



COMPARACIÓN E INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO EN TRES LÍNEAS GENÉTICAS DE TILAPIA *Oreochromis* sp.

[COMPARISON AND INTERACTION GENOTYPE-ENVIRONMENT OF THE PRODUCTIVE PERFORMANCE IN THREE GENETIC LINES OF TILAPIA *Oreochromis* sp.]

Jorge Luis Pérez-Fuentes, Carlos Iván Pérez-Rostro*, Martha Patricia Hernández-Vergara, Isabel Araceli Amaro-Espejo and Zulema Huicab-Pech

Instituto Tecnológico de Boca del Río, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Laboratorio de Crustáceos Nativos. Km 12 carretera Veracruz-Córdoba, CP. 94290. Boca del Río, Veracruz, Mexico.

Email: ivandna02@hotmail.com

** Corresponding author*

RESUMEN

La tilapia es la segunda especie más cultivada en el ámbito internacional, ya que son de rápido crecimiento y reproducción en cautiverio. Su mayor problema es lo impredecible del desempeño productivo de las variedades en diferentes ambientes y tipos de manejo. Por ello se comparó el desempeño productivo de tres líneas de tilapia: *Oreochromis niloticus* (N), *Oreochromis mossambicus* roja (M) y Rocky Mountain (R), cultivadas en cinco sitios en dos ambientes (Presas: Miguel de la Madrid y Miguel Alemán en el Estado de Oaxaca, México). Se usaron jaulas de dimensiones entre 18 y 48 m³, en las que se sembraron de 7 a 28 peces m⁻³, que se alimentaron con raciones que variaron dependiendo de los productos de 1 a 3 raciones día/jaula (de 300 a 1200 g). Se evaluó la longitud total (LT), peso (P), supervivencia (SUP) y rendimiento en filete (RF) de cada una de las líneas genéticas. Los resultados entre parámetros físicos químicos del agua, las zonas de cultivo y la eficiencia productiva de las líneas genéticas no mostraron diferencias significativas, a excepción de la ganancia de peso (g) entre sitios. Sin embargo, se consideró que las diferencias fueron debidas principalmente al manejo durante el estudio, más que a la línea genética. Las líneas genéticas presentaron desempeños similares (Tilapia R: LT 16.5±3.1 cm, P 99.0±46.6 g, RF 28 %, SUP 91.6 %. Tilapias N: LT 16.7±3.7 cm, P 98.2±40.9, RF 23 % SUP 86 %. Tilapias M: LT 15.4±4.6 cm, P 100.1 ±112.5 g, RF 30 %, SUP 91.6 %). Bajo las condiciones evaluadas, el manejo puede influir más que la línea genética en la eficiencia del cultivo.

Palabras clave: Líneas genéticas, densidad, alimentación, desempeño productivo.

SUMMARY

Tilapia is the second most widely cultivated species in the international scope, due to their fast growing and breeding capacity in captivity. Its biggest problem is the unpredictability of the productive performance of varieties in different environments and management types. For this reason, the productive performance of three lines: *Oreochromis niloticus* (N), red *Oreochromis mossambicus* (M) and Rocky Mountain (R), cultured in five sites in two environments (Presses: Miguel de la Madrid and Miguel Aleman in the State of Oaxaca, Mexico) was compared. Cages with dimensions between 18 and 48 m³ with stocking density of 7 to 28 fish m⁻³ were used. Feeding varied depending on the producers (1 to 3 portions a day/cage (300 to 1200 g of feed). Total length (TL), weight (P), survival (SUP) and fillet yield (RF) were evaluated in each genetic line. Results from physicochemical parameters of water, environments of culture and production efficiency of the strains indicated no significant differences, except for weight gain (g) between sites of culture. However, it was considered that the differences were mainly due to handling during the culture, rather than the genetic line. Genetic lines showed similar performance (Tilapia R: LT 16.5 ± 3.1 cm, P 99.0± 46.6 g, 28 % RF, SUP 91.6 %. Tilapia N: LT 16.7 ± 3.7 cm, P 98.2 ± 40.9, RF 23 % SUP 86 %. Tilapia M: LT 15.4 ± 4.6 cm, P 100.1 ± 112.5 g, 30 % RF, SUP 91.6 %). Under the conditions evaluated, type of management could influence the efficiency of the culture more than the genetic line.

