

**Comparación del uso de gallinaza + urea,
desperdicios del engorde de peces en jaulas y
alimento concentrado para el preengorde
de alevines de tilapia del Nilo
(*Oreochromis niloticus*)**

Cindy Sarahí Núñez Cárdenas

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Comparación del uso de gallinaza + urea,
desperdicios del engorde de peces en jaulas y
alimento concentrado para el preengorde
de alevines de tilapia del Nilo
(*Oreochromis niloticus*)**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera Agrónoma en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

Cindy Sarahí Núñez Cárdenas

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

**Comparación del uso de gallinaza + urea,
desperdicios del engorde de peces en jaulas y
alimento concentrado para el preengorde
de alevines de tilapia del Nilo
(*Oreochromis niloticus*)**

Presentado por:

Cindy Sarahí Núñez Cárdenas

Aprobado:

Daniel E. Meyer, Ph.D.
Asesor principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Isidro Matamoros, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Núñez Cárdenas, C.S. 2012. Comparación del uso de gallinaza + urea, desperdicios del engorde de peces en jaulas y concentrado para el pre engorde de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 21 p.

El objetivo de este estudio fue comparar tres manejos para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques circulares de 12.4 m de diámetro y 1.2 m de profundidad revestidos completamente de geomembrana de 1.0 mm de espesor. Los manejos probados para pre engordar alevines de tilapia fueron aplicaciones de gallinaza + urea, los desperdicios del engorde de tilapia en jaulas y concentrado. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con peso promedio inicial de 0.3 a 0.4 g en ciclos de 28 días repetidos en el tiempo. Al final de cada ciclo se estimó la sobrevivencia, producción neta y ganancia de peso de los peces para realizar una comparación entre los manejos. Se realizó una comparación de los costos de producción y un análisis de sensibilidad entre la sobrevivencia de los alevines y los costos de producir mil alevines. Al finalizar el estudio se había cosechado un total de 31,950 peces vivos de los 45,000 peces sembrados. Esto representa un 71% de sobrevivencia general. Los alevines preengordados con gallinaza + urea lograron una mayor producción neta y mayor ganancia diaria de peso ($P \leq 0.05$) que los manejados con jaulas y concentrado. Según la comparación de los costos, resultó más favorable preengordar los alevines de tilapia con la gallinaza + urea, en vez de usar los desperdicios de peces en jaulas o el concentrado. En general al mejorar la sobrevivencia de los alevines de 60 a 90%, esto resulta en una reducción de aproximadamente 33% de los costos de producir mil alevines para cada uno de los tres manejos.

Palabras clave: Biomasa de peces, Honduras, piscicultura, sobrevivencia.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	18
5. RECOMENDACIONES	19
6. LITERATURA CITADA.....	20

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro	Página
1. Resumen del monitoreo de la calidad del agua en tres tanques circulares de geomembrana usados para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo durante los meses de junio a septiembre de 2012, Zamorano, Honduras.....	5
2. Resultados de la producción de alevines de tilapia del Nilo con tres manejos en tanques con capacidad de 145 m ³ , Zamorano, Honduras, 2012. Los datos son promedios ± una desviación estándar para tres repeticiones de 28 días duración cada una. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con peso promedio inicial entre 0.3 a 0.4 g.....	11
3. Comparación de varios indicadores de eficiencia para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo con tres manejos en tanques de geomembrana de 145 m ³ cada uno. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con un peso promedio inicial de 0.3 a 0.4 g en ciclos de 28 días.....	12
4. Comparación económica de tres manejos para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques circulares revestidos con geomembrana de 145 m ³ capacidad. (Todos los valores están en US dólares para un ciclo de producción de 28 días). Se utilizó una sobre vivencia de 70% de los peces para hacer los cálculos y el valor de US\$ 1.00 = Lempiras 19.85 al cambio oficial para Octubre de 2012.....	15
5. Análisis de sensibilidad entre la sobrevivencia y costos de producir alevines de tilapia del Nilo con tres manejos. Los datos son para preengordar 5000 alevines en tanques con capacidad de 145 m ³ de agua de geo-membrana durante ciclos de 28 días.	16

Figuras	Página
1. Registro de la precipitación diaria (arriba) y temperatura (abajo) promedio diario del aire en Zamorano durante los meses del ensayo de preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tres tanques circulares revestidos con geomembrana en Zamorano, Honduras, 2012.....	7
2. Supervivencia en el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques de geomembrana con capacidad de 145 m ³ bajo tres manejos en tres replicas durante 84 días en Zamorano, Honduras, 2012. Los tanques fueron sembrados con 5000 alevines con peso promedio de 0.3 a 0.4 g en ciclos de 28 días de duración.....	9
3. Ganancia diaria de peso en el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques de geomembrana con capacidad de 145 m ³ bajo tres manejos en tres replicas de 28 días cada una en Zamorano, Honduras, 2012.	10
4. Regresión entre la supervivencia de los alevines de tilapia del Nilo y la producción neta total en un preengorde con tres manejos en ciclos de 28 días en tanques con geomembrana de 145 m ³ en Zamorano, Honduras.....	11
5. Relación entre los costos de producción en US\$ y supervivencia de alevines en el pre engorde de tilapia del Nilo en tanques de geomembrana con capacidad de 145 m ³ manejados con gallinaza + urea, los desperdicios de peces en jaulas y con concentrado. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con peso promedio inicial de 0.3 a 0.4 g. Cada manejo fue usado en tres replicas de 28 días cada una en Zamorano, Honduras, 2012.....	17

1. INTRODUCCIÓN

La producción acuícola mundial ha estado creciendo en los últimos 30 años a un ritmo de $\pm 10\%$ anual (FAO). Actualmente la producción mundial de tilapia se estima en 3.3 millones de TM/año.

En las Américas el cultivo comercial de tilapia es una actividad económicamente importante para Ecuador, Honduras, Costa Rica, Colombia, Brasil y México. Hay cultivo de tilapia en todos los países de Norte, Centro y Sur América, desde Canadá en el norte hasta Argentina en el sur (Meyer 2008).

Para lograr una buena producción al cultivar plantas o engordar animales, es importante comenzar con una buena semilla o crías sanas y de calidad. La semilla de tilapia consiste en sus crías o alevines. Los alevines de tilapia de calidad son de color y tamaño uniformes y mayormente machos (Meyer y Triminio Meyer 2007).

