

**Comparación de la sobrevivencia de alevines
de tilapia en agua fertilizada con una relación
carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23**

Denis Javier Saenz Vasquez

**Escuela Agrícola Panamericana Zamorano,
Honduras**
Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Comparación de la sobrevivencia de alevines de tilapia en agua fertilizada con una relación carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23

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

Presentado por

Denis Javier Saenz Vasquez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2013

Comparación de la sobrevivencia de alevines de tilapia en agua fertilizada con una relación carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23

Presentado por:

Denis Javier Saenz Vasquez

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

Comparación de la sobrevivencia de alevines de tilapia en agua fertilizada con una relación carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23.

Denis Javier Saenz Vasquez

Resumen: El manejo de agua fertilizada se enfoca en proveer de alimento natural, formando flóculos en el agua compuestos por algas, bacterias y residuo del alimento concentrado. El objetivo fue comparar la sobrevivencia de alevines de tilapia en agua fertilizada con fórmulas con relación carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23. Las fórmulas contenían diferentes combinaciones de melaza, salvado de trigo, alfalfa, bicarbonato de sodio y fertilizante 15-15-15. Las unidades experimentales eran pilas con dimensiones de $5.8 \times 4.2 \times 1.0$ m sembradas a una densidad de 8,000 alevines por metro cúbico. Hubo tres repeticiones del ensayo, cada repetición de diez días. Se hizo un Análisis de Varianza (ANDEVA) y separación de medias (Duncan) con los resultados de sobrevivencia de los alevines usando el programa "Statistical Analysis System (SAS®)." Con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Todos los resultados de calidad de agua estuvieron en el rango adecuado para el cultivo de tilapia. Se encontró una relación inversa entre la concentración de oxígeno a las 6:00 a.m. y la concentración de sólidos suspendidos en el agua de las pilas con los días transcurridos del ensayo. El total de alevines utilizados en el ensayo fue de 1,760,000 aproximadamente, que presentaron una sobrevivencia global de 85%. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la sobrevivencia de los alevines. Los alevines sembrados en las pilas en donde se fertilizó el agua con C:N 9 presentaron mayor sobrevivencia comparados con el tratamiento C:N 16, pero no presentaron mayor sobrevivencia que los alevines con el tratamiento C:N 23, los alevines sembrados con los tratamientos C:N 16 y C:N 23 no presentaron diferencia estadística significativa entre sí. El costo de la fórmula para producir mil alevines fue estimado en USD 0.038, 0.020 y 0.038 para los tratamientos C:N 9, 16 y 23, respectivamente.

Palabras clave: Agua Fertilizada, Melaza, Relación Carbono:Nitrógeno

Abstract: Fertilized water management focuses on providing natural food in the water to form flocks composed of algae, bacteria and food residue concentrate. The aim was to compare the survival of fingerlings in fertilized water with formulas with carbon relationships as follows: nitrogen ratio of 9, 16 and 23. The formulas contained different combinations of molasses, wheat bran, lucerne, sodium bicarbonate and 15-15-15 fertilizer. The experimental units were cells with dimensions of $5.8 \times 4.2 \times 1.0$ m seeded at a density of 8,000 fingerlings per cubic meter. There were three trial repetitions, each repetition spaced by ten days. There was an Analysis of Variance (ANOVA) and mean separation (Duncan) with the results of survival of fingerlings using the "Statistical Analysis System (SAS®)"; with a significance level of $P \leq 0.05$. All water quality results were in the appropriate range for tilapia culture. We found an inverse relationship between the concentration of oxygen at 6:00 am and the concentration of suspended solids in the water on the tanks throughout the days of the trial. The total number of fingerlings used in the trial was approximately 1,760,000, which had an overall survival rate of 85%. We found significant differences between treatments for the survival of fingerlings. Fingerlings seeded in tanks where water was fertilized with C:N 9 had higher survival

rates compared to those treated with C:N 16, but this was not higher than the fingerlings survival rates treated with C: N 23, fingerlings seeded with treatments C:N 16 and C:N 23 showed no statistically significant difference with regards to the results obtained. The cost of formula to produce a thousand fingerlings was estimated at USD 0.038, 0.020 and 0.038 for treatments C:N 9, 16 and 23, respectively .

