

Mejoramiento genético de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) y su cría en ambiente marino

Improvement genetic of Israeli Red Tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) and its culture in marine environment

Teresa Damas Pérez,¹ Anaysi Portales,¹ Noris millares Dorado² y Gonzalo Días Pérez¹

¹Empresa de Desarrollo de tecnologías acuícolas (EDTA). Carretera Central km 20½, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba, E-mail: teresa@edta.alinet.cu

²Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP)

RESUMEN

En el trabajo se evaluó el crecimiento de la Tilapia roja Israelí (*O. mossambicus* x *O. aureus*) por generación (población base y primera generación) para valorar la respuesta fenotípica a la selección por peso y determinar cambios de la mejora selectiva. Se estimó la respuesta fenotípica a la selección por peso a los 11 meses en la primera generación, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre rangos de crecimiento y un ANOVA con GLM para evaluar el efecto de la generación, el sexo y su interacción en la tasa de crecimiento con el paquete SAS (1996). La respuesta fenotípica a la selección fue favorable, con aumento de 155 g de peso (55 %) a favor de la primera generación, con mayor tasa de crecimiento en los machos. Se cultivó en ambientes marinos cubanos, en la bahía de Casilda, para su engorde en jaulas de volúmenes bajos (4-6 m³), y volúmenes altos (16 m³). Los mejores resultados fueron en densidades de 250 alevines/m³, con rendimientos de 53,66 kg/m³. Esta variedad en Sinaloa, México, se cultivó en agua de mar, durante 60 días, en jaulas de 9 m³ con una densidad de 85 tilapias/m³, y presentó una tasa de crecimiento promedio de 2 g/día, sin observarse mortalidad.

Palabras clave: Tilapia roja israelí, peso, respuesta a la selección, mejora genética.

ABSTRACT

The population coming from Israel and the first generation obtained in Cuba, both cultured in the Enterprise for the Aquatic Technologies Development. To evaluate phenotypic response at selection by weight between base population and first generation and to determine changes in selective improvement were the objectives of this research. Phenotypic selection response by weight at 11 months in first generation was estimated. Pearson correlation analysis between growth traits and variance analysis with GLM to evaluate the effect of generation, sex and their interaction in growth rate with statistical program SAS (1996) were carried out. Phenotypic selection response was favorable, with 155 g of weight increasing (55 %) for first generation, with higher growth rate in males. Hers cultivation into the bay in environment marine cuban, from Casilda, for his grow out in cage lower (4-6 m³), y higher (16 m³). The major result from in 250 alevines with yields ranged from 53,66 kg/m³. This variety in Sinaloa, México, it is cultivate in wáter the sea duiring 60 day, into cages of 9 m³ a density of 85 tilapias/m³, and present a average growth rate 2 g/día, with no observe mortality.

Keywords: Israeli red Tilapia, weight, selection response, genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

Tilapia sp. es la segunda especie más cultivada en el mundo incluyendo China, Filipinas, Tailandia, Indonesia, Egipto, Costa Rica, Ecuador, México y Honduras (Acosta & Gupta, 2009). Se acercó a los 3,0 millones de toneladas (FAO, 2010) y se estima que supere la produc-

ción de salmón a niveles de 3,1 t (Gualdone, 2010). La mayoría de los criaderos de tilapia del mundo se encuentran en Asia, donde se produce el 75 % de la tilapia disponible, y utilizan sistemas de producción basados en hapas (redes largas). Los precios de los alevines varían dependiendo de la región, desde los USD \$ 0,01 en Asia hasta los USD \$ 0,10 en América y hasta más de USD \$ 0,20 en Europa, reflejando

los costos de producción y disponibilidad de crías. En México representa una importante expectativa pesquera, ocupa el segundo lugar por debajo del cultivo de camarón representando una actividad acuícola para investigadores y pobladores. La Tilapia roja israelí es un mutante de la especie original (*Híbrido de tilapia roja O. mossambicus x O. aurea*), que se introduce en Cuba como parte de las especies del programa genético a desarrollar en las diferentes estaciones de alevinaje. En su primera etapa (1996) y durante tres años se logró una mejora y ganancia genética en color, con 10,4 % de peces sin mancha, del 8-21 % en largo y del 5-25 % en peso, al aplicar el método de selección masal para hembras y machos, respectivamente (Aguilar *et al.*, 2002). Con el objetivo de mitigar la tilapia roja existente se realizó una segunda introducción en el año 2006, formándose nuevos bancos que se extendieron al resto del país (Damas *et al.*, 2007). Este híbrido de tilapia roja se identifica como una especie idónea para el cultivo en jaulas en ambiente marino, como una alternativa por su tolerancia a la salinidad, supervivencia elevada, crecimiento acelerado y aspecto atractivo por su coloración roja. Estudios realizados en *Oreochromis niloticus* reflejan que el peso es un rasgo con moderada heredabilidad, argumento para la mejora selectiva por peso en esta especie (Ponzoni *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo fue mostrar los resultados de la mejora genética por peso entre la población base y su primera generación en la formación del banco de reproductores para el establecimiento de la cría del híbrido en jaulas en regiones costeras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de los animales