Típicamente los piscicultores compran sus alevines de empresas especializadas en producir y distribuir semilla de tilapia. Muchos piscicultores hondureños prefieren comprar alevines más grandes para sembrar en sus estanques con el fin de acortar el tiempo requerido para su engorde (Triminio Meyer *et al.* 2007).

Existen varios manejos para preengordar alevines de tilapia. Trejo (2002) realizó un cultivo combinando el engorde de tilapia del Nilo en jaulas con el preengorde de alevines en un estanque bajo un manejo intensivo de producción.

Green (2006) describe varias maneras o manejos para preengordar alevines de tilapia hasta alcanzar pesos finales entre 10 a 100 g, logrando biomasa finales entre 500 a 14,000 kg/ha. Estas producciones fueron logradas utilizando una variedad de insumos, incluyendo fertilizantes químicos, abonos orgánicos, alimentos suplementarios y alimentos concentrados completos para tilapia.

El objetivo de este estudio fue comparar tres manejos para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo. Los objetivos específicos del estudio fueron comparar el preengorde de alevines de tilapia del Nilo con el uso de gallinaza + urea, desperdicios del engorde de tilapia en jaulas y concentrado. Además, se comparó la sobrevivencia, producción neta en biomasa y ganancia de peso de los alevines con los tres manejos. Se calculó la eficiencia de cada manejo en convertir nitrógeno de los insumos en biomasa de los peces. Se hizo un estimado de los costos de producción y un análisis de sensibilidad entre la sobrevivencia de los alevines y los costos para producir mil alevines con los tres manejos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. El estudio se realizó en el Laboratorio de Acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Honduras. La EAP está ubicada en el Valle del Río Yegüare, Departamento de Francisco Morazán, a 30 km al este de Tegucigalpa. El campus de la EAP se encuentra a una altura de 800 msnm con una temperatura promedio anual de 25° C y precipitación anual promedio de 1100 mm.

Unidades experimentales. Se prepararon tres tanques circulares de 12.4 m de diámetro y 1.2 m de profundidad revestidos completamente de plástico negro de 1.0 mm de espesor. La pared de cada tanque es apoyado por una malla metálica, postes de metal y un cable de 3 mm de espesor templado. Cada tanque tiene un tubo (20 cm diámetro de PVC) de drenaje o evacuación en el centro de su interior. Los tanques se llenan con agua bombeada del Lago de Monte Redondo por medio de una bomba de 3 HP.

Los peces. Los peces para el ensayo fueron tomados de los lotes manejados en el Laboratorio de Acuicultura de la EAP. Cada tanque circular fue sembrado con 5000 alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) recién terminando su tratamiento con la hormona metilo-testosterona. Los peces fueron preengordados en ciclos de 28 días duración.

En la siembra del ensayo se tomó datos del número y peso de los alevines. Se tamizaron los alevines para uniformizarlos según su tamaño. Al concluir los 28 días de cada prueba, se drenó cada tanque para determinar la sobrevivencia y evaluar su ganancia de peso.

Al drenar cada tanque los peces capturados fueron colocados en una pana con agua previamente pesada (balanza marca Chatillion). Se agregó peces a la pana hasta incrementar su peso en 1000 g para así calcular el peso promedio de los alevines.

Se tomaron los datos de peso y número de peces adultos en cada jaula al comenzar y finalizar cada repetición con una balanza de reloj marca Royal de 20 kg capacidad sostenida de un trípode. Los peces se pesaron en canastas sin agua.

Los tres manejos. Los alevines de tilapia fueron manejados de tres maneras y durante tres ciclos de producción de preengorde de 28 días duración cada uno. Los tres manejos consistían en:

Gallinaza + urea. Se fertilizó el agua de un tanque circular con una combinación 2 kg gallinaza/día + 100 g urea/semana. La cantidad de gallinaza fue en materia seca. La gallinaza usada fue recogida de un galpón con ponedoras en jaulas. El material fresco fue cernido (malla de 3 mm) para remover la viruta, partículas grandes de aserrín y otros contaminantes.

Se secó una muestra de la gallinaza fresca en un horno a 60° C y durante 24 horas para determinar su contenido de humedad. Se mandó una muestra de la gallinaza al Laboratorio de Suelos de la EAP para un análisis de su contenido de N (método Kheldahl).

Jaulas. Se colocaron cinco jaulas de 1 m³ de volumen cada una, fabricadas de malla de plástico, en uno de los tanques circulares con los 5000 alevines. Se sembraron 40 ejemplares machos adultos de tilapia del Nilo/jaula con un peso promedio de 240 g para que continuaran con su engorde.

Los peces de cada jaula recibieron concentrado para tilapia con 28% de proteína cruda y en la forma física de perdigones flotantes, a razón de 4% de su biomasa diariamente. La cantidad diaria de concentrado para los peces de cada jaula se dividió en dos porciones (07:00 y 15:00 horas).

Concentrado. Los alevines de un tanque fueron preengordados a base del concentrado especializado para tilapia con 38% de proteína cruda y fabricado en la forma física de perdigones flotantes. La cantidad diaria de alimento fue estimado en 12% de la biomasa de los peces en el tanque. La cantidad diaria de concentrado para los peces se dividió en dos porciones (07:00 y 15:00 horas).

Monitoreo de la calidad de agua. Se tomó la temperatura y concentración de oxígeno disuelto en el agua dos veces por día (mañana y tarde) con un medidor electrónico marca YSI, modelo 55. Semanalmente se evaluó la transparencia del agua con un disco Secchi.

Tasa específica de crecimiento. Se calculó la tasa específica de crecimiento, “specific growth rate” en inglés, por tratamiento para calcular la velocidad con que incrementan de peso por día, expresado en porcentaje. Para calcular la TSC se utiliza la siguiente formula:

$$TSC = \frac{[(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})/\text{Peso inicial}] * 100}{\# \text{ Días}} \quad [1]$$

Comparación de los costos de producción. Se hizo un presupuesto parcial de los costos de producción más importantes para comparar económicamente los tres manejos. Los costos directos incluidos en la comparación fueron:

- los alevines de tilapia
- los insumos (gallinaza, urea y concentrado)
- la mano de obra
- bombeo del agua

Se utilizó un valor de \$45.00 para los costos indirectos totales. Se calculó el precio de venta para los alevines producidos con cada manejo para establecer el precio de venta de equilibrio.

