



Crianza de *Oreochromis niloticus* Var chitralada en sistema bio-floc en la Empresa PRODUMAR SA, Guayaquil (Ecuador)

Breeding of *Oreochromis niloticus* Var Chitralada in bio-floc system in the PRODUMAR SA Company, Guayaquil (Ecuador)

Manuel D. Cedano-Castro¹, Angelo Lujan-Bulnes² y Hamilton Suárez Marín³

¹Tesista de la Escuela AP de Pesquería, Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Trujillo, Perú. ²Departamento de Pesquería, UNT. ³PRODUMAR SA, Guayaquil

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento en peso y longitud así como los índices de producción de *Oreochromis niloticus* "tilapia" variedad chitralada en sistema de bio-floc. Se utilizó un tanque de 80 m³ y se sembró a la densidad de 16 peces/m³, un peso promedio de 110.2 g y 17.8 cm. de longitud promedio, se alimentó con balanceado de 24 % de proteína tres veces diarias; durante 6 meses y medio. Como fuente de carbono se utilizó melaza, que fue adicionada para obtener una relación C:N de 15. Se utilizó un aireador a paletas de 1 Hp para mantener el bio-floc suspendido. El cultivo se desarrolló con el oxígeno promedio de 7 ± 0.4 mg/l, el TAN fue 0.03 ± 0.035 mg/l y el pH promedio fue 8 ± 0.1 . Se obtuvo un peso promedio de 826.5 g y 32.7 cm de longitud promedio, la ganancia en peso fue de 3.8 g/día, el factor de conversión alimenticia obtenido fue de 1.85 y la supervivencia fue del 86.5 %.

Palabras clave: bio-floc, *Oreochromis niloticus*, suspensión, intensificación, calidad ambiental.

ABSTRACT

Growth in weight and length as well as the production rates of *Oreochromis niloticus* "tilapia" variety chitralada was evaluated in bio-floc system. 80 m³ tanks were used and seeded for 16 fishes/m³ density, an average weight of 110.2 g and 17.8 cm. average length, balanced was fed 24% protein three times daily, for 6 months and a half. Carbon sources used was molasses, added to obtain a C:N to 15. A paddle wheel aerator of 1Hp used to keep the suspended bio-floc. The culture was grown with oxygen average of 7 ± 0.4 mg / l, the TAN was 0.03 ± 0.035 mg / l and the average pH was 8 ± 0.1 . We got an average weight of 826.5 g and length 32.7 cm average weight gain was 3.8 g / day, feed conversion factor obtained was 1.85 and the survival rate was 86.5%.

Keywords: bio-floc, *Oreochromis niloticus*, suspension, intensification, environmental quality



INTRODUCCIÓN

Originaria de África, gracias a su gran adaptabilidad, las tilapia, *Oreochromis niloticus*, es uno de los peces más cultivados a nivel mundial sobre todo en países tropicales y subtropicales¹. El cultivo se puede realizar en estanques, jaulas y tanques, pero uno o más de estos métodos tradicionales no son sostenibles a largo plazo debido a factores relacionados con el medio ambiente y a su capacidad de garantizar al consumidor la seguridad del producto², además, la producción acuícola mediante la ampliación de las zonas de producción y el aumento del consumo de agua son simplemente imposibles porque la explotación de tierras no agrícolas es restringida³.

En consecuencia, la única forma sostenible para aumentar la producción es en estanques extensivos o semiintensivos⁴. Sin embargo, existen dos importantes factores limitantes: (i) la economía y la producción de residuos y (ii) es potencialmente dañino para el medio ambiente, los cuales comprenden heces, restos de comida, los cadáveres de los peces y productos químicos como especies de nitrógeno inorgánico tóxicas⁵.

En los sistemas de acuicultura intensiva, la acumulación del amoníaco es generalmente el segundo factor limitante para aumentar los niveles de producción después del oxígeno disuelto⁶. Este factor es intrínseco de estos sistemas y no puede evitarse ya que los peces asimilan solo el 20 a 30 % de los nutrientes del alimento. El resto es excretado y típicamente acumulado en el agua, la cual a menudo se recicla a través de una serie de dispositivos especiales (mayormente biofiltros de diferentes tipos), invirtiendo energía y mantenimiento en degradar los residuos. En otras palabras aumenta el costo de producción pues se invierte dinero en el alimento y en degradar los 2/3 del alimento que no se aprovecha⁴.

