

**Evaluación del engorde de tilapia roja
(*Oreochromis* sp.) y tilapia híbrida
(*Oreochromis* sp. × *Oreochromis niloticus*) en
jaulas flotantes bajo dos ambientes en
Zamorano**

**Daniel Josué Valle Torres
Kenneth Alejandro Umanzor Gálvez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre 2014**

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación del engorde de tilapia roja
(*Oreochromis* sp.) y tilapia híbrida
(*Oreochromis* sp. × *Oreochromis niloticus*) en
jaulas flotantes bajo dos ambientes en
Zamorano**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Daniel Josué Valle Torres
Kenneth Alejandro Umanzor Gálvez

Zamorano, Honduras
Noviembre 2014

**Evaluación del engorde de tilapia roja
(*Oreochromis* sp.) y tilapia híbrida (*Oreochromis*
sp. × *Oreochromis niloticus*) en jaulas flotantes
bajo dos ambientes en Zamorano**

Presentado por:

Daniel Josué Valle Torres
Kenneth Alejandro Umanzor Gálvez

Aprobado:

Patricio Paz, Ph.D.
Asesor Principal

Renán Pineda, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Raúl Espinal, Ph.D.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Chester Turcios, M.BA.
Asesor

Evaluación del engorde de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y tilapia híbrida (*Oreochromis* sp. × *Oreochromis niloticus*) en jaulas flotantes bajo dos ambientes en Zamorano.

**Daniel Josué Valle Torres
Kenneth Alejandro Umanzor Gálvez**

Resumen: Se evaluó el engorde de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) del Zamorano y una tilapia híbrida (*Oreochromis* sp. × *Oreochromis niloticus*) de la empresa Aquafinca Saint Peter's Fish Farm en dos ambientes en la Unidad de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano en los meses de diciembre a marzo. El engorde fue en jaulas flotantes de 1 × 1 × 1 m colocadas dentro de dos tanques, uno cubierto con plástico para controlar temperatura y otro sin plástico. Se sembraron 75 peces/m³ para evaluar ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia. Cada 15 días se muestreó cada jaula y durante el primer mes, se midieron el pH y la turbidez del agua. Se registró el oxígeno disuelto y temperatura, por la mañana y por la tarde en todo el ciclo de engorde. En el tanque cubierto, no hubo diferencia entre el engorde de ambas líneas genéticas (P>0.05). En el tanque sin plástico, ambas líneas engordaron uniformemente y hasta la última etapa del ciclo, la línea de Aquafinca superó a la línea de Zamorano (P≤0.05). Los peces engordados en el tanque cubierto, presentaron mayor rendimiento que los engordados en el tanque sin plástico (P≤0.05). Los peces de Aquafinca presentaron la mayor ganancia diaria de peso (1.30 ± 0.72 g/día). La línea genética de Zamorano engordada en el tanque sin plástico presentó el menor índice de conversión alimenticia (2.25 ± 7.45). La sobrevivencia promedio para ambas líneas fue alta (>85%).

Palabras clave: Época fría, híbrido, invernadero, jaulas, tilapia roja.

Abstract: Growth was evaluated for red tilapia (*Oreochromis* sp.) from Zamorano University and a commercial hybrid (*Oreochromis* sp. × *Oreochromis niloticus*) from Aquafinca Saint Peter's Fish Farm in two environments at Zamorano's Aquaculture Station from December 2013 until March 2014, when cooler temperatures affect growth. Growth was done in 1m³ cages located inside of tanks, one with greenhouse plastic to control temperature and the other without plastic. The stocking density was 75 fish/m³ evaluating at the end: daily weight gain, feed conversion ratio and survival. Each cage was sampled every 15 days; during the first month, water pH and turbidity were evaluated. Dissolved oxygen concentrations and temperature were measured twice daily (7:00 am & 2:00 pm) during the entire study. In the covered tank, no statistical difference was observed for growth of both strains (P>0.05). In the uncovered tank, both strains performed equally until the last stage of the experiment when the Aquafinca hybrid outperformed the Zamorano red tilapia (P≤0.05). Fishes grown in the covered tank presented superior yields compared to the fishes grown in the uncovered tank (P≤0.05). The Aquafinca commercial hybrid presented the best daily weight gain (1.30 ± 0.72 g/day), while the Zamorano tilapia grown in the uncovered tank had the lower feed conversion ratio (2.25 ± 7.45). Average survival for both strains was high (>85%).

Key words: Cage culture, hybrid, red tilapia, temperature.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	4
4 CONCLUSIONES	13
5 RECOMENDACIONES	14
6 LITERATURA CITADA.....	15
7 ANEXOS	18

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Valor mínimo, promedio y máximo para pH y turbidez del agua en dos ambientes de producción en la Escuela Agrícola Panamericana.....	4
2.	Valor mínimo, promedio y máximo de temperatura del agua en dos ambientes de producción en la Escuela Agrícola Panamericana.....	5
3.	Valor mínimo, promedio y máximo de oxígeno disuelto en partes por millón en dos ambientes de producción en la Escuela Agrícola Panamericana.....	6
4.	Datos del final del engorde al día 91 de dos líneas genéticas de tilapia en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN).....	9
5.	Ganancia diaria de peso (g) de dos líneas genéticas de tilapia engordadas en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN).....	10
6.	Índice de conversión alimenticia de dos líneas genéticas de tilapia engordadas en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN).....	11
7.	Sobrevivencia (%) del engorde de dos líneas genéticas de tilapia en dos ambientes en la EAP. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN).....	12

Figuras	Página
1. Evaluación del engorde de dos líneas genéticas en jaulas colocadas dentro de tanque con plástico de invernadero. No hubo diferencia entre el engorde (P>0.05).....	6
2. Evaluación del engorde de dos líneas genéticas en jaulas colocadas dentro de tanques sin plástico de invernadero.....	7
3. Evaluación del engorde de la línea genética de Zamorano en dos ambientes.....	8
4. Evaluación del engorde de la línea genética de Aquafinca en dos ambientes.....	8
Anexos	Página
1. Correlación de variables en la evaluación de dos líneas de tilapia en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana.....	18

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es la contraparte acuática de la agricultura y sus orígenes se extienden al menos a tres mil años (Bardach *et al.* 1972). La tilapia es el segundo pez cultivado más importante después de la carpa y su producción mundial ha crecido entre 7-10% cada año en los últimos 20 años (Fitzsimmons *et al.* 2007). La producción anual de tilapia cultivada se estima en 3.3×10^6 toneladas métricas (Tveteras 2012).