Análisis de Sensibilidad. Se realizó una proyección de los costos de producir mil alevines variando la sobrevivencia en un rango de 60 a 90%.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de bloques en el tiempo completamente al azar (BCA). Se analizó los datos obtenidos de sobrevivencia, producción neta y ganancia de peso de los peces del ensayo por medio de un ANDEVA y separación de medias por el método de Duncan. Se utilizó un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Se hizo regresiones para determinar la relación entre la sobrevivencia de los alevines con la producción neta de peces y con los costos de producción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de Agua. Los resultados del monitoreo de calidad del agua para los tres tratamientos y tres replicas del ensaño están resumidos en el Cuadro 1. En general no se detectó mucha variación de estos parámetros para la calidad del agua entre los tratamientos ni entre los bloques.

La calidad del agua son todos los parámetros físicos, químicos y biológicos que afectan el bienestar del cultivo, ya sea de peces, camarones u otro tipo de organismo acuático (Meyer 2008). La temperatura del agua se mantuvo siempre dentro del rango óptimo para la tilapia (Cuadro 1). Boyd (1990) establece el rango para la temperatura del agua para el cultivo exitoso de tilapia en 25 a 32° C.

Los cuerpos de agua cambian de temperatura más lentamente que el aire (Figura 1). Los peces, camarones y otras especies acuáticas están evolucionados a vivir en ambientes que cambian de temperatura gradualmente. Estos organismos, de sangre fría, no están adaptados a cambios bruscos de temperatura (Meyer 2008).

Cuadro 1. Resumen del monitoreo de la calidad del agua en tres tanques circulares de geomembrana usados para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo durante los meses de junio a septiembre de 2012, Zamorano, Honduras.

Parámetro	Replica I	Replica II	Replica III	Promedio general
Fechas	13-06/13-07	17-07/13-08	16-08/13/09	
Temp. máx (°C)	33.9	31.0	30.1	
Temp. min. (°C)	25.0	25.0	25.1	
Temp. prom. (°C)	28.1	27.4	27.6	27.7
O ₂ máx. (ppm)	11.7	14.2	19.5	
O ₂ min. (ppm)	1.0	2.2	0.6	
O ₂ prom. (ppm)	5.2	6.6	6.7	6.2
DDS máx. (cm)	58.5	49.0	64.5	
DDS min. (cm)	10.0	15.0	17.0	
DDS prom. (cm)	26.1	29.5	35.3	30.3

DDS = Distancia disco Secchi.

La temperatura del agua tiene una relación directa con la tasa metabólica y ritmo de ganancia de peso del pez. Para cada grado C de incremento en la temperatura del agua se esperaría una aceleración en la tasa metabólica del pez de aproximadamente 10% (Green *et al.* 2000).

Los peces y camarones respiran el oxígeno en solución en el agua. La cantidad de oxígeno en solución en el agua de un tanque para el cultivo de peces y en un momento dado, es el resultado de varios procesos biológicos (fotosíntesis y respiración) y uno físico (difusión). En unidades de producción de peces manejadas con agua estancada, la mayor fuente de oxígeno en el agua proviene de la fotosíntesis de las algas. Al aumentar la fertilidad del agua de las unidades usadas para el preengorde de peces, típicamente se observa un aumento en la cantidad de algas presente (Boyd 1990).

Con una floración fuerte de algas en el agua es común observar concentraciones de oxígeno en solución por la tarde muy elevadas. En la noche esa concentración usualmente se reduce a niveles críticos para los peces (Boyd 1990).

En varias ocasiones durante el ensayo se observaron niveles de oxígeno disuelto en el agua < 2.0 ppm en las horas tempranas de la mañana (Cuadro 1). Los piscicultores de tilapia buscan mantener un mínimo de 2.0 ppm de oxígeno en solución para evitar problemas de anoxia (Coche 1982).

El disco Secchi es un aparato simple usado para medir la transparencia del agua o la profundidad a la cual penetra la luz solar. Durante las tres réplicas del ensayo, la distancia del disco Secchi se mantuvo en el rango de 30 a 65 cm (Cuadro1). El rango recomendado para el agua es de 20 a 30 cm para el cultivo de tilapia (Boyd 1990). No hubo diferencia significativa entre las distancias del disco Secchi en el agua entre los tres tratamientos.

La primera réplica del ensayo resultó en una distancia promedio de disco Secchi 11% y 35% menor que la distancia para la segunda y la tercera réplicas, respectivamente. Durante los meses de junio a septiembre el total de lluvia registrado en Zamorano fue de 405 mm (Figura 1). En el mes de junio cayeron 169 mm de lluvia, lo que puede haber provocado una mayor cantidad de arcilla en el agua del Lago de Monte Redondo. Con más arcilla suspendida en el agua, menor será su transparencia (Cuadro 1).