Keywords: fertilized water, molasses, carbon: nitrogen ratio

CONTENIDO

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

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Detalles del monitoreo de la calidad del agua en pilas usadas para la reversión sexual de larvas de tilapia. Las pilas son las instalaciones de la compañía privada AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.....	2
2. Fórmulas usadas para la fertilización de un volumen de 24.3 m ³ de agua en pilas de concreto empleadas en la reversión sexual de larvas de tilapia en AFSPFF, Honduras. Los valores para el total de carbono y nitrógeno son estimaciones basadas en información tomada de Batal y Dale (2013).	4
3. Resultado del monitoreo de la calidad del agua de las unidades experimentales antes de realizar la siembra de alevines en AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.	5
4. Resumen de los resultados del monitoreo de la calidad del agua en tres pilas de (24 m ³ cada una) utilizadas para la reversión sexual de alevines de tilapia con fertilización con tres proporciones entre carbono (C) y nitrógeno (N) en Aquafinca Saint Peter Fish Farm, Borbotón, Honduras. Los datos son producto de mediciones tomadas durante tres réplicas del ensayo en el tiempo.....	6
5. El número promedio cosechado y el porcentaje de sobrevivencia de alevines de tilapia en la primera etapa de 10 días de su reversión sexual en pilas de 24 m ³ . Se agregó al agua de cada pila una fórmula con diferente proporción de C:N. Cada promedio se calculó con datos de tres repeticiones del ensayo.....	7
6. Costo (USD) de un kg de ingrediente, costo de la cantidad de ingrediente utilizado en tres fertilizantes con diferente relación C:N y su costo total para fertilizar el agua en una pila de 5.8 x 4.2 x 1 m en AFSPFF, Honduras.....	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
7. Cantidad del alimento concentrado para un total de 195,500 larvas de tilapia con un peso promedio estimado inicial de 0.012 g en una pila de 5.8 × 4.2 × 1.0 m en AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.....	4
8. Valores promedio de nitrógeno como nitrito en el agua fertilizada con tres relaciones C:N durante los primeros 10 días de la reversión sexual de alevines de tilapia en AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.....	8
9. Gráfico de oxígeno disuelto en el agua a las 6:00 a.m. para la reversión sexual de larvas de tilapia con fertilización del agua con relación de C:N de 9 (A), C:N 16 (B) y C:N 23 (C).....	9
10. Gráfico del total de sólidos suspendidos (TSS) y los días de para la reversión sexual de larvas de tilapia con fertilización del agua con relación de C:N de 9 (A), C:N 16 (B) y C:N 23 (C)..	10

1. INTRODUCCIÓN

La tilapia es un pez oriundo de África y una de las más importantes especies piscícolas del mundo. Es un pez de rápido crecimiento en aguas cálidas, resistente y robusto. La tilapia se adapta con facilidad a las condiciones variables de cautiverio, por lo que ha sido utilizado ampliamente en programas de desarrollo rural (Meyer 2007).

Para evitar el efecto negativo de reproducción no deseada durante su engorde, se implementa la técnica de cultivos monosexuales de tilapia. Para ello se practica la inducción sexual, que es la tecnología más utilizada para lograr poblaciones de 100% machos.

La inducción sexual consiste en administrar esteroides masculinos a los alevines. Bajo la influencia de la hormona metil testosterona, el indiferenciado tejido gonadal en hembras se desarrolla en tejido testicular, logrando producir individuos que crecen y funcionan reproductivamente como machos (Phelps 2001).

El manejo de agua fertilizada se enfoca en proveer de alimento natural, formando flóculos en el agua compuestos por algas, bacterias, residuo del alimento concentrado. Técnicas de agua fertilizada se basa en cero recambio de agua para maximizar la bioseguridad, mientras se reduce los efectos ambientales externos. (Avnimelech 2013). El uso de aireación artificial abundante en agua fertilizada es necesario para suplir oxígeno para los alevines y mantener los sólidos suspendidos en el agua.

Para lograr un conjunto de microorganismos benéficos en aguas fertilizada es necesario controlar los niveles de Carbono:Nitrógeno. Se recomienda una relación de 23:1 de C:N como óptima para establecer una floración de algas y tener un ambiente de agua fertilizada para el cultivo de tilapia y sus alevines (Avnimelech 2013).

Aquafinca Saint Peter Fish Farm (AFSPFF) es una empresa privada dedicada a la producción y exportación de filete fresco de tilapia a norteamérica. Su producción de tilapia está ubicada en el Lago de Yojoa y en aguas del embalse Francisco Morazán de la represa El Cajón ambos en Honduras.

En AFSPFF se utilizan varios ingredientes para fertilizar el agua de las pías usadas en los primeros diez días de la reversión sexual de los alevines. Los ingredientes usados son salvado de trigo, bicarbonato de sodio, fertilizante mineral 15-15-15 y harina de alfalfa. Tradicionalmente AFSPFF combina estos ingredientes para lograr una relación C:N de 9.

El objetivo general de este ensayo fue comparar la sobrevivencia de alevines híbridos de tilapia (hembra *Oreochromis niloticus* variedad Manzala × macho tilapia roja *O. sp.*) en agua fertilizada con una relación carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23. Los objetivos específicos del ensayo fueron determinar la calidad del agua, los porcentajes de sobrevivencia de los alevines y comparar el costo de producir mil alevines con base en la fórmula de fertilización para cada tratamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa AFSPFF, ubicada en la comunidad de Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras. Borbotón tiene una elevación de 153 msnm y se ubica a una latitud de 15°1'60" N y 87°58'60" al E.

