

## Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba

Iliana Fraga<sup>1\*</sup>, Eduardo R. Flores<sup>1</sup>, Rodrigo Reyes<sup>1</sup>, Yulieti Llanes<sup>1</sup>

(1) Centro de Investigaciones Pesqueras, 5ta. Ave. y 246, Santa Fe, Playa, La Habana CP 19100, Cuba.

(\*) Autor para la correspondencia: [ifraga@cip.telemar.cu](mailto:ifraga@cip.telemar.cu)

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto sobre el crecimiento y la supervivencia, de diferentes densidades de siembra de tilapia roja en jaulas de diferentes volúmenes (4, 6 y 16 m<sup>3</sup>) se desarrollaron tres ciclos de engorde en la bahía de Casilda, provincia Sancti-Spiritus. La selección del sitio se realizó a partir de una red de cinco estaciones muestreadas en lluvia y seca para determinar los parámetros físico, químicos, batimétricos y turbidez. Los alevines se adaptaron al agua de mar en tanques de 12 m<sup>3</sup>, con flujo de agua marina (1.4 - 2.8 L/segundo) durante 24 horas con supervivencia de 96%. Al emplear densidades de 73 y 184 alevines/m<sup>3</sup> en jaulas de 6 m<sup>3</sup>, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el crecimiento y supervivencias (98%), con rendimientos de 19 - 54 kg/m<sup>3</sup>. Al emplear jaulas de 4 m<sup>3</sup> y densidades de 150, 250 y 350 alevines/m<sup>3</sup>, los rendimientos aumentaron entre 37 y 67 kg/m<sup>3</sup>. El crecimiento fue menor ( $p > 0.05$ ) con la mayor densidad. En jaulas de 16 m<sup>3</sup> se evaluaron densidades de 140, 250 y 350 alevines/m<sup>3</sup>, el crecimiento fue mayor ( $p > 0.05$ ) con la densidad menor (140/m<sup>3</sup>). Los rendimientos variaron entre 21 - 54 kg/m<sup>3</sup>, siendo menor a la densidad de 350/m<sup>3</sup>, debido a las bajas supervivencia (31.4%), por deficiencia de oxígeno. El cómputo químico de los alimentos comerciales, mostraron que todos los aminoácidos de la tilapia están representados y la Lisina apareció como aminoácido limitante. El impacto al medio fue reducido con aportes de fósforo y nitrógeno entre 0.1 - 0.33 y 0.024 - 0.079 kg/t de alimento respectivamente.

**Palabras clave:** Alimento, ambiente marino, densidad de siembra, engorde, jaula, impacto ambiental, rendimiento, tilapia roja.

### ABSTRACT

In order to evaluate the effect on growth and survival of red tilapia fingerlings, different densities stocked, in cages with 4, 6 and 16 m<sup>3</sup>, three cycles of on growing were developed in Casilda Bay. The site was selected from a network of five stations sampled, in wet and dry seasons and determines the physical parameters, chemical, bathymetric and turbidity. The fingerlings were adapted to seawater in tanks of 12 m<sup>3</sup>, with flowing seawater (1.4 - 2.8 L / sec) for 24 hours and survival of 96% were obtained. Stock densities of 73 and 184 alevines/m<sup>3</sup> were used in cages of 6 m<sup>3</sup>, no significant differences ( $p > 0.05$ ) in growth and survival (98%) were obtained, and yields of 19 - 54 kg/m<sup>3</sup>. In cages of 4 m<sup>3</sup> were essayed densities of 150, 250 and 350 alevines/m<sup>3</sup>. Yields increased between 37 and 67 kg/m<sup>3</sup>, but growth was lower ( $p > 0.05$ ) at higher density. In 16 m<sup>3</sup> cages were evaluated densities of 140, 250 and 350 alevines/m<sup>3</sup>, growth was higher ( $p > 0.05$ ) with lower density (140/m<sup>3</sup>). Yields ranged from 21 - 54 kg/m<sup>3</sup>, being less in 350/m<sup>3</sup> density, due to low survival (31.4%) by oxygen deficiency in these cages. Chemical score of commercial foods showed that all amino acids of tilapia are represented in feeds and lysine appeared as a limiting amino acid. The environment impact culture was reduced, phosphorus and nitrogen inputs varied from 0.1 to 0.33 and from 0.024 to 0.079 kg/t of feed respectively.

**Key words:** Food, seawater, stock density, grow out, cage, environment impact, yield, red tilapia.

### INTRODUCCIÓN

La producción de tilapia en el 2009 se acercó a los 3.0 millones de toneladas (mt), FAO (2010) y se estima supere la de salmón a niveles de 3.1 mt (Gualdone, 2010). El cultivo de esta especie será el más importante en el siglo XXI para la alimentación mundial, debido a su período de crecimiento relativamente más corto en relación a otros peces y por presentar alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción (Fitzsimmons, 2006), y se ha convertido en uno de los peces mas comercializados en el ámbito internacional debido a su carne blanca, de fácil fileteado, con escasas espinas, suave sabor y versatilidad en la cocción (Usgame *et al.*, 2008).

Los cambios climáticos a nivel global, con aumentos de temperaturas, reducción del régimen de

lluvias y la competencia por el agua en actividades agrícolas y urbanas (El-Sayed, 2006), pueden poner en riesgo el incremento de la producción dulceacuícola en un período de tiempo relativamente corto (Fujisaka *et al.*, 2009). Es por ello que muchos países han motivado el desarrollo de la acuicultura en aguas salobres y marinas.