Key words: Genetic line, density, feeding, productive performance.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que contribuye a la reducción de la pobreza. Además, propicia la generación de alimentos con gran aporte nutricional, ingresos y oportunidades de empleo. Actualmente la tilapia es la segunda especie que más se cultiva en el ámbito internacional, ya que se puede encontrar en 85 países (FAO, 2003). El mayor problema en la producción acuícola de tilapia se basa en los reportes de productores mexicanos locales, quienes indican que las diferentes líneas genéticas cultivadas suelen tener producciones impredecibles en los diferentes ambientes. Lo anterior afecta el crecimiento, fecundidad, supervivencia y rendimiento en filete, y repercute negativamente en las ganancias económicas de la actividad. La acuicultura en México está plagada de casos donde se han probado -con diferentes resultados- una amplia variedad de líneas genéticas; en muchos casos ha dado resultados menores a los esperados, con el consiguiente desinterés por la actividad (Castillo, 2003). La producción de tilapia necesita mejores componentes genéticos adaptados a las condiciones locales y de manejo para tener altos rendimientos. Si se considera que son muchos los factores involucrados, el desempeño productivo debe respaldarse con datos estadísticos, que permitan evaluar el rendimiento de cada una de las líneas en cultivo para elegir la más conveniente en cuanto a producción y a las condiciones medioambientales en que se mantengan. Por lo cual, se comparó el desempeño productivo de cuatro líneas de tilapia *Oreochromis* sp., cultivadas en jaulas en dos ambientes (presas Miguel de la Madrid y Miguel Alemán, en Oaxaca, México) y bajo diferentes esquemas de manejo productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó de junio a octubre de 2010 en la Presa Miguel de la Madrid, en la localidad de Cerro de Oro (18°97'96" LN, 96°23'21.86 LO) y la Presa Miguel Alemán en Temascal (18° 0'22.62" LN, 96°16'16.55" LO), ambas en el estado de Oaxaca, México. El agua de ambas presas corresponde a ambientes eutróficos, con nutrientes y estratificación térmica; alcalinas moderadamente duras con predominio de bicarbonatos y temperaturas entre 24 y 30 °C, con oxígeno de 10 mg L⁻¹ en la superficie a 2 mg L⁻¹ en el fondo (Figura 1).

Densidad de siembra

Se usaron crías hormonadas producidas en el Centro Acuícola de Temascal, de reproductores de

Oreochromis niloticus, *Oreochromis mossambicus* variedad roja y Rocky Mountain, provenientes de San Luis Potosí, México. A cada productor se le proporcionó 2000 crías por línea genética con un peso promedio inicial de 5 g. Se sembraron en jaulas elaboradas con maderos, cañas, tubería de PVC o infraestructura metálica (dependiendo de las posibilidades económicas de cada productor), en las que se les colocó un bolso de malla plástica tipo mosquitero (aprox. 5 mm de luz de malla) para evitar fuga de organismos. Un mes posterior a la siembra se realizó un reajuste de la densidad para asegurar que se tuvieran 1000 crías por jaula. Una vez que los organismos alcanzaron 30 g (2 meses) se procedió a reajustar la densidad para contar con 7 a 29 peces m⁻³. Las jaulas empleadas en la segunda fase se cubrieron con malla avícola de polipropileno. Debido a la disponibilidad de recursos y material, cada productor usó diferente tamaño de jaulas (18 a 48 m³), materiales y densidad de siembra final (7 a 28 tilapias m⁻³, Tabla 1).