La investigación comprendió dos etapas de la Tilapia roja israelí de acuerdo con el origen de los animales: la población base proveniente de Israel (se clasificó como Tilapia roja israelí II lote) y la primera generación obtenida en Cuba, cultivadas ambas en EDTA.

Primera generación

La progenie se obtuvo de los reproductores de la población base no seleccionada formada a los 11 meses de edad, mantenidos para su reproducción en tres piscinas de 200 m², con una proporción sexual 2:1 hembra:macho, y una densidad de 1 ejemplar/m². Para la obtención de la progenie de la primera generación se utilizaron 600 hembras y 225 machos en

tres piscinas. Se seleccionaron 15 000 larvas al azar en cría directa hasta la edad de primera maduración.

Etapas de alevinaje y cebs

Se prepararon dos estanques de tierra de 3 000 m², uno para cada sexo, tomando en cuenta las medidas de bioseguridad: chapea, encalado y soleado para la eliminación de bacterias y parásitos.

Alimentación

Se añadió el alimento en forma de polvo en una primera etapa durante 30 días, después se reemplazó por uno al 32 % (16 de harina de pescado), con una frecuencia de alimentación inicial de seis, cuatro, tres y finalmente dos veces al día, suministradas uniformemente (Toledo *et al.*, 2005).

Formación de los bancos de población base y primera generación

La población base de la Tilapia roja Israelí fue criada sin selección estableciéndose como control de la población. A los cinco meses de edad se realizó una clasificación por sexo, sembrándose en estanques diferentes de 3 000 m² y se realizó una selección final a los 11 meses de edad para obtener el banco de reproductores.

La primera generación fue seleccionada mediante cortes selectivos (4) a los 3, 5, 8 y 11 meses de edad. El cultivo de ambas poblaciones fue en estanques de tierra de 3 000 m², con una siembra inicial de 1-5 ej./m², hasta la edad de primera maduración.

El muestreo por reposición se estableció cada mes con una muestra de 100 ejemplares, se calculó el peso medio para el reajuste de la dieta. En cada corte selectivo se realizó la pesca total, se contabilizó una muestra entre 100-200 animales a los que se les midió: largo total (LT), largo estándar (LS), altura (H) y peso total (PT). Se determinó la media del PT y su correlación con el LT (medida por donde se seleccionaban los animales), diferenciado por sexo. Para la selección se tomaron los peces por encima de la media muestral, relacionado con la frecuencia del número de animales calculados a seleccionar, el resto se declararon redundantes.

Respuesta a la selección fenotípica

Se determinó la respuesta a la selección fenotípica según el método descrito por Ponzoni *et al.* (2005), comparando las medias mínimas cuadráticas del peso

entre la progenie de las líneas seleccionadas en años consecutivos. El efecto de la selección se halló diferenciando el peso promedio de la población parental con el promedio de la nueva población obtenida (Suárez *et al.*, 2001) con los datos del cuarto corte selectivo de las dos generaciones de tilapia, a la edad de 11 meses.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó un ANOVA con modelo lineal general (GLM) y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para determinar el efecto de las generaciones (2) y el sexo (2) con los paquetes estadísticos (MINITAB, 2000) y (SAS, 1996). Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre PV, LT y DC, en correspondencia con el cuarto corte selectivo realizado por peso y sexo en las dos generaciones (G0 y G1). Se determinó que los datos siguieran una distribución normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov) de los pesos/generación y la existencia de homogeneidad de varianzas por familia, premisas del ANOVA.

