

Efecto de la temperatura y suministro oral de fluoximesterona en la proporción sexual y crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae)

Pablo Torres-Hernández * & Luis A. Márquez-Reyes **

Resumen

Efecto de la temperatura y suministro oral de fluoximesterona en la proporción sexual y crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae). Se evaluó el efecto de la hormona fluoximesterona (FM) y de la temperatura (°C) en el crecimiento y la proporción sexual en la progenie de *Oreochromis niloticus*. Se emplearon tanques de 60 l con 100 alevines (1.0 +/- 0.08 cm) por unidad. Se suministraron dos dietas por 32 días (0 y 5 mg FM por kg de alimento) y se controló la temperatura de los tanques de acuerdo a los tratamientos: T1 (34°C-5 mg FM), T2 (34°C-0 mg FM), T3 (29°C-5 mg FM) y T4 (29°C-0 mg FM). Se determinó las tasas de crecimiento específico en longitud (TEC-LT) y peso (TEC-P) al día 37 del cultivo y al finalizar el bioensayo (102 días). La proporción sexual se evaluó determinando el sexo de cada individuo por observación directa de la gónada en un microscopio compuesto. Al finalizar la administración de los tratamientos, se observó un incremento en TEC-LT ($F_{1,8}=5.483$, $p=0.047$) y TEC-P ($F_{1,8}=7.01$, $p=0.029$) en los tratamientos a

Abstract

Effects of temperature and oral administration of Fluoximesterone in the sexual ratio and growth of *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae). This research evaluated the effect of the Fluoxymesterone hormone (FM) and temperature (C°) on the growth and sexual ratio of *Oreochromis niloticus* progeny. In 60 l tanks we placed 100 fry (1.0 +/- 0.08 cm) in each tank. For 32 days we provided two different diets: one with 5 mg FM per kg of feed and the other without the hormone FM and we controlled the temperatures: T1 (34°C-5 mg FM), T2 (34°C-0 mg FM), T3 (29°C-5 mg FM) y T4 (29°C-0 mg FM). After of the administration of the treatment and at the end of the test (102 days), we determined the specific growth rates of length (TEC-LT) and weight (TEC-P). The sexual ratio was determined through direct observation of each fish using composite microscope. After the treatment we observed a greater increase in TEC-LT ($F_{1,8}=5.483$, $p=0.047$) y (TEC-P $F_{1,8}=7.01$, $p=0.029$) as an adverse effect of TEC-P in the organisms fed with FM to 29°C ($F_{1,8}=14.343$, $p=0.005$).

Résumé

Effet de la température et de l'administration orale de Fluoximestérone sur la proportion sexuelle et la croissance de *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae). L'effet de l'hormone fluoximestérone (FM) et de la température (°C) sur la croissance et la proportion sexuelle de la progéniture de *Oreochromis niloticus* a été évaluée. Des bacs de 60 l contenant chacun 100 alevins (1.0 +/- 0.08 cm) ont été employés. Deux diètes de 32 jours (0 et 5 mg FM par kg d'aliment) ont été administrées, à des températures de bacs contrôlées suivant les traitements : T1 (34°C-5 mg FM), T2 (34°C-0 mg FM), T3 (29°C-5 mg FM) y T4 (29°C-0 mg FM). Les taux de croissance spécifique en taille (TEC-LT) et en masse (TEC-P), ont été déterminés au 37eme jour de culture et à la fin du bioessai (102 jours). La proportion sexuelle a été évaluée après sexage de chaque individu par observation directe de la gonade sur un microscope composé. Après administration des traitements, une augmentation en TEC-LT ($F_{1,8}=5.483$, $p=0.047$) et TEC-P ($F_{1,8}=7.01$, $p=0.029$) a été observée