Alimentación

Los organismos se alimentaron a saciedad durante todas las fases de crecimiento, sin embargo, varió la frecuencia, los horarios de alimentación y la cantidad de alimento suministrado por cada productor, de acuerdo al recurso disponible (de 300 a 1200 g de alimento diariamente por jaula) (Tablas 2 y 3).

Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros en el agua se midieron mensualmente en los puntos de producción, con muestras cada hora de las 9:00 a las 18:00 h. Se registró temperatura (°C), oxígeno (mg L⁻¹), pH, salinidad (ppm), sólidos disueltos (mg L⁻¹), conductividad (Ω cm⁻¹) y potencial de óxido-reducción ORP (-), para lo cual se utilizó la sonda multiparamétrica YSI-DO2000. Se determinaron nitratos (mg L⁻¹), nitritos (mg L⁻¹) y amonio (mg L⁻¹) con el kit colorimétrico Nutrafin.

Análisis estadístico

Se aplicó una análisis de varianza (ANOVA) de una vía para la evaluación de cada una de las líneas, un ANOVA bifactorial para determinar la interacción genotipo-medio ambiente y un análisis de regresión lineal para determinar la correlación entre densidad, alimentación y supervivencia; para lo cual se empleó el software Statistica v. 7.0.

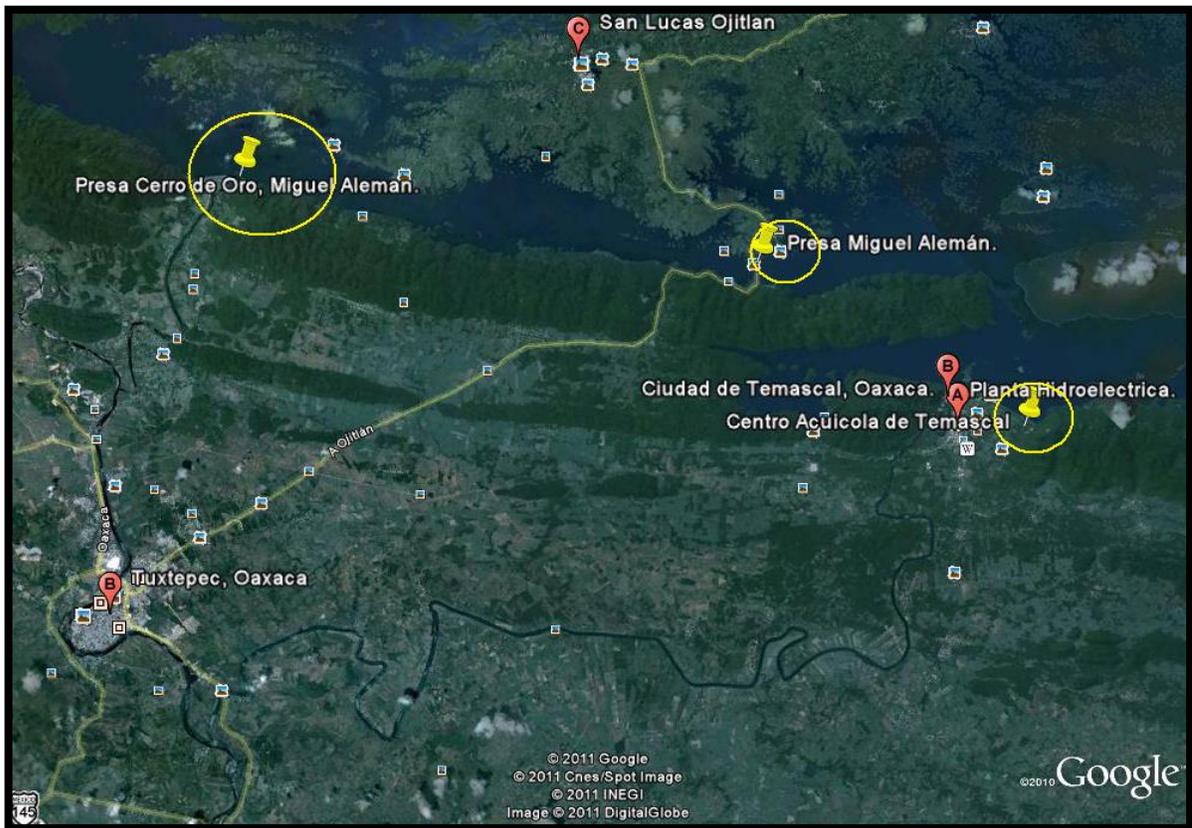


Figura 1. Macro localización del lugar de estudio: Centro Acuicola de Temascal, Presa Miguel Alemán y presa Miguel de la Madrid Hurtado, Oaxaca (Google earth 2010).

Tabla 1. Sitios de producción, dimensiones de jaula, densidad de cultivo y línea genética en evaluación. Presa Miguel de la Madrid (MM), Presa Miguel Alemán (MA), *Oreochromis niloticus* (N), *Oreochromis mossambicus* roja (M) y Rocky Mountain (R).

Presa	Sitio de producción	Tamaño y densidad de siembra en jaulas			
		Líneas cultivadas	Tamaño de jaulas (m y m ³)	Densidad m ⁻³	Densidad total
MM	I	N,M,R	3*3*2.2 (19.8)	18	350
MM	II	N,M,R	3*3*3 (27.0)	17	450
MM	III	N,M,R	3*3*2 (18.0)	20	350
MA	IV	N,M,R	4*4*3 (48.0)	8	350
MA	V	(N), M,R	4*4*2 (32.0)	(24), 32	(750), 1000