Cría en jaulas en ambientes costeros

Los alevines con un peso promedio de 5 g fueron aclimatados gradualmente a 35 ppm 5 días antes de su traslado, lográndose 100 % de supervivencia. Los parámetros abióticos se mantuvieron en un rango de: O₂ entre 5-6,5 mg/L, temperatura de 30 °C a 33 °C y pH entre 8,4 y 8,6. Se evaluó el crecimiento y la supervivencia de la tilapia roja en la bahía de Casilda, provincia de Sancti-Spíritus. Su adaptación al agua de mar se realizó en tanques de 12 m³, manteniendo un flujo de agua marina de 1,4 mg/L-2,8 mg/L durante 24 h, con 96 % de supervivencia. Para estimar el comportamiento de los animales teniendo en cuenta el incremento en peso, en ensayos de tres ciclos de engorde, se emplearon diferentes densidades de siembra: 73-184 ej./m³/I ciclo, 150-250 ej./m³/II ciclo y 140-350 ej./m³/III ciclo, con jaulas de 4 m³, 6 m³ y 16 m³, según lo describe Fraga *et al.* (2012). Para el engorde inicial se empleó una dieta que contenía un 5 % de harina de pescado y para su fase final se incluyó harina de soya como única fuente proteica, además de alimentos comerciales elaborados según la formulación propuesta por Toledo (2005) en la fábrica de piensos de Santa Cruz del Sur (ALISUR), ubicada en la provincia de Camagüey, Cuba.

Se replicó este ensayo como una alternativa del cultivo de esta especie en Sinaloa, México, utilizándose jaulas flotantes de 3 x 3 x 1 (9 m³) con densidades de 86 juveniles/m³ (775 organismos). Se empleó un

alimento con 45 % de PB (2,5 mm) para la tercera semana y de 32 % PB (3,5 mm) en la cuarta semana de cultivo, con un ajuste de la dieta entre 5-3 % del peso corporal, para la dos etapas (Zarain & Fraga, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población base

Se estudió el comportamiento del crecimiento de las postlarvas desde la cuarentena hasta la formación del banco de reproductores. Las postlarvas tuvieron un peso inicial de 0,051 g y alcanzaron un peso de 1,45 g a los 23 días con una tasa de crecimiento de 0,086 mg/día. El factor de conversión del alimento (FCA) estuvo en un rango de 1-2 en el período analizado. La postcuarentena se obtuvo después de 60 días de cultivo, a densidades de 25 ej./m², lográndose alevines de 8,47 cm ± 0,90 cm de largo total y 14,48 g ± 20,2 g de peso total.

Las densidades de siembra varían según el objetivo de trabajo. Vázquez *et al.* (1988) emplearon en la formación de bancos de *O. aureus* densidades de 4 ej./m². Siddinqui *et al.* (1997) relacionaron la densidad de siembra con el porcentaje de maduración y la fecundidad de la hembra, a densidades menores (50-100 ej./m²) encontraron mayores porcentajes de peces maduros y viceversa cuando utilizaron valores superiores (150-200 ej./m²).

En la formación del banco de reemplazo, los alevines se sembraron a densidades de 1 ej./m² alcanzando a los 150 días largos y pesos totales de 19,09 cm ± 3,48 cm y 113,0 g ± 40,01 g, respectivamente. La tasa de crecimiento estuvo entre 1-3 g/día con un factor de condición entre 1-2. Las hembras alcanzan la talla de primera maduración a los cinco meses de edad con un largo total de 18,83 ± 1,17 y un peso de 124,0 g ± 24,0 g. Por otro lado se lograron machos con valores medios de 22,57 cm ± 1,66 cm de largo total y de 205,0 g ± 47,25 g de peso, con un factor de condición más bajo que las hembras. A los 11 meses de edad las hembras mostraron un peso de 129 g ± 4,32 g, los machos 285,06 g ± 4,77 g, con una diferencia entre sexos de 156 g a favor de los machos.

Comparación entre la población base (G0) y la primera generación (G1)

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre las dos generaciones obtenidas, en cuanto al peso vivo y el largo total. Al cabo de dos gene-

raciones el peso a los 11 meses de edad se incrementó en 157,7 g y 263,5 g y el largo total en 3 cm y 7 cm, en machos y hembras, respectivamente. La descripción

estadística de ambas generaciones por sexo se muestra en la TABLA 1. En general, los rasgos de crecimiento objeto de estudio fueron superiores en los machos y en la G1.

