

Rendimiento de siete líneas de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en jaulas flotantes y estanques convencionales

Performance of seven lines of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in cages and conventional ponds

Raquel Hernández-Jiménez¹ , Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez^{1*} , María de Jesús Contreras-García¹ , Alejandro Mcdonal-Vera¹ 

¹Laboratorio de Acuicultura Tropical, DACBiol-UJAT, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Carretera Villahermosa-Cárdenas, km 0.5, Entronque a Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, 86039. México.

Corresponding author:

Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Email: contrerw@hotmail.com

Cite:

Hernández Jiménez R, et al. (2025) Comparación del rendimiento de siete líneas de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en jaulas flotantes y estanques convencionales. Tropical Aquaculture 3 (1): e5748. DOI 10.19136/ta.a3n1.5748

Recibido: 15 de agosto 2025

Aceptado: 27 noviembre 2025

Licencia creative commons:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International



Resumen

Se realizaron dos experimentos para evaluar el rendimiento de siete líneas de tilapia *Oreochromis niloticus*, proveídas por diversas granjas de la región. Se compararon los rasgos productivos como: crecimiento, supervivencia, porcentaje de masculinización y estado sanitario. Para el primer experimento se utilizaron siete líneas de tilapia; los peces se colocaron al azar y por triplicado en jaulas flotantes de 2x1x1m a una densidad inicial de 1000 peces por jaula. Las densidades se fueron ajustando conforme crecieron los peces. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) en crecimiento y sobrevivencia, así como diferencias en sus condiciones sanitarias. En el segundo experimento se evaluaron las cuatro mejores líneas del primer experimento, estas fueron sembradas al azar y por duplicado en piletas de concreto de 10x5x1m a una densidad de 1000 peces por estanque. A mitad del experimento la densidad se redujo a 500 peces por estanque. Los resultados indican que las líneas Tabasco y Chitralada fueron las que obtuvieron el mayor peso final con 301.11 y 291.30 g, respectivamente; un FCA de 1.1 para ambas, una sobrevivencia de 99.4% y con un 95% de masculinización. En los resultados sanitarios se identificó la presencia de diversas especies de bacterias y parásitos en todas las líneas evaluadas.

Palabras clave: Cultivo de Tilapia, sistemas de producción, selección de línea, crecimiento.

Abstract

Two experiments were conducted to evaluate the performance of seven lines of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, provided by various farms in the region. Performance was measured and compared among lines as: growth, survival, masculinization rate and health status. For the first experiment, we evaluated seven tilapia lines; fish were randomly allocated in triplicate 2x1x1m-floating cages at an initial density of 1000 fish per cage. Densities were adjusted as the fish grew. The results showed significant differences ($p < 0.01$) in growth and survival. Health status showed differences as well. In the second experiment, we evaluated the top four lines of the first experiment. In this case, fish were stocked in duplicate at random in 10x5x1m-concrete ponds at a density of 1000 fish per pond. The density was reduced to 500 fish per pond half time through the experiment. The results indicate that the lines Tabasco and Chitralada had the highest final weight with 301.11 and 291.30g, respectively; an FCA of 1.1 for both lines, a survival of 95%, and a masculinization rate around 99.4%. In terms of health indicators, we identified the presence of different species of bacteria and parasites in all lines tested.

Key words: Tilapia farming, production systems, line selection, growth.

Introducción

A nivel mundial la acuicultura es actualmente la actividad más importante de la producción pesquera (FAO 2024, Rahman *et al.*, 2023), ya que contribuye a la subsistencia, alimentación, empleo e ingresos de muchas familias (García *et al.*, 2002, Pardo *et al.*, 2006, FAO 2016), su crecimiento anual desde 1970 es en promedio 9.2%, comparado con la pesca de captura y el sector de productos cárnicos en los sistemas terrestres, con 1.4 y 2.8%; respectivamente (García-Medel 2022), siendo los peces de agua dulce la producción acuícola mundial predominante con un 56.4% del total (FAO 2024).

Una de las especies de mayor importancia comercial a nivel mundial es la tilapia; abarca aproximadamente el 20% del volumen total de la producción de peces, destacándose la especie *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). La cual representa aproximadamente el 80% de la producción total de tilapias en el mundo (Rana *et al.*, 2021, El-Sayed *et al.*, 2020).

La producción de tilapia a nivel global del 2002 al 2010 excedió los tres millones de toneladas métricas (Zhao *et al.*, 2022) y según las estadísticas de la FAO, los cinco principales países productores de tilapia para el año 2009 fueron: China (con una producción de 1.25 millones de T/M), Egipto, Indonesia, Filipinas y Tailandia (FAO 2010). El desarrollo del cultivo de este cíclido se debe a que posee muchas ventajas a nivel económico y presenta excelentes características de cultivo, como una elevada tasa de crecimiento, productividad y gran adaptación a diferentes ambientes (Liti *et al.*, 2020, Bentsen *et al.*, 2021), así como una aparente resistencia a virus, bacterias y enfermedades parasitarias (Rodríguez-Montes de Oca *et al.*, 2022).

Dada la importancia de este cultivo, se han creado diversas líneas procedentes de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*), con el fin de mejorar ciertas características de esta especie (Abucayo y Mair 2000). Entre estas líneas, se encuentran los llamados machos YY, Chitralada, GMT, y GIFT entre otras (Li y Li 2001). Estas líneas se han introducido al Estado de Tabasco, pero no existe ningún estudio que demuestre el rendimiento y calidad de tales líneas. El presente trabajo se enfoca en determinar la capacidad productiva en cuanto a su

crecimiento, índices de producción y sobrevivencia; así como indicadores de sanidad básicos, para ofrecer a los productores información confiable que les permita tomar decisiones que redunden en una mejor producción y así obtener beneficios económicos.

