

# Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) × *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio

## Effects of water salinity on the growth of hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters) × *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultured under controlled laboratory conditions

Alfredo Mena-Herrera\*  
Héctor Sumano-López\*\*  
Roberto Macías-Zamora\*\*\*

### Abstract

Growth rate, as determined by length and weight, for the hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) was determined. Tilapia hybrids were sex reversed (all male) with  $\alpha$ -methyl-testosterone, adapted to 15‰, 25‰ and 35‰ salinities, and cultured over a period of 27 weeks. A control group was cultured in freshwater, and all culture conditions were carried out in duplicates. Stocking density was set at 50 fish/m<sup>3</sup>. Growth rates among 25‰ and 35‰ salinities vs freshwater were significantly different ( $P < 0.05$ ). However, no significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed in freshwater vs 15‰ salinity. Final weight means were: 575.07 g in freshwater, 486.86 g in 15‰ salinity, 367.35 g in 25‰ salinity, and 358.58 g in 35‰ salinity. Due to production performance observed, it is feasible to conclude that there are adaptive processes involved when tilapia hybrids are cultured in increased environmental salinity. Hence, if optimal growth is expected, these tilapia hybrids will offer better productive parameters if cultured in salinities not greater than 15‰.

**Key words:** TILAPIA [*Oreochromis mossambicus* (Peters) × *Oreochromis niloticus* (Linnaeus)], CULTURE, SALINITY, GROWTH-PERFORMANCE, ADAPTATION.

### Resumen

Se determinaron las variables de crecimiento en peso y longitud de híbridos de tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* con inversión artificial del sexo (todos machos) con  $\alpha$ -metil-testosterona. Se les adaptó a salinidades de 15‰, 25‰ y 35‰ y se formó un grupo testigo en agua dulce. En cada grupo se trabajó por duplicado. La densidad de siembra fue de 50 crías/m<sup>3</sup> y la duración del cultivo fue de 27 semanas. Las tasas de crecimiento en peso y longitud presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, de agua dulce y salinidad 25‰ y 35‰ ( $P < 0.05$ ), no se registró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre agua dulce y salinidad de 15‰. El peso promedio final para agua dulce fue de 575.07 g en salinidad de 15‰ de 486.86, en salinidad de 25‰ fue de 367.35 y en salinidad de 35‰ se registró 358.58 g. Se concluye que existen procesos de adaptación de la tilapia correspondientes al incremento de la salinidad del medio. Así si se desean crecimientos óptimos, se debe considerar que estos híbridos se deben cultivar en salinidad no mayor al 15‰.

**Palabras clave:** TILAPIA [*Oreochromis mossambicus* (Peters) × *Oreochromis niloticus* (Linnaeus)], CULTIVO, SALINIDAD, CRECIMIENTO, RENDIMIENTO, ADAPTACIÓN.

Recibido el 28 de mayo de 2001 y aceptado el 31 de agosto de 2001.

\* Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Marinas, Carretera Manzanillo-Barra de Navidad, Km 20, Manzanillo, Colima, 28260, México.

\*\* Departamento de Fisiología y Farmacología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

\*\*\* Semarnat, Centro Regional de Investigación Pesquera, Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima, 28200, México.

## Introduction

The growing popularity of tilapia among consumers<sup>1</sup> and the ever increasing need to improve food production, impose the need to seek production alternatives to culture tilapia. Such is the use of saline environments and even in marine water. Although tolerance to saline water varies considerably among species of tilapia, most of them are eurihalines.<sup>2</sup> However, using saline environments Al-Amoundi<sup>3</sup> compared tolerance of various species of tilapia (*O. aureus*, *O. spilurus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* and *O. aureus* × *O. niloticus* hybrids) and concluded that gradual increments in salinity will improve survival rates in all cases. Hopkins *et al.*,<sup>4</sup> showed that 5% increments in salinity were well tolerated when adapting *O. spilurus* to sea water. Using red tilapia from Florida (*O. mossambicus*) Watanabe *et al.*<sup>5</sup> found, under laboratory conditions, growth improvement with slight increments in salinity, and concluded that this positive effect was directly linked to feed consumption, disregarding the role of the saline environment. Additionally, Pruginin *et al.*,<sup>6</sup> cultured Filipino red tilapia (*O. niloticus*) in brackish water. Their results suggest little influence of salinity in performance, having initial and final weights of 50 g and 240 g in a 160-day cycle with daily weight increases of 1.32 a 3.2 g.