Unidades experimentales. Se consideró como unidad experimental a cada una de las tres pilas utilizadas para el ensayo. Cada pila cuenta con las dimensiones de 5.8 × 4.2 × 1.0 m. Las pilas fueron llenadas con agua dulce de un nacimiento conocido localmente como “Borbotón.”

Las pilas son estructuras de concreto ubicadas en un edificio bajo techo. El edificio tiene paredes cubiertas de plástico translúcido. Cada pila cuenta con un tubo de entrada de agua y drenaje de 15 cm de diámetro. Las pilas cuentan con un sistema de aireación continua por medio de tubos de PVC perforados y colocados en el fondo de cada una. El aire es impulsado por medio de una tubería PVC de 2.5 cm conectada a un soplador con motor eléctrico.

Los peces del ensayo. Se utilizaron en el estudio alevines híbridos de tilapia producto del cruzamiento entre hembras de *O. niloticus* variedad Manzala × macho de la tilapia roja *O. sp.*). Las larvas de tilapia fueron cosechadas nadando en el agua de los estanques con los peces reproductores de AFSPFF.

Antes de sembrar los alevines, se colocó aproximadamente 100 en un litro de agua tomada de la pila para observar su sobrevivencia y comportamiento durante 20 minutos. Luego se procedió a la siembra de los alevines a una densidad de 8,000 por metro cúbico. Al cabo de diez días los alevines fueron cosechados al drenar la pila y llevados a hapas en estanques para continuar con el proceso de reversión sexual.

Monitoreo de la calidad del agua. Con intervalos de tres días se analizaron químicamente la concentración de amoníaco, nitrito y alcalinidad del agua de cada pila en el laboratorio de limnología de la finca. El amonio se calculó mediante la reacción de indofenol, la alcalinidad y el nitrito se determinaron por titulación.

Se tomó la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua de cada pila por lo menos diez veces al día, durante las horas de la mañana, tarde y noche. El pH fue tomado dos veces al día, en horas de la mañana y tarde (Cuadro 1). La concentración de sólidos suspendidos en el agua de las pilas se determinó empelando conos graduados tipo Imhoff. Un litro de agua de cada pila fue dejado por 30 minutos en un cono, y luego se observó la cantidad de sedimento acumulado en su parte inferior.

Cuadro 1. Detalles del monitoreo de la calidad del agua en pilas usadas para la reversión sexual de larvas de tilapia. Las pilas son las instalaciones de la compañía privada AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.

Parámetro:	Equipo	Frecuencia	Unidades:
Concentración O ₂	Handy Polaris	> 3 veces/día	ppm
Temperatura	Handy Polaris	> 3 veces/día	° C
Total Sólidos Suspendidos	Conos Imhoff	cada 3 días	ml/L
pH	pH/ISE- mesa	2 veces/día	-

La concentración de sólidos suspendidos en el agua de las pilas se determinó empelando conos graduados tipo Imhoff. Un litro de agua de cada pila fue dejado por 30 minutos en un cono, y luego se observó la cantidad de sedimento acumulado en su parte inferior.

Alimentación de las larvas. Los alevines fueron alimentados con concentrado de la compañía ALCON, S.A., conteniendo 45 % de proteína cruda, 6 % de grasa, 5 % de fibra y 13 % humedad. Este alimento es preparado en la finca con la hormona 17 alfa metilo testosterona para realizar la reversión sexual de los alevines. La cantidad de alimento concentrado proporcionado diariamente a los peces de cada pila se detalla en la Figura 1.

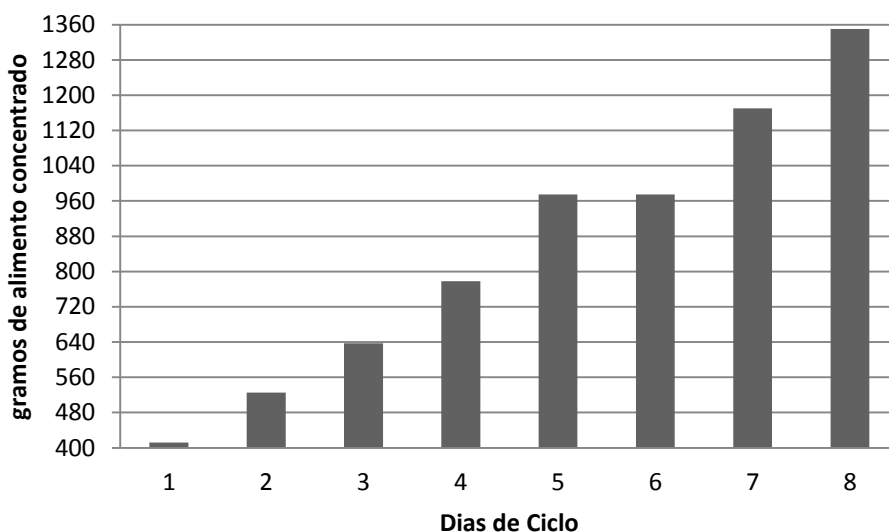


Figura 1. Cantidad del alimento concentrado para un total de 195,500 larvas de tilapia con un peso promedio estimado inicial de 0.012 g en una pila de 5.8 × 4.2 × 1.0 m en AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.

