

Selección masal por peso y coloración en tilapia roja

Mass selection by weight and coloration in red tilapia

María Alejandra Ruiz Peña; Carlos Alexander Montoya Palacios; Luz Ángela Álvarez Franco; Jaime Eduardo Muñoz Flórez; Luis Fernando Constaín

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Piscícola La Linda. Autores para correspondencia: laalvarezf@palmira.unal.edu.co, jemuñozf@unal.edu.co

REC.: 17-09-08 ACEPT.: 18-05-09

RESUMEN

Para evaluar la efectividad de la selección masal por color y peso se analizaron dos generaciones (G_1 y G_2) de alevinos de tilapia roja *Oreochromis sp.* De 40.000 larvas a la sexta semana se eliminaron los alevinos manchados y blancos y a las 14 semanas se separaron por sexos. Se midió el peso (g), la longitud total (cm), la altura (cm) y el ancho (cm) de 150 individuos a las 6, 14 y 24 semanas de edad. En la semana 24 se escogieron 150 machos y 450 hembras con las coloraciones deseables y mayor peso. La selección resultó efectiva para coloración en G_2 , puesto que la proporción de individuos rojos se incrementó en 15% con respecto a los testigos. Entre generaciones (G_1 y G_2) el efecto de la selección fue positivo, debido a que la proporción de rojos se incrementó de 64% a 84% y se redujo la de manchados de 31% a 13%. En ambas generaciones los machos fueron significativamente más pesados que las hembras. Se encontraron notables diferencias entre generaciones para peso y talla, puesto que los selectos superaron al control en 27% y 8% (G_1) y en 22% y 11% (G_2) para el peso y la talla, respectivamente.

Palabras clave: Mejoramiento peces; acuicultura; *Oreochromis sp.*

ABSTRACT

In order to evaluate the effectiveness of mass selection by color and weight, two generations (G_1 y G_2) of red tilapia *Oreochromis sp.* were analyzed. 40000 larvae were used, at the sixth week fries with black spots and white were eliminated, and at week 14, the fishes were separated by sex. The weight (g), length, height and width (cm) were measured in a sample of 150 individuals at 6, 14 and 24 weeks. At week 24, the best 150 males and 450 females with desirable colorations and higher weight were chosen. The selection was effective for coloration in G_2 , because proportion of red individuals increased in 15% compared to the control. The effect of the selection between generations (G_1 y G_2) was positive because proportion of red fries increased from 64% to 84%, and the spotted ones were reduced from 31% to 13%. In both generations males were significantly weighted than the females. For weight and size, significant differences between generations were found due to the fact that the selected ones were over the control on 27% and 8% (G_1) and 22% and 11% (G_2) for weight and size respectively.

Key words: Fish breeding; aquaculture; *Oreochromis sp.*

INTRODUCCIÓN

La tilapia, *Oreochromis sp.*, segunda especie en la acuicultura mundial, presenta crecimiento rápido, rusticidad, carne de óptima calidad y ausencia de espinas en forma de “Y”, lo que la hace apropiada para la industria fileteadora (Boscolo, 1999). En los años ochenta y noventa cobró importancia el cultivo de la tilapia roja en los países centro y suramericanos (Morales y Morales, 2006). En Colombia el 62% de la producción dulceacuícola está representado por la tilapia roja (Espejo, 2006) y el consumo *per cápita* creció de 3.8 kg

año⁻¹ en 1998 a 5.3 kg año⁻¹ en 2005 (Castillo, 2006). Aunque el consumidor prefiere las coloraciones rojas, en la producción de alevinos se presenta alto número de individuos con parches melánicos que disminuyen el precio en el mercado.