34°C, así como un efecto adverso en TEC-P en los organismos alimentados con FM a 29°C ($F_{1,8}=14.343$, $p=0.005$). Sesenta y cinco días después se revirtió este proceso y los tratamientos con FM (T1 y T3) presentaron mayores TEC-LT ($F_{1,8}=18.207$, $p=0.003$) y TEC-P ($F_{1,8}=10.92$, $p=0.011$). Se observó en T1 y T3 un 100% de masculinización y se infiere que la proporción sexual presentó diferencias determinadas por el suministro de la hormona ($F_{1,8}=793.5$, $p=0.000$), en menor medida por el factor temperatura ($F_{1,8}=8$, $p=0.022$) y por el efecto de ambos factores ($F_{1,8}=8$, $p=0.022$). Se concluye que la FM produce un efecto adverso en el crecimiento durante su administración, pero en un periodo posterior favorece el incremento en la tasa de crecimiento. De igual manera la dosis empleada permite obtener porcentajes óptimos de masculinización dentro de un intervalo térmico de 29 a 34°C.

Sixty five days later, the results reversed the process, and treatments with FM (T1 and T3) presented greater TEC-LT ($F_{1,8}=18.207$, $p=0.003$) and TEC -P ($F_{1,8}=10.92$, $p=0.011$). In T1 and T3, we found 100% males, and we deduced that this sexual ratio showed differences caused by the hormone concentration ($F_{1,8}=793.5$, $p=0.000$), and to a lesser degree, the temperature factor ($F_{1,8}=8$, $p=0.022$), and the interrelationship of both factors ($F_{1,8}=8$, $p=0.022$). We concluded that FM produces a growth effect after the androgynous application period. This is why optimal percentages of males are produced with temperature ranges of 29 to 34°C.

pour les traitements à 34°C, tout comme un effet adverse en TEC-P sur les organismes alimentés en FM à 29°C ($F_{1,8}=14.343$, $p=0.005$). Soixante cinq jour après, ce processus s'inverse, et les traitements contenant de la FM (T1 et T3) présentent des TEC-LT ($F_{1,8}=18.207$, $p=0.003$) et TEC-P ($F_{1,8}=10.92$, $p=0.011$) majeurs. Pour T1 et T3 un 100% de masculinisation est observée, ce qui implique que la proportion sexuelle présente des différences dues à l'administration de l'hormone ($F_{1,8}=793.5$, $p=0.000$), et en moindre mesure au facteur température ($F_{1,8}=8$, $p=0.022$), ou à l'effet conjoint des deux facteurs ($F_{1,8}=8$, $p=0.022$). Durant la délivrance de FM, un effet adverse sur la croissance se produit, mais celle-ci est postérieurement favorisée. La dose employée permet d'obtenir un pourcentage optimum de masculinisation dans l'intervalle thermique de 29 à 34°C.

Palabras clave: Bioensayo, diferenciación sexual, esteroide exógeno, masculinización, tilapia.

Key words: Bioassay, sex differentiation, exogenous steroids, masculinization, tilapia.

Mots clefs: Bioessai, différenciation sexuelle, stéroïde exogène, masculinisation, tilapia.

Introducción

La tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) presenta una serie de características tales como fácil adaptación, amplia resistencia, rápido crecimiento y eficiente conversión alimenticia que la convierte en una especie exitosa en los proyectos acuícolas (Caulton 1982). Sin embargo, su madurez precoz y reproducción prolífica implican un alto gasto energético que afecta directamente a la tasa de crecimiento (Macintosh & Little 1995). Adicionalmente, el gasto energético en la reproducción es diferente entre sexos, observándose un mayor crecimiento en los machos (Lester *et al.* 1989).

En el cultivo de la tilapia del Nilo se ha fomentado el desarrollo de poblaciones compuestas únicamente por machos, lo que permite obtener tallas uniformes en la cosecha y una mayor rentabilidad (Mair & Little 1991). La producción de poblaciones monosexuales se desarrolló a partir de los trabajos de Yamamoto (1953) empleado esteroides exógenos. Actualmente, es una práctica común el uso de hormonas andrógenas sintéticas, suministradas en la dieta durante el periodo lábil de diferenciación sexual (Pandian & Shella 1995, Devlin & Nagahama 2002).

