

**Comparación de la sobrevivencia y ganancia
de peso de alevines de tilapia roja
(*Oreochromis* sp.) sembrados a 1000, 3000 y
5000/m³ de agua durante 30 días**

Daniel Ernesto Forestieri Muñoz

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Comparación de la sobrevivencia y ganancia
de peso de alevines de tilapia roja
(*Oreochromis* sp.) sembrados a 1000, 3000 y
5000/m³ de agua durante 30 días**

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

Presentado por

Daniel Ernesto Forestieri Muñoz

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2013

Comparación de la sobrevivencia y ganancia de peso de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m³ de agua durante 30 días

Presentado por:

Daniel Ernesto Forestieri Muñoz

Aprobado:

Daniel Meyer, Ph.D.
Asesor principal

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

Raúl Espinal, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Chester Turcios, Ing. Agr.
Asesor

Comparación de la sobrevivencia y ganancia de peso de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m³ de agua durante 30 días.

Daniel Ernesto Forestieri Muñoz

Resumen. El objetivo del estudio fue comparar la sobrevivencia y ganancia de peso de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m³ de agua en tanques circulares de fibra de vidrio (1.5 m de diámetro y 0.4 m de altura) durante 30 días en la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Los tanques estaban ubicados dentro de un invernadero y con aireación continua del agua en cada uno. Los alevines se seleccionaron por su largo total ≤ 12 mm. Para el conteo de los alevines se utilizó el método de comparaciones visuales. Se establecieron un total de cuatro repeticiones por tratamiento (densidad) en un diseño completamente al azar, repetido dos veces en el tiempo, cada repetición de 30 días de duración. Para evaluar el incremento de longitud y peso de los alevines, se atraparon 100 individuos de cada uno de los tanques a los 15 y 30 días del ensayo. La sobrevivencia general de los alevines al finalizar el ensayo fue de 92%. La mayor sobrevivencia de los alevines fue observada con las densidades de 1000 y 3000/m³. La mayor longitud promedio final ($P \leq 0.05$) se logró con los alevines sembrados a 1000/m³ y el menor a la densidad de 5000/m³. Los alevines sembrados a una densidad de 1000/m³ alcanzaron un peso promedio final mayor, seguido por los peces manejados a 3000 y 5000/m³. Los alevines sembrados a densidades de 5000/m³ obtuvieron mayores ingresos netos que los sembrados a 3000/m³ y 1000/m³. Según el presupuesto parcial de los costos, la producción de alevines a una densidad de 5000/m³ resulta en un mayor margen de ganancia.

Palabras clave: Centro América, piscicultura, reversión sexual, semilla de tilapia.

Abstract. The objective of this study was to compare the survival rate and weight gain of red tilapia fingerlings (*Oreochromis* sp.) Stocked at 1000, 3000 and 5000/m³ using fiber glass water tanks (1.5 m in diameter and 0.4 m high) for 30 days in Zamorano, Honduras. The fiberglass tanks were positioned inside a greenhouse and each one had continuous aeration of the water. Fry for testing were selected for their total length ≤ 12 mm. The counting method used was a visual comparison. There were a total of four replicates of each treatment (density) in a completely randomized design, repeated twice, each repetition 30 days apart. To assess the increase in length and weight of fry, 100 were trapped in each of the tanks at day 15 and at day 30 of the trial. The overall survival rate of fingerlings after the trial was 92 %. The higher survival rate of fingerlings in densities of 1000 and 3000/m³. The final longest average ($P \leq 0.05$) was achieved with the fry grown at 1000/m³ and the lowest longitudinal rate at the density of 5000/m³. Fingerlings grown at a density of 1000/m³ reached a higher final average weight, followed by the ones handled at 5000 and 3000 m³. The fingerlings which obtained higher net revenues were the ones grown at 5000/m³ that 3000/m³ and 1000/m³. According to the partial cost budget, fingerling production with a density of 5000/m³ resulted in a higher profit margin.

Keywords: Aquaculture, central America, sexual reversion, tilapia seed.

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	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
4	CONCLUSIONES.....	14
5	RECOMENDACIONES	15
6	LITERATURA CITADA	16

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros Página

1. Monitoreo de la calidad de agua.....	3
2. Valores máximos, mínimos y promedio de la concentración de O ² disuelto, temperatura, pH, turbidez en estanques de fibra de vidrio con 1.2 m ³ de capacidad.	6
3. Comparación de crecimiento (longitud) a los 15 y 30 días del cultivo, peso promedio final (g) y biomasa final (g) entre las diferentes densidades de siembra de los alevines ¥.....	8
4. Comparación del porcentaje de sobrevivencia, Índice de Conversión Alimenticia (ICA), Ganancia diaria de peso (GDP) y Tasa Específica de Crecimiento (TEC) entre las diferentes densidades de alevines [€]	11
5. Comparación de un presupuesto parcial para la etapa de reversión sexual de alevines sembrados a una densidad de 1000, 3000 y 5000/m ³ en condiciones de Zamorano, Honduras.	13

