alimentación presentaron variaciones en la proporción sexual entre 48 y 96%, siendo el tratamiento a 60 días de alimentación el que produjo el mayor porcentaje de masculinización (Fig. 1), sin que hubiera diferencias con las larvas alimentadas por 45 días (90%).

## DISCUSIÓN

La alternativa de utilizar alimentos vivos como vehículo hormonal para inducir la inversión sexual es relativamente nueva y ha sido propuesta por diversos autores destacando entre ellos los

trabajos de Stewart *et al.* (2001) y de Contreras-Sánchez *et al.* (2003) para especies la mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*). La investigación realizada por Contreras-Sánchez *et al.* (2003) demostró que el esteroide puede suministrarse a las larvas ya sea usando alimento balanceado o bien utilizando presas vivas como vehículo. En este mismo estudio, se hizo un primer ensayo utilizando nauplios de *Artemia* como vehículo del esteroide, encontrándose que en *C. urophthalmus* y en la tilapia *Oreochromis niloticus* se alcanzan porcentajes mayores a 94% de masculinización cuando son alimentados con *Artemia* durante 20 días. Con base en estos antecedentes, demostramos aquí que las crías de *Petenia splendida* pueden ser masculinizadas eficientemente utilizando nauplios de *Artemia* como vehículos del esteroide y alimentando las larvas de los peces por un periodo de 60 días, logrando obtener hasta un 96% de machos. Un dato adicional que se debe mencionar es que a partir de los 45 días de alimentación con nauplios de *Artemia* con MT se observa un incremento en la proporción de machos con respecto al grupo de crías alimentadas con nauplios de *Artemia* sin MT (56 a 90%, respectivamente). Datos similares han sido reportados por Contreras-García (2003) quién obtuvo porcentajes altos de masculinización (entre 96 y 100% de machos con dosis de 60 y 30 mg/kg con periodos de exposición entre 30 y 45 días). Sin embargo, dicha autora reportó bajas supervivencias, situación que no se presentó en el presente estudio. Real-Ehuan (2003) logró masculinizar crías de la *C. urophthalmus* con alimento impregnado de MT obteniendo porcentajes de hasta 100% de machos con 45 y 60 días de alimentación. Mientras que Green y López (1990) reportaron una masculinización de 99.7% en crías de *Oreochromis niloticus* utilizando durante 30 días un alimento impregnado de MT. Por su parte, Contreras-Sánchez *et al.* (1997) mediante inmersiones en MDHT y ATB lograron masculinizar crías de *O. niloticus*; dichos autores reportaron datos de hasta 90% de machos. Con base en nuestros resultados podemos afirmar que la técnica de inversión sexual mediante el uso de nauplios como vehículo de MT es tan eficiente como la del alimento impregnado con esteroides (Contreras-García, 2003). Para lograr una inversión sexual eficiente es importante identificar el periodo lábil en el cual las crías pueden ser susceptibles al efecto del esteroide; en este sentido, Hunter y

Tabla 1. Crecimiento y supervivencia (promedio  $\pm$  EE) de crías de *P. splendida* utilizando la técnica masculinización con nauplios de *Artemia* como vehículo de la MT durante diferentes tiempos de alimentación.

Días de alimentación	n	Peso (g)	Longitud total (mm)	Supervivencia (%) (No. inicial:No. final)
Control	90	1.27 $\pm$ 0.02cd	48.65 $\pm$ 0.42cd	83.0cd (300:249)
5	90	1.21 $\pm$ 0.02c	47.83 $\pm$ 0.42c	67.0a (300:201)
10	90	1.31 $\pm$ 0.02d	49.41 $\pm$ 0.42d	72.0b (300:216)
20	90	1.22 $\pm$ 0.02c	48.58 $\pm$ 0.42cd	66.0a (300:198)
28	90	1.04 $\pm$ 0.02b	46.46 $\pm$ 0.42b	76.0bc(300:228)
45	90	1.11 $\pm$ 0.02bc	46.82 $\pm$ 0.42b	73.0b(300:219)
60	90	0.98 $\pm$ 0.02ab	42.88 $\pm$ 0.42a	85.0d(300:255)

n = número de peces muestreados por tratamiento. Literales superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