Para poder reutilizar el agua se utilizan convencionalmente filtro de cuentas, filtros biológicos fluidizados de arena, filtros percoladores y filtros rotatorios; pero, además de estos sistemas de tratamiento de agua, existen dos posibilidades para cumplir este propósito y a su vez generar alimento para los peces, estas técnicas de doble propósito son: la técnica de tratamiento con perifitón que es la aplicable a sistemas extensivos y la técnica de bio-floc que se puede utilizar en sistemas intensivos, esta última tiene la ventaja de ser un sistema relativamente barato lo que la convierte en un método económicamente viable para la acuicultura sostenible⁷.

La técnica de bio-floc consiste en manipular la relación carbono/nitrógeno que está presente en el sistema⁸. La relación C:N se puede regular mediante la adición de fuentes de carbono como sacarosa, melaza, glicerina o acetato de calcio^{9,10}. Por su lado, la adición de carbono orgánico puede llevarse a cabo hasta el establecimiento de la nitrificación completa o utilizarse como una estrategia para reducir rápidamente las concentraciones de TAN y nitrito. Asimismo es necesario la utilización de un separador de bio-floc eficaz para dar sostenibilidad al sistema^{11,12}.

El control del nitrógeno es inducido por la alimentación de las bacterias con hidratos de carbono, el cual utilizan como piedra de construcción de material celular nuevo, y a través de la posterior absorción del nitrógeno del agua, para la síntesis de proteínas de las bacterias heterótrofas; este proceso es muy específico a los sistemas de bio-floc. También se debe considerar que la relación entre la adición de hidratos de carbono, la reducción del amonio y la producción de proteínas microbianas depende del coeficiente de conversión microbiana, la relación C-N en la biomasa microbiana y el contenido de carbono del material añadido⁴.

El bio-floc son agregados de algas, bacterias, protozoos y otras clases de material orgánicos como heces y alimento no consumido. Cada flóculo se mantiene unido por una matriz de mucosidad que es secretada por las bacterias, por microorganismos filamentosos, o por atracción electrostática. La comunidad presente en los flóculos también incluye a los animales que están pastando, como algunos zooplanctones y nematodos¹³. Puede contribuir con cerca del 50% de los requerimientos de proteína de los peces, esto gracias a que puede ser filtrado y cosechado por la tilapia pues llegan a medir entre 50 a 200 μm ^{14,15}. Esta técnica además de realizar el reciclaje de los piensos, minimiza el recambio de agua los cuales son importantes contribuciones a la economía de la producción de tilapia y a la protección del medio ambiente¹⁶.

Adicionalmente, la técnica de bio-floc ofrece una solución a la dependencia de aceite y harina de pescado puesto que puede ser utilizado in situ por las especies de cultivo como fuente de alimento adicional, de esta manera se mejora la eficiencia de los nutrientes^{4,16,18,19}. Asimismo, se puede sacar mayor provecho ofreciendo el bio-floc generado en el estanque de los peces como alimento suplementario para camarones, obteniendo un crecimiento significativamente mejor²⁰.

Esta investigación tuvo como objetivos determinar el crecimiento en peso y longitud de *O. niloticus* Var. chitralada criada en sistema de bio-floc, los índices productivo en este tipo de sistema de cultivo, el factor de condición de los peces en cultivo, la relación Peso-Longitud y los parámetros físicos, químicos y biológicos que se presentan en este sistema.

MATERIAL Y MÉTODOS

La crianza de *Oreochromis niloticus* “tilapia” en sistema de bio-floc se desarrolló en el módulo N° 1 del Área de Hatchery de la empresa PRODUMAR S.A., localizada en el Km. 8 de la vía Duran- Tambo, en el cantón Durán, en la provincia del Guayas – Ecuador (Fig. 1).