Figuras Página

1. Temperatura promedio diario del agua (A y B) y concentración promedio diario de oxígeno en solución en el agua de seis tanques de vidrio ubicados en un invernadero en el EAP, Honduras. Cada dato representa el promedio de 12 observaciones tomadas diariamente	7
2. Correlación entre la densidad de siembra de los alevines y la longitud promedio final (mm) durante los 30 días del ensayo (R ² =0.85%).....	8
3. Correlación entre la densidad de siembra de los alevines y el peso promedio final durante los 30 días del ensayo (R ² =0.82%).....	9
4. Correlación entre la densidad de siembra de los alevines y el porcentaje de sobrevivencia final durante los 30 días (R ² =0.65%).....	10
5. Correlación entre el Índice de Conversión Alimenticia y la densidad final de siembra durante los 30 días del ensayo (R ² = 0.98%).....	11

1. INTRODUCCIÓN

La producción de tilapia cultivada crece rápidamente y ha llegado a convertirse en el segundo grupo de peces más cultivado a nivel mundial. En el año 2012 en Honduras hubo una producción de 10 millones de kilogramos, aportando un poco más de 95 millones de dólares de ingresos al país, siendo el principal consumidor los Estados Unidos de Norteamérica (FAO 2012).

La tilapia se caracteriza por facilidad con la que se reproduce en cautiverio, tienen un amplio hábito alimenticio y presentan una rápida adaptación a manejos y ambientes diferentes (Meyer y Triminio Meyer 2007)

Un factor importante en la producción es la densidad de siembra de peces por área o volumen de agua disponible (Hepher 1978). El crecimiento de los peces cultivados puede ser afectado por diversos factores como lo son la temperatura del agua, la densidad de siembra, la calidad de su alimento. (Fauconneau *et al.* 1997).

Al aumentar la densidad de los peces, estos se vuelven más ineficientes, hay mayor mortalidad, mayor desperdicio del alimento, mayor ICA y un menor peso promedio de los peces (Meyer y Trimino Meyer 2007).

Para evitar la reproducción espontánea de los peces, los acuicultores utilizan cultivos mono-sexuales de tilapia. Se obtiene poblaciones únicamente de machos mediante la técnica de reversión sexual (Popma y Green 1990; Meyer y Triminio Meyer 2007).

En el cultivo de tilapia la calidad de los alevines como fuente de semilla es muy relevante ya que alevines de mala calidad pueden traer como consecuencias un aumento en el índice de conversión alimenticia y una mayor tasa de mortalidad de los peces durante su engorde (Hurtado Chamorro 2002).

En la reversión sexual se administra esteroides masculinos a los alevines aptos ($\leq 12\text{mm}$) con una hormona sintética 17- α -metilo-testosterona (MT) ofrecido durante 28 días. La hormona dirige la diferenciación del tejido de las gónadas de las hembras en tejido testicular (Meyer y Trimino Meyer 2007; Galindo 2000). Si la hormona es utilizada efectivamente se obtiene una población $\geq 97\%$ de machos (Meyer y Trimino Meyer 2007). La MT es incorporada en la dieta a razón de 60 mg/kg de alimento (Green, 1999).

Estudios previos en Zamorano demuestran que la sobrevivencia de los alevines manejados durante la reversión sexual en tanques de fibra de vidrio fue mayor que en hapas y en pilas de concreto, sembrados a 1000 y 2000 /m³ (Hurtado Chamorro 2002).

Se atribuyó la mayor sobrevivencia de los alevines en los tanques de fibra de vidrio por presentar una superficie lisa. Es probable que en las pilas de concreto se lastimaran los alevines al chocar contra la pared (Hurtado Chamorro 2002).

El objetivo del presente estudio fue comparar la calidad del agua, sobrevivencia, ganancia de peso, longitud promedio final de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m³ de agua durante 30 días en tanques circulares de fibra de vidrio bajo condiciones en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Honduras. Además se realizó un presupuesto parcial para determinar los ingresos netos en cada uno de los tratamientos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre junio y agosto de 2013 en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, Honduras. La EAP está ubicada en el Valle del Río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 30 km del este de la ciudad de Tegucigalpa (14° N y 87° E). La EAP se encuentra a unos 800 msnm con una temperatura promedio entre 24 y 25 °C y precipitación promedio anual de 1100 mm, distribuida mayormente entre los meses de mayo y noviembre.

Se utilizaron seis tanques circulares de fibra de vidrio de 1.5 m de diámetro y 0.5 m de altura. Cada una de los tanques se llenó con 1.2 m³ de agua potable declorinada. El agua de cada tanque recibió aireación continua con cuatro piedras difusoras (10 cm de largo de sílice fusionado) conectadas a un soplador de aire (2.5 HP) mediante tubos de PVC.

Se llenaron dos cisternas de 2500 L capacidad con agua potable. Se colocó una piedra difusora en cada cisterna con agua durante seis días para eliminar su contenido de cloro.

Durante el ensayo se realizaron recambios de agua a razón del 25% del volumen de cada tanque dos veces por semana. Se agregó agua potable sin cloro a cada tanque después de realizar un sifonado para extraer partículas y desechos orgánicos acumulados en su fondo.