Materiales y métodos

El presente trabajo consistió en dos experimentos. El primero se llevó a cabo en jaulas flotantes, en las instalaciones de la granja “El Pucté del Usumacinta” ubicada en el Km 1 de la carretera Chablé – Boca de San Jerónimo, Villa Chablé, Emiliano Zapata, Tabasco, México. El segundo experimento se realizó en estanques de concreto de la granja “Piscigranja Blanco del Grijalva” ubicada en Cunduacán, Tabasco, México.

Obtención de alevines

Se evaluaron siete líneas de tilapia del Nilo que según los propietarios corresponden a: L1= Chitralada¹ proveniente de Brasil; L2 = Chitralada² proveniente de Brasil; L3 = Tabasco (Stirling mejorada); L4 = GMT obtenida de Gales y Costa Rica (Fishgen); L5 = Pucté (Silvestre seleccionada + Stirling + GMT); L6 = GIFT de Nicaragua y L7 = GIFT de Vietnam + Chitralada de Brasil. Los peces fueron comprados directamente de los productores, (Chitralada¹ fue obtenida de la granja “Acuaplan”, ubicada en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco; la Chitralada² de la granja “Aguasur”, ubicada en Sabancuy, Campeche, la línea Tabasco fue proporcionada por el Laboratorio de Acuicultura Tropical, “DACbiol-UJAT”, las líneas GMT y Pucté fueron obtenidos de la granja “Pucté del Usumacinta”, ubicada en el municipio de Emiliano Zapata, Tabasco, la línea GIFT fue obtenida de “Acuagranjas Dos Lagos”, ubicada en Ostucan, Chiapas y la línea Chitralada + GIFT, fue adquirida de la granja “Tropifauna”, ubicada en Francisco I. Madero, Macuspana, Tabasco. Para evitar sesgos, todos los peces fueron adquiridos de manera anónima y la ubicación de los peces se realizó de tal forma que el personal encargado de la alimentación y muestreos desconociera su procedencia.

Diseño experimental

Para el primer experimento se empleó un diseño completamente aleatorizado, donde el factor principal a evaluar fueron siete líneas de tilapia. Cada línea fue

asignada en jaulas flotantes al azar y por triplicado, colocadas en un estanque rústico de 100x30x1m, con un metro de distancia entre jaulas. El segundo experimento consistió en un diseño completamente aleatorizado, donde se evaluaron las cuatro mejores líneas del primer experimento. Cada línea fue asignada al azar, por duplicado en estanques de concreto.

Siembra

Las unidades experimentales inicialmente fueron 21 jaulas de malla mosquitera de 1x2x1m. En cada jaula se sembraron 1000 alevines con una talla promedio de 0.65 g (500 peces/m³). A los 60 días de cultivo se disminuyó la densidad a 600 peces/jaula (300 peces/m³) y se cambió a jaulas de malla de hilo alquitranado con abertura de 1/2 pulgada de luz de malla. A los 90 días de cultivo se disminuyó la densidad hasta 100 peces/jaula (50 peces/m³). A los 120 días de experimentación, todos los peces fueron transferidos a jaulas con las mismas dimensiones, pero con luz de malla de 1 pulgada. A los 150 días de cultivo se realizó un último ajuste a la densidad, quedando de 80 peces/jaula (40 peces/m³).

El segundo experimento consistió en evaluar las cuatro mejores líneas obtenidas del primer experimento, ponderando los criterios de crecimiento, sobrevivencia y episodios de mortalidad ocasionados por el estrés del traslado. Se realizó una nueva adquisición anónima de alevines, siendo mantenidos en observación por 15 días. Los estanques empleados, fueron previamente limpiados y encalados con la finalidad de dar tratamiento profiláctico. Inicialmente se sembraron 2000 alevines por cada línea evaluada, siendo asignados al azar 1000 alevines por estanque (20 peces/m²), con una talla promedio de 0.75 g. A los 120 días de experimentación, se realizó un desdoble, quedando 500 peces por estanque (10 peces/m²). Para ambos experimentos se tomó un lote de 100 peces por línea para determinar su sanidad, la cual fue realizada por el personal del laboratorio de sanidad acuícola de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). También se determinó el porcentaje de masculinización de cada línea, empleándose la técnica de aplastado de gónadas y tinción con azul de metileno (primer experimento) y sexado manual (segundo experimento). Para llevar a cabo esto,

los peces se anestesiaron con sobredosis de metano sulfonato de tricaina.

Alimentación

Los peces fueron alimentados 5 veces al día en los siguientes horarios: (9:00 am, 11:00 am, 1:00 pm, 3:00 pm y 5:00 pm.). Se empleó el alimento comercial para tilapia con un porcentaje de 45% de proteína y 14% de lípidos de la marca Silver cup®. Para asegurar que el alimento fuera totalmente consumido, se les proporcionó en 2 o más raciones en cada alimentación, según las exigencias de los organismos. Inicialmente se adicionó el 10% de la biomasa total, ajustándose mensualmente de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del alimento. Al final el alimento consumido equivalía a aproximadamente un 2% de la biomasa total.

Parámetros zootécnicos

Para evaluar el crecimiento en longitud y peso, se llevaron a cabo biometrías mensuales. Para lo cual, se tomó un lote de 100 peces por cada unidad experimental. Se procedió a pesar y medir de manera individual a cada organismo, utilizando una balanza analítica (Ohaus, Atlantic City, NJ, USA) con precisión de 0.001g; y para la longitud total (LT) se utilizó un ictiómetro convencional.

Parámetros fisicoquímicos

Para determinar las condiciones bajo las cuales se realizaron los experimentos, se llevaron a cabo monitoreos diarios de temperatura y oxígeno disuelto con un oxímetro marca YSI® 55 (Springer, CA, USA), también se midió el pH del agua con un potenciómetro marca Hanna Instruments HI 98311 (Rhode Island, USA). Los análisis de amonio y nitritos se realizaron una vez al mes empleando un multiparámetro marca Hanna Instruments (HI 98311, Rhode Island, USA).