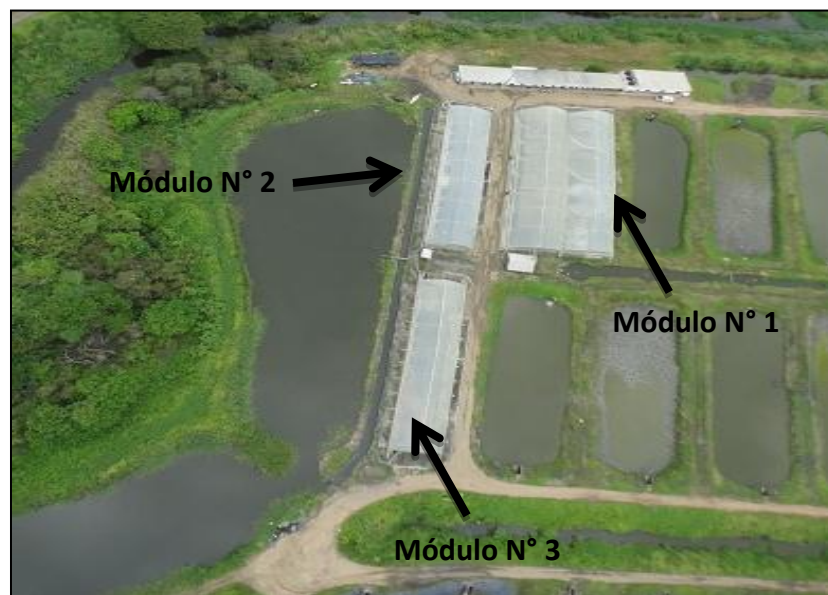


Fig. 1. Vista aérea del Área del Hatchery de la empresa PRODUMAR S.A, mostrando el módulo N° 1 que se empleó para crianza de *Oreochromis niloticus* “tilapia” en sistema de bio-floc.

Se utilizó un tanque de 10.5 m de diámetro, 1.15 m de altura exterior y con 6 % de pendiente, el drenaje era central y estaba compuesto por un tubo de PVC de 11 cm de diámetro, este tanque estaba revestido con geomembrana HDPE de 0.8 mm, el volumen de agua que se utilizó fue de 80 m³ y fue regulado por un codo movable exterior (Fig. 2).

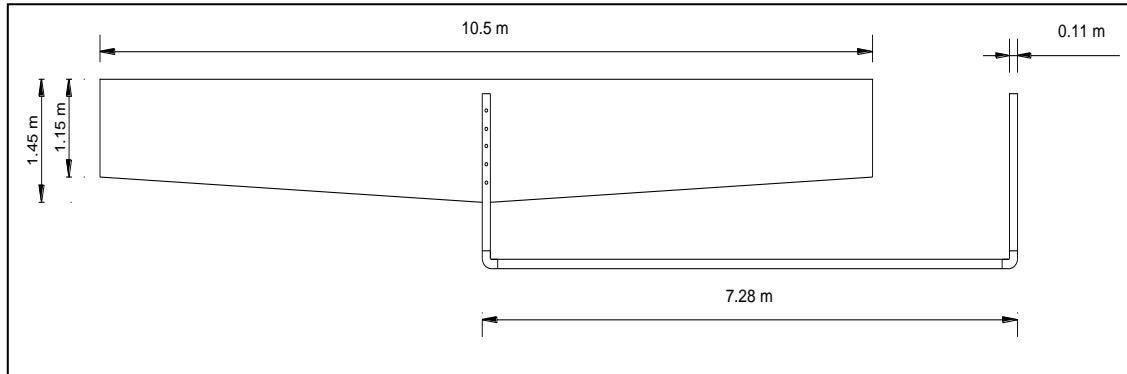


Fig. 2. Dimensiones del tanque de crianza de *O. niloticus* "tilapia" con sistema de bio-floc.

Se emplearon 1250 ejemplares de *Oreochromis niloticus* var. chitralada que se obtuvieron del Área de Pre Cría de la empresa, estos fueron transportados en dos tinas de plástico de 1 m³ cada una. Asimismo, se oxigeno el agua utilizando una botella llena de oxígeno, y se distribuyó con mangueras de ½ cm de diámetro que terminaban en mangueras porosas. El transporte se realizó utilizando un tractor con carreta, luego se sembraron los peces en el tanque realizándoles un control de calidad.

Se empezó a alimentar al segundo día de siembra con balanceado marca ABA de 24 % de proteína y 6 mm de diámetro, el cual fue suministrado en tres dosis; la tasa de alimentación inicial fue de 2.5 % y fue ajustada según los resultados de los muestreos del peso y la actividad de los peces.