Los mecanismos de herencia del color en tilapia difieren entre especies y entre poblaciones de la misma especie. Wohlfarth *et al.* (1990) propusieron que el color rojo en *O. mossambica* estaba determinado por un gen autosómico recesivo, mientras que para Ferreira (1989) era controlado por la interacción epistática entre dos o

más genes. En la tilapia taiwanesa el color rojo parece ser el resultado de la heterocigosidad entre dos alelos parcialmente dominantes de un locus (P_1P_1 =silvestre; P_1P_2 =rojo y P_2P_2 =blanco-rosado), el homocigoto blanco es subvital y difícil de distinguir de los individuos rojos; para obtener una progenie roja es necesario cruzar el individuo blanco con el normal (Wohlfarth *et al.*, 1990). En contraste, en *O. niloticus* el color rojo está determinado por un gen autosómico dominante (McAndrew, 1988).

En Tailandia, Jarimopas y Veerasidh (1988) mediante selección masal para peso y longitud encontraron heredabilidad de 0.18 para peso y 0.29 para longitud en tilapia roja. En la segunda generación de selección masal lograron una línea 16% más pesada y 8% más larga que el control. En *O. niloticus* se han observado diferencias significativas en el peso a los 198 días con 17% en favor del grupo selecto (Remolina, 1997). En la población no selecta los animales más pesados eran los negros pero los rojos incrementaron el peso en 7% después de una generación de selección masal (Behrends *et al.*, 1988). En una población híbrida de *O. niloticus* x *O. mossambicus* ocurrieron diferencias significativas en el porcentaje de manchas negras a favor del grupo selecto, pero no en el peso en las diferentes coloraciones (Nandlal, 1998).

Mediante selección masal en el híbrido *O. niloticus* x *O. mossambicus* se ha mejorado la coloración sin afectar el peso de los animales. La aparición de manchas negras se atribuyó a un segundo locus, diferente del color rojo, y ellas fueron visibles en animales rojos (Rr), pero se enmascararon en animales recesivos negros (Mather *et al.*, 2001). Garduno-Lugo *et al.* (2004) en una población roja y manchada de tilapias de la línea Stirling (*O. niloticus*) descartaron los individuos negros y manchados hasta obtener 100% de individuos rojos; en la quinta generación, mediante pruebas de progenie, determinaron la naturaleza homocigota del color rojo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta a selección masal en peso y coloración en una población de alevinos de tilapia roja en el Valle del Cauca, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la piscícola “La Linda”, situada en el corregimiento La Tupia, municipio de Pradera, departamento del Valle del Cauca, Colombia (1100 m.s.n.m., 24°C, precipitación de 1306 mm. y humedad relativa de 80%). La población estuvo compuesta por la mezcla heterogénea de animales provenientes de Jamaica, Israel, Florida y Taiwán.

Se conformaron los grupos testigo (T) y selecto (S) con 40.000 larvas recién eclosionadas y se llevaron a dos estanques en tierra (530 m², 0.80 m de profundidad media). Los animales se alimentaron con concentrado comercial, con 45% de proteína hasta los 10 g de peso, con 38% de proteína hasta los 50 g y con 24% de proteína hasta terminar el experimento. Al final de la segunda generación, los animales tuvieron como única fuente de alimentación la productividad primaria. Se evaluaron dos generaciones (G_1 y G_2).

A las seis semanas, se descartaron los animales de mayor y menor peso y se escogieron 10.000 individuos con las tonalidades deseables (amarillo, naranja, rosado y rojo). En la semana 14 se sexaron y se dividió el estanque con malla. En la semana 24 se escogieron 600 individuos (hembras/macho 3:1), con pesos por encima del promedio y con las coloraciones deseables. A las 6, 14 y 24 semanas en muestras de 150 peces se midieron peso (g), largo (cm), alto (cm) y ancho (cm). Para la segunda generación, se utilizaron 25000 larvas.