In contrast Likongwe *et al.*<sup>7</sup> combining various water temperatures and salinity in tilapia (*O. mossambicus*), found a better positive correlation for growth with temperature than with water salinity. The best growth rate was obtained between 28 and 32° C with salinities no greater than 8%. DeWandel<sup>8</sup> as well as Prunet and Bornancin<sup>9</sup> documented that the growth of tilapia in saline environments needed better definition i.e., tolerance to high salinity by different tilapia species. One of the few studies directly addressing this matter describes how growth improvement is observed until certain concentration, where the opposite occurs. This is the so-called isosaline point, and it has been set at 12%. That is, when the osmotic gradient between the environment and the fish plasma equals to zero.<sup>10,11</sup> In Mexico fresh water sources are not abundant, hence production sites of tilapia, using saline environments are not rare. However, the influence of salinity on performance has not been defined. Thus the aim of this trial was to determine the influence of increasing salinity on red tilapia production performance using one of the most popular species of red tilapia, the hybrid *O. mossambicus* × *O. niloticus*, artificially sex induced to males.

## Material and methods

Alpha-methyl-testosterone from male induced hybrid red tilapia from Florida *O. mossambicus* × *O. niloticus*

## Introducción

La creciente popularidad de la tilapia entre los consumidores<sup>1</sup> y las obvias necesidades de producción de alimentos, ponen de manifiesto la importancia de buscar alternativas de producción de esta especie en agua salobre e inclusive en el ambiente marino.

Muchas especies de tilapia son eurihalinas, pero los límites de tolerancia de las especies varían considerablemente.<sup>2</sup> Al-Amoundi<sup>3</sup> comparó la tolerancia a la salinidad de cinco especies de tilapia (*O. aureus*, *O. spilurus*, *O. niloticus*, *O. Mossambicus* y *O. aureus* × *O. niloticus* híbridos) y concluye que la preaclimatación a baja salinidad y gradual transferencia a altas salinidades resultó en una mejor supervivencia en todas las especies.

Por su parte, Hopkins *et al.*<sup>4</sup> observaron que incrementos de 5% de salinidad por día fueron más efectivos para adaptar a *O. spilurus* a la salinidad del agua de mar. Watanabe *et al.*<sup>5</sup> experimentaron con pequeñas crías (promedio de 0.77 g) de tilapia roja de Florida (*O. mossambicus*), durante 43 días en condiciones de laboratorio en diferentes concentraciones de salinidad, obteniendo crecimientos mayores conforme se incrementaba la salinidad: Los autores atribuyeron el incremento únicamente al consumo de alimento, pero no consideraron la salinidad como un factor relevante. Pruginin *et al.*<sup>6</sup> cultivaron tilapia roja filipina *O. niloticus* en agua salobre, con peso inicial de siembra de 50 g y lograron crecimientos promedio de 240 g, en 160 días con incrementos en peso diarios de 1.32 a 3.2 g.

En contraparte Likongwe *et al.*<sup>7</sup> experimentaron con la tilapia *O. Mossambicus*, combinando el efecto de la temperatura y la concentración de salinidad e informaron que en todas las salinidades el crecimiento se incrementaba al aumentar la temperatura. El crecimiento más alto se observó entre 28 y 32° C y salinidades de 0% a 8%. DeWandel<sup>8</sup> y Prunet y Bornancin<sup>9</sup> informan que la producción de tilapia en agua salada no está definida y que se requiere precisar los límites de salinidad que soportan las distintas especies de tilapia. En unos de los pocos estudios definitorios al respecto, se documentó que a diferentes concentraciones de salinidad, el peso ganado por día de la tilapia aumenta en relación directamente proporcional con el incremento de la salinidad hasta un punto, denominado isosalino, definido con una salinidad de 12%; esto es, cuando el gradiente osmótico entre el medio acuático y el plasma del pez es nulo.<sup>10, 11</sup> Dado que en México no se cuenta con fuentes sobradas de agua dulce y en virtud de que no se han realizado estudios de cultivo de especies de tilapia en condiciones controladas, se trazó como objetivo de este estudio determinar el efecto de diferentes grados de salinidad en el creci-

were used. Fish were acquired from 'the Empresa Desarrollo Acuicola Potosino, S.A. de C.V.'

Fish were first raised in fresh water in concrete tanks (10.0 m × 6.0 m × 0.60 m deep), using a diet with 35% protein. Total amount given per day was 5% in weight of the total biomass. The experiment started when fish had a mean weight of 73.3 ± 26 g and 90 days of age. Thereafter, one hundred fish were transferred to each of the 8 fiber-glass tanks with a volume capacity of 2300 l and an initial water volume of 2000 l. Water/fish density was maintained at 50 fish per m<sup>3</sup>. Salinities assessed were 15%, 25% and 35% using two tanks with fresh water as control groups. Adaptation to experimental environments was achieved by increasing salinity at a rate of 5% per day.<sup>9,12</sup> Saline environments were achieved using sea water, and when necessary additional amounts of salt. In all cases, water turnover in tanks was 30%. After the pre-fattening period, fish were fed a commercial diet in pellets containing: 30% de protein, 6.2% fat, 8.7% ashes, 5.4% fiber and 10% humidity. The amount of food added to the tanks was constantly adjusted to 3% of the biomass at the beginning of the trial, and gradually reduced to 2% towards the end of it. Fish were fed three times a day (9:00, 13:00 and 17:00 hs).<sup>12</sup> Continuous air supply with dissolved oxygen content above 5 mg/l was ensured with a 3.5 HP pump.