Los 80 m³ de agua empleada en el cultivo fue desinfectada utilizando 3 kg de hipoclorito de calcio al 65 % marca SINOPEC, se neutralizó el cloro con 1.5 kg de vitamina C al 99 %, finalmente se determinó la presencia de cloro en el agua empleando Ortotolidina, esta prueba consistió en sacar una muestra de agua en un tubo de ensayo y se le agregó 8 gotas de Ortotolidina, si el agua vira a color amarillo es indicador de cloro en el agua. El agua que se empleó para recuperar el volumen perdido por evaporación fue preparada en un tanque de 20 m³ revestido con geomembrana HDPE de 0.8 mm y se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente. Para llevar el agua al tanque de cultivo se empleó una bomba marca Pedrollo de 0.5 Hp y 220 l/min.

Se agregó melaza como sustrato para propiciar la formación del bio-floc, la cantidad que fue añadida se determinó mediante el balance de masas expuesto por Timmons et al.⁹

Para dosificar la melaza se empleó un tanque de 200 L de capacidad al cual se le hizo un agujero en el centro de su base y se le acoplo una manguera de ½ cm de diámetro como dosificador. Este tanque se llenó con 150 l. de agua del sistema de cultivo y se agregó la dosis de melaza; para evitar la sedimentación de la melaza se aireo la mezcla utilizando una línea de aire que se obtuvo del sistema de producción de la empresa. Se reguló la dosificación de la mezcla al sistema para que tardara entre 12 a 14 horas.

Para mantener en suspensión el bio-floc se empleó un aireador de ruedas con paletas marca Pioneer de 1 Hp. El aireador fue colocado aproximadamente a 2 m. del centro de tanque para generar un flujo rotacional dirigido al centro; el aireador fue sujetado al extremo del tanque con 4 cuerdas.

Los parámetros químicos que se registraron fueron los siguientes: se midió el NAT, Nitrito (Fig. 7a y 7b respectivamente), alcalinidad una vez al mes y CO₂ una vez por semana, todos estos parámetros se realizaron con pruebas colorimétricas marca LaMotte, se registraron los valores de oxígeno disuelto, a las 7 am, las 12 pm y las 5 pm, para lo cual se empleó un oxímetro de membrana marca YSI 550A, el pH fue medido semanalmente con un pHmetro digital marca Hanna.

La salinidad se midió con un monitor de salinidad marca American Marine Inc de rango de 0.00 a 200.0 mS, luego el resultado fue convertido a ppt, mediante la siguiente ecuación:



$$y = 52 * 10^{-12} x^6 - 15.61 * 10^{-9} x^5 + 19.3472 * 10^{-7} x^4 - 125.52 * 10^{-6} x^3 + 575.1957 * 10^{-5} x^2 + 522.0901 * 10^{-3} x - 2.8355 * 10^{-2}$$

Se realizó el análisis cualitativo del fitoplancton y del zooplancton presentes en el bio-floc, para lo cual se utilizó un microscopio marca VanGuard.

Se realizó la medición del volumen del bio-floc mediante la sedimentación por 30 minutos en un cono IMHOFF de 1000 ml (APHA (1999) method 2540-F). Asimismo, se calculó los kilogramos por millar por día de alimento suministrado (kg/millar/día).

Se determinó la Tasa de Crecimiento Específico utilizando la siguiente fórmula:

$$TCE = \frac{[\ln(P_f) - \ln(P_i)]}{D} * 100$$

Dónde:

$\ln(P_f)$: Logaritmo natural del peso final.

$\ln(P_i)$: Logaritmo natural del peso inicial.

D : Días de cultivo

Se calculó el Factor de Conversión Alimenticia mediante la siguiente fórmula.

$$FCA = \frac{A}{B_f - B_0}$$

Dónde:

A: Cantidad de alimento suministrado (kg)

B_f : Biomasa final (kg)

B_0 : Biomasa inicial (kg)

El muestreo de peso y longitud se realizó cada dos semanas, los peces fueron capturados utilizando una atarraya y la muestra consistió entre 70 a 100 ejemplares; para el muestreo en peso se empleó una balanza electrónica marca OHAUS de 3 kg de capacidad y 1 g. de sensibilidad, para el muestreo de longitud se empleó un ictiómetro de madera. Para evitar el estrés y mejorar la manipulación de los peces se empleó el anestésico Aquí S, la dosificación se realizó mediante las especificaciones del productor, asimismo se emplearon guantes de lana para manipular los peces.