Fertilización del agua. El agua usada para llenar las pilas fue fertilizada con una combinación de ingredientes orgánicos e inorgánicos. Se preparó tres fórmulas con mezclas distintas y proporciones de C:N de 9, 16 y 23 en cantidades suficientes para preparar el agua de las pilas (Cuadro 2). La fertilización del agua de las pilas se realizó 24 horas antes de la siembra de los alevines.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con repeticiones que duraron 10 días cada una. Se evaluaron tres tratamientos (fórmulas C:N 9, 16 y 23). Se hizo un Análisis de Varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan con los resultados de sobrevivencia de los peces usando el programa “Statistical Analysis System” (SAS[®]), con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Cuadro 2. Fórmulas usadas para la fertilización de un volumen de 24.3 m³ de agua en pilas de concreto empleadas en la reversión sexual de larvas de tilapia en AFSPFF, Honduras. Los valores para el total de carbono y nitrógeno son estimaciones basadas en información tomada de Batal y Dale (2013).

Relación C/N:		9	16	23
Ingrediente	Costo Kg	g	g	g
Melaza	0.20	0	990	1975
Salvado de Trigo	0.29	4090	3900	3915
Harina de Alfalfa	0.66	1140	1100	1100
Fertilizante 15-15-15	0.53	910	0	0
Bicarbonato de Sodio	0.50	7730	3570	8000
Total g de C		2769	2606	3724
Total g de N		305	161	161

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agua del nacimiento Borbotón es apta para el cultivo de tilapia. El análisis químico indicó que todos los parámetros medidos estaban en el rango óptimo para la piscicultura (Cuadro 3) (Boyd 1997).

Los valores de alcalinidad del agua fueron siempre aceptables para el cultivo de tilapia en los tres tratamientos y en las tres repeticiones del ensayo (Cuadro 4). La alcalinidad es una medida del total de bases en el agua, las cuales incluyen mayormente el carbonato (CO_3^{2-}) y el bicarbonato (HCO_3^-). Los valores ≤ 30 mg/L limitan potencialmente la producción primaria y el rendimiento de un cultivo de peces (Boyd 1997).

Los valores observados en las tres repeticiones de nitrito en el agua están por encima de lo recomendado para el cultivo de tilapia (Cuadro 4; Figura 2). La acumulación de nitrito en el agua interfiere con el normal transporte de oxígeno en la sangre de los peces. La tolerancia de la tilapia al nitrito en el agua está influenciada por el tamaño de los peces. En general los peces pequeños tienen una mayor tolerancia al nitrito que los grandes (Beveridge and Mc Andrew, 2000).

Para el cultivo de tilapia se recomienda mantener una concentración de nitrito en el agua menor a 0.1 ppm (Chu Chen, 2003). La LC50 de nitrito para el cultivo de tilapia se determinó en 16 ppm (Palacheck and Tomasso 1984).

Las concentraciones detectadas de amonio no ionizado en el agua de las pilas en el transcurso del ensayo, siempre estaban ≤ 0.07 ppm (Cuadro 4), niveles aceptables para el cultivo de tilapia. El amoníaco presente en el agua es capaz de dañar membranas de branquias de los peces y a la vez afecta la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. El crecimiento de la tilapia se ve afectado negativamente con una concentración de amoníaco ≥ 1.5 mg/L a 28 y 33° C (Boyd 1997).

Los valores de pH observados en el agua para los tres tratamientos en las tres repeticiones del ensayo estaban siempre alrededor de neutro (Cuadro 4). Los límites de pH del agua que pueden llegar a ser letales para la tilapia son ≤ 3.7 y ≥ 10.3 . El mejor crecimiento de los peces se logra con un pH entre 7.0 y 9.0. (Beveridge and Mc Andrew 2000).

La temperatura del agua de las pilas siempre se encontraba en el rango de 24 y 33° C (Cuadro 4), siendo esto adecuado para el cultivo de tilapia. Los peces son considerados organismos poiquilotérmicos, incapaces de mantener la temperatura de su cuerpo elevada y constante. La tilapia tiene un mejor desarrollo con temperaturas entre 25 a 32° C en el agua (Meyer 2007).

Cuadro 3. Resultado del monitoreo de la calidad del agua de las unidades experimentales antes de realizar la siembra de alevines en AFSPFF, Borbotón, Departamento de Cortés, Honduras.