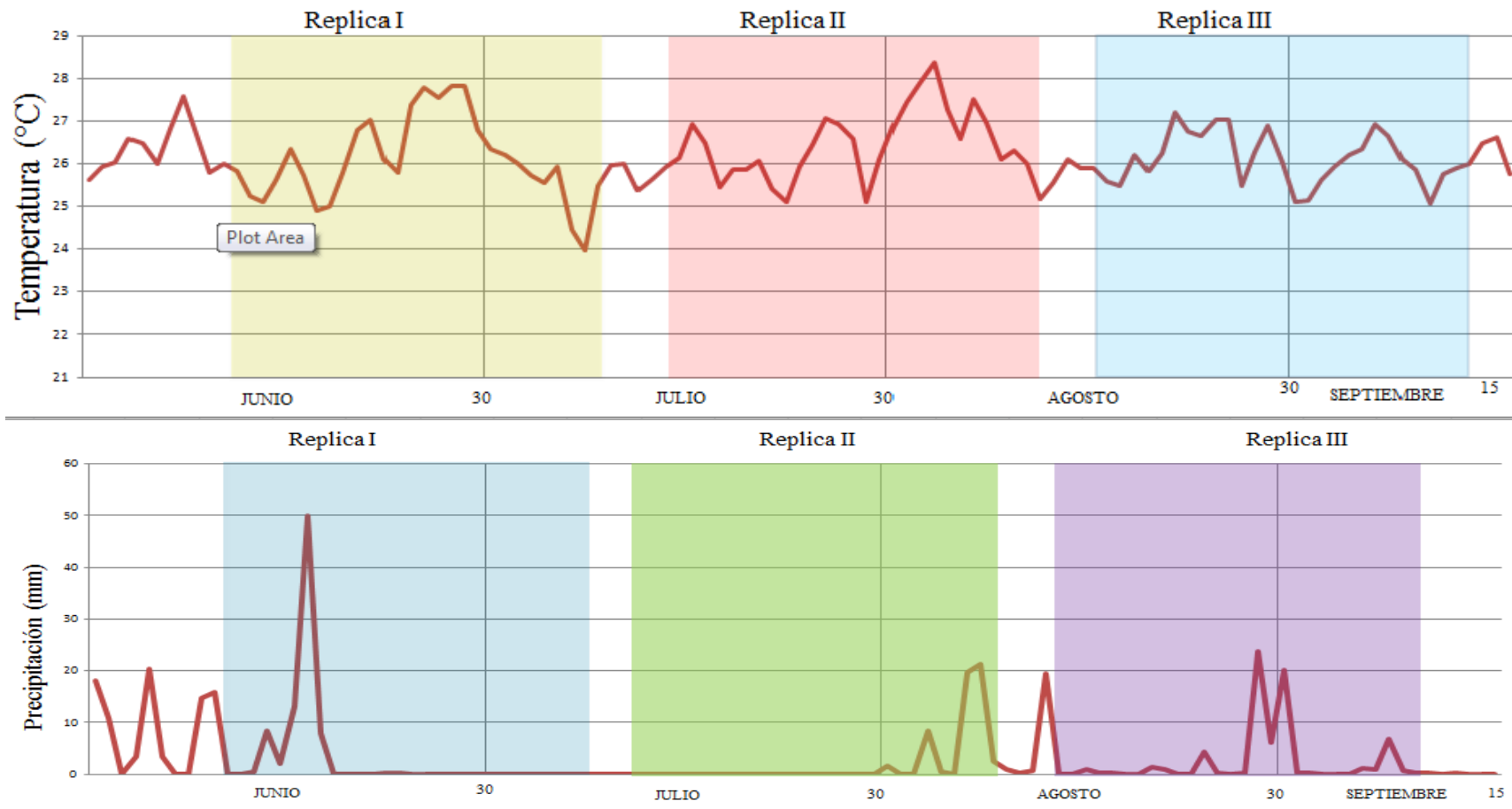


Figura 1. Registro de la precipitación diaria (arriba) y temperatura (abajo) promedio diario del aire en Zamorano durante los meses del ensayo de preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tres tanques circulares revestidos con geomembrana en Zamorano, Honduras, 2012.

Preengorde de los alevines. Una producción agrícola que comienza con una semilla de calidad tiene mejor oportunidad de terminar con un rendimiento elevado. Los alevines son la semilla que el piscicultor siembra al iniciar cada nuevo ciclo de producción. Una semilla de tilapia de buena calidad consiste en peces uniformes en color, tamaño y que son mayormente machos ($\geq 97\%$) en cada lote (Meyer y Triminio Meyer 2007).

Muchos piscicultores prefieren comprar alevines grandes para acortar el tiempo requerido para su engorde y disminuir los costos y riesgos de mortalidad. Normalmente en el mercado hondureño los alevines de tilapia son ofrecidos a la venta con un peso promedio entre 0.2 – 0.5 g (Triminio Meyer *et al.* 2007).

Sobrevivencia. Al finalizar el estudio se había cosechado un total de 31,950 peces vivos de los 45,000 peces sembrados. Esto representa un 71% de sobrevivencia general. No hubo diferencia significativa en la sobrevivencia de los alevines según los tratamientos y réplicas del ensayo (Cuadro 2).

En tres de las nueve réplicas del ensayo la sobrevivencia de los alevines superó el 80% (Figura 2). La menor sobrevivencia fue de 51% observado para los alevines en el tanque con los peces en jaulas en la segunda réplica.

Según Popma and Green (1990) una sobrevivencia de 60 a 90% de los alevines de tilapia en la fase de preengorde es aceptable. En ensayos realizados en Zamorano con el preengorde de alevines de tilapia del Nilo, se han logrado sobrevivencias de 63%, 64%, y 90% según Salinas (2003), Suazo (2002) y Trejo (2002), respectivamente.

El día 21 de julio se hizo una recolección de 14, 86 y 150 alevines muertos que estaban en la superficie del agua en los tanques con los tratamientos de gallinaza + urea, jaulas y concentrado, respectivamente. Es probable que otros alevines muertos estuvieran en el fondo de los tanques y no fueron incluidos en el conteo.

Estos peces muertos representaron el 1.7% de la cantidad total de peces sembrados para la segunda replica del ensayo. Una causa probable de esta mortalidad fue el maltrato que sufrieron los alevines durante su conteo, traslado y siembra en las unidades experimentales.