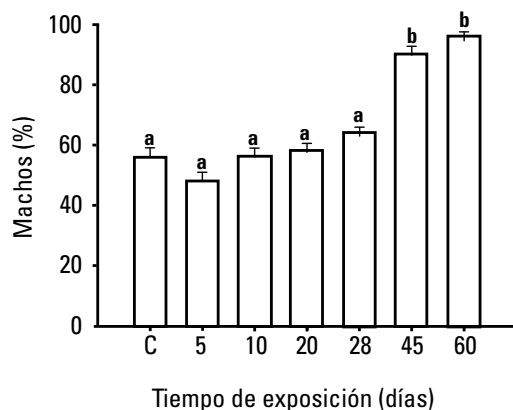


Figura 1. Promedio del porcentaje machos ( $\pm$  EE) por tratamiento. Letras iguales indican tratamientos que no fueron estadísticamente diferentes entre sí (Chi cuadrada,  $p > 0.05$ ). El tamaño de muestra para todos los tratamientos fue de 90 organismos.

Donaldson (1983) reportan que para identificar el periodo lábil de una especie es necesario hacer pruebas aplicando el esteroide durante distintos lapsos de tiempo en la alimentación de las larvas. De esta manera, esta investigación permitió determinar el tiempo óptimo de suministro de nauplios de *Artemia* con MT para obtener altos porcentajes de masculinización en las crías de *P. splendida* que garanticen un mejor crecimiento de los peces en etapas posteriores del cultivo. En este mismo sentido, la investigación realizada por Contreras-García (2003) sugiere que el tiempo óptimo para obtener porcentajes elevados de machos en *P. splendida* ocurre en un periodo de exposición de entre 30 y 45 días empleando una dosis de 60 mg de MT/kg de alimento balanceado, aunque con bajas supervivencias (60%), mientras que en *O. niloticus* es necesario aplicar el esteroide entre 21 y 28 días a partir de la primera alimentación (Popma & Green, 1990; Contreras-Sánchez *et al.*, 2000), siendo mayor el tiempo requerido en *C. urophthalmus* ya que es necesario alimentar las crías hasta por 45 y 60 días con alimento hormonado (Real-Ehuan, 2003). En la mojarra paleta, *Vieja bifasciata* (Steindachner, 1864), la inversión sexual se logra a partir de los 45 días, aunque los mejores resultados requieren de 60 días de alimentación con 60 mg de MT/kg de alimento (Chávez-Méndez, 2004). En el presente estudio, los porcentajes más altos de masculinización se obtuvieron de manera consistente a partir de los 45 días de alimentación con nauplios de *Artemia* usados como vehículo de la MT. Esto puede indicar que la dosis de esteroide administrada vía nauplio enriquecido es menor (20 mg de MT/L de agua) a la que se administra con alimento comercial (60 mg de MT/kg de alimento). Datos reportados por Contreras-Sánchez (2001) y Real-Ehuan (2003) con crías de *O. niloticus* y *C. urophthalmus* respectivamente, indican que el proceso de inversión sexual está también gobernado por el tiempo de exposición al esteroide, jugando este factor un papel significativo en los niveles de masculinización inducida. Es así que estos autores han mencionado que la eficiencia de la inversión sexual con base en los tiempos de exposición al esteroide varía de acuerdo a la especie con que se esté trabajando. Para las crías de

*O. niloticus* el tiempo óptimo para obtener poblaciones monosexo alcanza los 28 días de exposición planteándose que la diferenciación gonadal ocurre entre los 11 y 21 días después de la primera alimentación con organismos de menos de 14 mm de longitud total (Popma & Green, 1990; Contreras-Sánchez *et al.*, 2000). Experiencias de manejo de crías de *P. splendida* en el Laboratorio de Acuicultura Tropical de la DACBIOL-UJAT demuestran que las crías de esta especie, tienen un crecimiento mayor cuando son alimentadas con presas vivas (nauplios de *Artemia*), en comparación con la alimentación exclusiva con dieta balanceada, por lo que el uso del alimento vivo en las primeras etapas de desarrollo es una propuesta de gran relevancia para obtener un crecimiento y supervivencia óptimos en esta especie. Es por esto, que la masculinización mediante el empleo de nauplios de *Artemia* cobra mayor importancia, pues además de garantizar un crecimiento más acelerado durante las fases tempranas de los peces, permite la obtención de poblaciones monosexo (Stewart *et al.*, 2001; Contreras-Sánchez *et al.*, 2003). Los datos de crecimiento y supervivencia de las crías de *P. splendida* para este estudio muestran resultados prometedores, ya que se obtuvo una supervivencia elevada en la mayoría de los tratamientos. Los valores de crecimiento en longitud y peso obtenidos en este estudio contrastan por mucho con los obtenidos por Contreras-García (2003) quien reporta resultados más bajos para crecimiento y supervivencia en crías de la misma especie al usar como única dieta el alimento balanceado.