La tilapia roja obtenida a partir del cruce entre dos especies (*Oreochromus mossambicus* x *O. aureus*) presenta un potencial elevado para su cultivo en ambiente marino, no sólo por su tolerancia a diferentes salinidades, sino también porque soporta el confinamiento con supervivencias elevadas y crecimiento acelerado, así como por su aspecto atractivo dado por su coloración similar a la del pargo y el buen

sabor de su carne (Watanabe, 2002).

El alimento es un factor esencial en el cultivo de tilapia en jaula y representa una fracción significativa en los costos de producción. La composición y el manejo del mismo determinan el impacto que puedan tener sobre el ambiente marino, el desarrollo de estas granjas. Según Gualdoniç (2010) y Van Os (2011), el alimento para el engorde de tilapia no requiere de harina de pescado, ni antibióticos, por lo que puede ser amigable con el medio ambiente.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar los resultados alcanzados en el engorde de tilapia roja en jaula, desarrollados en la bahía de Casilda, provincia Sancti-Spíritus, Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de evaluar el efecto sobre el crecimiento y la supervivencia, de diferentes densidades de siembra de tilapia roja, en jaulas de diferentes volúmenes (4, 6 y 16 m<sup>3</sup>) se desarrollaron tres ciclos de engorde en la bahía de Casilda, provincia Sancti-Spíritus, Cuba, siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado con tres réplicas por cada tratamiento.

Para la selección de sitio se creó una red de cinco estaciones, donde se tomaron muestras de agua y sedimento, en época de seca y de lluvia, para determinar los parámetros físicos, químicos, batimétricos y sólidos en suspensión.

Los ensayos se desarrollaron en jaulas rústicas, construidas con marcos de barras metálicas corrugadas de ¼", malla galvanizada de 2" o malla plástica de 20 mm, con tapa de igual material. Para evitar el escape de los alevines con 10 g de peso, se colocó en su interior un bolso de malla rashel con 10 mm de luz de malla, hasta que alcanzaran 60 g de peso. Posteriormente las mallas plásticas se sustituyeron por bolsos de malla rashel de 10 y 20 mm de luz de malla, que se cambiaron cada quince días y se pusieron al sol para su limpieza.

En el primer ciclo se utilizaron jaulas rústicas de 6 m<sup>3</sup> (2x3x1). En el segundo y tercer ciclo, jaulas de

4 (2x2x1) y 16 m<sup>3</sup> (3x3x1.78) respectivamente.

Para el desarrollo del engorde, los alevines de tilapia roja con sexos mezclados, se trasladaron desde la Estación de Alevinaje La Sierpe (Sancti-Spíritus), hasta la bahía de Casilda, dentro de cajas de traslado de 2 m<sup>3</sup>, a una densidad entre 20 y 30 g/L, con suministro de oxígeno. En las instalaciones de Casilda se distribuyeron en tanques de fibra de vidrio ovalado con 12 m<sup>3</sup> de agua de pozo y suministro de oxígeno constante, donde se mantuvieron en reposo, entre 12 – 24 horas, con el objetivo de eliminar el estrés por traslado.

La adaptación de los alevines de tilapia roja al agua de mar, se realizó en los mismos tanques de reposos y se mantuvo un flujo de agua marina continuo a razón de 1.4 – 2.8 litros/segundo. Cada tres horas se midieron los parámetros abióticos. El oxígeno disuelto y la temperatura se midieron con un oxímetro modelo 58, con precisión de 0.01 mg/l y 0.01°C. La salinidad se midió usando un refractómetro ATAGO con precisión de 0.01 ups. El pH con un pHmetro Hanna.

Durante el período de reposo y adaptación al agua de mar, los alevines se alimentaron con un granulado de engorde inicial (EI) con 32% de proteína y 2 mm de diámetro. Se les suministró una ración del 5% de la biomasa, dividida en cuatro frecuencias diarias. Cada cuatro horas se realizó la limpieza del fondo del tanque para eliminar restos del alimento, heces fecales y organismos muertos.

Las fórmulas comerciales se evaluaron por el método del cómputo químico (García, 1993), empleando como proteína de referencia la composición aminoácida del músculo de tilapia (Izquierdo *et al.*, 2000) y de los ingredientes proteicos (Díaz-Guzmán, 1996).

Los alimentos comerciales se elaboraron, según Toledo (2005), en la fábrica ALISUR, del municipio Santa Cruz del Sur, provincia Camagüey, por tecnología de prensado. La dieta de engorde inicial incluyó un 5% de harina de pescado y la de engorde final (EF), incluyó harina de soya como única fuente proteica (Tabla 1).

Tabla 1. Composición porcentual de los alimentos balanceados empleados en el engorde de tilapia en jaulas.