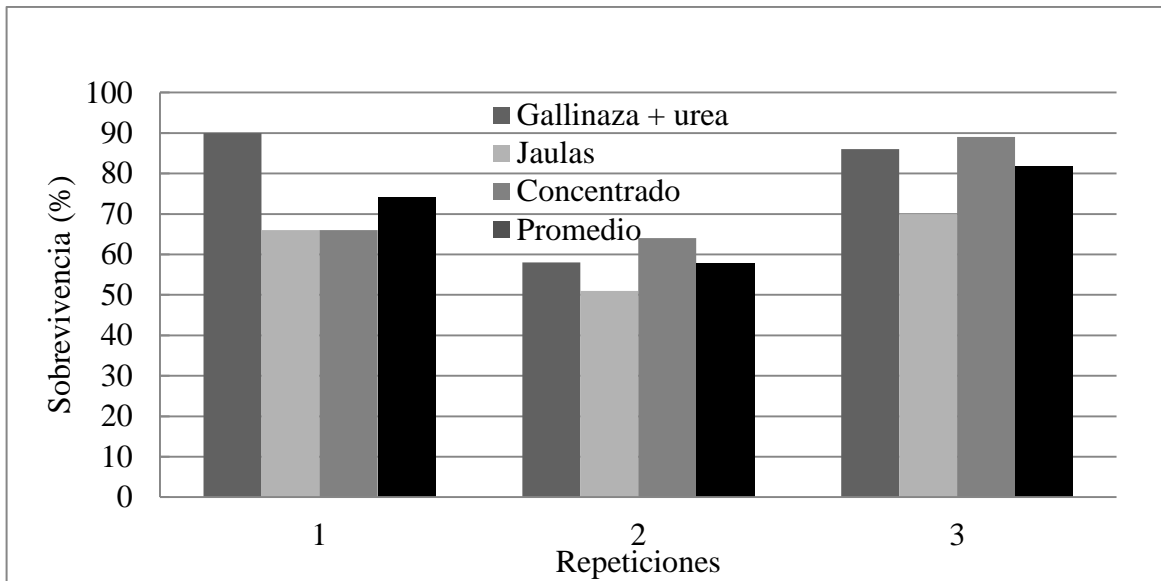


Figura 2. Sobrevivencia en el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques de geomembrana con capacidad de 145 m³ bajo tres manejos en tres replicas durante 84 días en Zamorano, Honduras, 2012. Los tanques fueron sembrados con 5000 alevines con peso promedio de 0.3 a 0.4 g en ciclos de 28 días de duración.

Algunas otras posibles causas de mortalidad de los alevines durante su preengorde son:

- Depredación por aves. Se detectó la presencia de dos especies de aves durante las tres replicas del ensayo, el pecho amarillo (*Pitangus sulphuratus*) y el zanate (*Quiscalus mexicanus*), ambos depredadores de alevines (Lagos 2000).
- Presencia de insectos depredadores de alevines. Cosechando los alevines al finalizar la segunda y tercera réplicas del ensayo se encontraron uno y dos ejemplares adultos de la chinche de agua en el tanque con manejo de gallinaza y urea y el tanque con concentrado, respectivamente. La chinche de agua pertenece al género de *Lethocerus*, de la Familia Belastomatidae, Orden Hemiptera. También fueron encontrados en varias ocasiones y en varios tanques náyades de especies de libélulas del Orden Odonata.
- Error humano. En el manejo del drenado de cada tanque no siempre se colocó una malla para retener a los peces para su eventual captura. Durante el ensayo, tres veces un tanque fue drenado completamente sin tener colocada la malla. Es probable que algunos peces hayan escapado así por el tubo de evacuación. No se pudo estimar la cantidad de peces perdidos de esta manera.
- El canibalismo. En cada réplica del ensayo, algunos peces adultos lograron escapar de las jaulas para mezclarse con la población de alevines libres en el tanque. Posiblemente estos peces más grandes canibalizaron a los alevines en el tanque.

Producción neta y ganancia de peso. Los alevines preengordados con gallinaza + urea lograron una mayor producción neta y mayor ganancia diaria de peso ($P \leq 0.05$) que los manejados con jaulas y concentrado (Cuadro 2). No hubo diferencia significativa en la producción neta y ganancia de peso entre los peces preengordados con jaulas y con concentrado.

La ganancia neta de peso varió entre 1.9 a 4.5 g por pez durante los ciclos de 28 días (Figura 3). Green (2006) presenta rangos de ganancia de peso similares en un estudio realizado en ciclos de 30 días bajo condiciones ideales de temperatura y calidad del alimento. En un estudio realizado en Zamorano y Güinope con el uso de gallinaza + urea y concentrado en el preengorde de alevines, no se encontró diferencia significativa en la ganancia de peso entre los manejos (Lagos 2000).

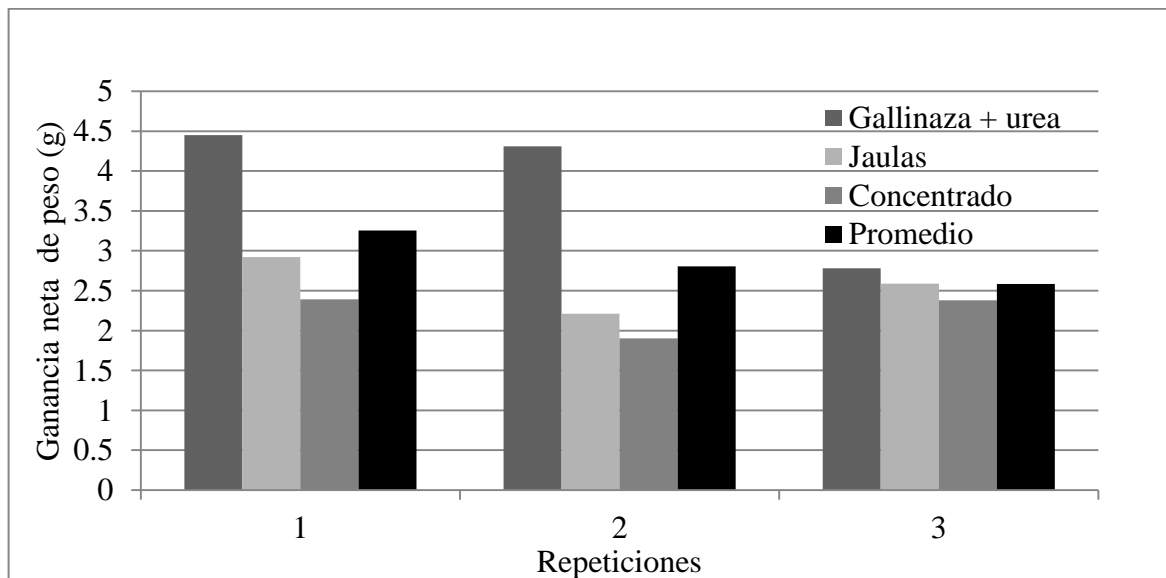


Figura 3. Ganancia diaria de peso en el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques de geomembrana con capacidad de 145 m³ bajo tres manejos en tres replicas de 28 días cada una en Zamorano, Honduras, 2012.

Cuadro 2. Resultados de la producción de alevines de tilapia del Nilo con tres manejos en tanques con capacidad de 145 m³, Zamorano, Honduras, 2012. Los datos son promedios \pm una desviación estándar para tres repeticiones de 28 días duración cada una. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con peso promedio inicial entre 0.3 a 0.4 g.

Manejo	Peso Final g/pez	GDP (mg/pez/día)	SV (%)	Producción Neta g/ciclo
Gallinaza + urea	4.1 \pm 0.9	138a \pm 33	78	14,448a \pm 4617
Jaulas	2.9 \pm 0.4	92b \pm 13	62	7463b \pm 2108
Concentrado	2.5 \pm 0.3	79b \pm 10	73	7828b \pm 2357

Los promedios en la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo al ANDEVA y prueba de Duncan al $P \leq 0.05$.