La piscicultura ha ganado mucho auge en Latinoamérica, que por su posición geográfica permite una producción durante todo el año y un flujo libre en el comercio de pescado fresco y congelado, así como filete fresco y filete congelado. En Honduras, se ha practicado el monocultivo de la tilapia *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* sp. desde principios de la década de los ochenta (Fitzsimmons 2000). Considerada como fuente de proteína, se piensa como solución potencial al problema de hambre del mundo (De Silva *et al.* 2004). La tilapia se caracteriza por su tolerancia a aguas de pobre calidad y su amplio rango de alimentación incluyendo plancton, macrófitas, bentos, alevines, detritus y materia orgánica en descomposición (Popma y Masser 1999); estos atributos, lo han convertido en el pez más cultivado en los países tropicales y subtropicales.

El engorde en jaulas es un método de producción de organismos acuáticos originario del sureste asiático (Beveridge 1987). Entre las ventajas de producir en jaulas sobresalen su flexibilidad en el manejo, facilidad y bajo costo de cosecha, observación precisa a la respuesta de alimentación, salud y un tratamiento económico a parásitos y enfermedades (McGinty y Rakocy 1914).

La temperatura es el factor que más influye en la producción de tilapia (Green *et al.* 2000). El rango preferido para la tilapia es entre 28-35 °C (Shelton y Popma 2006). Mendieta (1999) registró temperaturas del agua entre 15 a 23 °C para la época fría en Zamorano (noviembre a febrero). Las cubiertas de plástico sobre el tanque, provocan un efecto de invernadero permitiendo pasar la luz solar y reteniendo calor, siendo un mecanismo útil para regular la temperatura del agua en épocas frías (Ballesteros 2001).

El objetivo de este estudio fue evaluar el engorde de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) de Zamorano y una tilapia híbrida de la empresa Aquafinca (*Oreochromis* sp. \times *Oreochromis niloticus*) en jaulas flotantes bajo dos condiciones ambientales, tanques cubiertos con plástico para crear un efecto invernadero y tanques descubiertos, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, evaluando ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia bajo un monitoreo de factores físico-químicos en el agua: pH, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez en ambos ambientes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante los meses de diciembre a marzo en la unidad de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, Honduras a 800 msnm con una temperatura ambiental promedio de 22.8°C, y 1154 mm de precipitación anual. El ciclo del engorde fue de 91 días.

Unidades de Producción.

Jaulas. Las jaulas son de forma cilíndrica fabricadas de Vexar® (HDPE) con luz de malla de 12 mm y costurada con hilo nylon de 0.60 mm de grosor. Cada jaula con dimensiones de 1.14 m de diámetro × 1.23 m de altura y un volumen estimado de 1.25 m³. Se instaló un anillo a cada jaula formado por ocho segmentos de tubo de PVC de 5 cm de diámetro y ocho codos de 45° para su flotación y sostén físico. En los 30 cm superiores de la jaula se adicionó una malla fina 1/16'' costurada con hilo nylon formando un anillo de alimentación que previene la pérdida del alimento flotante.

Tanques. La siembra fue en jaulas colocadas dentro de dos tanques circulares de geomembrana (polietileno de alta densidad con grosor 40 mil) con 12.4 m de diámetro × 1.2 m de altura simulando dos ambientes: invernadero y al aire libre; al primero se le colocó un plástico antigoteo de 6 micras, resistente a rayos ultravioleta para invernadero. Se colocaron ocho jaulas por tanque. Estos tanques fueron usados para mejorar el control de las jaulas y poder proveer la mejor calidad del agua.

Soplador. Un soplador Sweetwater® de 0.5 HP proveyó de aireación artificial durante todo el ciclo del cultivo las 24 horas del día. Dentro del estanque, se colocó un anillo de oxigenación utilizando piedras difusoras distanciadas a 2 m, mediante tubos de PVC de 1''.

Peces. Se evaluaron alevines machos (11.94 ± 1.99 g) de la tilapia roja híbrida *Oreochromis* sp. × *Oreochromis niloticus* obtenidos de la empresa Aquafinca Saint Peter's Fish Farm en Borbotón, Cortés, Honduras y alevines machos (16.22 ± 4.80 g) de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) de los lotes manejados en la Unidad de Acuicultura de Zamorano. Ambas líneas genéticas se establecieron a la misma densidad: 75 peces/m³ con ocho repeticiones, cuatro por tanque, de cada línea.

Previo a la siembra, los peces fueron sometidos a un tratamiento de 20 minutos en una solución salina a 24,000 ppm para asegurar la eliminación de parásitos externos. Se realizaron muestreos cada 15 días, seleccionando una muestra mayor o igual a 15 peces por jaula.

Los peces fueron seleccionados al azar y pesados en una balanza OHAUS® CS-2000. Posterior al muestreo, los peces fueron inmersos en una solución de permanganato de potasio de 100 ppm durante 20 segundos.

Alimentación de los peces. Los peces fueron alimentados dos veces al día con una dieta comercial peletizada, supliendo durante el primer mes una dieta en base al 5% de su peso corporal con 38% de proteína cruda. El resto del ciclo del cultivo, los peces fueron alimentados con 28% de proteína cruda, con cálculo al 5% de biomasa. Ambos alimentos se compraron a ALCON®. La ración a alimentar fue ajustada cada muestreo, cada 15 días aproximadamente, de acuerdo a la sobrevivencia.

Monitoreo de la calidad del agua. Se utilizó una bomba Marathon® de 15HP para el llenado de los tanques con agua procedente del Lago de Monte Redondo; de la misma, se evaluaron los factores físico-químicos: pH, temperatura, oxígeno disuelto en el agua y turbidez en ambos ambientes.