Se evaluó el efecto de selección en las variables de crecimiento, al comparar los selectos con los testigos dentro de cada generación. Para las variables de crecimiento a las seis semanas se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + P_i \times C_j + e_{ijk}$$

μ = media

P_i = efecto de población (Selectos ó Testigos)

C_j = efecto del color (tonalidad roja, manchado, blanco)

$P_i \times C_j$ = efecto población x color

e_{ijk} = error experimental

Para las 14 y 24 semanas de edad se empleó el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + E_i + P_j + S_k + E_i \times P_j + P_j \times S_k + E_i \times S_k + E_i \times P_j \times S_k + e_{ijk}$$

μ = media

E_i = edad (14 y 21 ó 24 semanas)

P_j = efecto de población

S_k = efecto del sexo

$E_i \times P_j$ = efecto interacción edad x población

$P_j \times S_j$ = efecto interacción población x sexo

$E_i \times S_k$ = efecto interacción edad x sexo

$E_i \times P_j \times S_k$ = efecto interacción edad x población x sexo

e_{ijk} = error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las correlaciones fenotípicas (n=150) estimadas en las dos generaciones, tanto en machos como en hembras, fueron altas y significativas. Se destacaron peso-altura ($r=0.93$; $P(\alpha \leq 0.01)$), peso-longitud ($r=0.91$; $P(\alpha \leq 0.01)$), longitud-altura ($r=0.90$; $P(\alpha \leq 0.01)$) y peso-

ancho ($r=0.86$; $P(\alpha \leq 0.01)$), indicando que en la determinación del peso intervienen las variables largo, alto y ancho, razón por la cual el trabajo se concentró en el análisis del peso.

Efecto de la selección en la coloración del cuerpo

En G_1 la proporción de coloraciones fue similar en T y S (X^2 , $\alpha < 5\%$) (Tabla 1). La selección para coloración fue efectiva en G_2 , puesto que en S la proporción de rojos, manchados y blancos fue 84%, 13% y 3%, mientras que en T fue de 69%, 24% y 7%, respectivamente; esta diferencia entre T y S representó un incremento del 15% en las coloraciones deseables. Entre generaciones (G_1 y G_2) el efecto de la selección fue positivo, debido a que la proporción de rojos se incrementó de 64% a 84% y se redujo la de manchados de 31% a 13%.

Tabla 1. Número y proporción de coloraciones (entre paréntesis) en dos generaciones (G_1 y G_2) para grupos S y T

Coloración	G_1		G_2	
	S	T	S	T
Rojo	95 (0.64)	93 (0.62)	127 (0.84)	104 (0.69)
Manchado	47 (0.31)	45 (0.30)	19 (0.13)	36 (0.24)
Blanco	8 (0.05)	12 (0.08)	4 (0.03)	10 (0.07)

Efecto de la coloración en las variables de crecimiento

Los animales manchados presentaron mejor comportamiento en peso, largo y ancho a las seis

Tabla 2. Promedios de peso (g), largo (cm), alto (cm) y ancho (cm) de acuerdo con el color, a las seis semanas y dos generaciones de tilapia.

Generación	Población	Color	Peso (g)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
G_1	S	R	1.4 ^b	4.3	1.3	0.47
		M	1.6 ^a	4.6	1.3	0.48
		B	0.5 ^c	3.5	0.9	0.55
	T	R	0.9 ^b	3.8	1.1	0.49
		M	1.1 ^a	4.0	1.2	0.51
		B	0.5 ^c	3.4	0.9	0.29
G_2	S	R	1.9 ^b	4.8	1.5	0.55
		M	2.1 ^a	4.9	1.5	0.61
		B	0.7 ^c	3.8	1.0	0.45
	T	R	0.9 ^b	3.8	1.1	0.40
		M	1.1 ^a	4.0	1.2	0.45
		B	0.3 ^c	3.0	0.9	0.30

*Promedios con la misma letra no difieren significativamente

semanas, que los animales con coloraciones rojas en las dos generaciones (G_1 y G_2) y poblaciones (T y S) y los animales blancos fueron los de menor peso (Tabla 2); resultados similares fueron encontrados por Henao y Montero (1994) y Martínez y Velásquez (1998). En ambas generaciones se registraron diferencias significativas a las seis semanas de edad, entre poblaciones (T y S) y colores, para las variables peso, largo y alto; sin embargo, la interacción población x color no fue significativa, indicando que la selección afectó de la misma manera a los animales de diferentes coloraciones (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para peso, largo, alto y ancho de tilapia a las 6, 14, 21 y 24 semanas.