Ingredientes	Nivel de inclusión (%)	
	Engorde inicial (EI)	Engorde final (EF)
Harina de pescado	5	0
Harina de soya desgrasada	45	50
Salvado de trigo	33	33
Trigo entero molido	10	10
Aceite de soya	3	3
Fosfato dicalcico	3	3
Premezcla de vitaminas y minerales	1	1
Total	100	100
Proteína (%)	32	28.34
Lípidos (%)	6.5	6.1
Energía (Mj/kg)	10.0	9.03

Para estimar el impacto del cultivo de tilapia en la bahía de Casilda, se evaluó el aporte de nutrientes durante cada ciclo, teniendo en cuenta la cantidad de alimento suministrado, consumido y no consumido, así como, el nitrógeno y el fósforo contenido en el alimento y el excretado por los peces. El contenido de fósforo disponible en la dieta se determinó según Akiyama (1995). El aporte de nitrógeno de las mismas y el excretado se calculó según factor de conversión de proteína de las fuentes proteicas (Tacon, 1989), considerando que de la cantidad de alimento suministrado, el 75% es consumido, el 25% no consumido y el 50% es excretado, así como, el nitrógeno excretado por los peces producto del metabolismo. Para el cálculo se partió de los índices productivos de biomasa, consumo y factor de conversión del alimento (FCA).

El traslado de los peces hacia las jaulas se realizó en bolsas de nylon de 20 L, con agua de mar saturada de oxígeno medicinal, a una densidad de 30 g/L. En la jaula, las bolsas se colocaron en el agua hasta igualar temperatura y las tilapias se liberaron suavemente. Durante el engorde, el alimento E1 se adicionó, hasta que las tilapias alcanzaran los 90g de peso y posteriormente el E2 hasta la cosecha (Tabla 2).

Tabla 2. Tabla de alimentación empleada en el engorde de tilapia en jaula.

Peso medio de los peces (g)	Ración diaria (composición porcentual)	Número de porciones iguales
10 - 150	4	8
151 - 250	3	6
Mayor de 251	2	4

Para la evaluación del crecimiento final de cada ciclo de cultivo, se emplearon los siguientes parámetros:

- Peso Inicial (PI): se pesaron, en una balanza digital 0.1 g de precisión, 100 alevines de tilapia tomados al azar.
- Peso final (PF): se pesaron y midieron por separado, 100 tilapias de cada jaula tomadas al azar, en una balanza digital de 0.1 g de precisión.
- Tasa de crecimiento diaria (TCD):  $TCD = \frac{PF - PI}{\text{tiempo de cultivo}}$
- Rendimiento (R):  $R = \text{Total de peces} / m^3$ .
- Factor de conversión del alimento (FCA):  $FCA = \frac{\text{cantidad de alimento añadido}}{\text{ganancia en peso}}$ .
- Biomasa final (BF):  $BF = \text{número total de animales} \times PF$ .
- Supervivencia (S):  $S = \frac{\text{No. peces al final}}{\text{No. Peces inicial}} \times 100$ .

Los resultados de PF, crecimiento, FCA y S se compararon a través de la prueba de Tukey ( $p = 0.05$ )

luego de comprobar su normalidad mediante la prueba de Kolmogoro-Smirnov y la homogeneidad de varianza, a través de la prueba de Bartlett. Los valores de supervivencia se transformaron a arcoseno y todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica (StatSoft, Tulsa, OK, USA).

Con los valores de PF y densidades de siembra de cada tratamiento, se realizaron análisis de regresión y correlación entre crecimiento y densidad de siembra, ajustándolos a una ecuación polinomial cuadrática (Shearer, 2000; Hernandez-Llamas, 2009):  $Y = a_0 + a_1S + a_2S^2$

Donde:

Y: representa el peso medio final (PF).

$a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ : los coeficientes de regresión.

S: la densidad de siembra.

La tendencia de la densidad óptima del PF ( $Y_m$ ), se calculó a partir de la ecuación:

$$Y_m = -\frac{a_1}{2a_2} - 1 \quad (\text{Gurure et al., 1995}).$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad ambiental del sitio seleccionado en la bahía de Casilda corresponde a lo recomendado por Auró (2001), (Tabla 3).

En la adaptación de las tilapias al agua de mar, al mantener un flujo de agua marina de 2.8 L/seg., a las 24 horas la salinidad del tanque alcanzó valor de 35 ups. Aunque algunos autores han recomendado este proceso de forma más lenta (Hopkins *et al.*, 1989; González Corre, 1988), el híbrido rojo empleado, se adapta bien al incremento de salinidad con supervivencias entre 93 y 99%. Según Al-Sayed (2006), las tilapias son excelentes candidatos para el cultivo en agua salobre y marina, debido a su habilidad para soportar amplios rangos de salinidad.

Tabla 3. Características del sitio seleccionado para el engorde de tilapia en la bahía de Casilda. Valores máximos, mínimos y desviación estándar (DS).

Parámetros medidos	Máximo	Mínimo	DS
Profundidad (m)	3.8	2.5	0.9
Oxígeno (mg/L)	7.1	6.2	0.83
Salinidad (ups)	38.2	36.3	0.1
Temperatura (°C)	30.3	23.0	0.5
DBO	2.5	0.31	0.9
Nitrito (mg/L)	0.17	0.13	0.04
Amonio (mg/L)	0.21	0.11	0.05
pH	8.3	7.5	0.38
Fosfatos	1.2	0.5	0.68
Velocidad de la corriente (cm/seg.)	16	8	2.7
Sólidos en suspensión (mg/L)	23	20	0.05

**Primer ciclo:** No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la S, PF, GP y TCD entre las tilapias sembradas a densidades de 73 y 184/m<sup>3</sup> en jaulas de 6 m<sup>3</sup> y no se encontraron correlación significativa entre el crecimiento y la densidad de siembra. La BF y el R fueron significativamente superiores en las tilapia sembradas a mayor densidad, así como mejor FCA, (Tabla 4).