La calidad del agua se monitoreó según se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Monitoreo de la calidad de agua.

Parámetro (unidad)	Aparato o procedimiento	Frecuencia
O ² disuelto (ppm)	Medidor YSI modelo 55	Diaria (a.m y p.m.)
Temperatura. (°C)	Medidor YSI modelo 55	Diaria (a.m y p.m.)
pH	Solución Indicadora Universal de Fisher	Semanal
Transparencia (cm)	Disco Secchi	Semanal

Se utilizaron un total de 44.400 alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) obtenidos de los lotes manejados en el Laboratorio de Acuicultura de la EAP. Se sembraron en estanques de fibra de vidrio los alevines recién salidos del sistema de incubación artificial.

Todos los alevines para el ensayo se seleccionaron por su largo total (≤ 12 mm). Para eliminar ejemplares mayores de 12 mm todos los alevines fueron pasados por una malla de plástico con aberturas de 3 mm de diámetro, ya que los alevines de tilapia mayores de 12 mm de largo son retenidos por una malla de ese calibre (Popma y Green 1990; Meyer y Triminio Meyer 2007). Se seleccionaron para el ensayo alevines sanos y activos que hayan consumido completamente su saco vitelino (alrededor de unos 10 a 12 días pos fertilización).

Se sembraron los alevines en los tanques a 1000, 3000 y 5000 peces/m³ de agua. Se sembraron 150 peces adicionales en cada tanque tomando en cuenta una mortalidad de alevines provocado durante el día de la siembra y muestreos a los 15 y 30 días del ensayo.

Se sembraron los alevines en los tanques a 1000, 3000 y 5000 peces/m³ de agua. Se sembraron 150 peces adicionales en cada tanque tomando en cuenta una mortalidad de alevines provocado durante el día de la siembra y muestreos a los 15 y 30 días del ensayo.

Se pesaron los alevines a la salida de la incubadora utilizando una balanza marca Ohaus^R modelo Dial-0-Gram. Para esto se colocó una cantidad de agua con peso conocido, y luego se agregaron los alevines, y por diferencia de peso se obtuvo el peso inicial.

Para el conteo de los alevines se utilizó el método de comparación visual. El método consiste en contar con precisión un número de alevines en un recipiente. Luego se agregaron los alevines a un recipiente similar hasta llegar a una población visualmente igual.

Para el muestreo se capturaron 100 alevines al azar en cada tanque con una red de mano a los 15 y 30 días del ensayo. Se midió el largo total de cada pez utilizando una regla a escala en milímetros. Los peces capturados en cada tanque se colocaron en recipiente con agua de peso conocido en una balanza de precisión marca Ohaus^R modelo Dial-0-Gram para determinar su peso final.

Al finalizar el ensayo se cosecharon todos los alevines drenando totalmente cada tanque. Los sobrevivientes fueron capturados, contados y trasladados a un recipiente con agua de peso conocido para determinar su peso total o biomasa final con una balanza marca Chatillon modelo T1000. Con estos datos se determinaron la sobrevivencia, ganancia de peso y acumulación de biomasa para los peces de cada tanque.

Se calculó la Tasa Específica de Crecimiento (TEC) para los peces de cada tanque a través de la siguiente formula:

$$\text{Specific growth rate (SGR)} = \frac{[\ln \text{Peso final (g)} - \ln \text{peso inicial (g)}] / \text{días entre pesos}}{100} \quad [1]$$

Con esta formula se determina la velocidad a la que los peces están creciendo. SGR es una medida del porcentaje de incremento de peso corporal por día.

Los alevines se alimentaron con un concentrado comercial para tilapia conteniendo 45% de proteína cruda. El alimento se preparó con 60 mg de MT/kg (Popma and Green 1990; Meyer y Trimino Meyer 2007). Los peces fueron alimentados a razón de 20% de su biomasa en cuatro porciones diarias durante los 30 días del ensayo

Al finalizar la fase de reversión sexual, se calcularon la sobrevivencia, crecimiento y ganancia de peso de los alevines de los diferentes tratamientos.

Se calculo un Índice de Conversión Alimenticia (ICA), para los peces de cada tanque a través de la siguiente formula:

$$\text{ICA} = \text{kg de alimento suministrado/producción neta de peces. [2]}$$

El ensayo se estableció usando un diseño de Bloques Completos al azar (BCA) con tres tratamientos (densidades de siembra) y dos repeticiones de cada uno (tanques). Se repitió el ensayo dos veces en el tiempo (bloques), cada repetición fue de 30 días de duración.

Los resultados de ganancia de peso, incremento en longitud y sobrevivencia de los alevines fueron analizados a través de un Análisis de Varianza (ANDEVA) y una separación de medias con la prueba Duncan, utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS® 2000). Con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Se hizo una regresión comparando el peso promedio final de los alevines, la sobrevivencia final y la biomasa final con la densidad de siembra de los tratamientos, con la finalidad de predecir el comportamiento de las variables durante la duración del ensayo

Se calculo un presupuesto parcial de los costos de producción de alevines revertidos sexualmente en tanques de fibra de vidrio con una capacidad de 1.2 m³. Se incluyeron costos que se incurren en la operación, la preparación de los tanques, alimento, mano de obra y uso de equipos.