Using an ichthyometer (calibrated to mm), and an electronic weighing scale with a precision limit of 0.01 g, morphometric samplings were carried out every 14 days recording length and weight. 0.01 g. The size of the sample was established according to the following equation:<sup>13</sup>

$$n = \frac{t_{n-1} \cdot \delta}{\varepsilon} \times 100$$

Where:

ε = error not greater than 10%

t<sub>n-1</sub> = Student "t" test

δ = standard deviation

n = number of sampled fish

∅ = mean weight

### Water quality

Using an automatic water-quality analyzer (YSI-GRANT Mod. 6000), daily assessments of water quality were carried out measuring: temperature, salinity (%), saturation of oxygen, dissolved percentage, oxygen content (mg/l) and pH.

### Length to weight correlation

The length to weight correlation was determined with the following equation:

miento del híbrido *O. mossambicus* × *O. niloticus* con inversión artificial del sexo (todos machos).

### Material y métodos

Se utilizaron híbridos de la cruce de tilapia roja de Florida *O. mossambicus* × *O. niloticus*, revertidos artificialmente con α-metil-testosterona para la obtención de machos. Los ejemplares fueron adquiridos a la empresa Desarrollo Acuicola Potosino, S. A. de C. V.

Los alevines se sometieron a una etapa de preengorda en agua dulce, en estanques de cemento de 10.0 m × 6.0 m, con una profundidad de 0.60 m. A los peces se les suministró alimento con 35% de proteína. La ración diaria de alimento fue del 5% de la biomasa corporal hasta alcanzar un peso promedio de 73.3 g ± 26. Con este peso los juveniles de tilapia que tenían una edad aproximada de 90 días se transfirieron a ocho tanques de fibra de vidrio de 2 m de diámetro con capacidad de 2 300 litros y volumen de cultivo de 2 000 litros. Posteriormente los peces se alimentaron con una dieta comercial (alimento peletizado) conteniendo: 30% de proteína, 6.2% de grasa, 8.7% de cenizas, 5.4% de fibra y 10% de humedad. La cantidad de alimento se proporcionó de acuerdo con el incremento de los pesos promedio obtenidos de cada muestreo morfométrico, iniciando con un suministro del 3% de la biomasa corporal total, reduciendo este porcentaje hasta finalizar el cultivo con 2%. Los peces fueron alimentados tres veces al día (9:00, 13:00 y 17:00 h).<sup>12</sup>

Los bioensayos se realizaron por duplicado, con una densidad de siembra de 50 organismos por m<sup>3</sup> (100 juveniles por tanque). Se les aclimató a las salinidades de 15‰, 25‰ y 35‰, iniciando en agua dulce e incrementándose la salinidad en 5‰ por día hasta alcanzar los valores ya mencionados.<sup>9,12</sup> Se mantuvo un grupo testigo en agua dulce y se realizaron recambios de agua diarios del 30%. Para ello se realizaba la mezcla de agua previamente a fin de mantener la concentración de salinidad deseada en cada grupo. Se proporcionó aireación continua con un aereador de 3.5 HP, que brindaron concentraciones de oxígeno disuelto superior a 5 mg/l.

Se realizaron muestreos morfométricos cada 14 días, registrándose la longitud estándar y peso, utilizando un ictiómetro graduado en milímetros y una balanza electrónica con capacidad de 3,100 g y precisión de 0.01 g. El tamaño de muestra se determinó utilizando la ecuación:<sup>13</sup>

$$n = \frac{t_{n-1} \cdot \delta}{\varepsilon} \times 100$$

Donde:

ε = error no debió ser mayor al 10%

t<sub>n-1</sub> = "t" de Student

δ = desviación estándar

$$W = a L^b$$

Variables “a” and “b” arise from linear regression of data through “minimal squares” as initial approximation;<sup>14,15</sup> then, data was optimized through an iterative process based on reduction of the sum of residual squares.

### Infinite length

Infinite length ( $L_\infty$ ) was calculated using the Ford-Walford method based on the graphic relationship between  $L_t$  vs.  $L_{(t+1)}$  adjusting a linear regression through “minimal squares” and finding the intersection with the corresponding line with a slope value equal to 1 and ordinate value equal to zero;  $Y = X$ .<sup>13</sup>

$$L_t = a + bL^{(t+1)}$$

The constant growth  $k$  was obtained through the linear regression of length growth, using its slope as first approximation, optimizing thereafter through an iterative search of best fitting. For this purpose the von Bertalanffy equation was used. This equation considers growth and physiological influences as follows.<sup>13,14,16</sup>

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Where  $k = -b$  and  $t_0 = a/k$