GDP = Ganancia diaria de peso

SV = sobrevivencia

Hubo una ligera tendencia entre la sobrevivencia de los alevines y la producción neta de cada ciclo (Figura 4). La mayor producción neta lograda fue con una sobrevivencia de 89% y la menor fue con 51% de sobrevivencia de los peces.

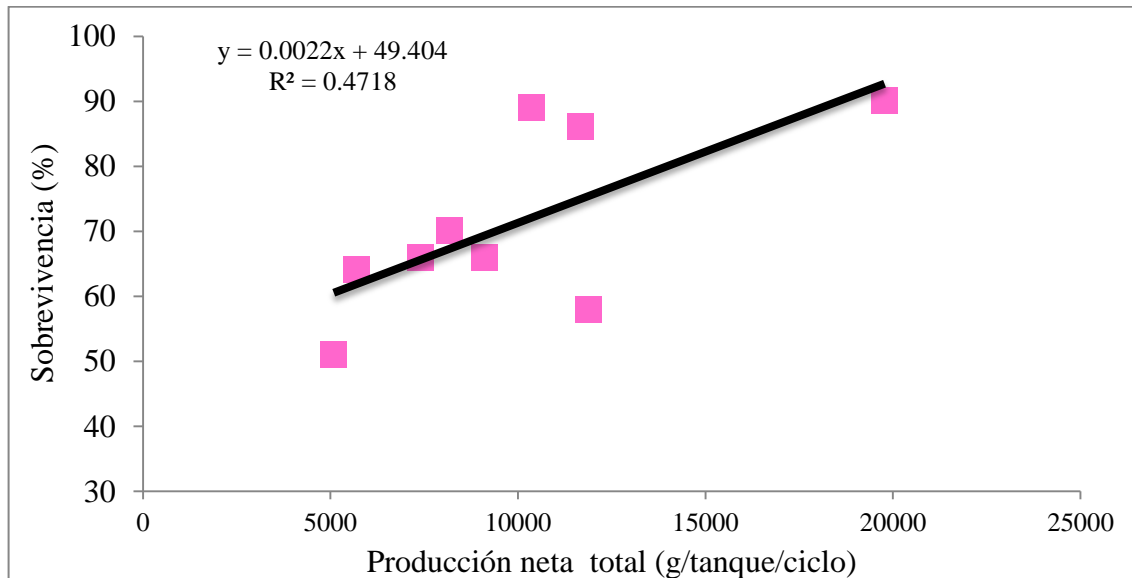


Figura 4. Regresión entre la sobrevivencia de los alevines de tilapia del Nilo y la producción neta total en un preengorde con tres manejos en ciclos de 28 días en tanques con geomembrana de 145 m³ en Zamorano, Honduras.

Indicadores de eficiencia. La tasa específica de crecimiento representa la velocidad con que un animal incrementa su peso/día expresado como un porcentaje de su peso corporal. En el caso de la gallinaza + urea, los alevines lograron una TSC elevado, lo que significa que estaban prácticamente duplicando su peso cada dos días del ensayo (Cuadro 3).

De manera similar, los alevines manejados con el concentrado presentaron un ICA muy eficiente (Cuadro 3). En sistemas comerciales de producción de tilapia los peces son alimentados con dietas que contienen altos niveles de proteína (Fitzsimmons 1997). Los requerimientos de proteína en especies acuáticas son altos por que han ido evolucionando en medios donde los alimentos naturales disponibles son altamente proteicos. También es frecuente que los peces utilizan los aminoácidos como fuente de energía en su metabolismo, el cual provoca una mayor necesidad de proteína cruda en su dieta (Jauncey y Ross, 1982).

Tener un ICA menor a 1.00 es termodinámicamente imposible (Cuadro 3). La tilapia tiene hábitos alimenticios muy amplios. Por eso es un pez muy popular entre los piscicultores del mundo. Las tilapias manejadas en los tanques con concentrado probablemente estaban consumiendo, además del concentrado ofrecido, sus propias heces, microorganismos, hojas de plantas caídas al agua y otras materias orgánicas para satisfacer su apetito.

No se incluyó el valor de ICA para los manejos con gallinaza + urea y jaulas por que ellos no recibían alimento directamente.

Según el análisis químico, la gallinaza usada contenía 3.62% de N en materia seca. Según Boyd y Green (1998) la tilapia del Nilo contiene 74% de humedad y el 8.5% de la materia seca de una tilapia del Nilo es de N.

No se hizo ningún análisis estadístico con los valores de la conversión de N. La cantidad total promedio de N agregado a cada tanque varió según el manejo (Cuadro 3). En general la conversión de N de los insumos en biomasa fue de 6.0 para todos los alevines producidos en el ensayo. El manejo con gallinaza + urea contribuyó casi 4 y 7 veces más N que los manejos con jaulas y concentrado, respectivamente.

El N de la gallinaza + urea tiene un efecto indirecto para la nutrición de la tilapia. Estos fertilizantes proveen N que entra en solución fomentando la proliferación de algas en el agua. Al consumir algas las tilapias aprovechan del N de la gallinaza + urea, pero de manera menos eficientemente, en comparación con el N del alimento concentrado.

El manejo con concentrado proveía N en la forma de proteína cruda del alimento concentrado fabricado especialmente para la tilapia. Como proteína cruda su aprovechamiento era más eficiente contribuyendo en forma directa al preengorde de estos alevines (Cuadro 3). El insumo que resultó en la más baja o mejor conversión de N en biomasa de los peces fue el concentrado al 38% de PC.

El valor de la conversión de N para el manejo con jaulas no se incluye porque los alevines del tanque no recibieron ningún alimento directamente.

Cuadro 3. Comparación de varios indicadores de eficiencia para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo con tres manejos en tanques de geomembrana de 145 m³ cada uno. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con peso promedio inicial de 0.3 a 0.4 g en ciclos de 28 días.