El uso de la fluoximesterona (FM) ha demostrado ser eficiente en la producción de

machos de *O. niloticus* a una dosis de 1 a 5 mg FM kg⁻¹ de alimento por periodos de 28 a 30 días a partir del inicio de la alimentación exógena (Phelps *et al.* 1992, Jiménez & Arredondo 2000, Martínez 2003, Moreno *et al.* 2003).

Durante la última década se ha investigado el efecto del ambiente en la proporción sexual de poblaciones de *Oreochromis* sp. Se ha registrado que la masculinización de la progenies de *O. mossambicus*, *O. aureus* y *O. niloticus* se ve favorecida entre los 28-32, 34-35, 34-37°C, respectivamente (Desprez & Melard 1998, Abucay *et al.* 1999, Baroiller *et al.* 1999, Wang & Tsai 2000, Baras *et al.* 2001).

La interacción de la temperatura y esteroides exógenos en la ontogénesis de la gónada esta parcialmente estudiada en la tilapia del Nilo. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la concentración de la hormona FM y de la temperatura en el crecimiento, sobrevivencia e inversión sexual en la progenie de *Oreochromis niloticus*.

Material y métodos

El bioensayo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, empleando un lote de reproductores de *O. niloticus* procedentes del Centro Piscícola de Jalapa del Marqués, Oaxaca.

Los alevines con cinco días de eclosión se obtuvieron de la cavidad bucal de dos hembras de *O. niloticus* con un peso promedio de 220 g. Se preseleccionaron 1,500 alevines con una longitud promedio de 1.0 +/- 0.08 cm de acuerdo a Hiott & Phelps (1993). Los organismos fueron colocados en un tanque cilindrocónico de 60 l de agua con aireación continua para su aclimatación a las condiciones del sistema de cultivo. Se empleó un sistema cerrado con recambios parciales del 30% por semana.

El alimento hormonado con 5 mg de FM

por kg de alimento se preparó de acuerdo a Jiménez & Arredondo (2000). Se empleó un alimento comercial formulado con 35% de proteína; 3% de lípidos; 5% de ceniza; 10% de fibra y 37% de carbohidratos. El alimento fue suministrado a saciedad (*ad libitum*) cuatro veces por día a partir del inicio de la alimentación exógena.

Para obtener la temperatura deseada (34°C) en las unidades experimentales se utilizaron termostatos para acuario marca Radian® de 100 watts colocados en la pared de las unidades. Todas las unidades contaron con aireación permanente excepto cuando se alimentaba a los organismos.

El empleo del alimento hormonado y el control de la temperatura tuvo una duración de 32 días y se llevó a cabo con cuatro tratamientos: T1 y T2 (34°C a 5 y 0 mg FM kg⁻¹) y T3-T4 (29°C a 5 y 0 mg FM kg⁻¹). Los tratamientos se realizaron por triplicado, cada unidad experimental contó con 100 alevines. Se determinó la tasa específica de crecimiento (TEC) de acuerdo a Hopkins (1992) para la longitud total (TEC-LT) y para el peso húmedo (TEC-P), siendo calculados para los días 37 y 102 de cultivo.

Se determinó el Coeficiente de Supervivencia (SUP) (Weatherley & Gill 1987) durante el periodo de suministro del alimento hormonado. Se evaluó la proporción sexual de la progenie en el día 102 del experimento. La identificación del sexo se realizó empleando la técnica de Guerrero & Shelton (1974), que consiste en la tinción de la gónada con acetocarmín y su montaje en un portaobjetos mediante "squash" para ser observado en un microscopio compuesto a 10 y 40x. El tejido ovárico se identifica por la presencia de ovocitos, núcleos ligeramente teñidos y el citoplasma con una coloración más oscura. El testículo se identifica por la presencia de espermatozoides y el canal del conducto espermático.

Se registran la LT y P (media) con sus desviaciones estándar (\pm) y todas las variables fueron comparadas mediante un ANDEVA de dos vías empleando como factores la

temperatura y la concentración de FM. El Coeficiente de Supervivencia y el porcentaje de machos en la progenie fueron analizados empleando una transformación Arcosen (Zar 1999). Las diferencias mínimas significativas entre los tratamientos se realizaron mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p=0.05$).