Las bajas temperaturas del agua, en febrero y marzo (23 – 26°C) pudieron retardar el crecimiento de los peces. Alamilla (2002) determinó que la tilapia tiene como nivel óptimo de crecimiento entre 25° y 33°C. De ahí que los peces demoraron mayor tiempo (135 días) en alcanzar la talla comercial. La cosecha se realizó a los 181 días con pesos medios de 312±98 g.

**Segundo ciclo:** En jaulas de 4 m<sup>3</sup>, no se encontraron diferencias significativas entre los PF, al emplear densidades de 150 y 250/m<sup>3</sup>. A mayor densidad (350/m<sup>3</sup>), el PF fue estadísticamente inferior, así como menor GP y TCD (Tabla 4). Una correlación significativa se encontró entre las densidades de siembra y el peso medio final de las tilapias, que se expresa a través de la ecuación:

$y = -0.0018x^2 - 1.2656x + 427.99$ ,  $r^2 = -0.9349$  (Figura 1).

El FCA fue significativamente menor ( $p > 0.05$ ) en los alevines sembrados a 250/m<sup>3</sup>. Sin embargo este indicador resultó elevado para la menor y mayor densidad ensayada, probablemente debido a un manejo deficiente del alimento.

La S alcanzó valores entre 96.1 – 97.7%. Los mayores R se obtuvieron con las densidades más elevadas (250 y 350/m<sup>3</sup>). Resultados similares alcanzó Ostini *et al.* (2006) al evaluar densidades de siembra entre 50 y 400 alevines/m<sup>3</sup> de tilapia roja.

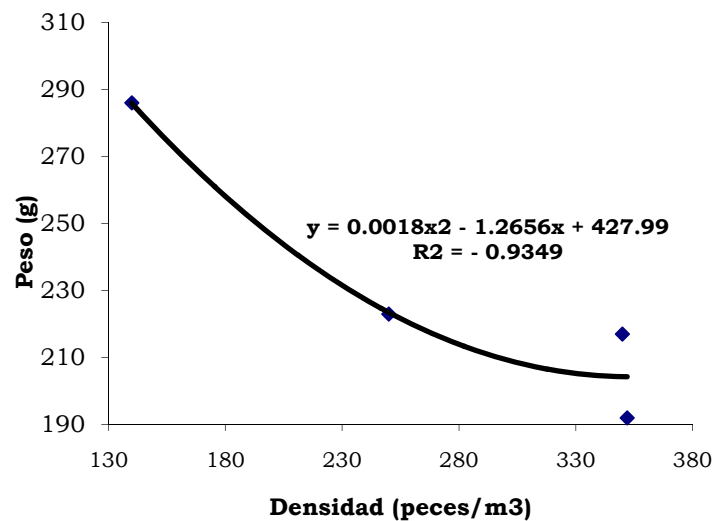


Figura 1. Relación obtenida entre densidad de siembra y peso final de las tilapias cultivadas en jaulas de 4 m<sup>3</sup> en la bahía de Casilda.

**Tercer ciclo:** En jaulas de 16 m<sup>3</sup>, los mejores resultados se alcanzaron con la densidad de 140/m<sup>3</sup>. La S y el FCA resultaron similares entre densidades de 140 y 250 m<sup>3</sup>, sin embargo la supervivencia fue significativamente inferior ( $p < 0.05$ ) a la mayor densidad ensayada (350/m<sup>3</sup>). Las causas de mortalidad sucedieron debido a tres factores que incidieron: elevada biomasa dentro de la jaula (74 kg/m<sup>3</sup>); elevado consumo de oxígeno; lento recambio del volumen de agua en las jaulas lo que propició el agotamiento del oxígeno. Tanto el crecimiento como la TCD se afectaron con el incremento de la densidad. El mayor rendimiento (53.7 kg/m<sup>3</sup>) se obtuvo con las tilapias sembradas a 250/m<sup>3</sup> (Tabla 4). Resultados similares alcanzaron Thanh *et al.* (2004)

Tabla 4. Resultados del engorde de tilapia en jaulas de 4, 6 y 16 m<sup>3</sup> en bahía de Casilda. (Los resultados se expresan en n±DS) (n= 3). Exponentes iguales, en cada ciclo, no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