Manejo	TSC (%/día)	ICA	Total N (kg/tanque)	Conversión de N en biomasa
Gallinaza + urea	49		2.32	7.27
Jaulas	29			
Concentrado	30	0.61	0.30	1.73

TSC= Tasa específica de crecimiento

ICA= Índice de conversión alimenticia

Peces en las jaulas. De los 200 peces adultos sembrados en las jaulas, 157 sobrevivieron hasta el final del ensayo. Esto representa un 78% de sobrevivencia total.

En un estudio realizado en Zamorano con el preengorde de tilapia en jaulas, Gomez y Gutierrez (2008) obtuvieron una sobrevivencia de 77%. Gerle (1998) logró una sobrevivencia de 88% de los peces en jaulas colocadas en el Lago de Monte Redondo en Zamorano.

En promedio, cada pez en las jaulas logró incrementar su peso en 220 g durante el ensayo de tres meses duración. Esto es equivalente a una ganancia de peso de 2.56 g/día/pez. Se calculó un ICA general de 1.48 para estos peces en jaulas. Donoso (1995) obtuvo valores para el ICA entre 4.3 y 6.0 con tilapias sembradas a 50 peces/m³ de jaula.

Análisis económico. En el actual ensayo la mano de obra fue estimada en base al salario mínimo en Honduras de aproximadamente \$353/mes para los trabajadores de campo. Los costos indirectos eran iguales para todos los tratamientos (Cuadro 4).

Se utilizó el valor de US\$4.72 para producir 1000 alevines machos de tilapia del Nilo en Zamorano. Estos peces machos tenían pesos promedios finales en el rango de 0.20 a 0.50 g (Meyer y Meyer Triminio 2007).

En todos los tratamientos los costos directos más importantes fueron para la compra de los alevines, insumos y la mano de obra. La mano de obra aumentó para el manejo de las jaulas debido a que había que repartir el alimento en cinco unidades diferentes dos veces al día.

Según la comparación de los costos, resulta más favorable preengordar los alevines de tilapia con la gallinaza + urea, en vez de usar los desperdicios de peces en jaulas o el concentrado (Cuadro 4). En Honduras se han realizado varios estudios con la producción de tilapia con el uso de abonos orgánicos, los cuales siempre presentaron un alto nivel de rentabilidad (Green *et. al.* 2000).

La diferencia en los costos de producción estimados se mantiene, inclusive eliminando el valor del concentrado para los peces en las cinco jaulas, porque es parte de los costos de producción para estos mismos peces. Por esta razón existe la opción de incluir o no este valor en el presupuesto de producción de los alevines en el tanque con el manejo de jaulas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación económica de tres manejos para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo en tanques circulares revestidos con geomembrana de 145 m³ capacidad. (Todos los valores están en US dólares para un ciclo de producción de 28 días). Se utilizó una sobrevivencia de 71% de los peces para hacer los cálculos y el valor de US\$ 1.00 = Lempiras 19.85 al cambio oficial para Octubre de 2012.

Descripción	Unidad	Precio/unidad \$	Manejo					
			Gallinaza + urea		Jaulas 28%		Concentrado 38%	
			Cantidad	Total \$	Cantidad	Total \$	Cantidad	Total \$
Costos directos								
Alevines	1000	4.72	5,000	23.60	5,000	23.60	5,000	23.60
Gallinaza + urea	Kg	0.05	56	2.80	--	--	--	--
Urea	Kg	0.60	0.42	0.25	--	--	--	--
Concentrado 28% PC	Kg	0.71	--	--	36.6	23.15	--	--
Concentrado 38% PC	Kg	0.97	--	--	--	--	4.7	4.60
Mano de obra	Horas-hombre	2.03	10	20.30	20	40.60	15	30.45
Bomba de agua	Hora de uso	0.08	12	0.96	12	0.96	12	0.96
	Total			47.91		88.31		59.61
Costos indirectos:								
Depreciación tanque	mes	40.00	1	40.00	1	40.00	1	40.00
Depreciación equipos	mes	5.00		5.00		5.00		5.00
	Total	45.00		45.00		45.00		45.00
Costos Totales estimados				92.91		133.31		104.61
Costo de producción / 1,000 alevines				26.55		38.09		29.89
Precio de equilibrio				0.026		0.038		0.030

Análisis de sensibilidad. Para hacer más eficiente la producción piscícola, un factor importante es lograr un alto nivel de sobrevivencia de los alevines. Entre mejor es el manejo de los alevines, se esperaría una mayor sobrevivencia, y los costos de producción de los peces se reducirán (Figura 5). Se realizó una proyección o análisis de sensibilidad con los mismos costos de producción asumiendo diferentes porcentajes de sobrevivencia para los alevines (Cuadro 5).

El análisis de sensibilidad permite visualizar el impacto económico que tuvo la sobrevivencia de los alevines en el costo producir mil alevines con los tres manejos probados. En general al mejorar la sobrevivencia de 60 a 90%, resultaría en una reducción de los costos de producción de cada mil alevines en aproximadamente 33% para cada uno de los tres manejos.

Cuadro 5. Análisis de sensibilidad entre la sobrevivencia y costos de producir alevines de tilapia del Nilo con tres manejos. Los datos son para preengordar 5000 alevines en tanques con capacidad de 145 m³ de agua de geo-membrana durante ciclos de 28 días.

Manejo	SV %	Número alevines a cosechar	Costo \$/1000 alevines	Precio venta equilibrio
Gallinaza + urea	60	3000	30.97	0.031
	75	3750	24.78	0.025
	90	4500	20.64	0.021
Jaulas	60	3000	44.44	0.044
	75	3750	35.55	0.036
	90	4500	29.62	0.030
Concentrado	60	3000	34.87	0.035
	75	3750	27.89	0.028
	90	4500	23.25	0.023

La Figura 5 demuestra la relación indirecta entre la sobrevivencia y los costos de producción para mil alevines con tres manejos y bajo las condiciones de Zamorano. Green (2006) menciona que durante el preengorde de tilapia los porcentajes de sobrevivencia están entre 60 a 95%, con un promedio de 75%.