Dos veces al día, por la mañana (7:00 am) y por la tarde (2:00 pm), se midieron los parámetros de temperatura y oxígeno disuelto utilizando un oxigenómetro YSI 52 Dissolved Oxygen Meter®. Semanalmente, en las primeras cuatro semanas, debido a la vulnerabilidad de los alevines por su edad, se evaluaron el pH del agua con un potenciómetro Fisher Scientific® AB15 y su turbidez utilizando un disco Secchi.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 2×2 con dos líneas de peces *Oreochromis* sp. e híbrido *Oreochromis* sp. \times *Oreochromis niloticus* en dos ambientes con cuatro repeticiones por tratamiento y medidas repetidas en el tiempo. Los datos recolectados fueron evaluados mediante un análisis de varianza modelo lineal general (GLM), separación de medias a través de la prueba Duncan y correlación de variables utilizando el programa “Statistical Analysis System” SAS versión 9.3®.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de Agua. La variedad de sustancias disueltas en el agua, la temperatura, el oxígeno disuelto y otros atributos físicos del agua, son parámetros indicadores de la calidad de agua (Diana *et al.* 1997). La calidad del agua abarca todas las características físicas, químicas y biológicas que tienen influencia sobre la producción acuícola (Boyd 1990). Dentro de estos parámetros, dos son determinantes para la producción: la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto (Lovell 1989; Lim y Webster 2006).

Los valores de pH se mantuvieron dentro del rango adecuado (6.5-9) (Boyd 1990; Egna y Boyd 1997; Masser 1997; Meyer *et al.* 2006); los valores de turbidez registrados fueron mayores a lo recomendado (20-30 cm) significando baja cantidad de fitoplancton presente en el agua (Martínez *et al.* 2006) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor mínimo, promedio y máximo para pH y turbidez del agua en dos ambientes de producción en la Escuela Agrícola Panamericana.

Parámetros	Tanque sin plástico			Tanque con plástico		
	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX
pH	6.98	7.64	8.50	6.78	7.65	8.72
Turbidez	27.00	33.13	39.00	36.00	39.75	42.00

En jaulas para producción acuícola, los factores de calidad de agua que más afectan al pez, y que consecuentemente limitan la producción son: bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD) y presencia de desechos metabólicos (Lim y Webster 2006). El metabolismo de los peces varía directamente con la temperatura del agua, por lo que la temperatura afecta los procesos de utilización y absorción de nutrientes para el crecimiento (Lovell 1989).

Temperatura. La temperatura es uno de los parámetros más importantes ya que afecta la fisiología, el crecimiento, la reproducción y el metabolismo de la tilapia (El-Sayed 2006). El promedio de temperatura del agua para el tanque sin plástico de invernadero fue de 24 °C, pero se observaron temperaturas inferiores que resultaron en un menor crecimiento y menor biomasa. La actividad física y el consumo de alimento en tilapias se reducen en aguas con temperaturas inferiores a los 24 °C (Abdelghany 1996) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor mínimo, promedio y máximo de temperatura del agua en dos ambientes de producción en la Escuela Agrícola Panamericana.

Hora de muestreo	Tanque sin plástico			Tanque con plástico		
	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX
AM	21.40	23.64 ^b	25.60	23.40	28.90 ^a	33.26
PM	22.70	24.99 ^a	27.70	27.50	29.94 ^a	33.00

^{a,b}= valores en la misma fila con diferente letra difieren entre sí ($P \leq 0.05$)

En el tanque cubierto con plástico de invernadero, la temperatura promedio fue de 29°C manteniéndose dentro del rango óptimo para el crecimiento de tilapia (28-35°C) indicado por la literatura (Stickney 1986; Popma y Lovshin 1996; Lim y Webster, 2006; Shelton y Popma 2006).

El ensayo se realizó durante la época fría de la región y en el periodo de transición a la época cálida caracterizada por fluctuaciones en la temperatura del agua. La temperatura del agua se mantuvo entre 21-28°C en el tanque sin plástico de invernadero, siendo valores mayores que los reportados por Mendieta (1999) entre 15-23°C para la misma época del año (noviembre-febrero). Existió correlación media positiva entre el rendimiento de la línea genética de Zamorano y la temperatura del agua por las horas de la mañana ($r^2=0.47434$) y por las horas de la tarde ($r^2=0.44425$) ($P \leq 0.05$).

Oxígeno Disuelto. Las tilapias se caracterizan por ser peces que toleran bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD), sin embargo, se recomienda que éstas no deben ser menores a 1 ppm ya que existe un mejor crecimiento en concentraciones por encima de 3 ppm (Boyd y Hanson 2010).

Durante las horas de la mañana, se registraron las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto para ambos tanques, reflejando el consumo de oxígeno por parte de las algas, peces y microorganismos que se encuentran dentro del tanque en las horas de la noche (Egna y Boyd 1997). Sin embargo, debido a la aireación artificial brindada durante todo el ciclo del cultivo en forma permanente, el rango de oxígeno disuelto nunca fue menor a 1 ppm (Cuadro 3).

La concentración de OD más baja durante el ensayo fue de 2.12 ppm y se registró en las horas de la mañana en el tanque con plástico de invernadero. No hubo diferencia entre la concentración de OD en el tanque sin plástico comparada con el tanque con plástico en las horas de la tarde ($P > 0.05$).

El tanque con plástico de invernadero, por presentar una mayor temperatura promedio, también registró una menor concentración de OD promedio comparado con el tanque descubierto ($P \leq 0.05$). Esto se debe a la relación inversa que existe entre las variables de temperatura y oxígeno disuelto. El incremento en la temperatura, conlleva un aumento en el consumo de oxígeno disuelto y en la tasa metabólica (Ross 2000; El-Sayed 2006).

Cuadro 3. Valor mínimo, promedio y máximo de oxígeno disuelto en partes por millón en dos ambientes de producción en la Escuela Agrícola Panamericana.