### Weight

Growth due to weight was calculated using the following equation derived from studies in shrimp:<sup>15</sup>

$$W_t = a[L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})]^b$$

### Weight gain percentage

Weight gain percentage per day was determined as follows:<sup>5</sup>

$$Pg\% = [1nW_f - 1nW_i / t] \times 100$$

Where:

$Pg\%$  = is the weight gain percentage

$W_f$  = the final weight

$W_i$  = initial weight

$t$  = time

### Daily weight gain

This variable was calculated with the following relationship:<sup>1</sup>

$$Pg = \frac{W_f - W_i}{t}$$

$\eta$  = número de organismos muestreados

$\bar{w}$  = peso promedio

### Variables de calidad de agua

Se realizaron muestreos de la calidad de agua diariamente (entre las 8:30 y 9:00 h). Las variables registradas fueron: temperatura, salinidad (‰), % saturación de oxígeno, oxígeno disuelto (mg/l) y pH. La determinación se realizó con un analizador de agua multivariables.\*

### Variables de crecimiento. Relación longitud-peso

La relación longitud y peso se determinó de acuerdo con la ecuación:<sup>13</sup>

$$W = a L^b$$

Los variables  $a$  y  $b$  se calcularon mediante la linealización de la expresión y aplicación de la técnica de “cuadrados mínimos”,<sup>14,15</sup> como una primera aproximación y se optimizaron utilizando un proceso iterativo, cuyo criterio de optimización fue la reducción de la suma residual de cuadrados.

### Longitud infinita

La longitud infinita ( $L_\infty$ ) se calculó mediante el método de Ford-Walford, que consiste en graficar  $L_t$  contra  $L_{(t+1)}$  ajustando una línea recta mediante el método de “cuadrados mínimos” y encontrando su intersección con la recta de pendiente igual a 1 y ordenada 0;  $Y = X$ .<sup>13</sup>

$$L_t = a + bL^{(t+1)}$$

La constante de crecimiento “ $k$ ” se estimó mediante la linealización de la ecuación de crecimiento en longitud ajustándose a una recta, cuya pendiente se consideró como una primera aproximación del parámetro buscado y se utilizó como valor inicial para su optimización mediante un método iterativo; para ello se usó la ecuación de Von Bertalanffy, que es una función ampliamente usada y describe el crecimiento del pez sobre la base de propiedades fisiológicas:<sup>13,14,16</sup>

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde  $k = -b$  y  $t_0 = a/k$

### Crecimiento en peso

El crecimiento en peso se calculó mediante la siguiente ecuación derivada del crecimiento en camarones:<sup>15</sup>

\*YSI-GRANT Mod.6000

Where:

$Pg$  = daily weight gain

$W_i$  = initial weight

$W_f$  = final weight

$t$  = time

Survival percentage was also recorded in each group. To assess the influence of salinity regarding growth, morphometric values were included in an analysis of variance (ANOVA) and Tukey's "t" test to compare mean values of groups found statistically different at the end of the trial. Statistical significance was set at  $\alpha \leq 0.05$ . Due to the lack of weight homogeneity among fish at the beginning of the trial, a covariance analysis (ANCOVA) was also ran to compare final weights.<sup>16</sup>

## Results

### Water quality

Water quality was maintained within optimal ranges for fish culturing at all times. Temperature ranged between 25.79°C to 30.65°C. Oxygen saturation percentage was increased in tanks where salinity was greater (25‰ and 35‰), and dissolved oxygen was always above 5.00 mg/l in all tanks (Table 1).

### Growth

Both variance and covariance analyses of growth in terms of length and weight showed no statistically significant differences between values for fish grown in fresh water and those from 15‰ salinity ( $P < 0.05$ ). However, a statistically significant decrease in growth was found when the same comparison was made with 25‰ and 35‰ salinities ( $P < 0.05$ ) (Figures 1-3).

Mean final weight in fresh water was 575.07 g with a daily gain of 2.69 g. For 15‰ salinity, mean values were 486.86 g and 2.24 g respectively. In 25‰ salinity, the same values were 367.35 g and 1.6 g and 358.58 g, and 1.49 g for 35‰ salinity. These values show a tendency that growth decreases as salinity increases (Table 2).

Theoretical values for infinite length and weight ( $L_\infty$  and  $W_\infty$  ( respectively) also tend to diminish with increments in salinity. The allometric factor (b) indicates that if the value is 3 or less, the fish will tend to increase length rather than weight (Table 3; Figure 1).