Como costos fijos se tomó en cuenta la depreciación de los equipos utilizados incluyendo el costo de los tanques de fibra de vidrio, soplador y piedras difusoras. Se determinó que para las diferentes densidades de siembra tenían el mismo costo fijo para este ensayo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del agua. La temperatura del agua de los tanques de fibra de vidrio se mantuvo dentro del rango óptimo (Cuadro 2; Figura 1) para el cultivo de tilapia. La tilapia es conocida como una especie tropical, robusta y resistente (Boyd 1990). Los peces tropicales se desarrollan mejor en agua con temperatura entre 25-32 °C (Popma y Green 1990; Meyer y Trimino Meyer 2007).

La concentración promedio de oxígeno disuelto en el agua de los tanques estuvo siempre mayor de 4.0 mg/L (Cuadro 2; Figura 1). Se recomienda una concentración ≥ 3 ppm de oxígeno disuelto en el agua para un buen desarrollo de la tilapia en cultivo (Meyer y Trimino Meyer 2007). Los altos niveles de oxígeno disuelto en el agua fue resultado del buen funcionamiento del sistema de aireación utilizado durante todo el ensayo.

El pH del agua en los tres tanques de fibra de vidrio permaneció dentro del rango óptimo para el cultivo de tilapia (Meyer y Trimino Meyer 2007). Para la tilapia se recomienda un pH del agua entre 6.5 y 10.0 (Boyd 1990).

La transparencia del agua durante del ensayo se mantuvo dentro del rango aceptable para el cultivo de tilapia (Cuadro 2). En los cultivos de peces se recomienda una transparencia del agua de 20-30 cm (Meyer y Trimino Meyer 2007). No hubo excesiva acumulación de fertilidad y fitoplancton por los recambios semanales de agua. El agua presentó una coloración verde producto de la fertilidad natural proveniente del alimento usado con los alevines y proliferación de fitoplancton. La transparencia del agua es la profundidad a la cual la luz solar penetra en el agua (Meyer y Trimino Meyer 2007).

Cuadro 2. Valores máximos, mínimos y promedio de la concentración de O² disuelto, temperatura, pH, turbidez en estanques de fibra de vidrio con 1.2 m³ de capacidad.

Parámetros (unidades)	N° obs	Valor		
		Máximo	Mínimo	Promedio
Concentración O ² (mg/L)	160	7	5	6
Temperatura (°C)	160	32	25	29
pH	24	7.5	6	
Turbidez (cm)	24	21	17	19

Obs: Observaciones

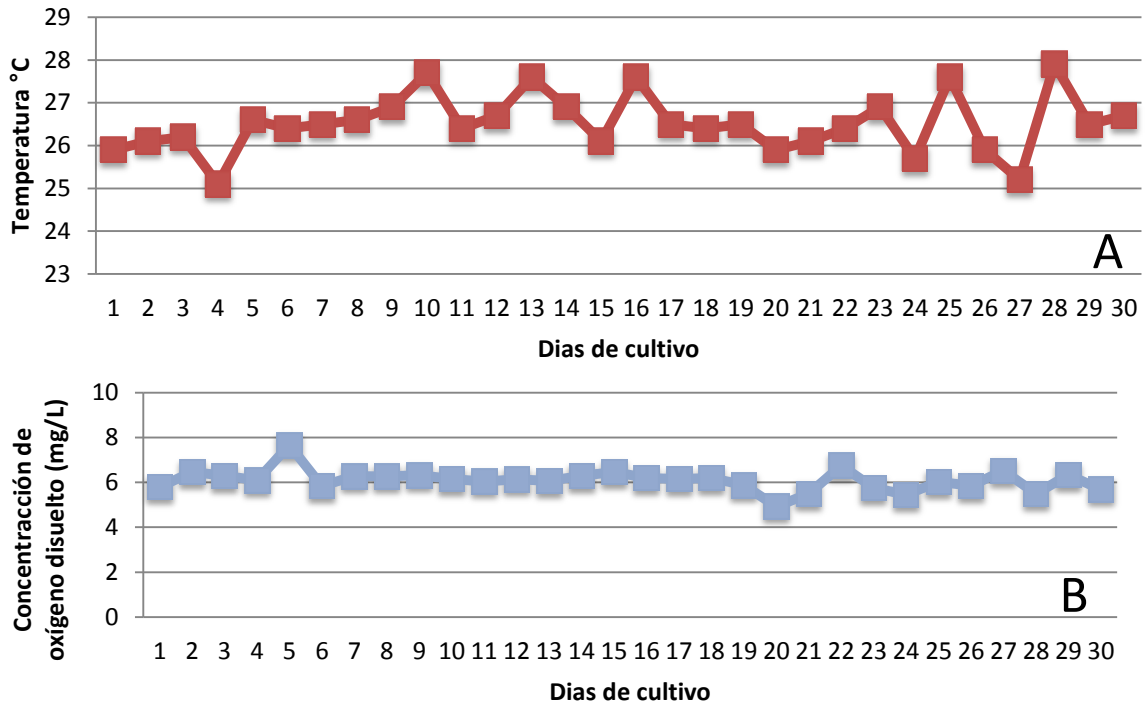


Figura 1. Temperatura promedio diario del agua (A y B) y concentración promedio diario de oxígeno en solución en el agua de seis tanques de vidrio ubicados en un invernadero en el EAP, Honduras. Cada dato representa el promedio de 12 observaciones tomadas diariamente