Tabla 2. Valores nutrimentales en alimento comercial suministrado durante el estudio en las diferentes fases de crecimiento del pez.

Fase	Valores nutrimentales en el alimento		
	Presentación	Proteína	Grasa
Cría, 4 a 8 g	Iniciación	45%	10%
Cría, 8 a 30 g	Mini pellet 1.5 mm.	44%	15%
Crecimiento y engorda, 30 a 60 g	Mini pellet 2.4 mm	40%	9%
Crecimiento y engorda, > 60 g	Extruido 3.5 mm	35%	8%

Tabla 3. Frecuencia y cantidad promedio de alimento (g), suministrado diariamente en cada jaula, por sitio de producción y presa.

Presa	Alimentación suministrada en jaulas flotantes		
	Sitio de producción	Alimentación promedio (g día ⁻¹)	Frecuencia día ⁻¹
Miguel de la Madrid	I	500	4±1
Miguel de la Madrid	II	1000	4±1
Miguel de la Madrid	III	333	3
Miguel Alemán	IV	1116	4±1
Miguel Alemán	V	700	4±1

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos del agua para los sitios de producción, presentaron valores óptimos para el cultivo de tilapia, con excepción del pH; sin embargo la alcalinidad se encontró dentro de los rangos adecuados de cultivo para el organismo. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre sitios de producción dentro de las presas Miguel de la Madrid y Miguel Alemán, así como en la comparación entre ellas (Tabla 4).

En general el desempeño productivo de las tres líneas genéticas en relación a longitud y peso obtenido durante la fase de pre-engorda fue similar, sin que existiera diferencia significativa entre ellas. Sin embargo, al considerar el coeficiente de variación de peso, además de la respectiva supervivencia por línea genética, se observó que el mejor desempeño lo presentaron los organismos de la línea Rocky Mountain, seguida por las tilapias *O. mossambicus* y posteriormente las *O. niloticus*, con rendimiento en filete de 28, 30 y 23 %, respectivamente (Figura 2).

Tabla 4. Muestra el valor promedio en los parámetros fisicoquímicos del agua, obtenidos en los diferentes sitios de producción, durante los meses de cultivo de junio a octubre de 2010.