Resultados

La temperatura presentó un valor promedio de 34.5 ± 1.5 , 33.9 ± 2.1 , 29 ± 0.7 y $29.0 \pm 0.7^\circ\text{C}$ para los tratamientos T1, T2, T3 y T4, respectivamente.

El crecimiento y sobrevivencia de los organismos al término del periodo de aplicación de los tratamientos, se presentan en la Tabla I. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos determinadas por el factor temperatura (ANDEVA: $F_{1,8}=5.483$, $p=0.047$). El tratamiento T2 presentó el mayor crecimiento en LT promedio con 3.06 cm con una tasa de crecimiento de $3.68\% \text{ d}^{-1}$. Por el contrario, el menor crecimiento se obtuvo en el tratamiento T3 con 2.46 cm con una tasa $2.88\% \text{ d}^{-1}$. El crecimiento en peso fue

afectado tanto por la temperatura (ANDEVA: $F_{1,8}=7.01$, $p=0.029$), como por la concentración de hormona (ANDEVA: $F_{1,8}=14.343$, $p=0.005$). Se encontró un peso promedio mayor en T2 (0.6 g) con respecto a T3 (0.34 g). La supervivencia sólo fue afectada por la concentración de hormona (ANDEVA: $F_{1,8}=8.199$, $p=0.021$).

El crecimiento en longitud después de 102 días de cultivo mostró que los tratamientos T1 y T3, con una talla promedio de 7.4 cm, fueron superiores al resto de los tratamientos; sin embargo, se observó que el tratamiento T3 presentó una TEC-LT ligeramente superior a T1 (Tabla II). Las diferencias significativas fueron determinadas por la concentración de hormona (ANDEVA: $F_{1,8}=18.207$, $p=0.003$). Con respecto al peso, T1 y T3 presentaron mayores crecimientos con 7.1 y 6.7 g respectivamente. La TEC-P mayor fue de T3 con $4.3\% \text{ d}^{-1}$. La concentración de hormona influyó de forma significativa en la TEC-P (ANDEVA: $F_{1,8}=10.92$, $p=0.011$).

Al término del experimento y considerando la totalidad de los organismos, se encontró un crecimiento diferencial entre los sexos, siendo superior en los machos con respecto a las hembras en un 18.4% en longitud

Tabla I. Longitud total (LT), peso húmedo (P), índice de supervivencia (SUP) y tasa específica de crecimiento (TEC-LT) de *Oreochromis niloticus* al concluir la aplicación de los tratamientos de temperatura (T) y fluoximesterona (FM).

Tratamiento	$^\circ\text{C}$	mg FM Kg^{-1}	LT(cm)	P(g)	SUP (%)	TEC-LT % día
T1	34	5	2.91 ± 0.59^b	0.47 ± 0.35^{ab}	53 ^a	3.34 ^{ab}
T2	34	0	3.06 ± 0.6^b	0.60 ± 0.25^b	76 ^{ab}	3.68 ^b
T3	29	5	2.46 ± 0.58^a	0.34 ± 0.23^a	65 ^{ab}	2.88 ^a
T4	29	0	2.87 ± 0.39^{ab}	0.47 ± 0.21^{ab}	83 ^b	3.31 ^{ab}

Notas: Se indican los valores promedio y desviación estándar; índices distintos representan diferencias significativas con $\alpha=0.05$.

Tabla II. Longitud total (LT), peso húmedo (P), tasa específica de crecimiento en longitud (TEC-LT) y en peso húmedo (TEC-P) de *Oreochromis niloticus* a 102 días de cultivo.

Tratamiento	LT (cm)	P (g)	TEC-LT	TEC-P
			% d	% d
T1	7.44 ±1.3 ^a	7.10 ±3.83	1.35 ^{ab}	4.04 ^{ab}
T2	6.16 ±0.96 ^b	5.92 ±1.59	1.00 ^b	3.12 ^b
T3	7.4 ±1.37 ^a	6.7 ±3.17	1.59 ^a	4.30 ^a
T4	6.43 ±1.52 ^b	4.65 ±3.19	1.15 ^b	3.26 ^b

Notas: Se indican los valores promedio y desviación estándar; índices distintos representan diferencias significativas con $\alpha=0.05$.

y 42.2% en peso (Fig. 1).