Survival rates at the end of the trial were: 94% in fresh water; 87% in 15‰ salinity; 76% in 25‰ salinity, and only 58% in 35‰ salinity. Mortality values were different at a statistically significant level when fresh water and 15‰ salinity were confronted with 25‰ and 35‰ salinities. Main etiology identified was an infection by *Aeromonas* sp.

$$W_t = a[L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})]^b$$

### Porcentaje de peso ganado

El porcentaje de peso ganado por día, se determinó con la siguiente ecuación:<sup>5</sup>

$$Pg\% = [1nW_f - 1nW_i / t] \times 100$$

Donde:

$Pg\%$  = l porcentaje en peso ganado

$W_f$  = peso final

$W_i$  = peso inicial

$t$  = tiempo

### Peso ganado por día

El peso promedio ganado por día se calculó de acuerdo a la siguiente expresión:<sup>1</sup>

$$Pg = \frac{W_f - W_i}{t}$$

Donde:

$Pg$  = peso ganado por día

$W_i$  = peso inicial

$W_f$  = peso final

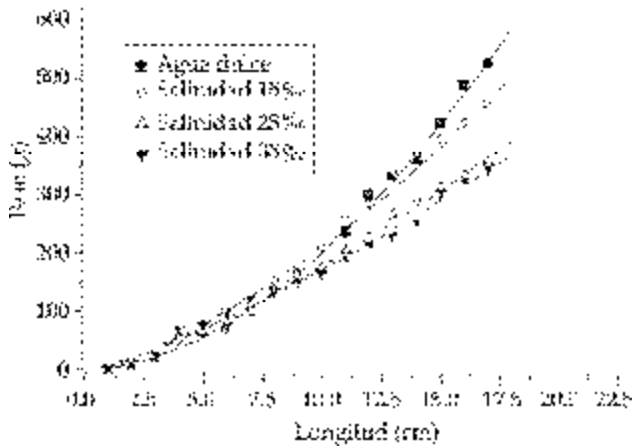
$t$  = tiempo

Se determinó el porcentaje de supervivencia de la tilapia en cada uno de los tratamientos. Para conocer el efecto de la salinidad en el crecimiento de la tilapia, con los valores del último muestreo morfométrico de cada uno de los bioensayos se realizó el análisis de varianza (ANDEVA). Cuando el análisis presentó diferencias significativas que provocaron el rechazo de la hipótesis nula, se utilizó el análisis por el método de Tukey para comparar la media de cada uno de los tratamientos. En todas las pruebas se fijó un valor de alfa de  $\leq 0.05$  para aceptar diferencia estadística. En virtud de que al inicio del experimento se encontraron diferencias significativas entre los pesos, con los valores del último muestreo morfométrico se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) a fin de determinar si realmente el efecto de la salinidad influyó en el crecimiento de la tilapia.<sup>16</sup>

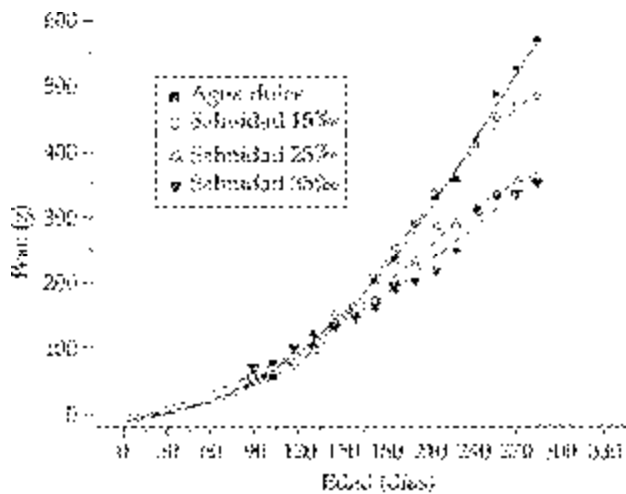
## Resultados

### Calidad de agua

Los variables de calidad del agua, se registraron dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de organismos acuáticos en ambientes controlados, en donde el rango de temperatura registrado fluctuó de 25.79°C a 30.65°C;



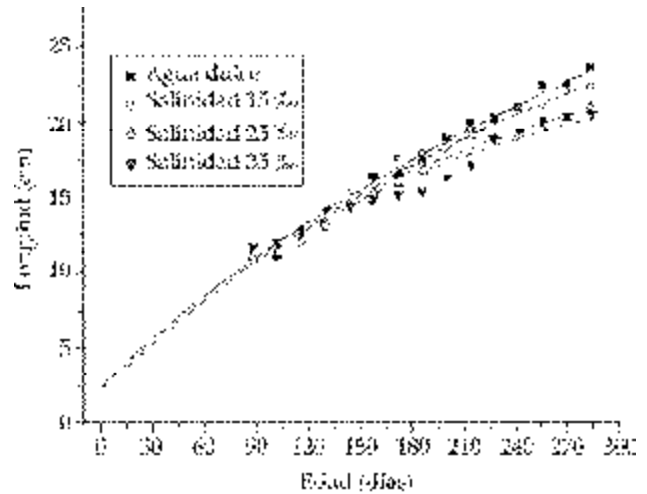
**Figura 1.** Relación longitud-peso de la tilapia roja (híbrida) *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, en agua dulce y en diferentes concentraciones de salinidad.  
Length-weight relationship for hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, cultured in fresh water and under different degrees of salinity.