TABLA 1. Estadígrafos descriptivos de rasgos de crecimiento por sexo de la población base y primera generación de Tilapia roja israelí a los 11 meses de edad

Rasgo	Sexo	Población base (G0)					Primera generación (G1)				
		Media ± ES	DS	CV %	Máx.	Mín.	Media ± ES	DS	CV %	Máx.	Mín.
PT	M	285,0 ± 4,77	51,85	18,19	420	200	442,8 ± 5,86	61,16	13,81	600	260
	H	129,7 ± 4,32	26,3	20,2	200	100	393,2 ± 11,4	126,8	32,24	800	200
LT	M	25,3 ± 0,10	1,11	4,4	28,5	23,5	28,3 ± 0,14	1,53	5,4	31	23
	H	18,9 ± 0,31	1,91	10,11	25	16,7	26,0 ± 0,24	2,74	10,55	37	22
LS	M	20,36 ± 0,10	1,109	5,44	22,5	19,5	23,4 ± 0,11	1,2	5,14	26	19
	H	15,5 ± 0,24	1,46	9,37	20	13,7	21,7 ± 0,22	2,48	11,4	30	18
H	M	8,4 ± 0,04	0,45	5,36	9,2	7,7	9,25 ± 0,09	1,04	11,04	11	7
	H	5,5 ± 0,17	1,04	18,61	8	4,5	8,02 ± 0,10	1,25	13,95	11	6

PT = peso total, LT = largo total, LS = largo estándar, H = altura, M = machos, H = hembras, DS = desviación estándar, CV = coeficiente de variación

La respuesta fenotípica a la selección entre G1 y G0, teniendo en cuenta el peso total, fue de 127,7 g, que se corresponde con 44 % de aumento entre la generación parental y la filial. Charo-Karisa *et al.* (2006) encontraron un incremento del peso como respuesta

a la selección de 62,1 g al cabo de dos generaciones, inferior a los hallazgos de nuestro estudio.

El crecimiento en el tiempo de cultivo para ambas generaciones uniendo los sexos mostró un incremento promedio mayor en la primera generación como era de esperar (Fig. 1).

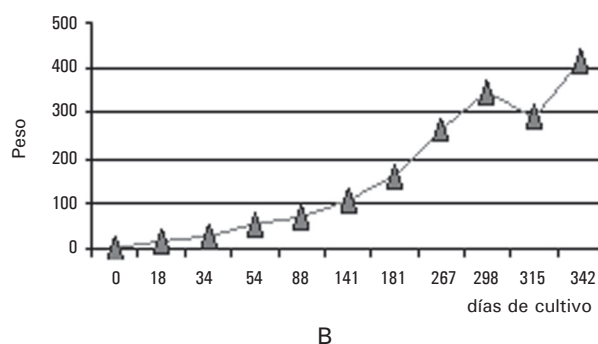
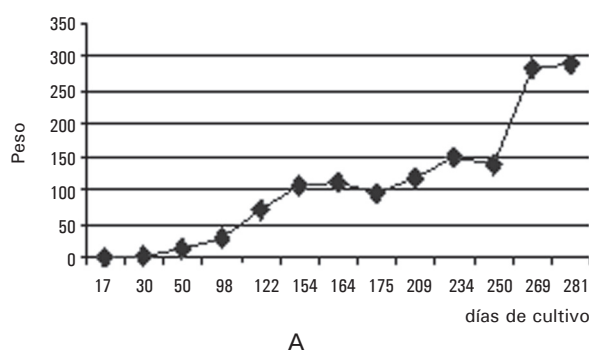


Fig. 1. Crecimiento en peso de la Tilapia roja israelí de la población base (A) y la primera generación (B).

Cuando la selección está dirigida a mejorar el peso, se eligen los animales con mayor largo corporal. Para asegurar una elección confiable de los organismos se empleó un análisis de Correlación de Pearson entre las variables PT y LT. Los resultados mostraron un coeficiente de correlación $r = 0,86$ alto, positivo y altamente significativo, lo cual indica que al seleccionar tilapias con mayor largo corporal, se garantizará

un mayor peso corporal de las sucesivas descendencias. Este resultado permite apreciar que al cabo de dos generaciones, las tilapias han ganado en peso, y que existe una tendencia a aumentar la correlación fenotípica entre el peso y el largo total del animal con el avance del programa de mejora (TABLA 2). Similares resultados fueron obtenidos por Aguiar *et al.* (2002) y Alonso *et al.* (2004) al trabajar con esta especie.