Edad (semanas)	Generación	Fuente Variación	Grados Libres	Peso	Largo	Alto	Ancho
6	G_1	P	1	14.43 **	17.42 **	1.52 **	0.00
		C	2	5.77 **	6.22 **	1.13 **	0.08
		P * C	2	0.52	0.40	0.04	0.18
	G_2	P	1	83.02 **	79.15 **	10.86 **	1.61 **
		C	2	5.51 **	6.21 **	0.84 **	0.13 **
		P * C	2	0.71	0.19	0.10	0.00
14 y 24	G_1	E	1	563389.9**	4970.31 **	743.48 **	164.32 **
		P	1	21926.4 **	128.34 **	22.54 **	3.65 **
		S	1	26780.1 **	169.07 **	22.78 **	3.74 **
		E * P	1	18003.9 **	15.90 **	6.80 **	2.75 **
		P * S	1	7096.7 **	15.52 **	3.42 **	0.45 *
		E * S	1	19604.7 **	44.12 **	7.28 **	0.93 **
		E * P * S	1	9206.5 **	37.85 **	5.17 **	1.04 **
14 y 21	G_2	E	1	18651.7 **	1011.14 **	59.79 **	3.68 **
		P	1	1402.4 **	80.00 **	3.02 **	3.17 **
		S	1	1895.7 **	37.95 **	4.37 **	0.15
		E * P	1	1752.7 **	57.47 **	3.08 **	5.15 **
		P * S	1	15.8	0.18	0.22	0.08
		E * S	1	896.7 **	15.84 **	2.51 **	0.52 *
		E * P * S	1	161.1	4.28	0.75	0.02

Población (P), Color (C), Edad (E), Sexo (S).
 ** P (<=0.01), * P (<=0.05).

Efecto de selección en las variables de crecimiento

Generación 1: A las 14 semanas, el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre T y S en las variables de crecimiento (Tabla 3); los selectos fueron 9,4% más pesados y 6,3% más largos que los testigos (Tabla 4); resultado menor al reportado por Jarimopas y Veerasidh (1988), quienes encontraron que la línea selecta fue 15,7% más pesada que el control. A las 24 semanas las variables de respuesta de los animales selectos fueron significativamente superiores a las del control. Los selectos fueron 27% más pesados, 8% más largos, 12% más altos y 14% más anchos que el control. La diferencia entre la media de la población selecta y el control fue de 23g, 1.3 cm, 0.6 cm y 0.29 cm para peso, largo, alto y ancho, respectivamente. Este resultado fue superior al hallado por Remolina (1997), quien mejoró el peso en un 17% a los 180 días y por Arango *et al.* (2000) quienes a las 25 semanas encontraron incremento de 13.7% en el peso promedio de la población selecta.

Generación 2: Todas las variables de respuesta presentaron diferencias significativas entre edades, poblaciones, sexos y en la interacción edad x sexo (Tabla 3). A las 21 semanas la aparición del alga filamentosa *Oedorium sp* obligó a adelantar la selección, sin embargo, fue efectiva puesto que los selectos fueron 21.5% más pesados, 11% más largos, 8% más altos y 22% más anchos que los testigos (Tabla 4). A esta edad el peso fue notoriamente menor que en la generación precedente. Las bajas tasas de crecimiento pudieron deberse a deficiencias en recambios de agua, a la alta dureza (299 mg/l), a la

presencia del alga *Oedorium sp.*, al estrés causado tanto en la toma de biometrías como por la baja concentración de oxígeno disuelto durante las noches. El estrés en peces puede tener efecto negativo en el crecimiento, la reproducción, la calidad de la carne y en la susceptibilidad a las enfermedades (Chippari y Gómez, 1999).

La efectividad de la selección masal en las diferentes edades puede deberse a la alta diversidad genética detectada por Torres (2004) al comparar mediante RAPD esta piscícola con otras cuatro del Valle del Cauca. Los investigadores encontraron en esta población mayor número de alelos (21), la heterocigosidad esperada (He) fue de 0.24 y los niveles de participación de las especies parentales fueron: 43% de *O. mossambicus*, 36% de *O. niloticus* y 21% de *O. aureus*.