La proporción sexual presentó diferencias significativas determinadas principalmente por la concentración de la hormona (ANDEVA: $F_{1,8}=793.5$, $p=0.000$), en menor proporción por el factor temperatura (ANDEVA: $F_{1,8}=8$, $p=0.022$) y por la interacción de ambos factores (ANDEVA: $F_{1,8}=8$, $p=0.022$). Se observó diferencias en la proporción de sexos en la progenie, encontrando que en los tratamientos T1 y T3, no se presentó ninguna

hembra. En el tratamiento T2, el efecto de la temperatura ocasionó un porcentaje ligeramente superior pero significativo con respecto a T4 (Fig. 2).

Discusión

El intervalo de incremento en longitud obtenidos durante la presente investigación fue de 2.46 a 3.06 cm, el cual es inferior a lo encontrado por Phelps *et al.* (1992), quienes

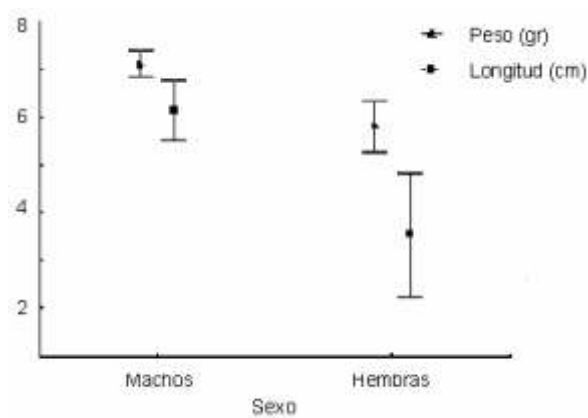


Figura 1. Crecimiento diferencial entre hembras y machos de *Oreochromis niloticus*.

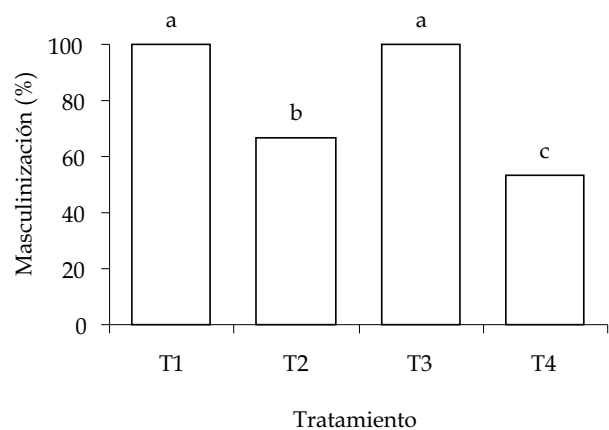


Figura 2. Porcentaje de masculinización de *Oreochromis niloticus* T1 (34°C-5 mg FM), T2 (34°C-0 mg FM), T3 (29°C-5 mg FM) y T4 (29°C-0 mg FM). Índices distintos representan diferencias significativas con $\alpha=0.05$.

registran como su menor crecimiento una longitud de 3.1 cm después de 28 días empleando 5 mg de FM por kg de alimento; comparables con lo observado por Jiménez & Arredondo (2000), después de 30 días; y superiores a lo presentado por Moreno *et al.* (2003), quienes obtuvieron crecimientos menores a 3 cm después de 35 días.

Una vez concluido el suministro de los tratamientos, el efecto de la temperatura se vio reflejado en la TEC-LT, observando que a 34°C se presenta un incremento significativo tanto en longitud como en peso con respecto a los organismos cultivados a 29°C. Baras *et al.* (2001) registran que en cultivos de *O. niloticus* a 37°C, no encontraron efectos adversos en el crecimiento durante 14 días posteriores a la primera alimentación; sin embargo, si observaron menor crecimiento y una mayor mortalidad en organismos de mayor edad cultivados a esta temperatura.