Indicadores evaluados	Primer ciclo		Segundo ciclo			Tercer ciclo		
	73	184	150	250	350	140	250	350
Densidad No./m <sup>3</sup>	73	184	150	250	350	140	250	350
Vol /No.de jaulas	6 m <sup>3</sup> /3	6 m <sup>3</sup> /3	4 m <sup>3</sup> /3	4 m <sup>3</sup> /3	4 m <sup>3</sup> /3	16 m <sup>3</sup> /3	16 m <sup>3</sup> /3	16 m <sup>3</sup> /3
Días de cultivo	180	181	158	158	158	158	158	158
No. de peces inicial	438	1104	600	1000	1400	1500	2200	5600
Supervivencia (%)	94.2 <sup>a</sup>	99.53 <sup>a</sup>	97.7 <sup>a</sup>	96.8 <sup>a</sup>	96.1 <sup>a</sup>	97.4 <sup>a</sup>	97.0 <sup>a</sup>	31.4 <sup>b</sup>
PMI (g)	16±3.5	14±3.7	10±2.1	10±2.0	10±2.3	10±2.5	10±2.0	10±2.4
PMF (g)	310±97 <sup>a</sup>	315±101 <sup>a</sup>	256.2±89 <sup>a</sup>	255±91 <sup>a</sup>	218.6±78 <sup>b</sup>	285.6±110 <sup>a</sup>	222.8±77 <sup>b</sup>	216.5±8 <sup>b</sup>
GP (g)	294 <sup>a</sup>	301 <sup>a</sup>	246.2 <sup>a</sup>	245.0 <sup>a</sup>	208.6 <sup>b</sup>	275.6 <sup>a</sup>	212.8 <sup>b</sup>	206.5 <sup>b</sup>
TCD (g/día)	1.62 <sup>a</sup>	1.66 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	1.55 <sup>a</sup>	1.32 <sup>b</sup>	1.74 <sup>a</sup>	1.35 <sup>b</sup>	1.30 <sup>b</sup>
BMI (Kg/jaula)	7.2	15.47	6.0	10.0	14.0	15.0	22.0	56.0
BMF (Kg/jaula.)	113.9 <sup>b</sup>	341.9 <sup>a</sup>	149.4 <sup>b</sup>	245.92 <sup>a</sup>	264.6 <sup>a</sup>	428.4 <sup>b</sup>	858.5 <sup>a</sup>	340.9 <sup>c</sup>
R (Kg/m <sup>3</sup> )	18.98 <sup>b</sup>	54.41 <sup>a</sup>	37.35 <sup>b</sup>	61.48 <sup>a</sup>	66.55 <sup>a</sup>	26.77 <sup>b</sup>	53.66 <sup>a</sup>	21.31 <sup>b</sup>
FCA	3.4 <sup>b</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>c</sup>	2.3 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>

al evaluar el cultivo de tilapia roja en jaulas de 16 m<sup>3</sup> y densidades entre 50 y 150 tilapias/ m<sup>3</sup>, observaron una dependencia entre crecimiento y densidad. La calidad del agua, tasa de alimentación, calidad del alimento, talla de los peces y densidad de siembra son limitantes del crecimiento de los peces durante el engorde en jaula (Schmittou, 1969). Según Ono y Kubitz (2003), en jaulas de alto volumen (18 m<sup>3</sup>), los rendimientos son menores debido a que la tasa de intercambio de agua es menor. En cambio las jaulas de bajo volumen sembradas a altas densidades (hasta 250 kg/m<sup>3</sup>) tienen mayor tasa de intercambio de agua y mayores rendimientos. Gupta y Acosta (2004) alcanzaron productividades de 305 y 100 kg/m<sup>3</sup> por ciclo, en jaulas de 4 y 18 m<sup>3</sup> respectivamente.

Una correlación significativa se encontró entre las densidades de siembra y el peso final de las tilapias cultivadas en jaulas de 16 m<sup>3</sup> (Figura 2), que se expresa a través de la ecuación:

$$y = -0.0019x^2 + 0.76x + 184.75, r^2 = -0.9043.$$

Los resultados del cómputo químico realizado a los alimentos comerciales E1 y EF, mostraron que todos los aminoácidos de la tilapia están representados y la Lisina apareció como aminoácido limitante (AAL) en ambas fórmulas (Figura 3). Las tasas de crecimiento diario y supervivencia obtenidas en los ensayos realizados, son comparables a los alcanzados por diferentes autores, en condiciones de cultivo similares y alimentos de alta calidad. Los requerimientos proteicos de la tilapia roja de la Florida cultivada en agua de mar, han sido estudiados por Clark *et al.* (1990), quienes encontraron que el crecimiento y supervivencia de los peces alimentados con dietas

isocalóricas con diferentes niveles de proteína (20, 25 y 30%), no presentaron diferencias significativas. Los requerimientos nutricionales de las tilapias cultivadas en ambiente marino no han sido bien estudiados, no obstante estos resultados indican que los requerimientos proteicos de las tilapias mantenidas en agua de mar o salobre pueden requerir niveles de proteína menores para un óptimo crecimiento, que los peces mantenidos en agua dulce (El-Sayed, 2006). Orachunwong (2001) al evaluar el crecimiento de la tilapia roja de la Florida, cultivadas en jaulas en agua salobre, no encontró diferencias significativas al alimentarlas con dietas de 20 y 25% de proteína.

El fósforo contenido en ambos alimentos, E1 y E2, es similar con 0.21 kg/t de producto. El aporte de fósforo y nitrógeno al ambiente marino varió entre 0.1 - 0.33 y 0.024 - 0.079 kg/t de alimento respectivamente, durante los diferentes ciclos de engorde (Figura 4). Niveles de N por encima de 1.2 kg/t en sedimento, se asocian con una disminución de la macrofauna y, por tanto, con una degradación del medio (Molina y Vergara, 2005). La acuicultura marina en jaula, raramente genera alteraciones ecológicas preocupantes debido a los residuos disueltos, ya que los mismos son rápidamente dispersados por las corrientes e incorporados en la cadena trófica. Tan sólo en casos aislados y bajo condiciones hidrológicas de confinamiento muy concreto, se han detectado incrementos de nutrientes o fitoplancton alrededor de las granjas. Thanh *et al.* (2004) al estudiar el efecto del cultivo de tilapia roja en jaulas de 16 m<sup>3</sup> sembradas a diferentes densidades, durante cinco meses, no encontraron cambios significativos en la calidad de agua y sedimento.