Hora de muestreo	Tanque sin plástico			Tanque con plástico		
	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX
AM	2.28	5.83 ^a	9.33	2.12	5.47 ^b	10.24
PM	2.36	7.25 ^a	10.70	2.65	6.95 ^a	10.78

^{a,b}= valores en la misma fila con diferente letra difieren entre sí ($P \leq 0.05$)

Efecto del Ambiente y la Genética en el Crecimiento

En el tanque con plástico de invernadero, los peces de Zamorano iniciaron con un mayor peso promedio en relación a los de Aquafinca ($P \leq 0.05$); sin embargo, al final del ciclo de engorde, los rendimientos fueron similares para ambas líneas ($P > 0.05$) (Figura 1).

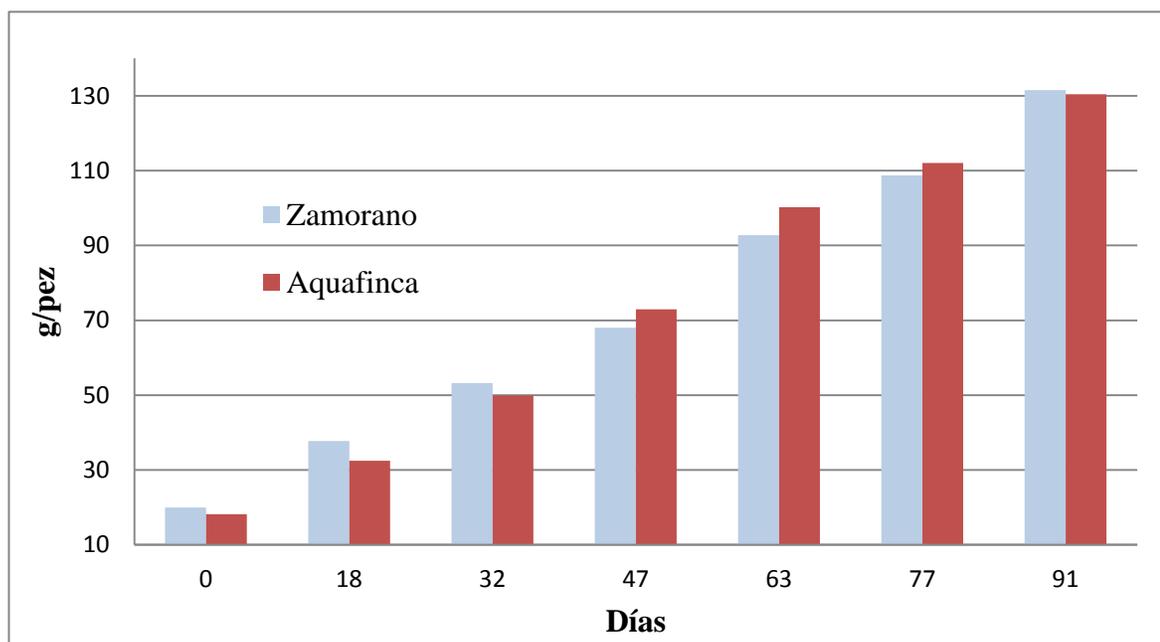


Figura 1. Evaluación del engorde de dos líneas genéticas en jaulas colocadas dentro de tanque con plástico de invernadero. No hubo diferencia entre el engorde ($P > 0.05$).

En el tanque sin plástico de invernadero, los peces de ambas líneas engordaron uniformemente y fue en la última etapa del ciclo en donde la línea de Aquafinca superó a la línea genética de Zamorano ($P \leq 0.05$) (Figura 2).

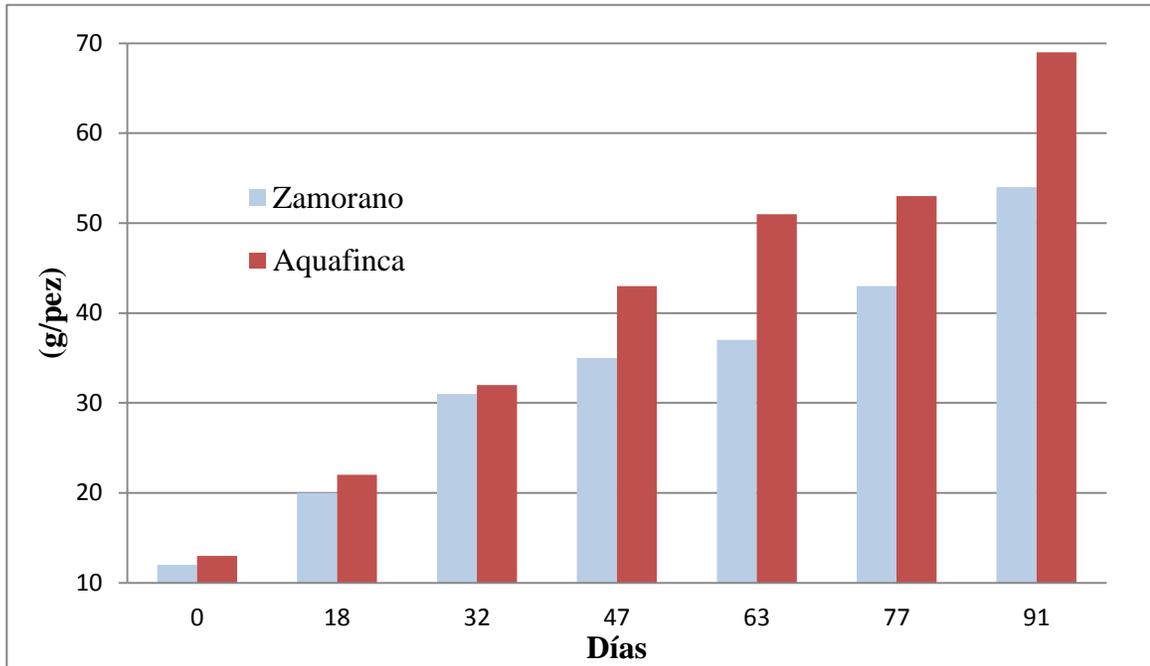


Figura 2. Evaluación del engorde de dos líneas genéticas en jaulas colocadas dentro de tanques sin plástico de invernadero.

Esta tendencia observada en el híbrido de Aquafinca de presentar un mejor crecimiento en el tanque sin plástico en comparación con la línea de Zamorano, se atribuye al cruzamiento con la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) quien le brinda una mayor tolerancia a temperaturas bajas.