Las tasas de crecimiento obtenidas a 34°C, pueden ser explicadas considerando que la temperatura óptima de crecimiento decrece en la medida que se presenta el desarrollo ontogenético (McConnell 1982), hasta encontrarse en un intervalo óptimo de 27 a 28°C en juveniles de esta especie (Baras *et al.* 2001).

Al concluir el suministro de la hormona en el alimento, se encontró un efecto adverso de la FM en el incremento en peso, lo cual concuerda con Phelps *et al.* (1992), quienes registraron tallas menores hasta en un 12.8 y 36.2% con respecto a su tratamiento control, empleando 5 y 25 mg FM kg⁻¹ en el alimento.

Al finalizar el ensayo, se observó que los organismos que fueron alimentados con FM (T1 y T3) presentaron un mayor crecimiento reflejado en las tasas de crecimiento (TEC-L y TEC-P), evidenciando un efecto de crecimiento tardío con respecto al suministro del andrógeno. Sin embargo, otros estudios concluyen no encontrar algún efecto anabólico producido por el suministro de FM (Jiménez & Arredondo 2000).

En el presente estudio se encontró a 102 días de cultivo, un crecimiento superior en los

machos en un 18.4 en longitud y 42.2% en peso, con respecto a las hembras, confirmando la existencia del crecimiento diferencial en el género *Oreochromis* (Mbahinzireki 1999).

La talla inicial se encontró dentro de lo indicado por Hiott & Phelps (1993) quienes establecen una talla menor a los 11 mm como la más eficiente para la inducción a la inversión sexual, debido a que tallas mayores comienzan a dirigir su sexo de acuerdo a su determinación sexual genética.

La concentración de 5 mg de FM Kg⁻¹ de alimento, suministrada por 32 días, permitió obtener progenies con una proporción de 100% de machos. Resultados similares han sido registrados por Phelps *et al.* (1992) y ligeramente superiores a Moreno *et al.* (2003) y a Martínez (2003), quienes con una dosis de 5 y 2.5 mg FM Kg⁻¹, respectivamente, obtuvieron una proporción sexual masculina de 95.8%.

El efecto de la temperatura mostró una tendencia positiva a incrementar el porcentaje de machos a 34°C, esto concuerda con lo encontrado en las progenies de la tilapia del Nilo (Abucay *et al.* 1999, Baroiller *et al.* 1999, Baras *et al.* 2001). Resultados similares se registraron para *O. aureus* (Desprez & Melard 1998) y *O. mossambicus* (Wang & Tsai 2000) quienes emplearon temperaturas por encima de 32°C.

La interacción del efecto ambiental y las hormonas exógenas ha sido poco estudiada. Varadaraj *et al.* (1994) registran que la interacción de la temperatura a 38°C y la administración oral de 17 α -metiltestosterona (MT) en *O. mossambicus*, influyó en una mayor proporción de hembras en la progenie, lo que denominaron como una inversión paradójica, fenómeno debido a un proceso de aromatización del andrógeno provocando la síntesis de estrógenos, lo que finalmente induciría a la diferenciación de un ovario. En la presente contribución no se observó una inversión paradójica y aunque se demostró que el porcentaje de machos fue determinado por los efectos de la hormona y la temperatura, no es posible identificar una posible sinergia entre ambos factores, debido a que por si sola

la FM fue capaz de producir 100% de machos, en ambos tratamientos térmicos.

Conclusión

La FM en concentraciones de 5 mg produce un efecto adverso en el crecimiento durante el periodo de suministro; sin embargo, pasado un periodo de sesenta y cinco días favorece el incremento en la tasa de crecimiento de los organismos que la consumen, de igual manera permite obtener porcentajes óptimos de masculinización en la progenie de *O. niloticus* dentro de un intervalo térmico de 30 a 35 °C.

Agradecimientos

Se agradece a dos árbitros anónimos por las sugerencias y comentarios que mejoraron las versiones previas del manuscrito final. Asimismo, se agradece a Aitor Aizpuru por la traducción del resumen al francés.