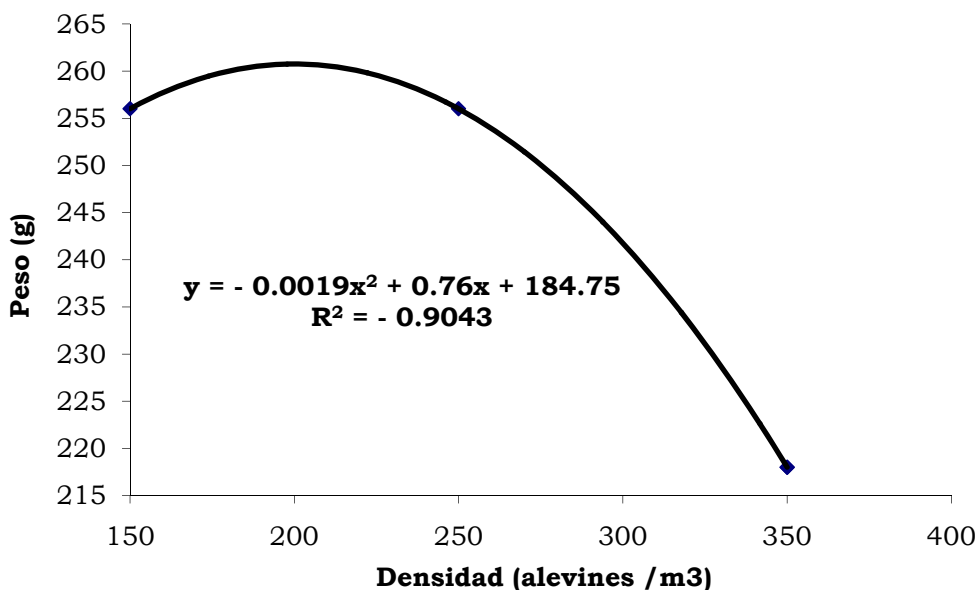
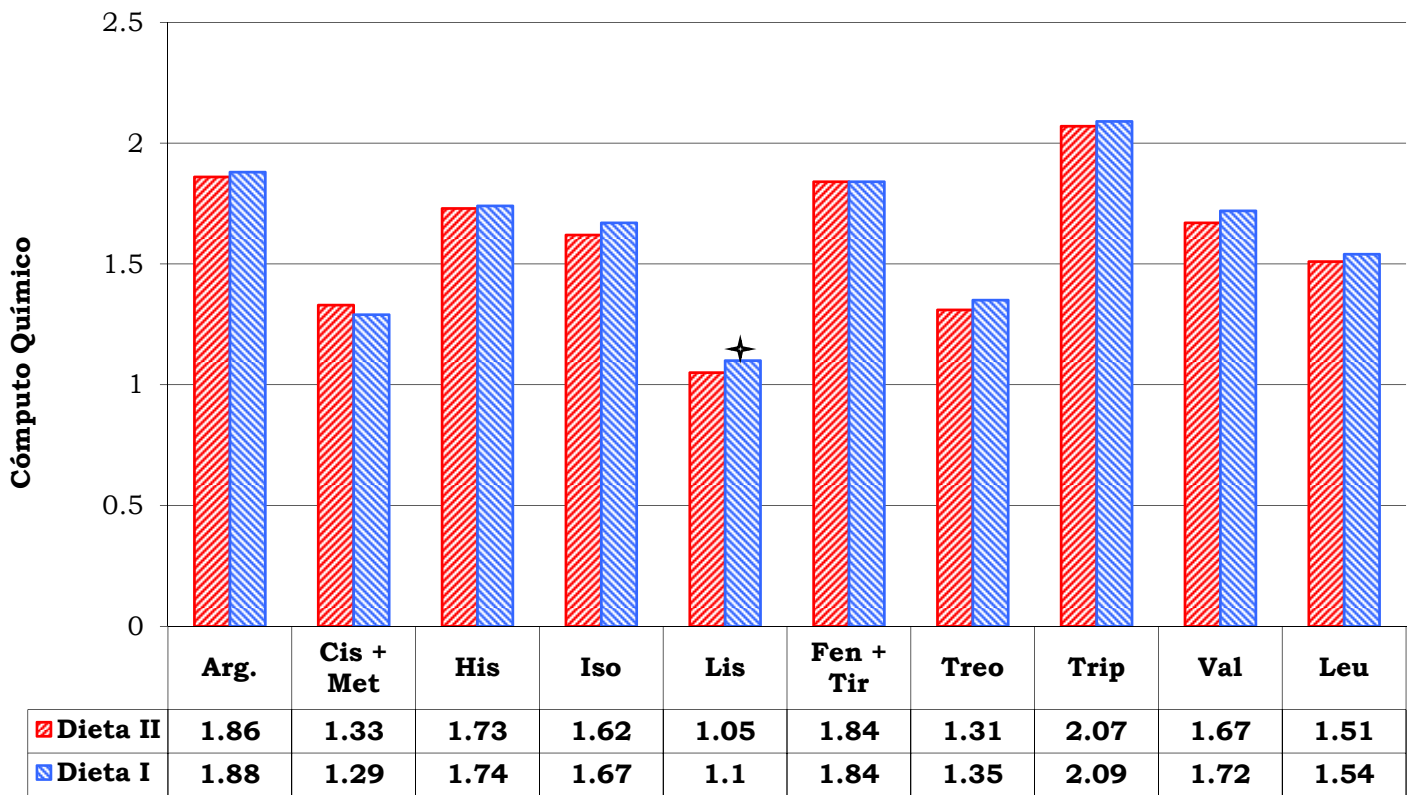


Figura 2. Relación obtenida entre densidad de siembra y peso final de las tilapias cultivadas en jaulas de 16 m<sup>3</sup> en la bahía de Casilda



**Aminoácidos Esenciales  
( + aminoácido limitante)**

Figura 3. Resultado del cómputo químico de los alimentos comerciales en el engorde de tilapia en jaula. Primer AA limitante (+).