Cuando las líneas fueron engordadas en ambientes distintos, se encontraron diferencias significativas, presentando siempre un mejor crecimiento los peces engordados en el tanque con plástico de invernadero ($P \leq 0.05$) (Figuras 3 y 4).

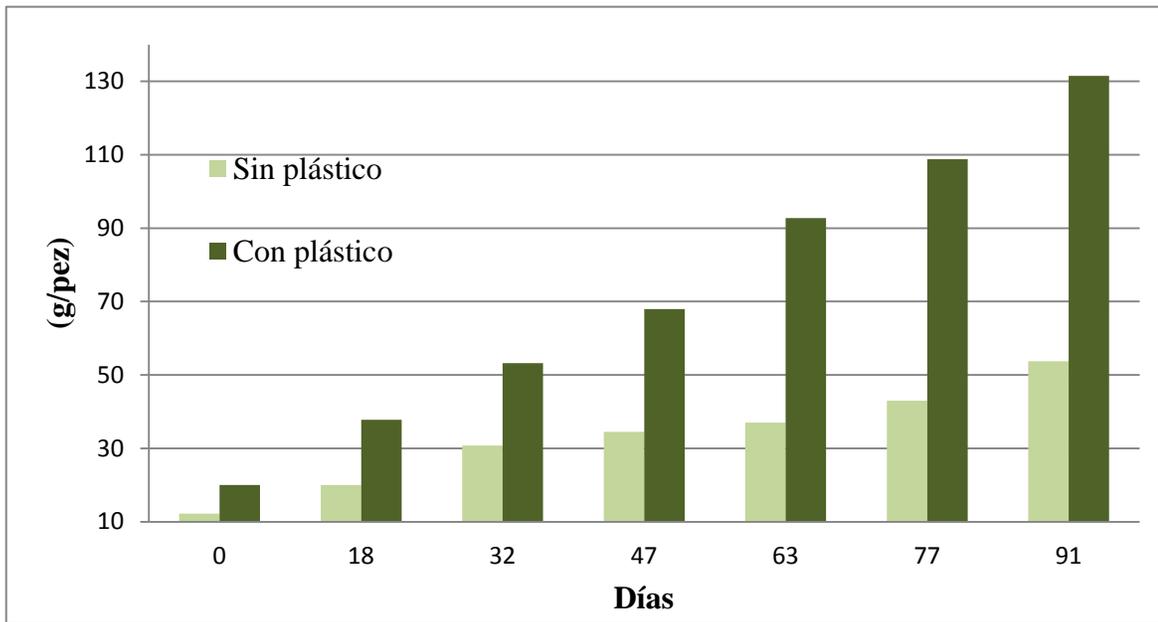


Figura 3. Evaluación del engorde de la línea genética de Zamorano en dos ambientes.

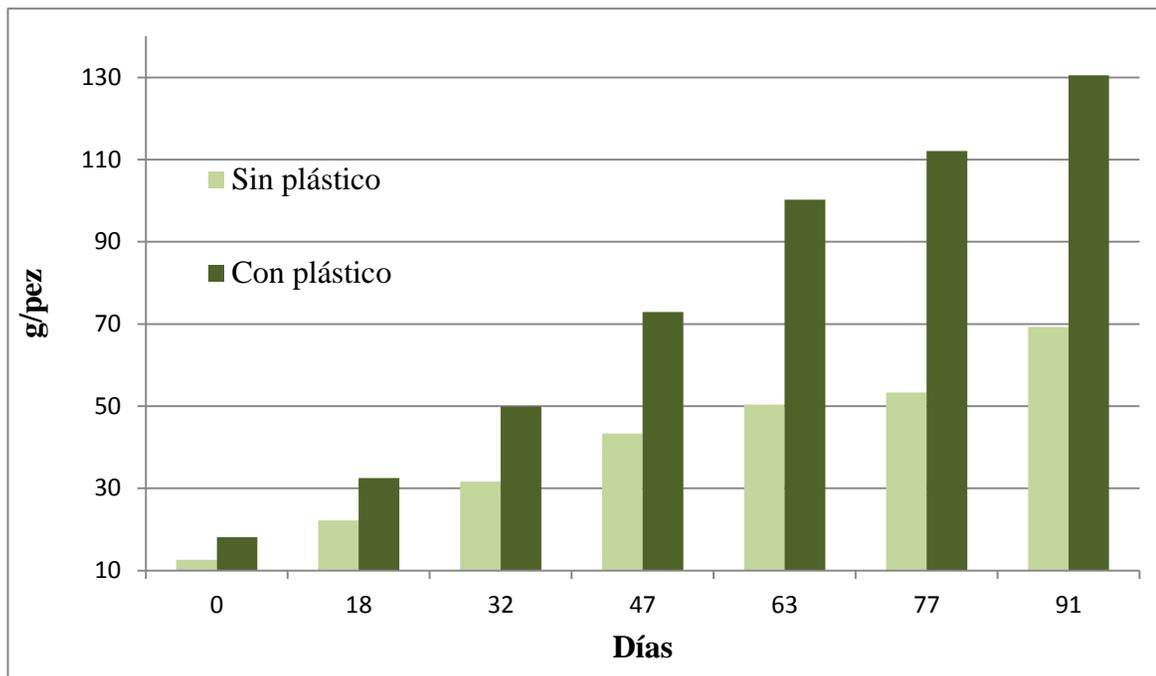


Figura 4. Evaluación del engorde de la línea genética de Aquafinca en dos ambientes.

Debido a que el tanque con plástico de invernadero presentó mayores temperaturas de agua, aumentó el consumo de alimento por parte de los peces y por ende, presentó los mejores rendimientos para ambas líneas (Masser 1997). El crecimiento lento observado en el tanque sin plástico de invernadero para ambas líneas, se debe a las bajas temperaturas del agua registradas que no están dentro del rango preferido por la tilapia (28-35 °C).