Parámetro	Resultado	Unidad	# obs.
Alcalinidad (CaCO ₃)	≥ 80	ppm	3
pH	7.0 - 7.5	-	3
Nitrito (NO ₂ ⁻)	≤ 0.06	ppm	3
Amoníaco (NH ₃)	≤ 0.001	ppm	3

Cuadro 4. Resumen de los resultados del monitoreo de la calidad del agua en tres pilas de (24 m³ cada una) utilizadas para la reversión sexual de alevines de tilapia con fertilización con tres proporciones entre carbono (C) y nitrógeno (N) en Aquafinca Saint Peter Fish Farm, Borbotón, Honduras. Los datos son producto de mediciones tomadas durante tres réplicas del ensayo en el tiempo.

	C:N9			C:N 16			C:N 23			#Obs.
	V _{max} ¹	V _{min} ²	\bar{X}	V _{max}	V _{min}	\bar{X}	V _{max}	V _{min}	\bar{X}	
Alcalinidad (ppm)	240	175	210	175	170	170	290	130	220	9
N-Nitrito (ppm)	1.47	0.01	0.80	1.15	0.03	0.50	1.24	0.02	0.64	9
NH ₃ (ppm)	0.01	0.00	0.01	0.08	0.01	0.03	0.06	0.01	0.03	9
pH	8.1	7.1	7.4	7.9	7.4	7.6	7.9	7.5	7.8	9
Oxígeno (ppm)	8.0	3.4	5.6	7.9	3.3	5.6	7.8	3.6	5.5	405
Temperatura (°C)	31.3	24.6	27.4	31.4	24.7	28.5	31.7	23.8	28.5	405
TSS ⁴ (ml/L)	6	0	3	12	2	7	22	5	15	9

V_{max}¹: valor máximo

V_{min}²: valor mínimo

\bar{X} : promedio

TSS⁴: total de sólidos suspendidos

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua observadas en el ensayo para los tres tratamientos siempre estuvieron por encima de 3.0 ppm en las tres repeticiones (Cuadro 4). Valores por debajo de 3.0 ppm pueden ser nocivos para la tilapia (Boyd 1997). El oxígeno es el parámetro que con mayor frecuencia es monitoreado en la piscicultura. La concentración de oxígeno fluctúa en horas de la mañana, tarde y noche, debido a procesos

biológicos como la fotosíntesis y la respiración aeróbica (Fattah Ardel and El- Sayed 2006).

En general hubo una tendencia de aumentar la concentración promedio de sólidos suspendidos con el aumento de la proporción entre C:N en la fórmula (Cuadro 4). La tilapia tiene un mejor desarrollo en sistemas de producción con un manejo intensivo y cero recambio de agua con concentraciones de sólidos suspendidos totales ≥ 5 ppm (Avnimelech 2013).

Los sólidos suspendidos encontrados en el agua de cultivos acuícolas manejados intensivamente y con limitado recambio de agua provienen de partículas no ingeridas del alimento concentrado, organismos miembros de la comunidad planctónica y heces. Todas esas partículas se mantienen suspendidas en el agua debida a la aireación continua y fuerte del agua.

Se encontró una relación inversa entre la concentración de oxígeno y la concentración de sólidos suspendidos en el agua de las pilas con los días transcurridos del ensayo (Figuras 3 y 4). El agua de las pilas permanecía con aireación continua y fue recambiada solamente en 30% de su volumen el día ocho de cada ciclo. Ambos factores contribuyeron a una gradual acumulación de sólidos suspendidos en el sistema y un descenso gradual de la concentración de oxígeno en las horas de la mañana.

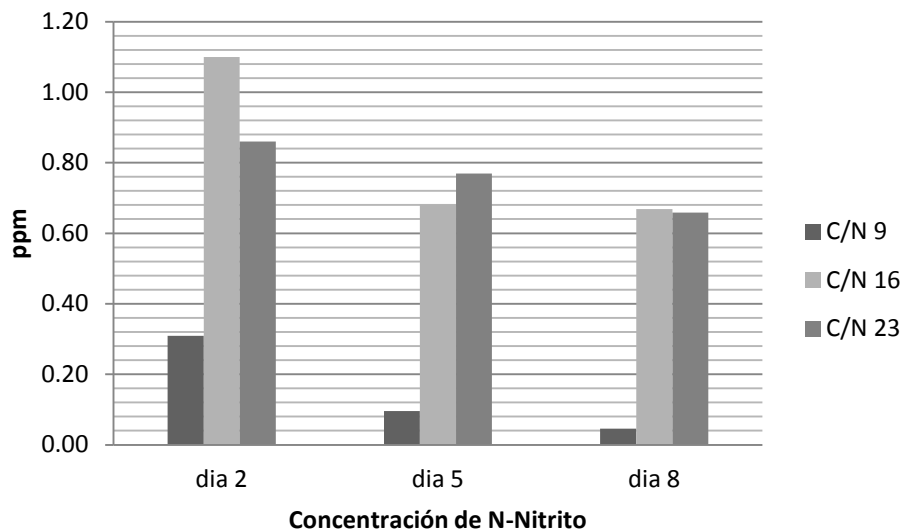


Figura 4. Valores promedio de nitrógeno como nitrito en el agua fertilizada con tres relaciones C:N durante los primeros 10 días de la reversión sexual de alevines de tilapia en Aquafinca Saint Peter's Fish Farm, Honduras. Cada barra es el promedio de tres repeticiones del ensayo en el tiempo.