Índices de crecimiento

En los dos experimentos se determinaron los siguientes índices:

Supervivencia [%] = $100 \left(\frac{\text{Número inicial} - \text{Número final de organismos}}{\text{total}} \right)$

Tasa específica de crecimiento (TEC) = $100 \left(\frac{\log \text{peso final} - \log \text{peso inicial}}{\text{tiempo}} \right)$

Factor de condición (FC)= (Peso promedio final / Longitud total final³) x 100

Factor de conversión alimenticia (FCA)= (Alimento ingerido/peso ganado)

Ganancia de peso diario (GPD)= 100 (peso final-peso inicial/tiempo)

Análisis estadísticos

Para el primer experimento se empleó un análisis de covarianza (ANCOVA) para determinar las diferencias significativas entre las Líneas de tilapia evaluadas. Se empleó la longitud y el peso inicial como covariables. Posteriormente se aplicó el contraste múltiple de medias (LSD) para localizar las diferencias entre los tratamientos. Para el segundo experimento se empleó un análisis de varianza simple (ANOVA), seguido de un contraste múltiple de medias (LSD). Para los índices de crecimiento y supervivencia, se realizaron pruebas no paramétricas de contraste de medianas de Kruskal-Wallis seguida de la prueba de Bonferroni. Para determinar las diferencias en el porcentaje de masculinización, se realizó un análisis de Chi-cuadrada mediante tablas de contingencia. Todas las pruebas empleadas fueron analizadas empleando el paquete estadístico Statgraphics Centurion® v19.

Resultados

Experimento 1: Crecimiento en jaulas

Los resultados obtenidos en el análisis de covarianza (ANCOVA) indican que hubo diferencias altamente significativas ($p<0.001$) entre las líneas de tilapia evaluadas; sin embargo, no se encontró un efecto significativo ($p>0.05$) de las covariables (peso y longitud inicial) sobre el crecimiento de las diferentes líneas. El crecimiento en peso presentó diferencias muy marcadas a partir de los 90 días de estudio, indicando que la L1 fue mayor al resto de los tratamientos con un peso promedio de 82.79 ± 6.26 g seguido de la L3 con 73.2 ± 9.04 g, las L2 y L7 con 63.57 ± 4.00 g y 63.97 ± 4.48 g,

respectivamente, la L5 con 59.99 ± 7.16 g, y finalmente la L4 y L6 con los pesos promedio más bajos (52.42 ± 16.21 g y 52.08 ± 8.30 g, respectivamente). Este comportamiento se mantuvo así hasta el final del experimento, donde la L1 fue la que obtuvo el mayor peso final (243.88 ± 27.16 g), seguida de la L3 (196.99 ± 18.23 g), L2 (193.94 ± 9.10 g), L7 (186.94 ± 13.40 g) L6 (154.00 ± 14.79 g) y finalmente la L5 y L4 con los promedios más bajos (141.53 ± 9.52 ; 124.74 ± 6.86 g) respectivamente. El contraste múltiple de medias (LSD), mostró diferencias significativas ($p<0.05$) entre la L1 y el resto de los tratamientos, mientras que las L2, L3 y L7 fueron iguales entre sí y diferentes a las L4, L5 y L6 las cuales no difirieron entre ellas (Figura 1a).

Resultados similares se obtuvieron para la variable longitud, aunque el contraste de medias indicó que no hubo diferencia significativa ($p>0.05$) entre las L1 y L3, pero estas líneas sí difieren del resto de los tratamientos los cuales son iguales entre sí. El mayor crecimiento en longitud se observó en las L1 y L3 con 22.58 ± 0.92 cm y 22.44 ± 1.47 cm, respectivamente; seguidas de las L2 (21.08 ± 0.34 cm), L7 (20.67 ± 0.62 cm), L6 (19.35 ± 0.54 cm) y finalmente las L5 y L4 (18.79 ± 0.39 cm y 18.17 ± 0.39 cm, respectivamente) siendo estas las longitudes promedio más bajas (Figura 1b).

Los índices de crecimiento mostraron algunas diferencias significativas. Las líneas L1, L2 y L3 fueron los que lograron una mejor conversión del alimento (FCA) con valores promedio de 1.5, 1.6 y 1.6, respectivamente y un crecimiento diario de 1.5, 1.2 y 1.2 g, respectivamente; mientras que el mejor factor de condición (FC) se obtuvo en las L1 y L2 con 2.1 y 2.0, respectivamente. La tasa específica de crecimiento (TEC) no mostró diferencias significativas entre las líneas evaluadas (Tabla 1).

Supervivencia

La supervivencia no mostró diferencias significativas ($p<0.05$) entre las líneas, donde el mayor porcentaje fue 86% para la línea 6, seguidos de las L4 y L5 con 84% y 81%, respectivamente y el valor más bajo fue para la L3 con 72% de sobrevivencia.

Tabla 1. Índices de crecimiento de las siete líneas de tilapia *O. niloticus* evaluadas en jaulas flotantes en el primer experimento.

INDICES	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
FCA	1.5 ± 0.01 ^a	1.6 ± 0.01 ^b	1.6 ± 0.02 ^b	2.2 ± 0.01 ^d	2.1 ± 0.07 ^d	1.8 ± 0.01 ^c	2.0 ± 0.01 ^d
FC	2.1 ± 0.01 ^a	2.0 ± 0.01 ^a	1.7 ± 0.01 ^b	2.0 ± 0.01 ^a	2.1 ± 0.01 ^a	2.1 ± 0.01 ^a	2.1 ± 0.01 ^a
TEC	23.2 ± 0.1	24.7 ± 0.1	20.5 ± 0.1	25.2 ± 0.1	20.5 ± 0.1	24.6 ± 0.1	25.6 ± 0.1
GPD	1.5 ± 0.1 ^a	1.2 ± 0.1 ^b	1.2 ± 0.1 ^b	0.7 ± 0.1 ^c	0.8 ± 0.1 ^c	0.8 ± 0.1 ^c	1.2 ± 0.1 ^b

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre columnas

Masculinización

Se detectaron diferencias significativas en el porcentaje de masculinización de las siete líneas de tilapia, donde la L6 fue la que obtuvo el mayor porcentaje de masculinización con un 98%, difiriendo de la L5 la cual mostró el porcentaje más bajo con 82%, el resto de las líneas obtuvieron un porcentaje mayor al 95%.