Crecimiento. La mayor longitud final se logró con los alevines sembrados a 1000/m³ (Cuadro 3) y el menor a 5000/m³. Durante el ensayo se observó una diferencia entre los tratamientos (Cuadro 3; Figura 2) alcanzados por los alevines a los 15 y 30 días. Durante el proceso de reversión sexual con alevines ≤ 12mm de longitud se debe esperar un crecimiento aproximado de entre 18 a 25mm (Popma y Green 1990).

La velocidad de crecimiento de los peces depende de un número de factores incluyendo especie, la edad, el potencial genético, la temperatura del agua, la salud, la cantidad y calidad de los alimentos (Meyer y Trimino Meyer 2007).

El crecimiento de los peces se puede ver reducido por fluctuaciones de temperaturas inferiores a los 20 °C (Popma y Green 1990). Por tanto la temperatura no tuvo efecto en el crecimiento de los alevines durante el proceso de reversión sexual.

Al contrario el crecimiento alcanzado se encuentra en el rango óptimo propuesto por Green y Popma (1990) durante esta fase.

Cuadro 3. Comparación de crecimiento (longitud) a los 15 y 30 días del cultivo, peso promedio final (g) y biomasa final (g) entre las diferentes densidades de siembra de los alevines ¥.

Densidad/m ³	Día 15 Longitud (mm)	Día 30 Longitud(mm)	Peso promedio final	Biomasa final
1000	17.73 ± 3.11 a	19.17 ± 3.39 a	0.62 ± 0.02 a	760 ± 19 c
3000	16.64 ± 3.23 b	18.27 ± 3.69 b	0.31 ± 0.04 b	1046 ± 39 b
5000	15.20 ± 3.57 c	18.09 ± 3.50 b	0.23 ± 0.01 c	1070 ± 48 a
CV [€] (%)	18.19	19	3.64	3.29

¥ Promedios con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes (P > 0.05)

CV[€]: Coeficiente de variación

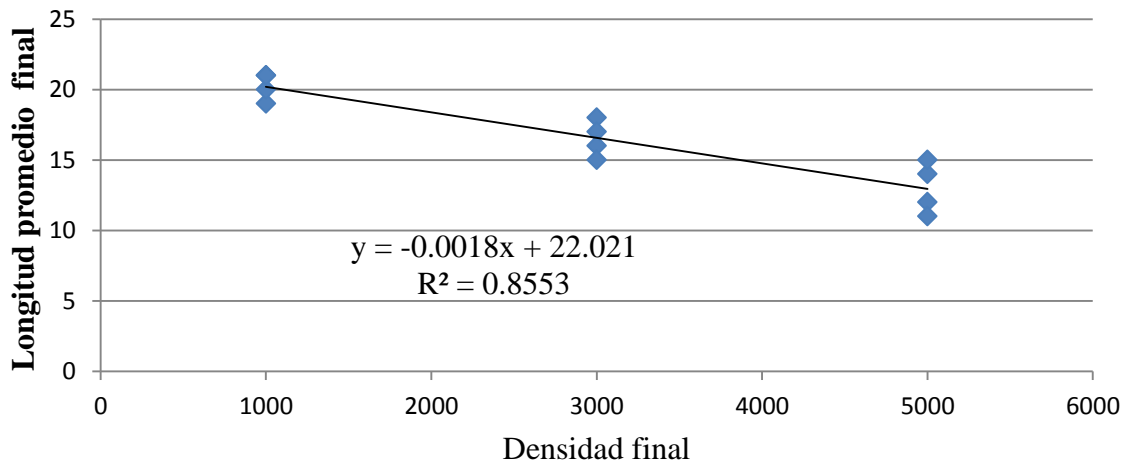


Figura 2. Correlación entre la densidad de siembra de los alevines y la longitud promedio final (mm) durante los 30 días del ensayo (R²=0.85%).

3.3. Ganancia de peso. Se detectó diferencias significativas para el peso promedio final de los alevines sembrados a las tres densidades (Cuadro 3). Los alevines sembrados a una densidad de 1000/m³ alcanzaron un peso promedio final mayor seguido por los manejados a 3000 y 5000/m³.

La biomasa final aumentó significativamente con la densidad de siembra de los alevines (Cuadro 3; Figura 3). La biomasa final alcanzada con 5000 alevines/m³ fue mayor que la biomasa final observada con 1000 y 3000 m³ respectivamente.