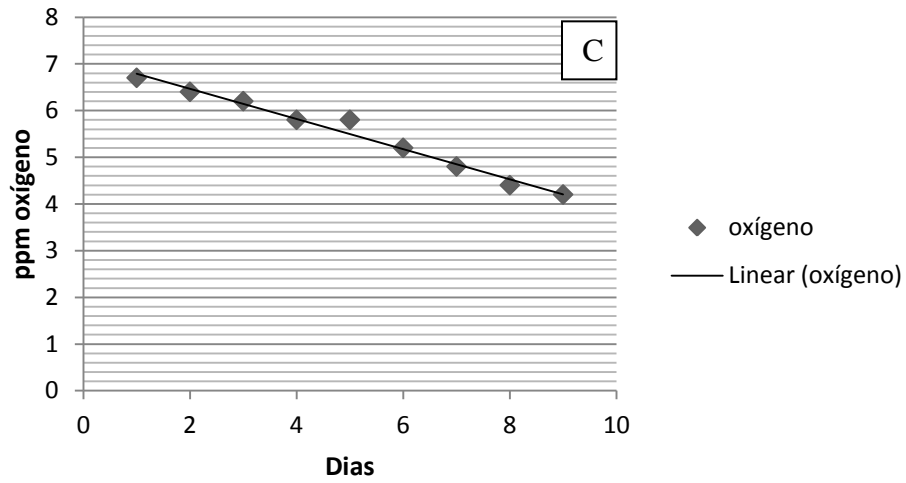
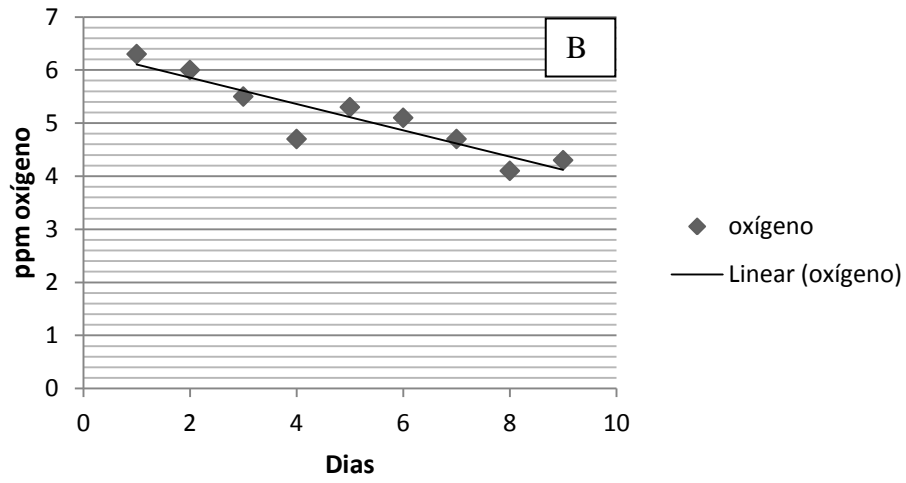
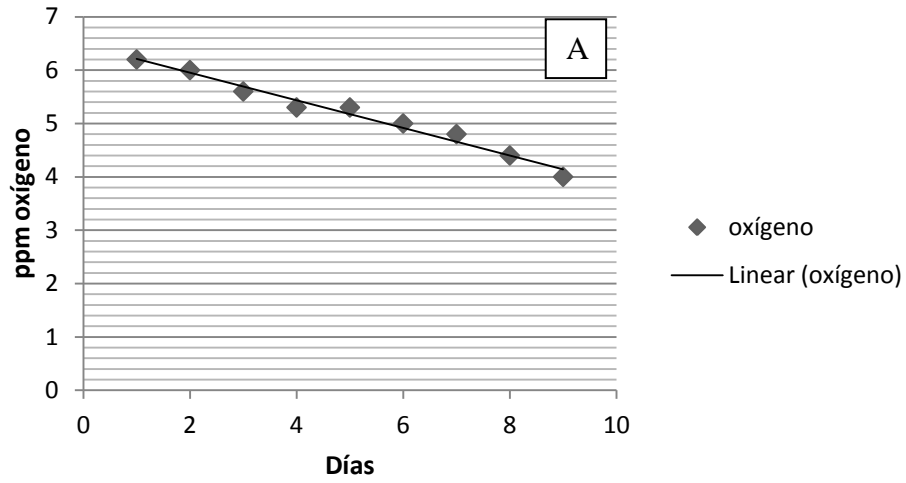


Figura 3. Gráfico de oxígeno disuelto en el agua a las 6:00 a.m. para la reversión sexual de larvas de tilapia con fertilización del agua con relación de C:N de 9 (A), C:N 16 (B) y C:N 23 (C).