Sanidad

Los estudios sanitarios mostraron con frecuencia la presencia de dos tipos de bacterias *Pseudomonas fluorescens* (Migula 1895) y *Aeromonas hydrophila* (Stanier 1943), así como la constante aparición de parásitos monogéneos y tricodinas en casi la totalidad de las líneas evaluadas. Se observó una alta mortalidad en las líneas L1 y L2 al inicio del experimento (posterior al traslado a las instalaciones) siendo necesario el remplazo total de la L2. En la línea L7 se presentó el mayor número de parásitos monogéneos, tricodinas y protozoarios ciliados (Tabla 2).

Calidad del agua

Los valores promedio de los factores fisicoquímicos del agua como temperatura y oxígeno disuelto variaron considerablemente a lo largo de los meses de experimentación. La temperatura mínima fue de 24.49 °C y la más alta fue de 30.12 °C. El valor más alto de oxígeno disuelto fue de 4.60 mg/L y el más bajo de 1.20 mg/L, mientras que el pH se mantuvo con poca variación con un máximo de 7.77 y un mínimo de 6.77. Las concentraciones promedio de amonio y nitritos fueron de 0.12 ± 0.01 mg/L y 0.09 ± 0.01 mg/L, respectivamente.

Experimento 2: Crecimiento en estanques (cuatro mejores líneas)

Los resultados del crecimiento en peso y longitud del segundo experimento, mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre las líneas evaluadas. La línea L3 fue la que obtuvo el mayor peso promedio final (301.11 ± 1.30 g), seguida de la L1 (291.30 ± 0.62 g), la L7 (277.86 ± 17.39 g) y finalmente la L5 con 247.00 ± 14.12 g. El contraste múltiple de medias (LSD) indicó que el peso promedio entre la L1 y L3 no tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), pero si difirieron del resto de los tratamientos; las cuales fueron iguales entre sí (Figura 2a). En cuanto a la longitud total, el valor más alto fue para la L1 (25.16 ± 0.29 cm), seguida de la L3 (24.82 ± 0.21 cm) y finalmente las líneas L7 y L5 (24.14 ± 0.49 cm y 23.17 ± 0.65 cm, respectivamente). El contraste múltiple de medias (LSD) indicó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre todas las líneas estudiadas (Figura 2b).

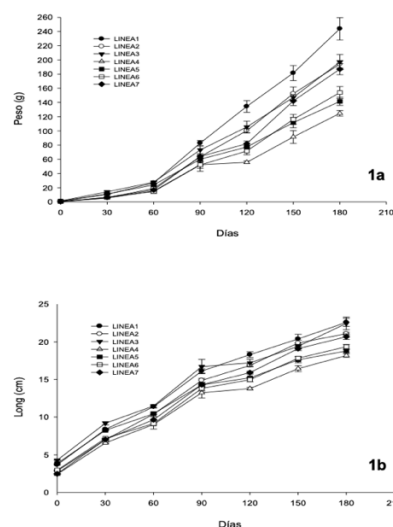


Figura 1. Valores promedio (\pm EE) de crecimiento en peso (A) y longitud (B) obtenidos en jaulas flotantes en el primer experimento. El número de observaciones en cada muestreo es de 150 por línea. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

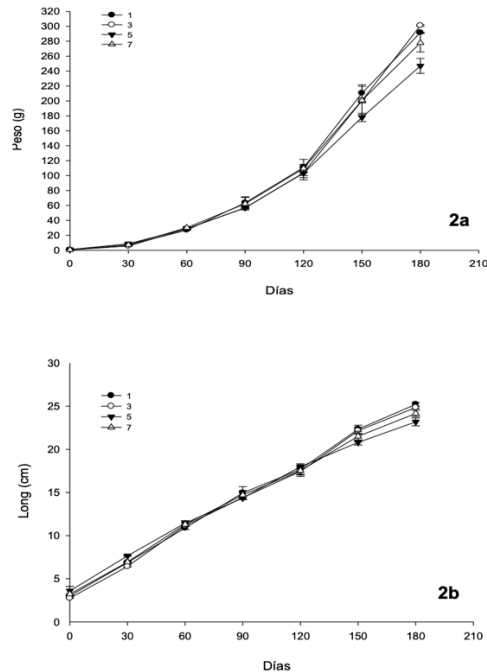


Figura 2. Valores promedio (\pm EE) de crecimiento en peso (A) y longitud (B) obtenidos en estanques de concreto en el segundo experimento, a lo largo de 180 días de experimentación. El número de observaciones en cada muestreo es de 200 por línea. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

Supervivencia

Los resultados de supervivencia no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) entre las líneas, aunque el mayor porcentaje de sobrevivencia fue para la L3 (99.4%) y el menor porcentaje para la L5 (85.3%). Los índices de crecimiento como (FCA, TEC,

FC y GP.) no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre las líneas (Tabla 3).

Masculinización

Los resultados de masculinización indicaron que los mejores porcentajes fueron para la L1 y L3 de las cuales se obtuvo un 95% de machos, mientras que las líneas L5 y L7 obtuvieron los porcentajes más bajos con 85% y 70% respectivamente.