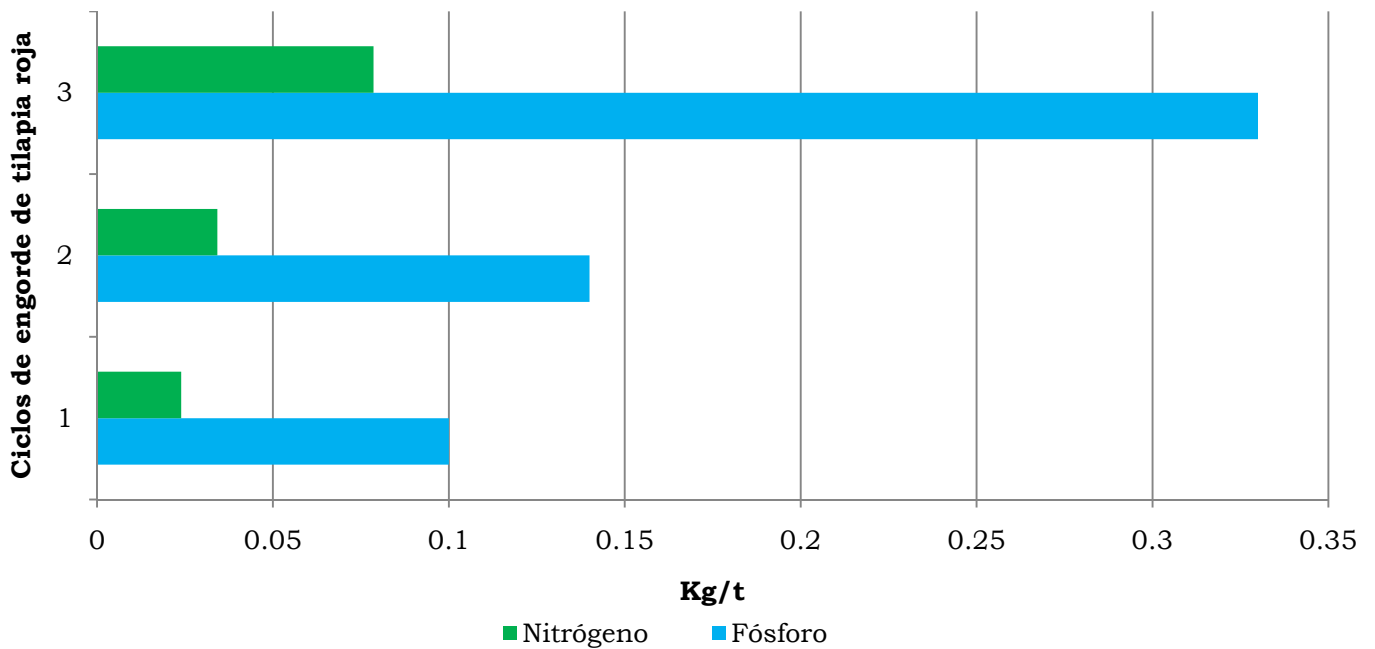


Figura 4. Niveles de nitrógeno y fósforo aportados al ambiente marino durante los ciclo de engorde de tilapia en bahía de Casilda.

## CONCLUSIONES

- (1) El híbrido de tilapia roja puede adaptarse al agua de mar en 24 horas, con supervivencias elevadas y engordar en jaulas ubicadas en áreas costeras protegidas, teniendo en cuenta que en jaulas de bajo volumen (4 – 6 m<sup>3</sup>) se pueden emplear densidades elevadas (entre 150 – 350 alevines/m<sup>3</sup>). En jaulas de alto volumen (16 m<sup>3</sup>) las densidades deben ser inferiores (150 – 250 alevines/m<sup>3</sup>).
- (2) Con el empleo de alimentos amigables con el medio ambiente, sin harina de pescado y con harina de soya como fuente proteica, las tilapias pueden crecer eficientemente y reducir de forma significativa el impacto sobre el ecosistema marino.