## AGRADECIMIENTOS

El financiamiento para esta investigación fue provista por el Aquaculture Collaborative Research Support Program, número de acceso 1370. El Aquaculture CRSP es parcialmente financiado por la United States Agency for International Development (USAID), Beca No. LAG-G-0-96-90015-00 y por otras instituciones participantes. Las opiniones vertidas son exclusivas de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la US Agency of International Development.

## REFERENCIAS

- ALFONSO, L. O. B. & G. J. WASSERMANN. 2002. Immersion in aromatizable and non-aromatizable androgens induces high rates of masculinization in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. In Book of Abstracts: *Aquaculture América* 2002. San Diego, California, USA. p. 2.
- CHAN-RODRÍGUEZ, R. 2004. *Efecto de la temperatura sobre el consumo de oxígeno en tenguyaca (Petenia splendida Günther 1862)*. Tesis profesional de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 72 p.
- CHÁVEZ-MÉNDEZ, A., 2004. *Masculinización de crías de mojarra paleta, Vieja bifasciata, por inmersión y administración oral con 17 $\alpha$ -metiltestosterona y acetato de trenbolona*. Tesis Profesional de Licenciatura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 53 p.
- CONTRERAS-GARCÍA, M. J. 2003. *Inversión sexual de las mojarras nativas Cichlasoma salvini y Petenia splendida, mediante la administración oral de esteroides sintéticos*. Tesis Profesional de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 49 p.

- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M., M. S. FITZPATRICK, R. H. MILSTON & C. B. SCHRECK. 1997. Masculinization of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by single immersion in 17 $\alpha$ -methyl-dihydrotestosterone and Trembolone Acetate. In: **Tilapia Aquaculture: Proceedings from the fourth international symposium on Tilapia in Aquaculture**, Orlando, Florida, Noviembre 9-12, pp. 783-790.
- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M., M. S. FITZPATRICK & C.B. SCHRECK. 2000. Masculinization of Nile Tilapia by Immersion in Trembolone Acetate. In: **Book of Abstracts World Aquaculture Society**. 65 p. New Orleans, Louisiana, 1 - 4 Feb 2000
- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M. 2001. *Sex Determination in Nile Tilapia: Oreochromis niloticus: Gene Expression, Masculinization Methods and Environmental Effects*. Ph.D. Thesis, Oregon State University, 193 p.
- CONTRERAS, W. M., G. MARQUEZ-COUTURIER, G. W. FEIST, A. HERNANDEZ-FRANYUTTI, C.B. SCHRECK, AND G. GIANNICO. 2003. Diversification of aquacultural practices by incorporation of native species and implementation of alternative sex inversion techniques. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. *Tenth Work Plan: Appropriate Technology* 10: 85-89.
- DEVLIN, R. H. & Y. NAGAHAMA. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* 208: 191-364.
- DOMÍNGUEZ-CISNEROS, S. & R. RODILES-HERNÁNDEZ. 1998. *Guía de Peces del Río Lacanja, Selva Lacandona, Chiapas, México*. Ecosur, México. 69 p.
- GALE, W.L., M.S. FITZPATRICK, & C.B. SCHRECK, 1995. Immersion of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in 17 $\alpha$ -methyltestosterone and mestanolone for the production of all-male populations. In: Goetz, F.W. & P. Thomas (Eds). *Proceedings of the Fifth International Symposium on Reproductive Physiology of Fish*. *Fish Symposium* 95, Austin, Texas, 117 p.
- GALE, W.L., M.S. FITZPATRICK, M. LUCERO, W.M. CONTRERAS-SÁNCHEZ, & C.B. SCHRECK, 1999. Production of all-male populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. *Aquaculture* 178 : 349-357.
- GARCÍA, M. 2003. *Determinación de la temperatura preferencial y metabolismo de rutina de la tenguayaca (Petenia splendida, Günther 1862)*. Tesis profesional de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 42 p.
- GREEN, B.W. & L. A. LÓPEZ. 1990. Factibilidad de la producción masiva de alevines machos de tilapia nilótica a través de la inversión hormonal del sexo en Honduras. *Agronomía Mesoamericana* 1: 21-25.
- GREEN, B.W., K. L. VEVERICA & M. S. FITZPATRICK. 1997. Fry and Fingerling Production. In: Egná, H. & Boyd, C. (Eds). *Dynamics of Pond Aquaculture*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 215-243.
- GUERRERO III, R. D. 1979. Use of hormonal steroids for artificial sex reversal of Tilapia. *Proceedings of the Indian National Science Academy. Biological Sciences* 45 (5): 512-514.
- HUNTER, G. A., & E. M. DONALDSON. 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture. In: Hoar, W.S., D.J. Randall & E.M. Donaldson, (Eds.) "*Fish Physiology*". Vol. IXB: Academic press, New York/London. pp. 223-303.
- JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, L. D., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. A., CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M., MÁRQUEZ-COUTURIER, G., ALMEIDA-MADRIGAL, J. A. 2009. Evaluation of larval growth and survival in Mexican mojarra, *Cichlasoma urophthalmus* and bay snook, *Petenia splendida* under different initial stocking densities. *J. World Aquaculture Society* 40 (6): 753-761.
- JOHNSTONE, R., D. J. MACINTOSH & R. S. WRIGHT. 1983. Elimination of orally administered 17- $\alpha$  methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (Tilapia) and *Salmo gairdneri* (Rainbow Trout) juveniles. *Aquaculture* 35: 249-257.
- LAHAV, E. 1993. Use of sex-reversed females to produce all-male Tilapia (*Oreochromis aureus*) fry. *The Israeli Journal of Aquaculture* 45 (3): 131-136.
- LANDAU, M., G. MIYAMOTO & C. BOLIS. 1984. Growth and amino acid composition of *Artemia salina* (L., 1758) fed algae grown in different media (Anostraca). *Crustaceana* 49 (3): 318-321.
- MARTÍNEZ, J. L. 2004. *Desarrollo embrionario larval de la mojarra tenguayaca (Petenia splendida)*. Tesis profesional de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 72 p.
- PÉREZ, R. A. 2006. *Combinación de la técnica de bioencapsulado en nauplios de Artemia salina y alimento artificial del esteroide 17- $\alpha$  Metiltestosterona para la masculinización de juveniles de la Mojarra tenguayaca (Petenia splendida)*. Tesina profesional de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 44 p.
- POPMA, T. J. & W. B. GREEN. 1990. *Aquaculture production manual: Sex reversal of Tilapia in earthen ponds*. Research and Development. International Center for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Serie No. 35. Auburn University. AL, USA.
- REAL-EHUAN, G. 2003. *Masculinización de crías de la mojarra castarrica Cichlasoma urophthalmus mediante la administración de 17- $\alpha$  Metiltestosterona*. Tesis profesional de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 57 p.
- RESÉNDEZ-MEDINA, A. & M. L. SALVADORES. 1983. Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) y la tenguayaca *Petenia splendida* (Gunther), del Estado de Tabasco. *Biótica* 8 (4): 413-426.
- SCHMITTER, S. J. J. & P. H. C. GAMBOA. 1994. Distribución de peces continentales de Quintana Roo con potencial acuicultural. In: Mendoza, Q. M. E. A., T. A. Galmiche & E. R. Meseguer (Eds.) *Memorias del II seminario sobre peces nativos con uso potencial en acuicultura*. H. Cárdenas, Tabasco, México. pp. 27-37.
- STEWART, A. B., A. V. SPICER, E. K. INSKEEP & R. A. DAILEY. 2001. Steroid Hormone Enrichment of *Artemia* nauplii. *Aquaculture* 202: 177-181.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Tercera Edición. Prentice Hall. N.J. USA. 718 p.

Recibido: 6 de agosto de 2008.

Aceptado: 19 de octubre de 2009.