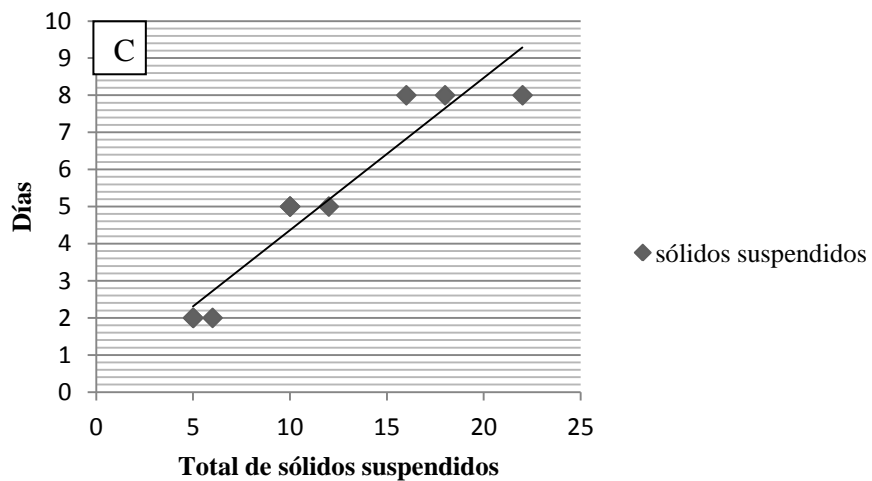
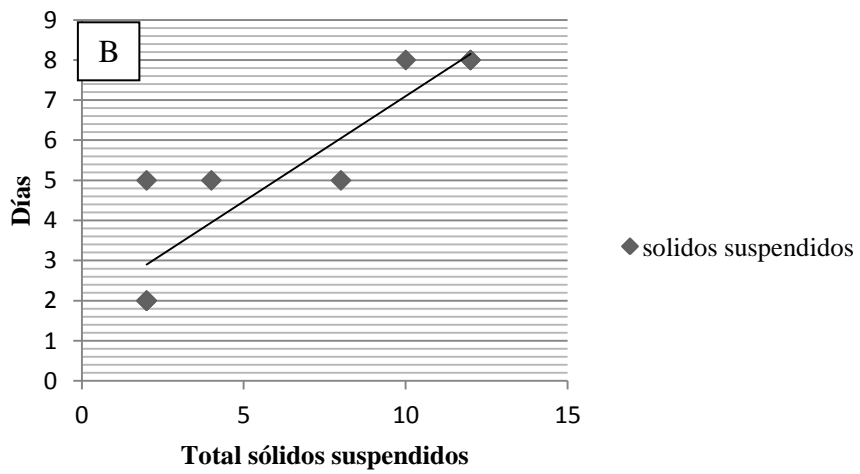
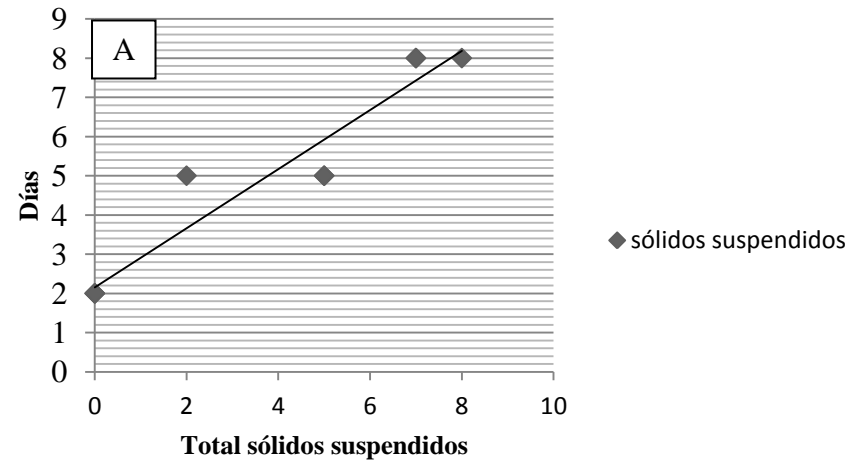


Figura 4. Gráfico del total de sólidos suspendidos (TSS) y los días de para la reversión sexual de larvas de tilapia con fertilización del agua con relación de C:N de 9 (A), C:N 16 (B) y C:N 23 (C).

El total de alevines utilizados en el ensayo fue de 1,760,000 aproximadamente, que presentaron una sobre vivencia global de 85%. La sobrevivencia de los alevines en las tres repeticiones del ensayo siempre estuvo por encima del 80% y estadísticamente similares para los tres tratamientos (Cuadro 5).