**Figura 3.** Relación de crecimiento en peso de la tilapia roja (híbrida) *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, en agua dulce y en diferentes concentraciones de salinidad.  
Age to growth relationship for hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, cultured in fresh water and under different degrees of salinity.

## Discussion

Results in this study show that the greatest growth rate was observed in the fresh water group (Table 2) ( $P < 0.05$  when compared with 25% and 35% salinities). However, no statistically significant differences were detected when the same comparison was made with 15% salinity. Therefore, it seems reasonable to accept that increased salinity beyond 15% impairs growth of the red tilapia used in this trial.



**Figura 2.** Relación de edad y longitud de la tilapia roja (híbrida) *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, en agua dulce y en diferentes concentraciones de salinidad.  
Age-length relationship for hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, cultured in fresh water and under different degrees of salinity.

además se observó que el porcentaje de saturación de oxígeno se presentó en mayor concentración en salinidades altas (25‰ y 35‰) y el oxígeno disuelto en el agua se registró por arriba de los 5.00 mg/l en todos los tratamientos (Cuadro 1).

## Crecimiento

En los análisis de varianza y covarianza de los valores de crecimiento tanto en peso como en longitud no se encontraron diferencia significativa entre el tratamiento de agua dulce y la salinidad de 15‰ ( $P < 0.05$ ); registrándose diferencias significativas entre los tratamiento de agua dulce y las concentraciones de salinidad de 25‰ y 35‰ ( $P < 0.05$ ) (Figuras 1 y 3).

El peso promedio al final del cultivo en agua dulce fue de 575.07 g y peso ganado por día de 2.69 g. En salinidad de 15‰, el valor promedio del peso fue de 486.86 g, y peso ganado por día de 2.24 g. En salinidad de 25‰ el peso promedio final del cultivo fue de 367.35 g y peso ganado por día de 1.6 g. En salinidad de 35‰ el peso promedio fue de 358.58 g y peso ganado por día de 1.49 g. Valores que presentan una tendencia a disminuir al incrementarse la concentración salina (Cuadro 2).

Los valores de crecimiento de longitud infinita ( $L_{\infty}$ ) y peso infinitos ( $W_{\infty}$ ) calculados teóricamente, tienden a disminuir al incrementarse la concentración de salinidad; y el factor alométrico ( $b$ ), indica que si el valor es menor de 3 el pez crece más en longitud que en peso (Cuadro 3 y Figura 1).

La supervivencia promedio registrada al final del cultivo de cada uno de los tratamientos fue: para el agua dulce del 94%, en salinidad de 15‰ el 87%, en la

Verdegem *et al.*,<sup>17</sup> found a similar effect for the same hybrid species used in this trial, establishing maximal salinity at 19‰. However, their results and our findings are contrary to those reported by Watanabe *et al.*,<sup>5</sup> who postulated that red tilapia from Florida (*O. mossambicus*) is capable of reaching a maximal growth rate in high salinity environments. They related this growth pattern to an increase of feed consumption disregarding the influence of salinity in growth performance. Differences among these studies may be partly explained by the fact that Watanabe *et al.*,<sup>5</sup> used small fish in a developmental stage when their feeding energy is greater and their growth much faster than at later stages (Figures 2 and 3). However, it is also tempting to speculate that older fish require a greater expenditure to withstand a saline environment, spending far less energy for growing purposes.

salinidad de 25‰ el 76% y en la salinidad de 35‰ el 58%. La mortalidad significativa se presentó en la concentración de salinidad mayor (25‰ y 35‰), y se debió a que el pez sufrió infección bacteriana (*Aeromonas* sp).

## Discusión

De acuerdo con los resultados del presente estudio, la tasa de crecimiento promedio de la tilapia fue mayor en agua dulce (Cuadro 2), mostrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las concentraciones de salinidad de 15‰, 25‰ y 35‰. No se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento de agua dulce y la salinidad de 15‰. Por tanto, se puede concluir que dadas las diferentes concentraciones de salinidad ensayadas, hay un efecto adverso de la salinidad sobre el crecimiento, con la tendencia a provocar una disminu-

**Cuadro 1**

RANGOS DE VALORES DE LA CALIDAD DE AGUA EN TANQUES DE FIBRA DE VIDRIO EN EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA (HÍBRIDA) *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, EN AGUA DULCE Y EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SALINIDAD  
RANGES FOR WATER QUALITY IN GLASS-FIBER TANKS WHERE HYBRID RED TILAPIA *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, WERE CULTURED EITHER IN FRESH WATER OR UNDER DIFFERENT SALINITY ENVIRONMENTS