## REFERENCIAS

- Akiyama, D. (1995) Nutrición, alimentos y alimentación de los peces. *Soyanoticias*, **253**, 20-23.
- Alamilla, H. (2002) Cultivo de Tilapias. *ZOE Tecno Campo*. México: 16 p.
- Auró, A. (2001) Hidrobiología. En: *Principios de Acuicultura* (A Auró, ed), FMVZ-UNAM, pp: 10 – 22.
- Clark, J.H., Watanabe, W.O., Ernst, D.H. (1990) Effect of feeding rate on growth and diet conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, **21**, 16-24.
- Diaz-Guzman, J.R. (1996) Principales ingredientes para utilizar en dietas para acuicultura. En: *Fundamentos de Nutrición en Acuicultura* (M Soler, P Rodríguez, H Victoria, eds.), INPA, República de Colombia, pp: 179–236.
- El-Sayed, A.F.M. (2006) Tilapia culture in salt water: Environmental requirements, nutritional implication and economic potentials. En: *Avances en Nutrición Acuicola VIII. Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. (EL Cruz-Suarez, D Ricque-Marie, M Tapia Salazar, DA Villareal, AC Puello y A García, eds.), Nuevo León, México, pp: 95 – 106.
- FAO (2010) Fisheries and aquaculture. Total tilapia production. Information and Statistics Services. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Fitzsimmons, K. (2006) Best attended tilapia conference in history. *Aquaculture Asia-Pacific* **2**(6):5.
- Fujisaka, S., Willians, D., Halewood, M. (2009) The Impact of Climate Change on Countries' Interdependence on Genetic Resources for Food and Agriculture. *Commission on Genetic Resources*, No. 48, 83 pp.
- García, T. (1993) Nutrición. En: *Manual del II Curso Internacional de Producción de Postlarvas de Camarones Peneidos del Atlántico de América*. (Alfonso E, Ramos L, Díaz E, García T y Rosas eds.), Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana, Cuba, pp: 97 – 115.
- Gonzales-Corre, K. (1988) Polyculture of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) with the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackish water fish ponds". En: *Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (RSV Pullin, T Bhukaswan y K Tonguthai, eds.), Manila, Philippines, pp: 15-20.
- Gualdoni, G. (2010) Perspectiva de la acuicultura a nivel global. Tendencias mundiales en sistemas y nutrición en acuicultura. *Feedstuff*, Septiembre, 2009.
- Gupta, M.V., Acosta, B.O. (2004) A review of global tilapia farming practices. *Aquacult. Asia*, **10**(1): 7–12, 16.
- Gurure, R.M., Mocia, R.D., Atkinson, J.L. (1995): Optimal protein requirement of young charc (*Salvelinus alpinus*) fed practical diets. *Aquacult. Nutr.* **1**, 227 – 234.
- Hopkins, K.D., Ridha, M., Lleclercq, D., Al-Meeri, A.A., Al-Ahmad, T. (1989) Screening tilapia for cultura in sea water in Kuwait. *Aquaculture and Fisheries Management*, **20** (4):398-397.
- Hernández-Llama, A. (2009) Conventional and alternative dose-response model to estimate nutrient requirements of aquaculture species. *Aquaculture*, **292**, 207 – 213.
- Izquierdo, P., Torres, G., Barboza, Y., Marquez, E., Allara, M. (2000) Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, **50**(2):187-194.
- Molina, L., Vergara, J.M. (2005) Jaulas e impacto ambiental. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* **21**(1-4): 75-81
- Ono, E.A., Kubitz, F. (2003) Cultivo de peixes em tanques-rede. 3ª ed. rev. e ampl. Jundiá: Eduardo Ono, 112 pp.
- Ostini, S., Castagnolli, N., Frascá-Scorvo, C.M., Carrão, M. (2006) Densidade de estocagem na criação da Tilápia Vermelha (*Oreochromis sp.*) em sistema de recirculação com água marinha. *IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Disponible en: <http://www.civa2006.org>.
- Orachunwong, C., Sthammasart, S.; Lohawatanakul, C. (2001) Recent developments in tilapia feeds: En: *Tilapia production, marketing and technical developments* (S Subasinghe and T Singh, eds.). *Proceedings of the Tilapia 2001, International Technical and Trade Conference on Tilapia, Infofish, Kuala Lumpur, Malaysia*, pp: 113-122.
- Shearer, K. (2000) Experimental design, statistical analysis and modeling of dietary nutrient requirement studies for fish: a critical review.

- Aquacult. Nutr.* **11**, 263 – 272.
- Schmittou, H.R. (1969) The culture of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), in cages suspended in ponds. *Proceedings of the Annual Conference Southwestern Association of Game and Fish Commissioners*, **23**, 226-244.
- Tacón A. G. (1989) Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. GCP/RLA/ITA, Proyecto Aquila II. Documento de Campo No.4., FAO. Brasilia, Brasil.
- Thanh, L., The, D., Diana, J., Lin, C.K. (2004) Mitigating environmental impact of cage culture through integrated cage-cum-cove culture system in Tri An reservoir of Vietnam. En: *Twenty-Second Annual Tech. Report. Aquacul. CRSP* (J Burright, C Flemming and H Egna, eds.), Oregon University, Oregon, 132-145.
- Toledo, S.J. (2005) Cultivo de tilapia: Experiencia en Cuba. *I Taller Seminario de Acuicultura Continental - Especies de Aguas Templadas-Cálidas*, Formosa, Argentina. 30 de noviembre - 3 de diciembre.
- Usgame, D., Usgame, G., Valverde, C (2008) Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Proyecto estudio de prospectiva tecnológica de la cadena colombiana de la tilapia. 95 pp.
- Van Os, N. (2011) Tilapia culture without the use of fishmeal relieves pressures on natural fish stocks. *World Aquaculture Magazine*. **42**(2), 13-15.
- Watanabe, W.O., Losordo, T.M., Fitzsimmons, K., Hanley, F (2002) Tilapia production systems in the Americas: Technological Advances, trends and Challenges. *Rev. Fisheries Sci.*, **10**(3-4): 465- 498.

*Recibido: 11/04/2012*  
*Aceptado: 04/07/2012*