Sanidad

Los resultados sanitarios mostraron la presencia de dos tipos de bacterias: *Aeromonas hydrophila* y *Burkholderia cepacia* (Palleroni & Holmes 1981), en la totalidad de las líneas evaluadas. Así como parásitos monogéneos, excepto en la línea 3 y Trichodinas en las cuatro líneas evaluadas (Tabla 4).

Calidad del agua

Los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto y pH no mostraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre líneas, pero si hubo variación a lo largo del periodo experimental, donde los promedios máximos y mínimos fueron: temperatura (29.17 °C y 25.07 °C), OD (5.24 mg/L y 3.60 mg/L) pH (9.36 y 8.13) respectivamente. Los valores promedio de amonio y nitritos fueron de 0.02 ± 0.011 mg/L y 0.10 ± 0.01 respectivamente.

Tabla 2. Resultados sanitarios de las siete líneas de tilapias *O niloticus* evaluadas en jaulas flotantes en el primer experimento.

Línea	Bacterias encontradas	Parásitos encontrados
1	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> .	Monogeno y tricodina
2	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Aeromonas sobria</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> .	Monogeno y tricodina
3	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Plesiomonas shigelloides</i> , <i>Aeromonas sobria</i> , <i>Moraxella spp</i> y <i>Aeromonas hydrophila</i> .	Monogeno y tricodina
4	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Aeromonas sobria</i> , <i>Plesiomonas shigelloides</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	Ausente
5	<i>Aeromonas sobria</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Plesiomonas shigelloides</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	Monogeno
6	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> , <i>Pseudomonas putida</i> y <i>Photobacterium damsela</i> .	Monogeno y trichodina
7	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	Monogeno, trichodina y Otros protozoarios ciliados parásitos, no identificados

Tabla 3. Índice de crecimiento de las cuatro líneas de *O. niloticus* evaluadas en estanques de concreto en el segundo experimento.

INDICES	L1	L3	L5	L7
FCA	1.1 ± 0.07	1.1 ± 0.14	1.4 ± 0.14	1.2 ± 0.21
FC	1.84 ± 0.04	1.89 ± 0.09	1.97 ± 0.01	2.15 ± 0.19
TEC	23.2 ± 0.14	23.2 ± 0.07	20.2 ± 0.14	23.0 ± 0.07
GPD	1.55 ± 0.07	1.65 ± 0.07	1.45 ± 0.07	1.55 ± 0.07

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre columnas

Tabla 4. Resultados sanitarios de las cuatro líneas de tilapias *O niloticus* evaluadas en estanques de concreto en el segundo experimento.

Línea	Bacterias encontradas	Parásitos encontrados
1	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> .	Trichodina y Monogeneo.
3	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> .	Trichodina
5	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> , <i>Plesiomonas shigelloides</i> .	Trichodina y Monogeneo.
7	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Plesiomonas shigelloides</i> , <i>Ralstonia picketti</i> .	Trichodina y Monogeneo.

Discusión

Las líneas de tilapia vendidas en el Sureste Mexicano; principalmente para los estados de Tabasco, Campeche y Chiapas presentan una gran variabilidad en su crecimiento, el rendimiento obtenido por alimento y la fauna parasitaria y bacteriológica presente. Estudios realizados en diversas líneas de tilapia han demostrado que algunas son más efectivas desde el punto de vista productivo que otras (Tenorio 2002). De acuerdo con esto, Orozco-Icaza (1998) logró obtener en las líneas “Nilo” y “Floridiana” crecimientos en peso de hasta un gramo durante el periodo de reversión sexual. Por otra parte, Santos-Becerra et al (2008) al comparar el crecimiento de la línea “Chitralada” durante el periodo de reversión sexual con un fotoperiodo de 24 horas, obtuvo un crecimiento de hasta 0.75 g. En nuestro trabajo es difícil hablar de líneas puras pues los administradores de los centros de producción han optado por mezclar líneas provenientes de diferentes países y hasta emplear organismos silvestres capturados en la región. En el primer experimento de las siete líneas analizadas a 120 días, los pesos promedio más altos fueron para la línea “Chitralada” seguida de la línea

“Tabasco” –una línea pura de Stirling seleccionada por más de 10 años por personal de la UJAT para el gobierno del Estado de Tabasco; las siguientes líneas corresponden a mezclas “Chitralada + GIFT” provenientes de Cuba y la línea “Pucté” correspondiente a una cruce de silvestre seleccionada + Stirling + GMT. En un estudio similar, Okeke et al. (2021), evaluó el crecimiento de tres líneas de tilapia del Nilo, alcanzando a los 104 días de experimentación pesos de 319.8 g en la línea “LS” y 314.5 g en la línea “GIFT”, mientras que el menor promedio fue para la línea “NS” con 238.8 g. En otro estudio conducido por Lagos-Macías (2000), al evaluar las líneas “Jamaíquina” y la línea “Ismalia” por 160 días en estanques rústicos, obtuvo un peso promedio de 139 y 141 g, respectivamente.

Por otra parte, López (2003) comparó en jaulas las progenies de 4 líneas de tilapia, donde a los 90 días obtuvo un peso promedio de 40.15 g en una línea denominada Línea base “LK” (Largo-factor de condición) y Hernández-Vera (2003) también mostró datos semejantes al comparar 6 líneas de tilapia con un peso promedio de siembra de 70 g, donde a los 210 días de cultivo la línea Centro de Investigación y de Estudios

Avanzados “CINVESTAV” fue la que obtuvo un promedio final de 446.2 g.