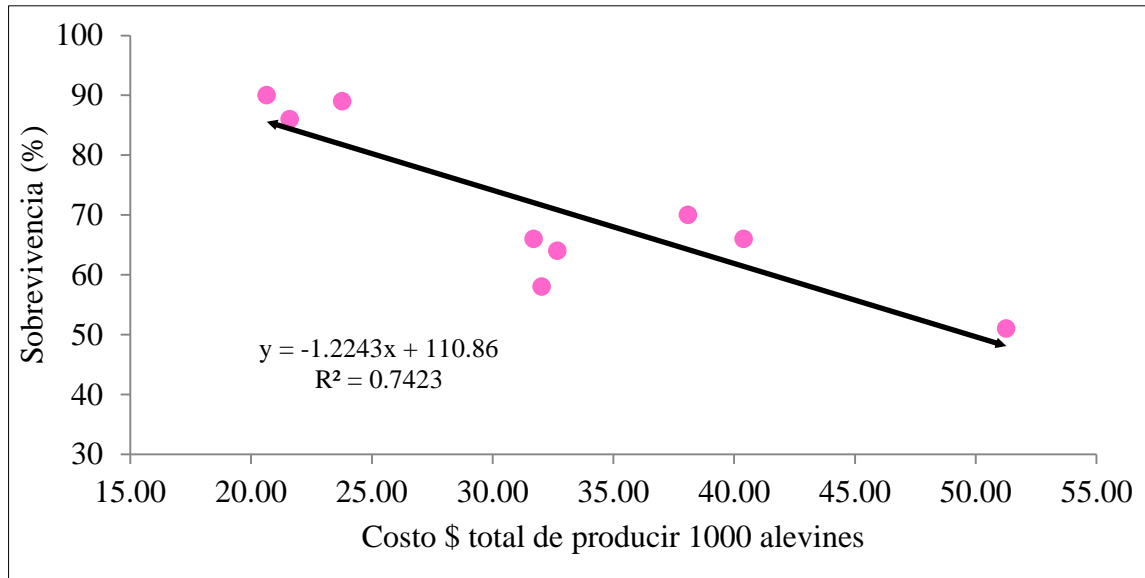


Figura 5. Relación entre los costos de producción en US\$ y sobrevivencia de alevines en el pre engorde de tilapia del Nilo en tanques de geomembrana con capacidad de 145 m³ manejados con gallinaza + urea, los desperdicios de peces en jaulas y con concentrado. Cada tanque fue sembrado con 5000 alevines con peso promedio inicial de 0.3 a 0.4 g. Cada manejo fue usado en tres replicas de 28 días cada una en Zamorano, Honduras, 2012.

4. CONCLUSIONES

- La sobrevivencia de los alevines fue similar para los tres manejos y las tres repeticiones del ensayo.
- Los alevines preengordados con gallinaza + urea lograron una mayor producción neta de biomasa y mayor ganancia diaria de peso que los manejados con jaulas y concentrado.
- La mejor conversión de N de los insumos en biomasa fue obtenida ofreciendo el alimento concentrado directamente a los alevines del tanque.
- Resultó económicamente más atractivo preengordar los alevines con el manejo gallinaza + urea.
- El análisis de sensibilidad mostró una relación indirecta entre la sobrevivencia y los costos para producir mil alevines.

5. RECOMENDACIONES

- Preengordar alevines de tilapia en Zamorano con un manejo basado en aplicaciones de gallinaza + urea por ser un manejo efectivo y más atractivo económicamente.
- En futuros ensayos probar preengordar los alevines de tilapia en ciclos de mayor duración para lograr obtener alevines de mayor peso.
- Colocar un reten o malla adecuada en el drenaje para evitar el escape de peces al vaciar el agua de un tanque.
- Proteger los alevines de los depredadores colocando una malla u otro tipo de barrera física por encima del agua de cada tanque.

6. LITERATURA CITADA

- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experimental Station, Auburn University, Alabama, USA. 482 p.
- Boyd, C. E. y B.W. Green. 1998. Dry matter, ash and elemental composition of pond-cultured tilapia *Oreochromis aureus* and *O. niloticus*. Journal World Aquaculture Society 29(1): 125 – 128.
- Coche, A.G. 1982. Cage Culture of Tilapias, p. 205 – 246. In R.S.V. Pullin and Lowe McConnell (eds). The biology and culture of tilapias. ICLARM conference proceeding. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 7,433 p.
- Donoso Cajas, G.E. 1995. Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas usando dos dietas en dos lugares de Zamorano. Tesis Ing. Agr., El Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 48 p.
- FAO. 2010. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 218 p.
- Fitzsimmons, K. 1997. Tilapia Nutrition, Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Vol. 1. Ed. by Kevin Fitzsimmons. Northeast Regional Agricultural Engineering Service Cooperative Extension. New York, USA. 433 p.
- Gerle Martínez, G.C. 1998. Comparación de dos líneas de tilapia (*Oreochromis* sp.) cultivadas en jaulas ubicadas en dos sitios en Honduras. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 18 p.
- Gómez Zelaya, L.E y Gutiérrez Norales, B.H. 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., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 18 p.

- Green, B. W. 2006. Fingerling Production Systems, p 181-210. In C. Lim and C.D. Webster (editors). *Tilapia: Biology, Culture and Nutrition..* Food Products Press, The Haworth Press, New York, USA.
- Green, B.W., D.R. Teichert-Coddington y T.R. Hanson. 2000. Desarrollo de Tecnologías de Acuicultura Semi-intensiva en Honduras. Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambiente Acuáticos Series para la Investigación. (45). Universidad de Auburn, Alabama, USA. 48 p.
- Lagos Macías, H. M. 2000. Comparación de la sobrevivencia y crecimiento de dos líneas de tilapia cultivadas bajo dos sistemas de manejo. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 17 p.
- Jauncey, K. and B. Ross. 1982. *A Guide to Tilapia Feeds and Feeding.* University of Stirling Press, Stirling, Scotland. 111 p.
- Meyer, D.E. 2008. *Introducción a la Acuicultura.* Publicado por la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 159 p.
- Meyer, D. E. y S. Triminio Meyer. 2007. *Reproducción y cría de alevines de tilapia: manual práctico.* Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA. 51 p.
- Popma, T; Green, B. 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. September 1990.
- Salinas Granados, A.M. 2003. Comparación del manejo intensivo e integrado en el preengorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 14 p.
- SAS®. 2009. User's Guide. Statistical Analysis System Inc., Carry, NC, USA. Versión. 9.1.
- Suazo Zepeda, A.A. 2002. Cultivo combinado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y alevines en un estanque integrado con cerdos. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 17 p.
- Trejo Ortega, R.A. 2002. Cultivo combinado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y alevines en un estanque bajo un manejo intensivo. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 16 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.