A una mayor densidad de siembra de alevines, se espera una mayor ganancia de biomasa (McGinty 1991; Figura 2). Esta relación es directa entre la densidad y la ganancia de peso, afecta posiblemente por la tasa de sobrevivencia de los diferentes tratamientos (Cuadro 4). Los resultados obtenidos de peso promedio final coinciden con recomendaciones para la reversión sexual de alevines de tilapia (Popma and Green 1990).

Los pesos promedio finales de los alevines en este estudio fueron mayores a los reportados por Hurtado Chamorro (2002) y a los de Molina Toro (2002). Las diferencias entre los tratamientos pueden deberse a las densidades de siembra de alevines (Cuadro 3). Debido a que a una menor densidad, habrá menor competencia por alimento y espacio, por lo que los alevines aprovechan mejor el alimento y alcanzan mayor peso final.

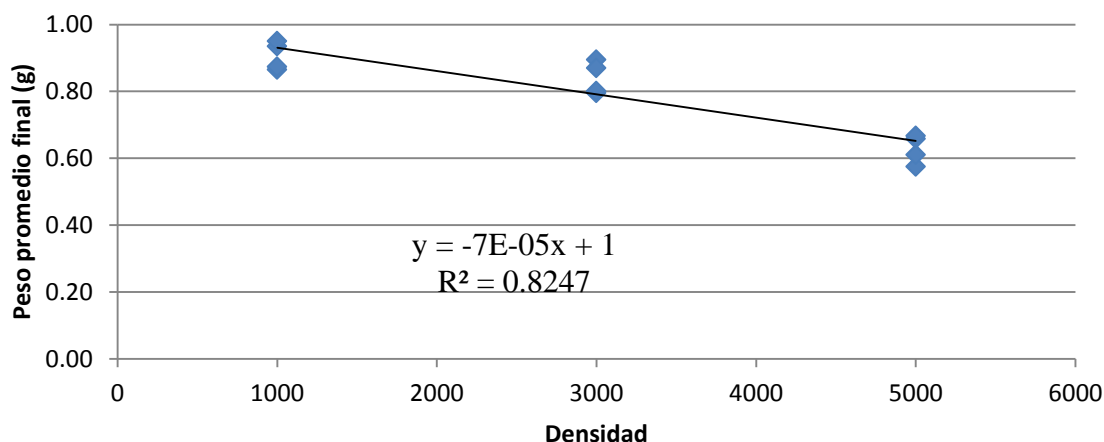


Figura 3. Correlación entre la densidad de siembra de los alevines y el peso promedio final durante los 30 días del ensayo ($R^2=0.82\%$).

Sobrevivencia. En el ensayo se utilizaron un total de 44.400 alevines, de los cuales 40.848 sobrevivieron al final. Esto resulta en una sobrevivencia general de 92%.

En general, la sobrevivencia de los alevines durante el ensayo fue elevada y consistente. En un tanque sembrado a 1000/m³ se obtuvo la sobrevivencia más alta de los alevines de 93.7%. En otro tanque sembrado a 5000/m³ se detectó la sobrevivencia más baja estimada en 85.0% solamente.

La sobrevivencia de los alevines sembrados a una densidad de 1000 alevines/m³ (Cuadro 4; Figura 4) fue mayor ($P\leq 0.05$) que a 5000 alevines/m³. No hubo diferencia significativa en la sobrevivencia de los alevines sembrados a 3000 y 5000/m³.

En circunstancias similares, se espera una sobrevivencia de 70–90% de los alevines sembrados a densidades hasta 5000/m³ durante su reversión sexual (Popma y Green 1990; Meyer y Trimino Meyer 2007).

Los resultados obtenidos en este ensayo superan a los datos de Hurtado y Chamorro (2002) de una sobrevivencia del 93% de los alevines sembrados a una densidad de 1000 alevines /m³ en tanques de fibra de vidrio.

Los alevines sembrados a altas densidades tienen, usualmente, una menor probabilidad de sobrevivir, menor oportunidad de ganar peso individualmente y más serios y frecuentes problemas de patologías que los sembrados a baja densidad (Coche 1982).