Tabla 2. Correlación de Pearson entre el peso vivo y el largo total a los 11 meses de edad en dos generaciones de Tilapia roja israelí

Indicadores productivos	DC	LTO	LT1
PV1	0,83	0,87	---
PV0	0,91	---	---
LT1	0,90	---	0,92
LTO	0,93		

Todas las correlaciones fueron altamente significativas ($p < 0,001$)

LT = largo total de la generación, PV = peso de la generación. La generación está representada por el subíndice.

El análisis de varianza entre los efectos tratados: generaciones, sexo y su interacción (Tabla 3) mostró una influencia altamente significativa para todas las fuentes de variación, incluyendo la interacción generación-sexo, por lo cual esta se tuvo en cuenta y se despreciaron los efectos independientes.

Tabla 3. Resultados de los análisis de varianza para las tres combinaciones de factores sobre el peso promedio de la Tilapia roja israelí

Fuentes	DF	Seq	Adj	SS	F	P
Generación	1	2639081	3360056	3360056	475,91	0,000
Sexo	1	610800	795860	795860	112,72	0,000
Generación * sexo	1	211401	211401	211401	29,94	0,000
Error	383	2704068	2704068	7060		
Total	386	6165350				

S = 84,0252 R-Sq = 56,14 % R-Sq (adj) = 55,80 %

Los mejores resultados se observaron en los machos de primera generación seguidos de las hembras, por lo cual esta generación muestra superioridad en peso a los 11 meses como resultado del proceso de selección por peso realizado en la Tilapia roja israelí a partir de la población base (Damas *et al.*, 2007).

En la Tabla 4 se muestran las medias ajustadas para el peso, ya que es la medida seleccionada directamente y sobre la que se realizó la presión genética.

El peso de los machos fue de 442,06 g para G0 y 285,4 g para G1, (diferencia de 155 g) con 55 % de aumento. Se demuestra que entre generaciones se produjo un incremento en la media fenotípica del peso, que justifica el programa de mejora aplicado, lográndose una respuesta efectiva al obtener tilapias con pesos superiores a sus progenitores. Aguilar (2002) y Alonso & Días (2004) reportaron valores inferiores en el peso del 5 %-25 % para hembras y machos, respectivamente.

Tabla 4. Medias ajustadas para el peso acorde con la interacción generación-sexo en dos generaciones de Tilapia roja israelí

Generación	Sexo	N	PT (g) a los 11 meses de edad	
			Media \pm ES	Dif : M \neq H
Población base	M	227	285,06 \pm 4,77	Población base: ♂ > ♀ en 55,33 g
Generación 1	M	232	442,84 \pm 5,86	
Población base	H	160	129,73 \pm 4,32	Generación 1: ♂ > ♀ en 49,64 g
Generación 1	H	155	393,2 \pm 11,4	

La diferenciación generacional entre los sexos fue algo similar pero mayor en la población base que en la primera generación, lo que puede ser atribuido a la alta presión genética aplicada en G1, al seleccionar un mayor grupo de animales, con una mayor variabilidad (Damas *et.al.*, 2011). La respuesta fenotípica a la selección alcanzada como resultado del programa de mejoramiento genéti-

co por peso aplicado a la Tilapia roja israelí, permitió obtener un incremento tres veces superior en las hembras y 1,5 veces en los machos entre la población base y la primera generación (Fig. 2). Este incremento incluye el potencial genético de las tilapias para alcanzar un mayor peso a una misma edad en relación a sus antecesores con la influencia de las condiciones medioambientales.



Fig. 2. Respuesta fenotípica selectiva al peso de las hembras y los machos a los 11 meses de edad.

Cría en jaulas en ambientes costeros

Las tilapias aclimatadas con un peso promedio de 10,6 g, fueron transportadas y sembradas en las jaulas flotantes instaladas en la zona costera, las cuales mantuvieron una tasa de crecimiento promedio de 2 g/día durante el cultivo observarse mortalidades.

Se realizó la evaluación del comportamiento del crecimiento en la bahía de Casilda (TABLA 5), en relación con los rendimientos aportados por el tamaño de las jaulas.