Efecto del sexo

En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas entre sexos para ambas generaciones y para la interacción (población x sexo) en la primera generación (Tabla 3). A las 14 semanas (Tabla 5) no se encontraron diferencias de peso entre machos y hembras pero a las 24 y 21 semanas, los machos fueron 29%(G₁) y 20% (G₂) más pesados. Behrends *et al.* (1998) encontraron que a los 105 días los machos rojos y normales (negros) fueron 26% y 15% más pesados. La interacción sexo x población fue significativa en G₁, puesto que los machos selectos fueron 36% más pesados, mientras que las hembras selectas fueron 12.8% más pesadas; en la G₂ la interacción no fue significativa.

Tabla 4 Comparación de las variables peso, largo, alto y ancho en dos generaciones de tilapia a las 6, 14 y 21/24 semanas.

Generación	Edad (semanas)	Población	Peso (g)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
G ₁	6	S	1.4 ^a	4.3	1.3	0.48
		T	0.97 ^a	3.9	1.1	0.48
	14	S	12.7 ^a	9.5	2.8	0.95
		T	11.5 ^a	8.9	2.6	0.93
	24	S	84.9 ^a	15.6	5.2	2.13
		T	61.9 ^b	14.3	4.6	1.84
G ₂	6	S	1.9 ^a	4.8	1.5	0.55
		T	0.9 ^a	3.8	1.1	0.41
	14	S	15.6 ^a	9.2	2.9	1.16
		T	15.9 ^a	9.1	2.9	1.20
	21	S	30.2 ^a	12.4	3.7	1.50
		T	23.7 ^b	11.0	3.4	1.17

*Promedios con la misma letra en cada edad no difieren significativamente entre T y S.

Tabla 5. Comparación de las variables peso, largo, alto y ancho en dos generaciones machos y hembras de tilapia.

Generación	Edad (semanas)	Población	Sexo	Peso (g)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
G ₁	14	S	H	12.2 ^a	9.3	2.7	0.92
			M	13.2 ^a	9.7	2.8	0.97
		T	H	10.1 ^a	8.6	2.5	0.87
			M	13.0 ^a	9.3	2.7	0.98
	24	S	H	65.2 ^a	14.4	4.7	1.94
			M	104.7 ^{b a}	16.8	5.7	2.31
T		H	56.8 ^a	13.9	4.5	1.79	
		M	66.9 ^b	14.7	4.7	1.89	
G ₂	14	S	H	15.4 ^a	9.1	2.9	1.16
			M	15.8 ^a	9.2	2.9	1.17
		T	H	15.0 ^a	8.9	2.8	1.23
			M	16.9 ^a	9.2	3.0	1.17
	21	S	H	26.5 ^a	11.9	2.5	1.45
			M	33.9 ^b	12.9	3.8	1.55
T		H	21.4 ^a	10.7	3.2	1.13	
		M	26.0 ^b	11.4	3.5	1.21	

*Promedios con la misma letra no difieren significativamente

CONCLUSIONES

Se encontraron altas correlaciones entre peso-alto, peso-largo y peso-ancho, lo cual posibilita que el productor pueda seleccionar los animales mediante el uso de talladores.

En las dos generaciones se encontraron diferencias significativas a favor de los selectos entre poblaciones y colores para el peso, largo y alto.

La selección masal resultó efectiva para coloración, la proporción de individuos rojos se incrementó en 15% y las coloraciones no deseables (manchados y blancos) se redujeron de 36% a 16% en una generación.

La superioridad de los selectos en G₁ fue de 27% en peso y 8% en talla con respecto al control. En G₂ la respuesta fue similar puesto que los selectos superaron al control en 21.5% y 11.3% para el peso y la talla.