S.P.	Temp. °C	DO mg L ⁻¹	pH	Sal	TDS g L ⁻¹	Ω cm ⁻¹	ORP (-)
I ^a	26.47±1.94	12.47±2.97	9.18±0.60	0.06±0.04	0.08±0.05	11887.48±8014.10	59.75±17.51
II ^a	26.61±2.18	12.25±2.34	9.42±1.02	0.06±0.04	0.08±0.05	12209.53±8225.94	70.80±21.99
III ^a	27.12±2.38	11.34±2.41	8.57±0.32	0.06±0.04	0.08±0.05	12082.15±8442.48	57.58±21.89
IV ^a	26.68±2.18	7.80±2.41	8.53±0.72	0.06±0.03	0.08±0.04	10160.00±7514.34	72.20±35.67
V ^a	26.84±2.43	8.39±2.73	9.01±0.97	0.06±0.03	0.08±0.04	10183.90±7497.38	74.47±34.84

NO₂ = 0.0, NO₃ = 0.0, NH₄ = 0.3±0.3. S.P. = Sitio de Producción: Presa Miguel de la Madrid: I, II, y III. Presa Miguel Alemán: IV y V. Diferente superíndice denota diferencia significativa (p < 0.05).

Desempeño productivo

Al comparar el desempeño de las líneas genéticas dentro de un mismo sitio de producción, no existió diferencia significativa entre alguna de ellas. Sin embargo, al analizar cada línea genética de manera

individual, se observaron diferencias en los sitios ($p < 0.05$), donde el mejor desempeño productivo se obtuvo para los organismos que se cultivaron en el Sitio I, a densidad promedio de 18 peces m^{-3} , para jaulas de 19.8 m^3 , con un suministro promedio de 500 g de alimento balanceado diario por jaula (Figura 3).

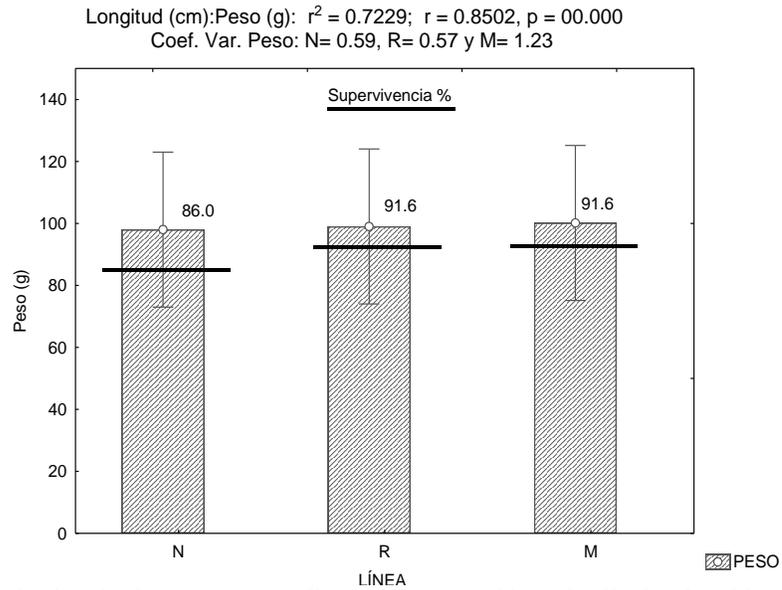


Figura 2. Supervivencia, longitud y peso promedio en líneas genéticas de tilapia obtenidas a 150 días de cultivo durante la pre-engorda en jaulas, para las presas Miguel de la Madrid y Miguel Alemán (junio a octubre 2010). *O. niloticus* (N), *O. mossambicus* roja (M), Rocky Mountain (R) y *Oreochromis niloticus* var. Egipcia (E).