Los resultados del engorde de tilapia al emplear jaulas de 4 m³ con densidades de siembra de 150, 250 y 350 alevines/m³, se incrementaron los rendimientos entre 37 kg/m³ y 67 kg/m³. En jaulas de 16 m³ se evaluaron densidades de 140, 250 y 350 alevines/m³, pero debido a la baja supervivencia (31,4 %), por deficiencia de oxígeno, el crecimiento fue mayor ($p > 0,05$) con la densidad menor (140/m³) como era de esperarse y los rendimientos variaron entre 21 kg/m³-54 kg/m³, siendo menor a la densidad de 350/m³.

TABLA 5. Resultados del engorde de tilapia en jaulas de 4 m³, 6 m³ y 16 m³ en bahía de Casilda. (Los resultados se expresan en $n \pm DS$). (N = 3). Exponentes iguales, en cada ciclo, no presentan diferencias ($p > 0,05$)

Indicadores evaluados	Primer ciclo			Segundo ciclo			Tercer ciclo	
	73	184	150	250	350	140	250	530
Vol./ No. de jaulas	6 m ³ /3	6 m ³ /3	4 m ³ /3	4 m ³ /3	4 m ³ /3	16 m ³ /3	16 m ³ /3	16 m ³ /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 ^a	99,53 ^a	97,7 ^a	96,8 ^a	96,1 ^a	97,4 ^a	97,0 ^a	51,4 ^a
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 ^a	315 ± 101 ^a	256,2 ± 89 ^a	255,2 ± 91 ^a	218,6 ± 78 ^b	285,6 ± 110 ^a	222,8 ± 77 ^b	216,2 ± 8 ^b
GP (g)	294 ^a	301 ^a	246,2 ^a	245,0 ^a	208,6 ^b	275,6 ^a	212,8 ^b	206,5 ^b
TCD (g/día)	1,62 ^a	1,66 ^a	1,56 ^a	1,55 ^a	1,32 ^b	1,74 ^a	1,35 ^b	1,30 ^b
BMI (kg/día)	7,2	15,47	6,0	10,0	14,0	15,0	22,0	56,0
BMF (kg/día)	113,9 ^b	341,9 ^a	149,4 ^b	245,92 ^a	246,6 ^a	428,4 ^b	858,5 ^a	340,9 ^c
R (kg/m ³)	18,98 ^b	54,41 ^a	37,35 ^b	61,48 ^a	66,55 ^a	26,77 ^b	53,66 ^a	21,31 ^b
FCA	3,4 ^b	2,5 ^a	3,6 ^c	2,3 ^a	2,9 ^b	2,4 ^a	2,5 ^a	3,3 ^b

PMI = peso inicial, PMF = peso final, GP = incremento en peso, CD = tasa de crecimiento, BMI = biomasa inicial, BMF = biomasa final

Se concluye que el híbrido de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*) es una variedad apropiada para ser cultivada en jaulas flotantes instaladas en ambientes costeros marinos, alcanza una alta tasa de crecimiento y buena supervivencia, es de fácil manejo para grupos pesqueros. Esta experiencia análoga se efectuó en Sinaloa, México, pero en otro ambiente costero, obteniéndose resultados similares

TABLA 6. Efectos del engorde del híbrido de Tilapia roja en jaulas flotantes. Centro Corredor Acuícola de Maricultivo en Sinaloa, México

Indicadores	Resultados
Volumen Jaula (m ³)	9,0
Peso inicial (g)	10,69 ± 1,19
Densidad inicial (kg/m ³)	0,9
Densidad inicial (no./m ³)	86
Densidad final (kg/m ³)	86,44
Tiempo de cultivo (días)	59
Peso final (g)	113,3 ± 3,1
Crecimiento (g/día)	1,5
Supervivencia (%)	98,45
Cosecha (kg)/jaula	104,81
Alimento (kg)	104,81
FCA	1,24

En jaulas de alto volumen (18 m³), según Ono & Kubitz (2003), los rendimientos son bajos debido a un menor intercambio de agua. En las jaulas de bajo volumen sembradas a altas densidades (hasta 250 kg/m³) de forma inversa hay mayor tasa de intercambio de agua correspondiéndose a mayores rendimientos. Gupta & Acosta (2004) alcanzaron productividades de 305 kg/m³ y 100 kg/m³ por ciclo, en jaulas de 4 m³ y 18 m³ respectivamente.

CONCLUSIONES

La respuesta a la selección genética por peso en el híbrido de tilapia roja *O. mossambicus* x *O. aureus*, produce un incremento corporal entre generaciones, superior en los machos, que posibilitó incrementar el peso a los 11 meses de edad en 55 % (157,78 g) en dos generaciones con cambios indirectos favorables en relación con el largo.