Para el análisis de los datos obtenidos del muestreo se empleó el programa Microsoft Excel 2010, con lo cual se determinó los promedios de peso y longitud, a su vez se determinó la relación peso-longitud aplicando el modelo de regresión potencial

RESULTADOS

La crianza de *Oreochromis niloticus* "tilapia" var. chitralada en sistema de bio-floc se desarrolló durante 182 días, iniciando con 1250 peces de 110.2 g. de peso y 17.8 cm de longitud promedio, la biomasa inicial fue de 137.8 kg. Al finalizar el cultivo de *O. niloticus* se obtuvo 1081 peces de 826.5 g de peso y una longitud de 32.7 cm. promedio, esto hace una carga final de 11.2 kg/m³ y una densidad de 13.5 ind/m³, la biomasa final fue de 893.4 kg

A lo largo de la crianza de *O. niloticus* en sistema de bio-floc se utilizó 1396 kg de alimento balanceado con 24 % de proteína y se obtuvo un FCA de 1.85, asimismo la cantidad de alimento utilizado por millar de peces a lo largo de todo el ciclo de crianza fue de 7.096 (kg/millar/día).

O. niloticus en este sistema creció a un ritmo general de 4.15 g/día, con una tasa de crecimiento específico de 1.113 %. La supervivencia obtenida de *O. niloticus* en sistema de bio-floc fue de 86.5 %, se



presentó mayor mortalidad las tres primeras semanas, 8.9 %, 1.3 % y 1.3 % respectivamente, después de este periodo la mortalidad semanal fue menor del 0.002%.

Como resultado de los muestreos realizados cada dos semanas (Tabla 1) se obtuvo que el crecimiento en peso de *O. niloticus* se ajusta en un 97.8 % a la siguiente curva (Fig. 3). Asimismo, se obtuvo que el crecimiento en longitud de *O. niloticus* se ajusta en un 98.1 % a la siguiente curva (Fig. 4).

El buen estado de salud de *O. niloticus* se vio reflejado en el factor de condición obtenido que fue de 2.3. Las tallas de cosecha tanto en peso y longitud fueron similares indicándolo así los coeficientes de variación del peso y de la longitud obtenidos que fueron de 30% y 10 % respectivamente.

El análisis de la relación peso-longitud indican que estas variables se relacionan en un 99.5 % por la siguiente regresión potencial (Fig. 5):

Se utilizó 80 m³ de agua, y para reponer el volumen de agua que se evaporó durante todo el ciclo de crianza se emplearon 120 m³ de agua, consecuentemente se gastó 4.5 L de agua para producir 1 kg de tilapia. Para mantener este nivel de NAT, mantuvo una relación C/N de 15, consumiéndose 1160 L de melaza. El coeficiente de alometría fue de 3.1 (Figs. 6 y 7)

La cantidad de bio-floc fue aumentando conforme transcurría el tiempo de crianza de *O. niloticus*, llegando a ser de 230 ml/l. La relación entre el CO₂ y la cantidad de bio-floc presente en el sistema se explica en un 96.3 % (Figs. 8, 9 y 10)

Cualitativamente el bio-floc estuvo conformado por: microalgas, protozoarios, rotíferos, copépodos, gastrotricos y anélidos. Se identificaron tres especies de clorofitas: *Pediastrum dúplex*, *Coelastrum sp.*, *Scenedesmus quadricauda* y tres de bacilariofitas: *Cyclotella sp.*, *Synedra sp.*, *Navicula sp.* Se identificaron seis grupos de zooplanctontes que conformaban el bio-floc: protozoarios, cladóceros, rotíferos, copépodos, gastrotricos y anélidos (Figs. 11 y 12).

Tabla 1. Pesos y longitudes promedios de *O. niloticus* criada en sistema de bio-floc

| Días de cultivo | N° muestreo | Longitud (cm) | Peso (g) |
|-----------------|-------------|---------------|----------|
| 0 | 1 | 17.8 | 110.2 |
| 14 | 2 | 18.2 | 136.4 |
| 28 | 3 | 19.4 | 174.1 |
| 42 | 4 | 21.6 | 219.4 |
| 56 | 5 | 22.6 | 273.7 |
| 70 | 6 | 23.7 | 316.8 |
| 84 | 7 | 24.7 | 358.9 |
| 98 | 8 | 26.2 | 406.2 |
| 112 | 9 | 27.8 | 487.6 |
| 126 | 10 | 29.2 | 566.8 |
| 140 | 11 | 30.4 | 664.0 |
| 154 | 12 | 31.8 | 748.0 |
| 168 | 13 | 32.4 | 799.2 |
| 182 | 14 | 32.7 | 826.5 |