Con un manejo adecuado en su fase de reversión sexual, los alevines de tilapia deben de sobrevivir a un nivel entre 60 y 90%, con un promedio de 70% (Popma and Green 1990). En la EAP la sobrevivencia esperada para alevines de tilapia en su reversión sexual está entre 58 a 85% (Meyer y Triminio Meyer 2007).

El costo estimado de la fórmula para producir mil alevines fue de USD 0.038, 0.020 y 0.038 para los tratamientos C:N 9, 16 y 23, respectivamente. Estos valores son proporcionales a los costos estimados de preparar las formulas en cantidad suficiente para la primera etapa de diez días de reversión sexual (Cuadro 6).

El bicarbonato de sodio se incorporó en mayor cantidad para el tratamiento C:N 23 como fuente de carbono. El salvado de trigo y la harina de alfalfa se incorporaron en similares cantidades para los tres tratamientos. El fertilizante 15-15-15 solo fue incorporado solamente en el tratamiento C:N 9. La melaza se incorporó en dos tratamientos que son C:N 16 y C:N 23.

Cuadro 5. El número promedio cosechado y el porcentaje de sobrevivencia de alevines de tilapia en la primera etapa de 10 días de su reversión sexual en pilas de 24 m³. Se agregó al agua de cada pila una fórmula con diferente proporción de C:N. Cada promedio se calculó con datos de tres repeticiones del ensayo.

Fórmula	# Promedio Cosechado	CV	% SV
C:N 9	176,600 ± 16627	9.41	90 ^a
C:N 16	156,400 ± 5,643	3.60	80 ^a
C:N 23	168,781 ± 13731	8.13	86 ^a

a: valores en una misma columna con la misma letra no son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$)

% SV: porcentaje de sobrevivencia

CV: coeficiente de variación

Cuadro 6. Costo (USD) de un kg de ingrediente, costo de la cantidad de ingrediente utilizado en tres fertilizantes con diferente relación C:N y su costo total para fertilizar el agua en una pila de 5.8 x 4.2 x 1 m en AFSPFF, Honduras.

	C:N 9	C:N 16	C:N 23
Ingrediente	Valor Total	Valor Total	Valor Total
Bicarbonato de sodio	3.85	1.80	4.00
Salvado de trigo	1.26	1.20	1.20
Harina de alfalfa	0.73	0.73	0.73
Fertilizante 15-15-15	0.48	0.00	0.00
Melaza	0.00	0.20	0.40
Costo por Fertilización	6.32	3.93	6.33

4. CONCLUSIONES

Se encontró una relación inversa entre la concentración de oxígeno a las 6:00 a.m. y la concentración de sólidos suspendidos en el agua de las pilas con los días transcurridos del ensayo.

El total de alevines utilizados en el ensayo presentaron una sobre vivencia global de 85%.

Los alevines sembrados en las pilas en donde se fertilizó el agua con el tratamiento C:N 9 presentaron mayor sobrevivencia que los del tratamiento C:N 16, pero no presentaron mayor sobrevivencia c que los del tratamiento C:N 23. Los alevines sembrados con los tratamientos C:N 16 y C:N 23 no presentaron diferencia estadística significativa entre sí.

El costo de la fórmula para producir mil alevines fue estimado en USD 0.038, 0.020 y 0.038 para los tratamientos CN 9, 16 y 23, respectivamente.

5. RECOMENDACIONES

La compañía Aquafinca Saint Peter Fish Farm debería de utilizar la fórmula C:N 9 para la primera fase de reversión sexual de sus alevines de tilapia por su bajo costo.

Continuar investigando estrategias y metodologías para mejorar la sobrevivencia de los alevines durante su reversión sexual.

6. LITERATURA CITADA

- Abdel-Fattah and M. El-Sayed (editors). 2006. Tilapia culture. Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt. 273p.
- Avnimelech, Y. 2013. Biofloc Technology a practical handbook. Segunda edición. 272 p.
- Beveridge, M. and B. McAndrew (editors). 2000. Tilapias: Biology and Exploitation. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling, Scotland. 505 p.
- Boyd, C.E. and H.S. Egn (editors). 1997. Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press 437 p.
- Chu Chen, J. Junio 2003. Manejo de desechos nitrogenados de ambientes acuícolas. Boletín Nicovita. 2 p.
- Meyer, D. 2007. Introducción a la Acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 159 p.
- Phelps, R. 2001. Sex reversal: the direct control of gonadal development in tilapia. P. 35-60 in: D.E Meyer (editor). Proceedings of the Session on Tilapia. 6th Central America Aquaculture Symposium, August 22-24. Tegucigalpa, Honduras.
- Palacheck, R.M and J.R Tomasso. 1984. Toxicity of Nitrite to channel catfish (*Ictalurus punctatus*), tilapia (*Tilapia aurea*) and largemouth bass (*Micropterus salmoides*): evidence for a nitrite exclusion mechanism. 1744 p.
- Popma, T.; Green B. 1990. Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama Research and Development series No. 35. 15p.