Este híbrido se adapta al ambiente costero marino, constituyendo su cultivo en jaulas flotantes protegidas, una alternativa pesquera para su engorde en jaulas de bajo volumen (4-6 m³), con elevadas densidades de siembra (150-350 alevines/m³), e inferiores (150-250 alevines/m³) en jaulas de alto volumen (16 m³).

REFERENCIAS

- Acosta, B. O. & Gupta, M. V. (2009). Success Stories in Asian Aquaculture. S. S. de Silva & F. B. Davy (Eds.). Springer Science + Business Media B.V. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Centre Manila Office, Philippines. *Aquaculture Asia*, 10 (1), 7-1216.
- Aguilar, M., Sebasco, I. & Blanche, I. (2002). Formación de bancos mejorados de Tilapia roja israelí. *Rev. AcuaCuba*, 7 (2), 27-32.
- Alonso, M., Aguilar, M. & Ponce de León, R. (2004). Metodología de selección por crecimiento, color y conformación de la Tilapia roja Israelí. *Rev. AcuaCuba*, 6 (2), 27-32.
- Damas, T., Millares, N., Rivero, D., Díaz, G. & Alonso, M. (2007). Programa de formación de bancos de reproductores de Tilapia roja Israelí. *Rev. AcuaCuba*, 9 (2), 34-44.
- Damas, T., Díaz, G., Cobas, L. & Berovides, V. (2011). Formación del banco genético de la 2^{da} generación de las familias de Tilapia nilótica GIFT. *Rev. AcuaCuba*, 13 (2), 9-10.
- Damas, T., Portales, A., Díaz, G., Cobas, L. & Berovides, V. (2012). *Valoración fenotípica del peso por sexo entre primera, segunda y tercera generaciones de la tilapia nilótica (Oreochromis niloticus GIFT)* [en prensa].
- Charo-Karisa, H., Komen, H., Rezk, M. A., Ponzoni, R. W., Van Arendonk, J. A. M. & Bovenhuis, H. (2006). Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture*, 261, 479-486.
- Fraga, I., Flores, E., Reyes, R. & Llanes, Y. (2012). 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. *Rev. Invest. Mar.*, 32 (1), 10.
- FAO (2010). Fisheries and aquaculture. Total tilapia production. Information and Statistics Services. Disponible en: www.fao.org
- Galdoni, G. (2010). Perspectiva de la acuicultura a nivel global. Tendencias mundiales en sistemas y nutrición en acuicultura. *Feedstuff*, Septiembre, 2009.

- MINITAB (2000). User's guide 2: Data Analysis and Quality Tools. Version 13 for Windows.
- Ono, E. A. & Kubitz, F. (2003). *Cultivo de peixes em tanques-rede*, 3ª ed. rev. e ampl. Jundiaí: Eduardo Ono, 112 pp.
- Ponzoni, R. W., Hamzahb, A., Tana, S. & Kamaruzzamana, N. (2005). Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 247, 203-210.
- Procedimiento Operacional de Trabajo para los Aspectos Nutricionales en el Cultivo de la Tilapia. Ministerio de la Industria Pesquera, 2007, Cuba, pp. 1-10.
- Toledo, 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.
- Santos, A. I., Pereira, R., Vargas, L., Mora, L., Filho, L. A., Fornari, D.C. & Nogueira de Oliveira, S. (2011). Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. *Pesq. Agropec. Bras. (Brasilia)*, 46 (1), 33-43.
- SAS (1996). System for Windows Released 6.12. SAS Institute Inc. USA.
- Suárez, M. A., Pérez, T. & González, M. T. (2001). *Fundamentos de la Mejora Animal*, t. I, La Habana: Ed. Félix Varela, 374 pp.
- Zarain-Herzberg, M., Cárdenas, D. E., García, C. R., Rodríguez, C. R., Contreras, M. J. & Fraga, C. (2011). Establecimiento de cultivos de peces en jaulas en lagunas costeras. Avances sobre el cultivo del híbrido de Tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*) variedad cubana, en ambiente marino. *Rev. Panoram. Acuíc.*, 83, 16-5.
- Vázquez. R. (1988). Incrementos de la densidad de la siembra de postlarvas de *Oreochromis aureus* en la etapa de crecimiento. *Boletín de Acuicultura*, 1 (7), 8-12.