Tratamiento Treatment	Temperatura °C Temperature °C	% saturación de oxígeno Oxygen saturation (%)	Oxígeno disuelto mg/l Dissolved oxygen mg/l	pH
Agua dulce	27.69 a 29.83	73.08 a 86.88	5.59 a 6.82	7.84 a 7.99
Salinidad 15‰	27.97 a 29.46	77.10 a 88.39	5.32 a 6.36	7.67 a 7.79
Salinidad 25‰	27.81 a 29.24	85.02 a 90.97	5.71 a 6.22	7.84 a 7.90
Salinidad 35‰	27.34 a 29.00	83.91 a 90.71	5.35 a 5.97	7.77 a 7.84

**Cuadro 2**

PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA ROJA (HÍBRIDA) *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* CULTIVADA EN TANQUES DE FIBRA DE VIDRIO EN AGUA DULCE Y EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SALINIDAD  
GROWTH VARIABLES IN HYBRID RED TILAPIA *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* CULTURED EITHER IN FRESH WATER OR UNDER DIFFERENT SALINITY ENVIRONMENTS

Tratamiento Treatment	Peso promedio inicial (g) Initial mean weight (g)	Longitud inicial (cm) Initial mean length (cm)	Peso promedio final (g) Final mean weight (g)	Longitud promedio final (cm) Final mean length (cm)	Peso ganado/día (g) Weight gain/day (g)	% peso ganado/día Weight gain/day (%)	Sobrevivencia (%) Survival (%)
Agua dulce	55.61	10.75	575.07	23.73	2.69	4.27	93.5
Salinidad 15‰	54.79	10.61	486.86	22.78	2.24	4.11	87.1
Salinidad 25‰	58.10	11.08	367.35	21.01	1.60	3.80	76.0
Salinidad 35‰	69.90	11.17	358.58	20.62	1.49	3.68	58.0

**Cuadro 3**

PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE LA TILAPIA ROJA HÍBRIDA (MONOSEXO)

*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, CULTIVADA EN AGUA DULCE

Y EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE SALINIDAD

GROWTH VARIABLES OBTAINED FOR HYBRID RED TILAPIA *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* CULTURED EITHER IN FRESH WATER OR UNDER DIFFERENT SALINITY ENVIRONMENTS

Tratamiento	$W_{\infty}$	$L_{\infty}$	$k$	$q$	$b$	$t_0$
Treatment	$W_{\infty}$	$L_{\infty}$	$k$	$q$	$b$	$t_0$
Agua dulce	3,616.31	46.22	0.00230	0.0335	3.086	-23.37
Salinidad 15‰	2,587.43	38.77	0.00290	0.0440	2.999	-20.86
Salinidad 25‰	903.92	28.19	0.00452	0.0565	2.899	-17.93
Salinidad 35‰	706.41	26.19	0.00495	0.0887	2.743	-19.74

$W_{\infty}$  = infinite weight  
 $L_{\infty}$  = infinite length  
 $k$  = growth rate  
 $q$  = condition factor  
 $b$  = allometric factor  
 $t_0$  = theoretical time for zero length

Results obtained in this study agree with reported values found for other red tilapia species. In these experiments, fish growth in fresh water ponds was better than in 19% salinity.<sup>6,8</sup> Furthermore, infinite length and growth variables using the von Bertalanffy equation also indicated that growth tends to decrease as salinity increases (Table 3). Obviously this tendency agrees with sizes and weights obtained in this trial. It is therefore, reasonable to postulate that maximal growth is obtained in fresh water, and salinity has a direct negative effect on growth rate for the tilapia species used in this trial. However, as Suresh and Lin<sup>2</sup> suggested, the influence of the species of tilapia used, needs to be considered in each case, as also do water temperature, the methods for culturing fish and the initial size and age.

Survival percentage in this trial also indicates a negative effect of salinity in this variable. However, this also disagrees with reported tendencies reported by Watanabe *et al.*<sup>10</sup> At this stage, differences arise from unidentified causes but the use of various developmental stages in these trials may influence contrasting outcomes.

It is concluded that hybrid red tilapia (*O. mossambicus* × *O. niloticus*) sex converted to males with methyl testosterone is capable of developing adaptive maneuvers that enable fish to withstand increased salinity and achieve growth.<sup>9</sup> However, if maximal performance is to be obtained, 15‰ salinity must not be surpassed.

ción en peso conforme se incrementa la concentración de la salinidad a partir de 15‰.

Verdegem *et al.*<sup>17</sup> observaron un efecto muy parecido para el mismo híbrido usado en este ensayo, estableciendo el límite máximo de salinidad en 19‰. Sin embargo, sus resultados y los de este ensayo difieren con lo descrito por Watanabe *et al.*,<sup>5</sup> quienes concluyen que la tilapia roja de Florida (*O. mossambicus*) es capaz de lograr un mayor crecimiento conforme se incrementa la concentración salina y, aunque atribuye este crecimiento al aumento en el consumo de alimento, parecen no adscribir importancia a la salinidad. Es posible que esta disparidad se deba a que los organismos usados por Watanabe *et al.*<sup>5</sup> eran de tallas pequeñas, se sabe que en su etapa inicial de crecimiento las tilapias presentan mayor vigor para alimentarse; ese aspecto cambia en tallas mayores en donde la tasa de crecimiento tiende a disminuir conforme se acerca a la asíntota de la curva (Figuras 2 y 3). También se puede especular e inferir que en fases de desarrollo posterior el organismo de los peces realiza un mayor gasto fisiológico para mantenimiento corporal y menor para crecimiento cuando se le ubica un medio de diferente salinidad.