Según Conte *et al.* (2008), El crecimiento de las tilapias puede ser afectado por la interacción de múltiples variables innatas al pez, como el genotipo y el sexo; y otras variables más dependientes del ambiente en el que se desenvuelven los peces como la nutrición, la densidad dentro del cuerpo de agua, la temperatura, la salinidad, el pH, algunos compuestos nitrogenados y la concentración de oxígeno disuelto en el agua. En el primer experimento, esta última variable tuvo un descenso crítico, con niveles por debajo de 1.0 mg/L. En este sentido Lagos-Macías (2000) menciona que, en sistemas lenticos, el agua acumula fertilidad y aumenta la población de algas, las cuales producen y consumen gran cantidad de oxígeno provocando un descenso de esta variable en el estanque. Este descenso de oxígeno puede explicar las mortalidades registradas durante el experimento, donde se cuantificó la pérdida de los peces de mayor tamaño. Por lo cual también la sobrevivencia fue de moderada en la mayoría de las líneas; siendo el porcentaje más alto de 86% y el más bajo de 72%. Aunque las tilapias son especies que pueden tolerar bajas concentraciones de oxígeno disuelto, se ha comprobado que en menos de 2 mg/L el metabolismo y el crecimiento disminuyen (Mwangi *et al.*, 2022). Otro factor que se vio influenciado por la mala calidad del agua fue el FCA, el cual fue muy alto en la totalidad de las líneas a excepción de las líneas “GIFT” y “Tabasco” que obtuvieron un FCA de 1.5 y 1.6 respectivamente. Sin embargo, de acuerdo con los estudios de El-Sayed (2006), un buen FCA de 1.4 se puede obtener en tilapias que alcanzan más de 300 g.

En cuanto a los resultados sanitarios, los análisis mostraron la presencia de bacterias del género *Aeromonas* y *Pseudomonas*; grupos de bacterias presentes en prácticamente cualquier cuerpo de agua. Sin embargo, estas bacterias son consideradas como oportunistas, capaces de generar enfermedades bajo condiciones de estrés. En nuestro estudio, las más abundantes fueron las especies *Hydrophila* y *Fluorescens*. Mismas que en estudios previos se ha evidenciado que están asociadas con enfermedades de peces (Hayes 2003), como la septicemia hemorrágica, la cual causa grandes

mortandades en tilapias que van del 5 hasta el 100% de pérdidas (Soto 2003, Ashiru *et al.*, 2011). En este sentido cabe resaltar que, de las líneas estudiadas, las que tuvieron más presencia bacteriana fueron Tabasco, “GMT”, Pucté y GIFT. Sin embargo, la línea que mostro una afectación más severa fue “Chitralada”. La cual presentó episodios de mortalidad debido al estrés del traslado.

Otro aspecto importante fue la presencia de parásitos monogéneos y tricodinas, así como otros protozoarios ciliados, las cuales fueron encontradas en casi todas las líneas estudiadas. Esto coincide con los estudios de incidencia parasitaria practicados a cuatro granjas de tilapia en Brasil donde el 64.2% de la población estudiada estaban infectadas con estos tipos de parásitos (Wanderson 2012). Por su parte, Flores y Flores (2003), dicen que los peces afectados con reducidas cargas parasitarias pueden no presentar signos clínicos; sin embargo, el efecto de los parásitos se traduce en retardos en el crecimiento, disminución de peso, y una reducción muy marcada en la tasa de fertilidad. Esto puede deberse en parte a que, en la mayoría de las granjas de tilapia en México, no se aplican protocolos sanitarios que puedan garantizar el éxito del cultivo y por consiguiente se presentan enfermedades bacterianas y parasitarias que afectan a la misma (Soto 2003). En nuestro estudio, cabe resaltar que, aunque la mayoría de las líneas tuvieron presencia de parásitos, la línea con más carga parasitaria fue la línea “Chitralada + GIFT”, mientras que en la línea GMT no hubo presencia de vermes. Por otra parte, reiterando lo mencionado por Flores y Flores (2003) si bien, los peces no presentaron algunas señas de enfermedades y episodios de mortalidad masiva, estas fueron afectadas por un crecimiento rezagado. En relación con los otros perfiles ambientales como la temperatura y el pH estuvieron dentro del rango aceptable para el crecimiento de la tilapia (Meyer 2001).

Los resultados de la comparación en estanques evidenciaron el desempeño final de las cuatro líneas seleccionadas, donde la línea “Tabasco” (Stirling mejorada) y la línea “Chitralada” de Brasil, fueron las que obtuvieron los mejores rendimientos. En estudios similares para comparar la línea “GIFT” con una línea de tilapia roja, Nandlal *et al.* (2020) concluyeron que la

línea “GIFT” fue más eficiente en ganancia de peso con 362 g, mientras que la línea de tilapia roja solo alcanzó un peso de 268 g. Igualmente Laurindo (2003) al evaluar tres líneas: “Nilótica común”, “Vermelha” y “Chitralada”, con promedios de 50-64 g de peso inicial, evidenció que la línea “Chitralada” presentó un mejor desempeño en la ganancia de peso con 615.5 g a los 112 días que duró el experimento. En otro estudio llevado a cabo por Granados *et al.* (2002) comparando el rendimiento de las líneas “Stirling” y un híbrido (*Oreochromis mossambicus*, Peters 1852 x *O. niloticus*) con un peso inicial de 95 g, lograron obtener a los 98 días un peso final de 459.3 g y 495 g, respectivamente.

En cuanto al factor de conversión alimenticia es bien sabido que es una medida de la eficiencia nutricional de los alimentos y ésta puede variar de acuerdo al nivel de alimentación, a la calidad de los alimentos suministrados y a la calidad del agua (Granado 2000). El FCA alcanzado en este estudio fue muy favorable con 1.1 para las líneas “Tabasco” (Stirling mejorada) y “Chitralada” de Brasil, los cuales fueron mejores a los de “Chitralada + GIFT” de Cuba, con 1.2 y “Pucté” con un FCA de 1.4, siendo el más alto de las líneas evaluadas. Sin embargo, todos los valores estuvieron dentro de un rango aceptable, ya que se ha demostrado mediante experiencias de cultivo que un buen FCA es de 1.5, siendo además considerado como óptimo por Huchette y Beveridge (2003). En otras líneas de tilapia como “SL”, se ha logrado un FCA de 1.4 en peces con promedio de 320g (Mohammad 2006).