Existió correlación media positiva entre el rendimiento general y la temperatura del agua en horas de la mañana en el tanque con plástico de invernadero ($r^2=0.64415$) y la temperatura del agua por la tarde en el mismo ambiente ($r^2=0.59631$). Para el tanque sin plástico, existió correlación baja positiva entre el rendimiento general y la temperatura del agua en las horas de la tarde ($r^2=0.35435$) ($P\leq 0.05$).

La producción neta obtenida en este experimento fue superior a la reportada en un estudio de igual duración en Zamorano (Mendieta 1999). El engorde en jaulas en este ensayo presentó un mejor crecimiento que el de Salinas (2004) quien reportó un crecimiento neto de 15 g durante 90 días en jaulas colocadas en estanque bajo un manejo intensivo. Los peces engordados en el tanque con plástico de invernadero presentaron rendimientos similares a los observados por Gerle (1998) con un ciclo de 150 días cultivando en jaulas flotantes colocadas en el lago de Monte Redondo. Esto resalta una vez más, la efectividad en el control de temperatura por parte del plástico. Pech y Silva (2013) reportaron una producción neta promedio de 60 g en el tanque con plástico de invernadero durante 42 días, iniciando con pesos entre 100-150 g. Estos valores son similares a los registrados en nuestro ensayo en los peces engordados en el tanque sin plástico durante 91 días.

La producción bruta de la tilapia para el híbrido de Aquafinca en el tanque con plástico de invernadero (9.19 kg/m^3) fue similar a la producción bruta para la tilapia roja utilizada en Zamorano (9.14 kg/m^3) ($P>0.05$). No se encontraron diferencias al final del ciclo de engorde en las variables de cosecha para los peces engordados en el tanque con plástico; sin embargo, en el tanque sin plástico, sí hay diferencia en el crecimiento neto y la producción bruta para los peces cultivados, siendo el híbrido de Aquafinca el que presentó los mejores resultados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Datos del final del engorde al día 91 de dos líneas genéticas de tilapia en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN)

Tratamientos	Peso individual (g/pez)	Crecimiento neto (g)	Producción bruta (kg/m^3)
AQF CON	130.53 ^a	117.98 ^a	9.14 ^a
ZAMO CON	131.35 ^a	111.10 ^a	9.20 ^a
AQF SIN	69.32 ^b	59.36 ^b	4.85 ^b
ZAMO SIN	53.62 ^b	40.60 ^c	3.43 ^c

^{a,b}= valores en la misma columna con diferente letra difieren entre sí ($P\leq 0.05$)

Efecto del Ambiente y la Genética en la ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia.

Ganancia diaria de peso. Ambas líneas genéticas engordadas en el tanque con plástico de invernadero presentaron los mayores valores de ganancia diaria de peso (GDP), caso contrario sucedió con los valores de GDP para los peces engordados en el tanque sin plástico, siendo éstos, los más bajos. No se encontraron diferencias entre los valores de GDP para las líneas genéticas cuando fueron engordadas en un mismo ambiente ($P>0.05$) (Cuadro 5).

En este ensayo se detectaron valores de GDP superiores a los reportados en un estudio realizado en Zamorano cuando las jaulas fueron colocadas en estanques (Salinas 2004; Medina 2009) o en el lago de Monte Redondo (Gerle 1998; Gómez y Gutiérrez 2008). Los valores de este experimento fueron similares a los reportados en otro engorde de tilapia en jaulas colocadas en un estanque (Trejo Ortega 2002) y en jaulas en tanques con plástico de invernadero (Pech y Silva 2013).

Cuadro 5. Ganancia diaria de peso (g) de dos líneas genéticas de tilapia engordadas en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN).

Tratamientos	Días muestreados a lo largo del cultivo						Promedio
	18	32	47	63	77	91	
AQF CON	1.08 ^a	1.28 ^a	1.54 ^a	1.71 ^a	0.85 ^a	1.32 ^a	1.30 ^a
ZAMO CON	0.99 ^{ab}	1.11 ^a	0.99 ^{ab}	1.55 ^a	1.17 ^a	1.59 ^a	1.23 ^a
AQF SIN	0.61 ^{bc}	0.67 ^a	0.78 ^{bc}	0.44 ^b	0.21 ^a	1.14 ^{bc}	0.64 ^b
ZAMO SIN	0.47 ^c	0.70 ^a	0.21 ^c	0.22 ^b	0.27 ^a	0.90 ^c	0.46 ^b

^{a,b}= valores en la misma columna con diferente letra difieren entre sí ($P\leq 0.05$).

Existió mediana correlación positiva entre la GDP del híbrido de Aquafinca y temperatura del agua en las horas de la mañana ($r^2=0.42730$) y para las horas de la tarde ($r^2=0.44210$). Existió correlación media positiva para la GDP de la línea genética de Zamorano y la temperatura del agua en las horas de la mañana ($r^2=0.62077$) y las horas de la tarde ($r^2=0.61386$) ($P\leq 0.05$).

Índice de Conversión Alimenticia. Los mejores valores para el índice de conversión alimenticia (ICA) se observaron en los primeros tres muestreos. Desde el día 63 en adelante, se registró mucha variabilidad en los datos de ICA (Cuadro 6). Esto se debe ya

que se detectó reproducción en ambos tanques lo que impidió que la energía suplida mediante el alimento fuera destinada únicamente para el mantenimiento y producción, desviándose para su actividad reproductiva (De Silva y Anderson 1995; Jauncey 2000). Otra posible causa es que el tamaño de la población muestreada fue muy pequeño para cada muestreo; a menor tamaño de la muestra, mayor variabilidad en los datos. Para el tanque sin plástico de invernadero, otro factor que afectó el ICA, fue que en este ambiente, se observó la menor sobrevivencia, consiguientemente, se redujo la densidad, brindando mayor espacio a los peces restantes (Meyer 2008).

La línea de Zamorano engordada en el tanque sin plástico, presentó el valor promedio más bajo de ICA (2.25 ± 7.45); el más alto, en cambio, fue registrado para el híbrido de Aquafinca engordado en el tanque con plástico de invernadero (4.56 ± 7.45) ($P \leq 0.05$).