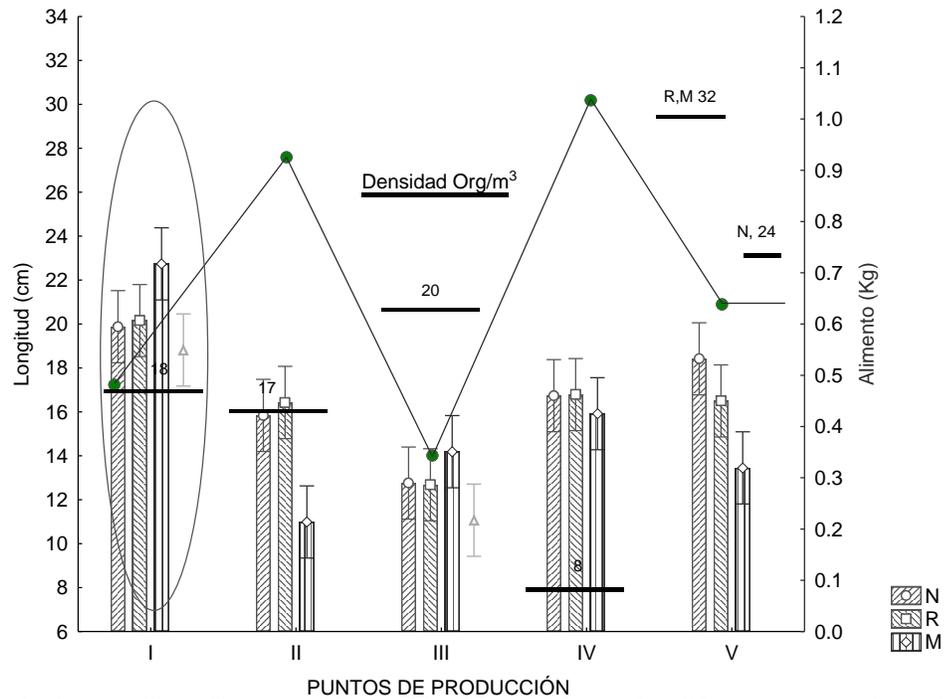


Figura 3. Longitud promedio en líneas genéticas cultivadas en jaulas, en los diferentes puntos de producción durante la fase de pre-engorda (150 días), en las presas Miguel de la Madrid (I, II y III) y Miguel Alemán (IV y V), Oaxaca. *O. niloticus* (N), *O. mossambicus* roja (M) y Rocky mountain (R).

DISCUSIÓN

Durante el periodo de estudio en las presas Miguel de la Madrid y Miguel Alemán, la temperatura y oxígeno promedio se mantuvo en concentraciones adecuadas para el cultivo de tilapia de acuerdo con Saavedra (2006), quien señala como óptimas una temperatura entre de 25 a 32 °C y oxígeno de 3 mg L⁻¹. Asimismo, se obtuvieron valores dentro del rango recomendado para la especie de salinidad, nitritos, nitratos y amonio (salinidad de 0 a 5 ppm, nitrito ≤ 1.0 mg L⁻¹, nitratos ≤ 5.0 mg L⁻¹ y amonio ≤ 2.0 mg L⁻¹), mientras que en pH presentó valores superiores al óptimo (7 a 8), con un promedio de 9.1±0.6 para las presas Miguel de la Madrid y Miguel Alemán, pero dentro de los rangos de tolerancia para el cultivo de tilapia (< 5 a > 12) (Saavedra, 2006). La tolerancia de las tilapias a los valores de pH pueden estar relacionadas con su adaptación al medio, dado que son condiciones normales de las presas asociadas al tipo de suelos que prevalece en la zona y que de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (1991), cuenta con características alcalinas de dureza moderada, con predominio de bicarbonatos al presentar un pH promedio de 8.55 a 8.75 para la presa Miguel de la Madrid y Miguel Alemán.

Los resultados de crecimiento en jaulas de las tilapia no presentaron diferencias significativas para la longitud y peso final entre líneas. Sin embargo la línea Mossambica presentó tallas superiores a las de las tilapias Rocky Mountain y Nilotica. En contraste con lo anterior, el mejor desempeño en supervivencia final (%) se obtuvo con las tilapias Rocky Mountain, seguida por la Mossambica y al final la Nilotica. Dichos resultados no coinciden con los propuestos por Macaranas *et al.* (1997), Orozco (1998), Muñoz (2000), Meyer *et al.* (2006) y Pérez-Fuentes (2011), quienes consideran a la línea *Oreochromis niloticus* como una de las especies de mejor crecimiento y supervivencia dentro del grupo de las tilapias. Sin embargo esos cultivos se realizaron en estanquería, lo que puede variar el resultado.