Referencias

- Abucay, J.S., G.C. Mair, D.O.F. Skibinski & J.A. Beardmore. 1999. Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture* 173: 219-234.
- Baras, E., B. Jacobs & C. Mélard. 2001. Effect of water temperature on survival, growth and phenotypic sex of mixed (XX-XY) progenies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 192: 187-199.
- Baroiller, J.F., Y. Guiguen & A. Fostier. 1999. Endocrine and environmental aspects of sex differentiation in fish. *CMLS. Cell Mol. Life Sci.* 55: 910-931.
- Caulton, M.S. 1982. Feeding, metabolism and growth of tilapias: some quantitative considerations. Pp: 157-180 *In* Pullin, R.S. & R.H. Lowe-Mc Conell (ed). The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management Manila Philippines.
- Devlin H.R. & Y. Nagahama. 2002. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture* 208: 191-364.
- Desprez, D. & C. Melard. 1998. Effect of ambient water temperature on sex determination in the blue tilapia *Oreochromis aureus*. *Aquaculture* 162: 79-84.
- Guerrero R.D. & W.L. Shelton. 1974. An aceto-carmin squash technique for sexing juvenile fishes. *Prog. Fish-Cul.* 36: 56
- Hiott, A.E. & R.P. Phelps. 1993. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. *Aquaculture* 112(4): 301-308.
- Hopkins O.K. 1992. Reporting fish growth: A review of the basics. *J. World Aqua. Soc.* 23(3): 173-179.
- Jiménez, B.M.L. & F.J.L. Arredondo. 2000. Effect of oral treatment of synthetic androgens on sex ratio, survival and growth rates, in three strains of tilapia. *Hidrobiológica* 10(2): 115-120.
- Lester L.J., K.S. Lawson, F.A. Abella & M.S. Palada. 1989. Estimated heritability of sex ratio and sexual dimorphism in tilapia. *Fish Management* 20: 369-380.
- Macintosh D.J. & D.C. Little. 1995. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Pp: 277-320 *In* Bromage, N.R. & R.J. Roberts (ed). *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Science.
- Mair, G.C. & D.C. Little. 1991. Population control in farmed tilapia. *NAGA. ICLARM Q.* 14(3): 8-13.
- Martínez, R.B.E. 2003. Comparación de la eficiencia de las hormonas fluoximesterona & 17 -metil testosterona en la reversión sexual de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México.
- Mbahinzireki, G.B. 1999. Tilapia, *Oreochromis* sp. (L.): sex reversal and performance on alternative sources of protein. *Diss. Abstr. Internatl. part B, Science and Engineering* (5): 19-29.
- McConell R.H.L. 1982. Tilapias in fish communities. Pp: 83-113 *In* Pullin, R.S. & R.H. Lowe-Mc Conell (ed). The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management Manila Philippines.
- Moreno, E. A., C.A. Rodríguez, S.I.A. Barriga & F.J. L. Arredondo. 2003. Producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con hormona fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. Consultado: 20 de octubre de 2004,

- enlace: www.civa2003.org/CIVA:77-88.htm
- Pandian, T.J. & W.L. Shella. 1995. Hormonal induction of sex reversal on fish. *Aquaculture* 138: 1-22.
- Phelps, R.P., W. Cole & T. Katz. 1992. Effect of Fluoxymesterone on sex ratio and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aqua. Fish Man.* 23(4): 405-410.
- Varadaraj, K., S. K. Sindhu & T.J. Pandian. 1994. Comparación of conditions for hormonal sex reversal of Mozambique Tilapias. *Prog. Fish-Cul.* 56(2): 81-90.
- Wang, L. & C. Tsai. 2000. Effects of temperature on the deformity and sex differentiation of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *J. Exp. Zool.* 286: 534-537.
- Weatherley A.H. & H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth. *J. Animal Ecol., Acad. Press, Londres*, 443 pp.
- Yamamoto, T. 1953. Artificiality induced sex reversal in genotype males of the Medaka (*Oryzias latipes*) with special reference to YY male. *J. Exp. Zool.* 123: 571-594.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4a ed., Prentice Hall, E.U.A., 662 pp.

Recibido: 3 de febrero de 2006.

Aceptado: 24 de septiembre de 2006.