AGRADECIMIENTOS

A la Piscícola La Linda (Pradera, Valle del Cauca) por la financiación del trabajo de grado de los zootecnistas M. A. Ruiz P. y C. A. Montoya P., del cual se derivó la información para este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, J.; Alvarez, L. A.; Muñoz, J. E. 2000. Selección masal por peso y talla en dos generaciones en Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*). *Acta Agron (Palmira)* 50 (1/2): 78-84
- Behrends, I.; Kingsley, J. B.; Price, A. H. 1998. Bidireccional backcross selection for body weight in Tilapia. p. 125-133. *In:*

- International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 2, Manila, Filipinas.
- Boscolo, W. R. 1999. Desempenho de machos revertidos de tilapia do *Nilo* (*O. niloticus*, L.) linha *Gens* tailandesa e Comun, nas fases inicial e de crescimento. v1, p. 84-91. *In:* Acuicultura en Armonía con el Ambiente.
- Castillo, L. F. 2006. Tilapia. Estado Actual. Asociación Mexicana de Productores de alimentos. Disponible <http://www.amepa.org/nuevo/amepasite/NRA/feb06/1.pdf>. Acceso:08-07
- Chippari, A.; Gómez, L. 1999. Respuestas metabólicas e hematológicas do estresse após a captura o manejo en jaraqui escama grossa *Semaprochilodus insignis* (Prochilodontidae). s.l: Tomo I, p. 223-228. *In:* Acuicultura en Armonía con el Ambiente.
- Espejo, G. C., 2006. Cultivo de Tilapia Roja en Jaulas. Tecnología en Colombia. (PDF) Disponible <http://www.acuiculturaldia.com/> Acceso:08-07.
- Ferreira, J. T. 1989. The inheritance of the Red Colour in the Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) *Madoqua*. 16 (1) 5-8.
- Garduno-Lugo, M.; Muñoz-Cordova, G.; Olvera-Novoa M. 2004. Mass selection for red colour in *Oreochromis niloticus*. *Aquac Res* 35: 340-344.
- Henao, M.; Montero, J. 1994. Comparación técnico-económica de la producción de Tilapia roja manchada y de la Tilapia roja cereza. Trabajo de grado (Médico Veterinario y Zootecnista). Manizales (Colombia): Universidad de Caldas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 64 p.
- Jarimopas, P.; Veerasidith, P. 1988. Realized Response Thai Red Tilapia to weight-specific selection for growth (3rd-5th generations). *In:* Asian Fisheries Forum, 1, Manila (Philippines). Memories.
- Martinez, J.; Velázquez, C. 1998. Estudio del crecimiento en cinco coloraciones de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) bajo condiciones del Valle del Cauca. Trabajo de grado (Zootecnis-

- ta). Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 82 p.
12. Mather, P. B.; Lal, S. N.; Wilson J. 2001. Experimental evaluation of mass selection to improve red body colour in Fijian hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*) *Aquac Res* 32 : 329-336.
 13. McAndrew, B. J. 1988. The genetics and histology of red, blond and associated colour variants in *Oreochromis niloticus*. *Genetics*. 76 (2)127-137.
 14. Morales, Q.; Morales, R. 2006. Síntesis regional del desarrollo de la acuicultura. América Latina y el Caribe. Roma: FAO 177 p. (Circular de Pesca No. 1017/1).
 15. Nandlal, S. 1998. Selection for red body colouration in Fijian hybrid tilapias. Thesis of Master of Applied Science. Queensland (USA): Queensland University of Technology. 282 p.
 16. Remolina, E. 1997. Respuesta a la selección masal para crecimiento y conformación en *O. niloticus* (Egipcia). Trabajo de grado (Zootecnista). Bogotá (Colombia): Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales -UDCA. 107 p.
 17. Torres J. 2004. Caracterización molecular de tilapia roja (*Oreochromis* sp) en el Valle del Cauca, utilizando marcadores moleculares RAPD. Trabajo de Grado (Zootecn). Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Sede 109 p.
 18. Wohlfarth, G.W.; Rothbard, S.; Hulata, G.; Szweigman, D. 1990. Inheritance of red body coloration in Taiwanese tilapias and in *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*. 84 : 219-234