El rendimiento en filete en el presente estudio se puede considerar relacionado con la línea genética, debido a que la tilapia Mossambica tuvo mejor rendimiento, seguida por Rocky Mountain (las de mayor peso final) y en último lugar la tilapia Nilotica; lo que indica que las líneas genéticas que alcanzan un mayor peso no necesariamente significa que tendrán un mayor rendimiento en filete. Estos resultados concuerdan con Villarue (2010), quien menciona que la línea Mossambica tiene un mejor desempeño en filete en comparación de la tilapia Nilotica. A pesar de lo anterior, durante el presente estudio se obtuvo un menor rendimiento en filete comparado con dicho autor.

De acuerdo a lo anterior, se recomienda el cultivo de las tilapias Rocky Mountain y Mossambica, para las presas Miguel Alemán y Miguel de la Madrid, Oaxaca. Ambas presentan una alta tasa de crecimiento y supervivencia, y mayor rendimiento en filete.

CONCLUSIÓN

El desempeño productivo de las líneas genéticas *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* variedad roja y Rocky Mountain, dependió en gran medida de su manejo durante el cultivo, más que a la genética de línea. Las tilapias Rocky Mountain y Mossambica presentaron altas tasas de crecimiento y supervivencia, y mayor rendimiento en filete en las presas Miguel Alemán y Miguel de la Madrid, en Oaxaca, México.

REFERENCIAS

- Castillo, L. F. 2003. Tilapia roja 2003. Una evolución de 22 años. De la incertidumbre al éxito. http://red_arpe.cl/document/Tilapia_Roja_2003.pdf (Consultado: 2011 Mayo 15).
- FAO. 2003. El papel de la acuicultura en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma. 12 a 14 de Mayo, 2003.
- Garduño-Lugo, M., Muñoz-Cordoba, G., Olvera-Novoa, M.A. 2003. Mass selection for red color in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). *Aquaculture Research*. 35: 340-344.
- Villarue R., H. O. 2010. Comparación del desempeño productivo entre las tilapias rojas: Pargo-UNAM y Red Jumbo, y la tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre, bajo condiciones de cultivo intensivo en la zona centro-norte del estado de Veracruz. Tesis. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. UNAM-FMVZ. pp. 58.
- Instituto Nacional de Ecología. 1991. Diagnóstico de la problemática de la contaminación del agua en el agua de Oaxaca. Libro INE. Clasificación AE009136. México. pp.148.
- Macaranas, J. M., Mather, P. B., Lal, S. N., Vereivalu, T., Lagibalavu, M., Capra, M. F. 1997. Genotype and environment, a comparative evaluation of four tilapia stocks in Fiji. *Aquaculture*. 150: 11-24.

- Meyer, D., Castillo, C, Triminio, S. 2006. Manual de Prácticas de Acuicultura. 3a Ed. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. pp.111.
- Muñoz, G. 2000. Heterosis, habilidad combinatoria, proporción de sexos y segregación del color rojo en un cruzamiento dialélico completo de tres especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México. Decima Cuarta Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Veracruz 2001. pp. 7.
- Pérez-Fuentes, J. L. 2011. Comparación e interacción genotipo-ambiente del desempeño productivo en cuatro líneas genéticas de tilapia *Oreochromis sp.* Tesis. Instituto Tecnológico de Boca del Río, México. 102 p.
- Orozco, F. 1998. Comparación del crecimiento temprano de tres líneas de tilapia (*Oreochromis sp.*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. pp. 27.
- Saavedra, M. 2006. Texto de Asignatura Producción Agropecuaria y Acuícola. Carrera Ingeniería Industrial. Departamento de Tecnología y Arquitectura. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.

Submitted November 11, 2011 – Accepted April 16, 2016