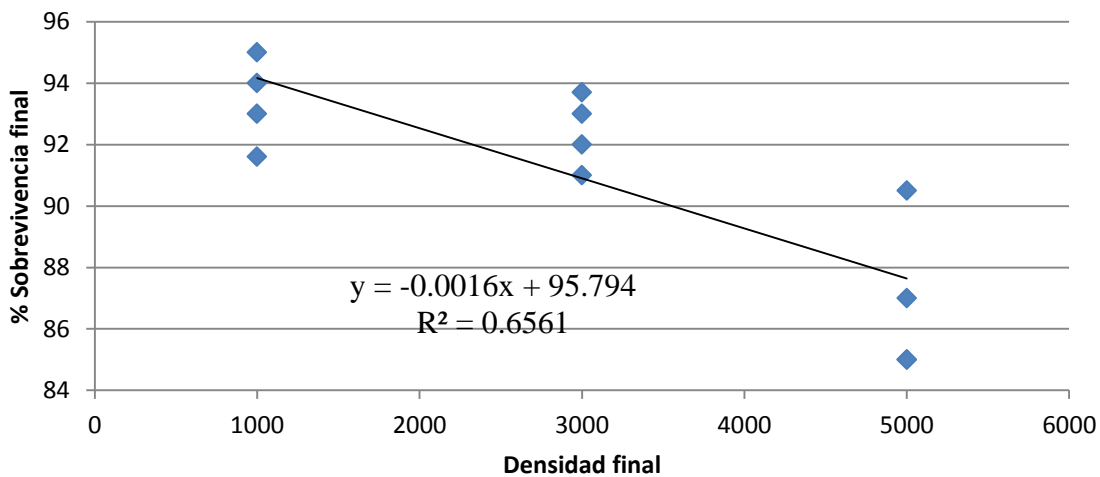


Figura 4. Correlación entre la densidad de siembra de los alevines y el porcentaje de sobrevivencia final durante los 30 días ($R^2=0.65\%$).

La rugosidad de cada recipiente puede influir en la sobrevivencia de los alevines en etapas de reversión sexual. En los estanques de fibra de vidrio, la rugosidad de las paredes del material es mínima, evitando así que los alevines se lastimen su aparato bucal al chocar contra ellas, creando dificultades posteriores en su alimentación (Hurtado Chamorro 2002).

El mejor ICA fue observado en los alevines sembrados a 1000/m³ (Cuadro y Figura 5), y el mayor ICA se evidenció en la densidad de 5000/m³.

Se puede observar que al reducir la densidad el ICA tiende a mejorar, uno de los factores podría deberse a la permanencia del alimento sobre la superficie del agua para facilitar su aprovechamiento. Mientras se aumentó la densidad de siembra de los alevines, hubo una tendencia de los valores de ICAs cada vez más ineficientes (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación del porcentaje de sobrevivencia, Índice de Conversión Alimenticia (ICA), Ganancia diaria de peso (GDP) y Tasa Específica de Crecimiento (TEC) entre las diferentes densidades de alevines[€].

Densidad/m ³	Sobrevivencia %	ICA	GDP (mg/pez/día)	TEC (% día)
1000	93 a	0.4 c	30	10.0
3000	93 a	0.9 b	20	7.8
5000	87 b	1.6 a	10	6.3
CV [§] (%)	2.84	5.87		

€: Promedios con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

§: Coeficiente de variación

La mayor velocidad de crecimiento diaria se obtuvo en la densidad de 1000 alevines/m³, creciendo casi un 10 % del incremento de su peso corporal al día, mientras que la menor TEC se observó para las densidades de 3000 y 5000/m³.

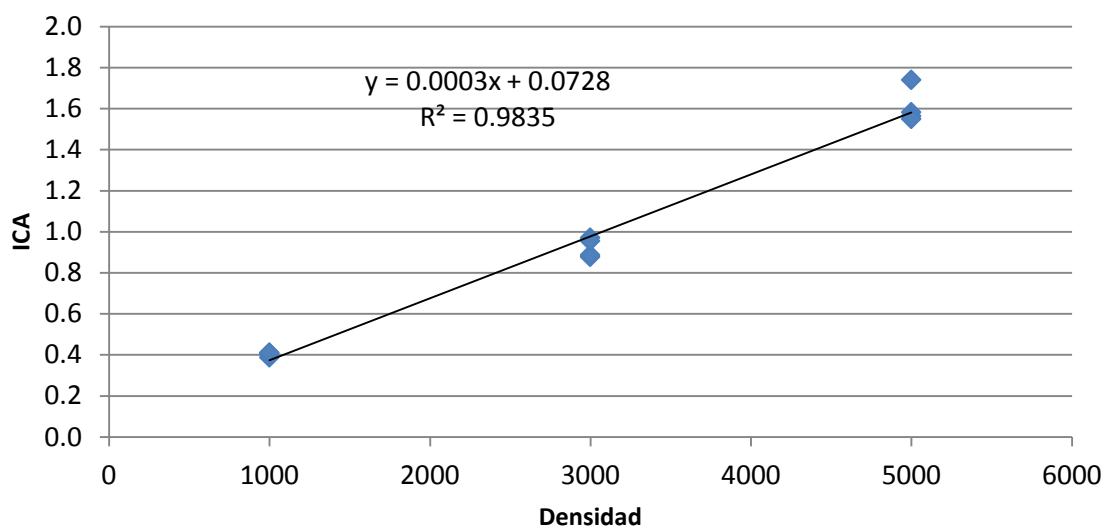


Figura 5. Correlación entre el Índice de Conversión Alimenticia y la densidad final de siembra durante los 30 días del ensayo ($R^2 = 0.98\%$).

3.5 Presupuesto parcial de los costos: El costo de producir alevines rojos revertidos sexualmente en tanques de fibra de vidrio de 1.2 m³ fue de aproximadamente \$ 0.003 cada uno (Cuadro 5).

En el cuadro 5 se presenta detalladamente el presupuesto parcial de los costos de reversión sexual de alevines de Tilapia roja en cada uno de los tratamientos bajo condiciones de Zamorano.