Los resultados de este estudio también concuerdan con las observaciones de DeWandel<sup>8</sup> para la tilapia roja taiwanesa *O. niloticus*. Este autor informa un mejor crecimiento en agua dulce que en agua salobre (19 S‰). Las variables de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy sobre longitudes infinitas ( $L_{\infty}$ ) y peso







infinitos ( $W_{\infty}$ ) en los tratamientos, indican la tendencia a disminuir conforme se incrementa la concentración salina (Cuadro 3). Siendo consistentes estos resultados con las tallas promedio observadas, de lo que se infiere que los valores de crecimiento disminuyen a partir de un máximo en agua dulce hasta alcanzar su mínimo valor en la salinidad más elevada. Estos valores, resultaron similares a los obtenidos por Pruginin *et al.*,<sup>6</sup> por lo que se puede asumir que se establecieron en estas condiciones experimentales dentro de límites de repetibilidad; aunque Suresh y Lin<sup>2</sup> mencionan que los límites de tolerancia a la salinidad de las especies de tilapia pueden variar en función de la raza y de otros factores como la temperatura, método de aclimatación, edad y talla corporal.

El porcentaje de supervivencia registrado en este estudio disminuye con el incremento de la salinidad, valores que difieren con los registrados por Watanabe *et al.*,<sup>10</sup> quienes encontraron que al aumentarse la salinidad se incrementa la supervivencia. Nuevamente la diferencia observada puede deberse a otras condiciones no determinadas, como el manejo de los cultivos, las razas de tilapia y la tallas de los organismos.

En conclusión, se puede inferir de los resultados de este ensayo que la tilapia híbrida (*O. mossambicus* × *O. niloticus*) con inversión artificial del sexo (todos machos), desarrolla mecanismos fisiológicos de adaptación que le permiten sobrevivir y crecer después de ser transferida del agua dulce a diferentes concentraciones de salinidad,<sup>9</sup> pero que para obtener mejores rendimientos en el cultivo se recomienda ofrecer un medio con una salinidad no mayor al 15‰.

## Referencias References

1. Lovell RT. Feeding tilapia. *Aquacult Mgmt* 1995;7:87-91.
2. Suresh AVY, Lin CK. Tilapia culture in saline waters: a review. *Aquaculture* 1992;106:201-226.
3. Al-Amoundi MM. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to seawater an experimental study. *Aquaculture* 1987;65:333-342.
4. Hopkins KD, Ridha M, Lleclercq D, Al-Meer-A A, Al-Ahmad T. Screening tilapia for sea culture in Kuwait. *Aquacult Fish Mgmt* 1989;20:389-397.
5. Watanabe WO, French KE, Ellingson LJ, Wicklund RI, Olla BL. The effects of salinity on growth food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1987 March 16-20; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988:515-523.
6. Pruginin Y, Fishelson L, Koren A. Intensive tilapia farming in brackish water from an Israeli desert aquifer. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; March 16-20; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988:75-81.
7. Likongwe JS, Stecko TD, Stauffer JR, Carline RF. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture* 1996;6:37-46.
8. DeWandel R. Avances en la acuicultura de las tilapias en aguas salobres. Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia; 1966 junio 20-22; México (DF). México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1996:12-18.
9. Prunet P, Bornancin M. Physiology of salinity tolerance in tilapia: an update of basic and applied aspects. *Aquat Living Res* 1989;2:91-97.
10. Watanabe WO, Ellingson LJ, Wicklund RI, Olla BL. Further investigations on the effects of salinity on growth in Florida red tilapia: evidence for the influence of behavior. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1987 March 16-20; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988:525-530.
11. Roberts RJ. Patología de los peces. Madrid, España: Mundi-Prensa, 1981.



12. Wang Y, Cui Y, Yang Y, Cai F. Compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* 2000;189:101-108.
13. Pauly D, Moreau J, Prein M. A comparison of overall growth performance of tilapia in open waters and Aquaculture. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1987 March 16-20; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988:469-479.
14. Csirke BJ. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Documento Técnico de Pesca. Buenos Aires, Argentina: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1980;192:82-84.
15. Ping Suan LXT, Hochman E. Shrimp growth functions and their economic implications. *Aquacult Eng* 1993;12:81-96.
16. Daniel W. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. México (DF): Limusa, 1993.
17. Verdegem AD, Hilbrands AD, Boon JH. Influence of salinity and dietary composition on blood parameter values of hybrid red tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) × *O. mossambicus* (Peters). *Aquacult Res* 1997;28:453-459.