La tasa de sobrevivencia fue aceptable en las cuatro líneas evaluadas con un 99.4% para la línea “Tabasco” (Stirling mejorada) y un 85.3% para la línea “Pucté”, la cual fue la más baja. Resultados similares fueron encontrados por (Muñoz y Garduño 1994) quienes reportaron un 100% de sobrevivencia en la línea híbrida (*O. mossambicus*, x *O. niloticus*) y un 87.5% en la *O. mossambicus* en siembras con menores densidades. También Granados *et al.* (2002) mostraron resultados similares con 97 y 83% de sobrevivencia en el Híbrido rojo y Stirling, respectivamente.

El aspecto sanitario, estuvo influenciado por la presencia de bacterias como *Aeromonas hydrophila*, *Pleisomonas shigelloides* y *Burkholderia cepacia*. Cabe mencionar que este

tipo de bacterias están distribuidas en cualquier ambiente acuático como: agua dulce, aguas estuarinas y marinas (Holmes *et al.*, 1996), las *Aeromonas hydrophila* y *Pleisomonas shigelloides* pueden provocar un brote epidémico (Al-Harbi y Uddin 2005) cuando las cargas superan el 5% y pueden causar enfermedades y altas mortalidades en un cultivo (Suárez y Herrera 2012). Sin embargo, la presencia de bacterias y parásitos monogéneos y tricodinas no presentó un efecto negativo aparente sobre las líneas estudiadas ya que la prevalencia fue muy baja.

Finalmente, los parámetros fisicoquímicos del agua fueron adecuados encontrándose dentro de temperaturas favorables para el crecimiento de la tilapia (Bonilla 2018), al igual que el oxígeno disuelto (Aguilera y Noriega 1985). Aunque el pH osciló entre 8.13 y 9.36, Horvath *et al.* (1992) consideran que el nivel permisible para un buen desempeño de tilapia es de 9. Los niveles de amonio y nitritos también se mantuvieron dentro del rango aceptable según lo reportado por Saavedra-Martínez (2006).

Conclusiones

En conclusión, las líneas con mejor desempeño productivo, fueron las líneas Chitralada de Brasil y Tabasco (Stirling mejorada) las cuales aún, en condiciones desfavorables, fueron las que presentaron el mejor peso final en ambos sistemas de manejo (jaulas flotantes y estanques de concreto). Finalmente, al ser comparados en estanques, la línea Tabasco alcanzo el mejor peso promedio, seguida de la línea Chitralada. Sin embargo, para lograr resultados óptimos, es necesario tomar en cuenta la calidad del agua, ya que ella influye en el metabolismo y por ende en el crecimiento de los peces.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por Fondos Mixtos (FOMIX) CONACYT y Fisheries and Aquaculture Collaborative Research Support Program. El F&A CRSP es parcialmente financiado por la United States Agency for International Development (USAID).

Financiamiento No. LAG-G-0-96-90015-00 y por otras instituciones participantes. El número de acceso F&A CRSP es 1412. Las opiniones vertidas son exclusivas de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la US Agency for International Development.

Literatura citada

- Abucayo JS, Mair GC (2000) Divergent selection for growth in the development of a female line for the production of improved genetically male tilapia (GMT) in *Oreochromis niloticus* L. 103p. Disponible en línea en: <http://ag.arizona.edu/oip/ista6/ista6web/pdf/090.pdf>. (Consultado el 5 abril 2025).
- Aguilera P, Noriega P (1985) La tilapia y su cultivo. Fondepesca. México
- Al-Harbi AH, Uddin N (2005) Bacterial diversity of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in brackish water in Saudi Arabia". *Aquaculture* 250(3-4): 566-572.
- Ashiru AW, Uaboi-Egbeni PO, Oguntogwo JE, Idika CN (2011) Isolation and Antibiotic Profile of *Aeromonas* Species from Tilapia Fish (*Tilapia nilotica*) and Catfish (*Clarias batrachus*). *Pakistan journal of Nutrition* 10 (10): 982-986.
- Bonilla PBL, Montoya Bonilla B, Gómez J, Caja Álvaro (2018) Efecto de la Temperatura sobre el Crecimiento de Tilapia (*Oreochromis sp*) en Mamá Lombriz, Vereda Rio Blanco, Popayán, Colombia. *Teknos Revista científica*, 18(1), 24-30. <https://doi.org/10.25044/25392190.922>
- El-Sayed AF (2006) Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implications and economic potentials. *Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Egypt*. En: Cruz-S LE, R-Marie, Tapia SMG, Nieto LDA, Villareal C, Puella CAC, García OA (Eds.) *Avances en nutrición acuícola VIII. Simposium internacional de nutrición acuícola*, 15-17 noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp 95-106.
- El-Sayed AFM, Kawanna M (2020) Recent advances in tilapia nutrition. *Aquaculture Nutrition* 26(6); 2060-2071. <https://doi.org/10.1111/anu.13101>
- FAO (2010) Estadística de pesca y acuicultura. Producción de acuicultura por países. En español: disponible en línea en: ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/CD_yearbook_2010/root/aquaculture/c1.pdf
- FAO (2016) Contribución de la pesca artesanal a la seguridad alimentaria, el empleo rural y el ingreso familiar en países de América del Sur. Santiago de Chile 2016, 96pp.
- FAO (2024) The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue transformation in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/publications/sofia/2024>
- Flores CJ, Flores R (2003) Monogéneos, parásitos de peces en México: Estudio recapitulativo. *Técnica Pecuaria en México* 41(2): 175-192.
- García MJ, Ruiz MA, Ventura FR (2002) Indicadores de gestión y estrategias empresariales de la acuicultura en España. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 18: 259-264 p.
- García-Medel D (2022) Seguridad alimentaria: retos y desafíos de la acuicultura en México. *Journal of Behavior* 2(2): 9-19.
- Granado A (2000) Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachipomus*, cuvier, 1818, (Pisces: Characiformes), Confinado en jaulas flotantes. *Universidad de Oriente, Venezuela* 12 (2): 3-7.
- Granados AI, Garduño LM, Muñoz CG (2002) Comparación de crecimiento y Evaluación económica entre el genotipo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido Rojo (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) 1-10 p.
- Hayes J (2003) *Aeromonas Hydrophila*. Disease of fish. Spring 2000 Term Project. Oregon State University, Corvallis, pp 1-7.
- Hernández-Vera BA (2003) Comparación del crecimiento de 6 líneas de tilapia *Oreochromis niloticus*. Tesis de licenciatura. División académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 35 p.
- Holmes P, Niccolls LM, Sartory DP (1996) The ecology of mesophilic *Aeromonas* in the Aquatic environment (1 st Edn) Jhon wiley and Sons Ltd, Chichester. 127 p.
- Horvath L, Támas G, Seagrave C (1992) Cultivo de carpa y otros peces en estanques. Extracto resumido y adaptado por la dirección de acuicultura. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. New York-Toronto. 61 p.
- Huchette SMH, Beveridge MCM (2003) Technical and economical evaluation of periphyton-based cage culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in tropical freshwater cages. *Aquaculture* 218(1-4): 219-234.
- Lagos-Macías HM (2000) Comparación de la sobrevivencia y crecimiento de dos líneas de tilapia cultivadas bajo dos sistemas de manejo. Tesis de