Los costos variables más altos se obtuvieron con las densidades de 5000 alevines/m³ (Cuadro 5), mientras que los costos más bajos se registraron con densidades de 1000 alevines/m³ debido a la cantidad de alevines sembrados en comparación con los demás tratamientos y a la mano de obra que se necesitó para el conteo, siembra y cosecha.

Mediante el análisis de un presupuesto parcial para las diferentes densidades de siembra de los alevines se obtuvo un mayor margen de ganancia para los alevines sembrados a una densidad de 5000/m³ ya que al finalizar el ensayo se capturó una mayor biomasa de peces al finalizar los 30 días del ensayo

Cuadro 5. Comparación de un presupuesto parcial para la etapa de reversión sexual de alevines sembrados a una densidad de 1000, 3000 y 5000/m³ en condiciones de Zamorano, Honduras.

Concepto	Precio	1000 alevines		3000 alevines		5000 alevines	
		Cantidad	Total	Cantidad	Total	Cantidad	Total
Costos Variables							
Peces larvas ≤ 12 mm (Alevines)	0.003	5400	16.20	15000	45.00	24600	73.80
Mano de Obra (día-hombre)	20	4.1	82.00	5.4	108.00	6.3	126.00
KG alimento 45% con MT	6.4	1.2	7.44	3.5	22.26	5.9	37.40
Total costos variables estimados			105.64		175.26		237.20
Total costos fijos estimados			23.80		23.80		23.80
Costos totales estimados			129.44		199.06		261.00
Venta de alevines machos (0.3 a 0.5g)	0.04	5022	200.88	13950	558.00	21402	856.08
Ingreso Neto= (Ingreso - costos totales)			71.44		358.94		595.08

¥: Mano de obra incluye costos de cosecha, conteo, siembra, alimentación y monitoreo de la calidad del agua.

*: Los costos fijos incluyen la depreciación de equipos, soplador, tanque de fibra de vidrio

4. CONCLUSIONES

- Todos los parámetros de calidad de agua se mantuvieron dentro del rango óptimo durante los 30 días del ensayo y para cada uno de los tratamientos.
- La mayor longitud final se logró con los alevines sembrados a 1000 y 3000/m³ y el menor a 5000/m³. Los alevines sembrados a 1000/m³ tienen menores costos pero a densidades de 3000 y 5000/m³ se obtuvo mayor ganancia por alevines vendidos.
- Los alevines sembrados a una densidad de 1000/m³ alcanzaron un peso promedio final mayor seguido por las densidades de 3000 y 5000/m³.
- La sobrevivencia general de los alevines al finalizar los 30 días del ensayo fue de 92%. Con la mayor sobrevivencia observada con las densidades de 1000 y 3000/m³.
- Según el presupuesto parcial de los costos, la producción de alevines a una densidad de 5000/m³ resulta en un mayor margen de ganancia.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar otras densidades de siembra de alevines en los tanques de fibra de vidrio con recambios más frecuentes y de mayor volumen de agua.
- Evaluar el efecto de altas densidades de siembra sobre el ICA y la TEC con diferentes recambios de agua.

6. LITERATURA CITADA

Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA. 482 p.

Coche, A.G. 1982. Premiers résultats de l'élevage en cages de *Tilapia nilotica* (L.) dans le Lac Kossou, Cote d'Ivoire. *Aquaculture* 10:109-140

FAO. 2012. Review of the State of World Fisheries & Aquaculture. Food and Agriculture Agency of the United Nations. Rome, Italy. 251 p.

Fauconneau, B; Toguyéni, A; Fostier, A; Le Bail, P; Boujard, T; Baroiller, J. 1997. New insights on feeding and growth of *Tilapia* (*Oreochromis* sp.). In: Fitzsimmons, K. (Ed), Proceedings of the Fourth International Symposium on *Tilapia* in Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, New York, Vol. 106. P 152 - 168

Hepher, B. 1978. Ecological aspects of warm water fishpond management. In: S.D. Gerging (ed.), Ecology of freshwater fish production. Blackwell Science Publishers, Oxford, England. P 447- 468

Hurtado Chamorro, M.J. 2002. Sobrevivencia y crecimiento de alevines de tilapia en tres tipos de recipientes. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 15 p.

McGinty, AS. 1991. *Tilapia* production in cages: Effects of cage size and number of noncaged fish. *The Progressive Fish-Culturist* 53:246-249.

Meyer, D. 2009. Introducción a la Acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 159 p.

Molina Toro, K.G. 2002. Sobrevivencia y crecimiento de alevines de tilapia manejados en tres recipientes. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 25 p.

Popma, T.J. and B.W. Green. 1990. Sex Reversal of *Tilapia* in Earthen Ponds. Research and Development Series No. 35, International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.

SAS. 2000. User Guide for SAS, Version 6. Statistical Analysis System, Inc., Cary, North Carolina, USA. 329 p.

Triminio Meyer, S.A., J.J. Molnar, D.E. Meyer and E.W. Tollner. 2007. Tilapia fingerling production in Honduras. *Journal of Applied Aquaculture* 19(2):1-27.