Se espera que a mayor ganancia diaria de peso, exista un menor índice de conversión alimenticia; sin embargo, no fue así en nuestro caso. Un valor de ICA mayor de 2 demuestra poca eficiencia de los peces para convertir el alimento en biomasa (Meyer 2008).

En estudios similares realizados en Zamorano, para la época cálida, se registraron valores promedios de ICA mayores a los de este ensayo (Trejo Ortega 2002). Y otros similares (Gerle 1998; Mendieta 1999; Medina 2009; Pech y Silva 2013). Otros ensayos realizados en época cálida también reportaron valores promedio de ICA menores que los de este experimento (Suazo Zepeda 2002; Gómez y Gutiérrez 2008).

Cuadro 6. Índice de conversión alimenticia de dos líneas genéticas de tilapia engordadas en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN).

Tratamientos	Días muestreados a lo largo del cultivo						Promedio
	18	32	47	63	77	91	
AQF CON	0.60 ^b	1.63 ^{ab}	1.78 ^a	2.94 ^a	11.38 ^a	9.04 ^a	4.56 ^a
ZAMO CON	1.04 ^b	2.20 ^a	2.72 ^a	2.41 ^a	9.95 ^a	4.00 ^a	3.72 ^a
AQF SIN	1.51 ^b	1.77 ^{ab}	2.10 ^a	7.58 ^a	4.66 ^a	15.23 ^a	5.47 ^a
ZAMO SIN	3.11 ^a	0.82 ^b	1.83 ^a	5.20 ^a	1.12 ^b	1.40 ^a	2.25 ^a

^{a,b} = valores en la misma columna con diferente letra difieren entre sí ($P \leq 0.05$)

Existió una baja correlación positiva entre el ICA en el tanque con plástico de invernadero y la temperatura del agua en las horas de la mañana ($r^2=0.31795$) y las horas de la tarde en el mismo ambiente ($r^2=0.32954$) ($P \leq 0.05$).

Sobrevivencia. El híbrido de Aquafinca engordado en el tanque con plástico presentó la sobrevivencia promedio más alta; sin embargo, no hubo diferencia estadística al compararla con la sobrevivencia promedio de la tilapia de Zamorano engordada en el tanque con plástico, ni con la tilapia de Aquafinca engordada en el tanque sin plástico ($P>0.05$). Si se encontró diferencia entre la sobrevivencia promedio para la tilapia de la línea de Zamorano en el tanque sin plástico al compararla con el resto de los tratamientos ($P\leq 0.05$). Esta última presentó la sobrevivencia promedio más baja (89%), el resto de tratamientos presentaron sobrevivencias altas, mayores a 90% ($P\leq 0.05$) (Cuadro 7).

Bajo condiciones de la EAP, se espera una sobrevivencia $\geq 80\%$ para peces engordados en jaulas (Gerle 1998; Suazo Zepeda 2002; Trejo Ortega 2002; Gomez y Gutiérrez 2008; Pech y Silva 2013). El nivel aceptable de sobrevivencia para el pre-engorde de alevines de tilapia es de 60-90 % (Popma y Green 1990).

Cuadro 7. Sobrevivencia (%) del engorde de dos líneas genéticas de tilapia en dos ambientes en la EAP. Aquafinca Con Plástico (AQF CON), Zamorano Con Plástico (ZAMO CON), Aquafinca Sin Plástico (AQF SIN), Zamorano Sin Plástico (ZAMO SIN)

Tratamientos	Días muestreados a lo largo del cultivo						Promedio
	18	32	47	63	77	91	
AQF CON	98 ^a	98 ^a	98 ^a	98 ^a	98 ^a	93 ^a	97 ^a
ZAMO CON	97 ^a	97 ^a	96 ^a	96 ^a	96 ^a	93 ^a	96 ^a
AQF SIN	97 ^a	96 ^a	96 ^a	96 ^a	96 ^a	92 ^a	96 ^a
ZAMO SIN	90 ^b	90 ^b	89 ^b	89 ^b	89 ^b	86 ^a	89 ^b

^{a,b}= valores en la misma columna con diferente letra difieren entre sí ($P\leq 0.05$)

Existió una correlación media positiva entre la sobrevivencia de la línea genética de Zamorano con la temperatura del agua en las horas de la mañana ($r^2= 0.65535$) y en las horas de la tarde ($r^2= 0.68480$) ($P\leq 0.05$). Existió una correlación media negativa entre la sobrevivencia en el tanque con plástico de invernadero y la temperatura del agua en las horas de la mañana ($r^2= -0.45528$) y en las horas de la tarde ($r^2= -0.30690$) ($P\leq 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- Ambas líneas genéticas de tilapia tuvieron un desempeño similar al ser engordadas en el mismo ambiente.
- Los peces engordados en el tanque con plástico presentaron un mayor crecimiento en comparación con los del tanque sin plástico.
- La reproducción detectada en ambos tanques afectó los valores de GDP e ICA.
- La sobrevivencia general fue alta para todos los tratamientos (>85%).

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar cualquiera de las dos líneas genéticas de tilapia dado que presentan un desempeño similar.
- Evaluar el desempeño con un ciclo de engorde mayor a 120 días para determinar con mayor precisión las tendencias observadas en ambas líneas de tilapia.
- Realizar un ensayo comparando el híbrido de Aquafinca con la tilapia gris de Zamorano.
- Muestrear un mayor número de peces por jaula (>20%) para reducir la variabilidad en los datos.