- Licenciatura en Ingeniero Agrónomo. Universidad Agrícola Panamericana, Honduras. 34 p.
- Laurindo JC (2003) Avaliação do crescimento de três linhagens de tilápia *Oreochromis* sp, em sistema semi-intensivo, cultivadas em viveiros. Tesis de maestría em recursos pesqueiros e aquíicultura. Departamento de Pesca. Universidad Federal Rural de Pernambuco. 53 p.
- Li JL, Li SF (2001) Introduction and research advances of *Oreochromis niloticus* Chinese Mainland. J Fisher 25: 90-95.
- López RI (2003) Comparación del crecimiento de las descendencias de cuatro líneas de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de licenciatura. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México, 44 p.
- Meyer DE (2001) Technology for the successful small-scale tilapia culture, p. 97-106 in: D.E. Meyer (editor), Proceedings of the Sessions on Tilapia. 6th Central American Aquaculture Symposium, August 22-24, Tegucigalpa, Honduras. Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras (ANDAH) and the Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program (PD/A CRSP).
- Mohammad TR (2006) Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. Aquaculture Research 3: 172-179.
- Mwangi BM, Opiyo MA, Ogello EO (2022) The effect of dissolved oxygen fluctuations on the performance of Nile tilapia strains in semi-intensive culture. Aquaculture Research, 53(4), 1532–1540. <https://doi.org/10.1111/are.15726>
- Nandlal S, Nguvulu A, Lal P (2020) Comparative growth performance of different tilapia strains under cage culture conditions. Fiji Journal of Aquaculture, 15, 45–53.
- Okeke MN, Eze VC, Ugwumba AA (2021) Comparative growth performance of three genetically improved Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains under varying culture densities. Aquatic Science and Technology 9(1): 23–34. <https://doi.org/10.5296/ast.v9i1.18130>
- Orozco-Icaza FE (1998) Comparación del crecimiento temprano de tres líneas de tilapia (*Oreochromis* sp.). Tesis de Licenciatura en Ingeniero Agrónomo. Carrera de ciencia y Producción Agropecuaria. Departamento de Zootecnia. Universidad de Zamorano- Honduras, 25 p.
- Pardo S, Suárez H, Soriano E (2006) Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Córdoba. 11: 20-29.
- Rahman MA, Hasan MR, Salin KR (2023) Sustainable Tilapia Aquaculture: Global Trends and Prospects. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 686. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc6731en>
- Rana KJ, Ponzoni RW, Nguyen NH (2021) Global dissemination and performance of improved Nile tilapia strains: Achievements and challenges. Reviews in Aquaculture 13(2): 816–837. <https://doi.org/10.1111/raq.12481>
- Rodríguez-Montes de Oca GA, Paredes-Trujillo M, Dávalos-Espinosa M (2022) Incidencia de patógenos bacterianos en tilapias cultivadas en sistemas de producción intensivos en México. Revista Mexicana de Acuicultura 20(2): 33–44.
- Saavedra-Martínez MA (2006) Manejo del cultivo de tilapia. Universidad de Hawai. Centro de recursos costeros. USAID from the American People. Managua, Nicaragua. Agosto, 2006.
- Santos-Becerra K, Guerrero-Santos AJ, Leite MR, Magnun da Silva A, Ricarte de Lima M (2008) Crescimento e sobrevivência da tilápia Chitralada submetida a diferentes fotoperíodos. Revista de Pesqueria Agropecuaria de Brasil, Brasília 4 (3): 737-743.
- Soto RS (2003) Calidad del agua y bacterias presentes en tilapia cultivada. Investigación en presas de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, A. C. SAGARPA. Gobierno del Estado de Sinaloa. 29 p.
- Suárez QW, Herrera F (2012) Determinación de factores de virulencia en cepas de *Aeromonas* spp., aisladas a partir de pescado. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Córdoba 17(1): 2846-2851.
- Tenorio CG (2002) Caracterización isoenzimática de *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus* introducidas en México. Instituto de Recursos, Universidad del Mar. Ciencia y Mar. 11-24 p.
- Zhao H, Chen C, Liu X (2022) Nile tilapia aquaculture in the 21st century: Production dynamics and environmental considerations. Aquaculture International 30; 415–432. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00746-2>