6. LITERATURA CITADA

- Abdelghany, A.E. 1996. Effect of winter-feeding on the growth rate, food conversion and survival of Nile tilapia and common carp in Egypt. Central Laboratory of Fish Research, Abbassa, Abohamad, Sharkia, Egypt. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamigdeh* 48(2), 69-77.
- Ballesteros, M. 2001. Evaluación de la reproducción de la tilapia del Nilo en pilas cubiertas con plástico. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 38 p.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther y W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms.* John Wiley and Sons, New York, 868 p.
- Beveridge, M. C. 1987. *Cage aquaculture.* Great Britain: Fishing News Books Ltd, p. 21.
- Boyd, C.E. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture.* Alabama Agricultural Experimental Station, Auburn University, Alabama, U.S.A. 482 p.
- Boyd, C. E., y T. Hanson. 2010. *Dissolved-Oxygen Concentrations in Pond Aquaculture.* Global Aquaculture Alliance. Auburn University, p. 40-41.
- De Silva, S. S. y T. A. Anderson. 1995. Broodstock nutrition. *In* S. S. De Silva, & T. A. Anderson, *Fish Nutrition in Aquaculture.* Great Britain: Chapman & Hall, p. 151.
- De Silva, S.S; R.P. Subasinghe; D.M. Bartley y A. Lowther. *Tilapias as alien aquatics in Asia and the Pacific: a review.* FAO Fisheries Technical Paper. No. 453. Rome, FAO. 2004. 65 p.
- Diana, J. S., J. P. Szyper, T. R. Batterson, C. E. Boyd y R. H. Piedrahita. 1997. *Water Quality in Ponds.* *In* H. S. Egna, & C. E. Boyd, *Dynamics of Pond Aquaculture.* New York: CRC Press, p. 53.
- Egna, H. S., y Boyd, C. E. 1997. *Dynamics of Pond Aquaculture.* New York: CRC Press. 437 p.
- El-Sayed, A.-F. M. 2006. *Environmental Requirements.* *In* A.-F. M. El-Sayed, *Tilapia Culture.* Alexandria, Egypt: CABI Publishing, p. 34.

- Fitzsimmons, K. 2000. Future Trends of Tilapia Aquaculture in the Americas. Arizona: University of Arizona. In B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. p. 252–264.
- Fitzsimmons, K., P. Gonzolas y J. Rakocy. 2007. Global Tilapia Production and Markets. In 2nd National Freshwater Symposium Aquaculture Canada . Edmonton AB. p. 109-114.
- Gerle, Georg Carlos. 1998. Comparación de dos líneas de tilapia (*Oreochromis* sp.) cultivadas en jaulas ubicadas en dos sitios en Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 18 p.
- Gómez, L y B. Gutiérrez. 2008. Evaluación de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*O.* sp.) cultivadas en jaulas a 200, 400 y 600 peces por m³ en Zamorano, Comayagua y La Venta, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 18 p.
- Green, B., D. Teichert-Coddington y T. Hanson. 2000. Desarrollo de tecnologías semi-intensivas para la acuicultura en Honduras. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama,U.S.A. 48 p.
- Jauncey, K. 2000. Nutritional Requirements. In M. C. Beveridge, & B. J. McAndrew, Tilapias: Biology and Exploitation. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 331-332.
- Lim, C. y C. D. Webster. 2006. Tilapia: biology, culture, and nutrition. New York, Food Products Press. 678 p.
- Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding offish. Ann A VI Book, New York, USA. 260 pp.
- Martínez, F. R., S. T. Meyer, D. Meyer y A. Barrientos. 2006. Determinación de Costos del cultivo de tilapia a pequeña y mediana escala. El Zamorano. 26 p.
- Masser, M. P. 1997. Handling and Feeding Caged Fish. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center. 6 p.
- McGinty, A. S. y J. E. Rakocy. 1914. Cage Culture of Tilapia. Texas: Southern Regional Aquaculture Center. 4 p.
- Medina, G. 2009. Comparación del pre-engorde de alevines de tilapia del Nilo e híbrido rojo de tilapia en tres ambientes en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 21 p.
- Mendieta, M. A. 1999. Comparación del crecimiento de dos líneas de tilapia en la época fría de Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 18 p.

Meyer, D. E., C. Castillo y S. T. de Meyer. 2006. Acuicultura Manual de Prácticas, 3era edición. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana. 111 p.

Meyer, D.E. 2008. Introducción a la Acuicultura. Zamorano Academic Press. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 159 p.

Pech, D. y Silva, D. 2013. Integrando el cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en jaulas a 30, 50 y 70/m³ con el pre engorde de alevines. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.

Popma, T. y B.W. Green. 1990. Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. Research and development series N. 35. International center for aquaculture. Auburn University. Auburn, Alabama, United States. p. 15.

Popma, T. J. y L. L. Lovshin. 1996. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. 42 p.

Popma, T. y M. Masser. 1999. Tilapia Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. 4 p.

Ross, L. G. 2000. Environmental physiology and energetics. *In* M. C. Beveridge, & B. J. McAndrew, Tilapias: Biology and Exploitation. Great Britain: Kluwer Academic Publishers. p. 97

Salinas Granados, A. 2004. Comparación del manejo integrado e intensivo en el pre-engorde de tilapia *Oreochromis niloticus*. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 15 p

Shelton, W. L., y T. J. Popma. 2006. Water Temperature. *In* C. Lim y C. D. Webster, Tilapia Biology, Culture & Nutrition, New York: The Haworth Press. p 28.

Stickney, R. 1986. Culture of Nonsalmoind Freshwater Fishes. Second Printing, CRC Press, Inc. USA. 201 p.

Suazo Zepeda, A. 2002. Cultivo combinado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y alevines en un estanque bajo un manejo integrado con cerdos. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 17 p.

Trejo Ortega, Rafael 2002. Cultivo combinado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y alevines en un estanque bajo un manejo intensivo. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 16 p.

Tveteras, R. 2012. Production: Global Fish Review. Global Aquaculture Advocate. p. 9.

7. ANEXOS

Anexo 1. Correlación de variables en la evaluación de dos líneas de tilapia en dos ambientes en la Escuela Agrícola Panamericana.

Variable	Temp AM	Temp PM	Rendimiento	Sobrevivencia	ICA
Rendimiento Línea de Zamorano	0.47434	0.44425			
Temp AM Tanque con plástico			0.64415	-0.45528	0.31795
Temp PM Tanque con plástico			0.59631	-0.30690	0.32954
Temp PM Tanque sin plástico			0.35435		
Sobrevivencia Línea de Zamorano	0.65535	0.68480			
GDP Línea de Aquafinca	0.42730	0.44210			
GDP Línea de Zamorano	0.62077	0.61386			
P \leq 0.05	\leq 0.05	\leq 0.05	\leq 0.05	\leq 0.05	\leq 0.05

Las correlaciones son significativas (P \leq 0.05).