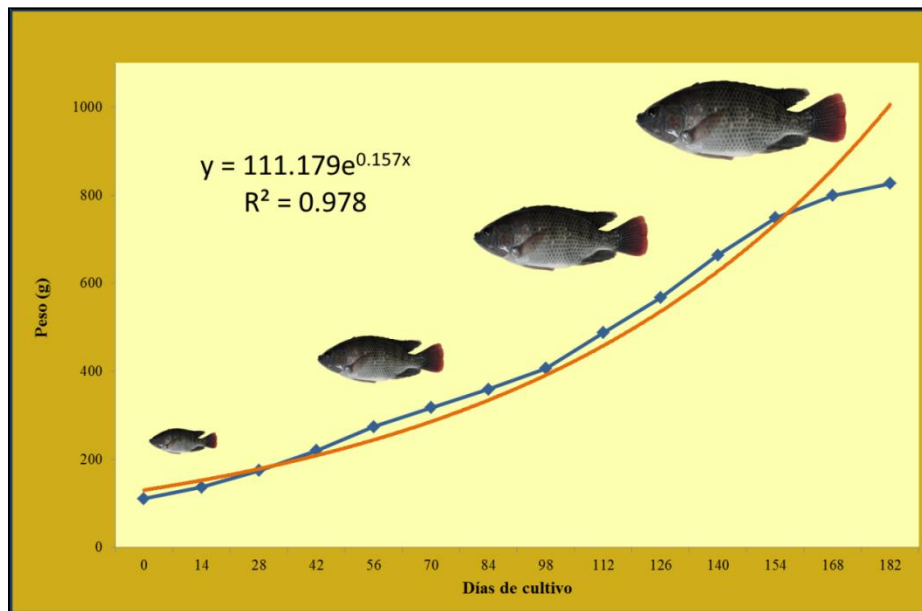


Fig. 3. Crecimiento en peso de *Oreochromis niloticus* variedad chitralada “tilapia” criada en sistema de bio-floc.

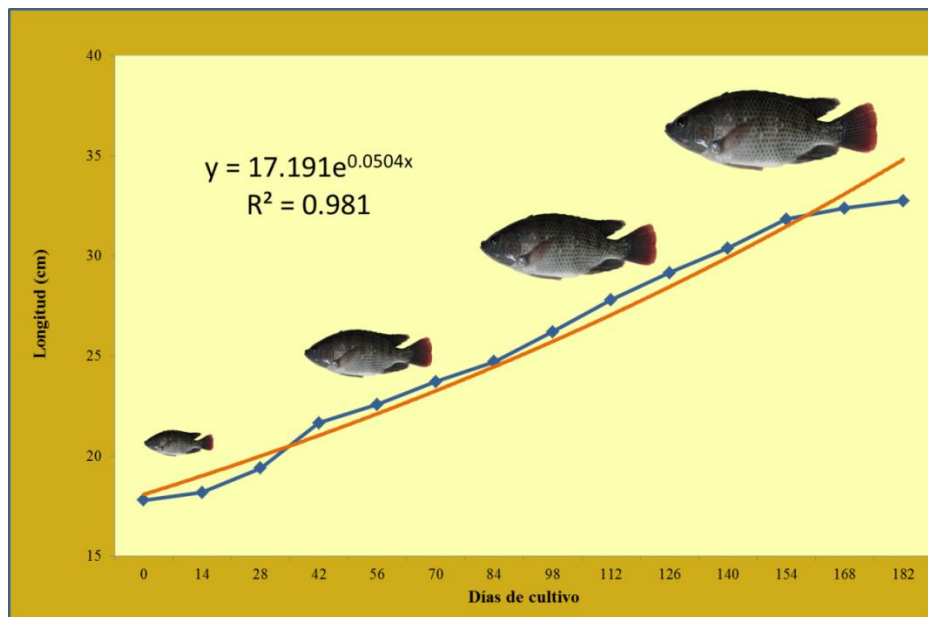


Fig. 4. Crecimiento en longitud de *Oreochromis niloticus* variedad chitralada “tilapia” criada en sistema de bio-floc.

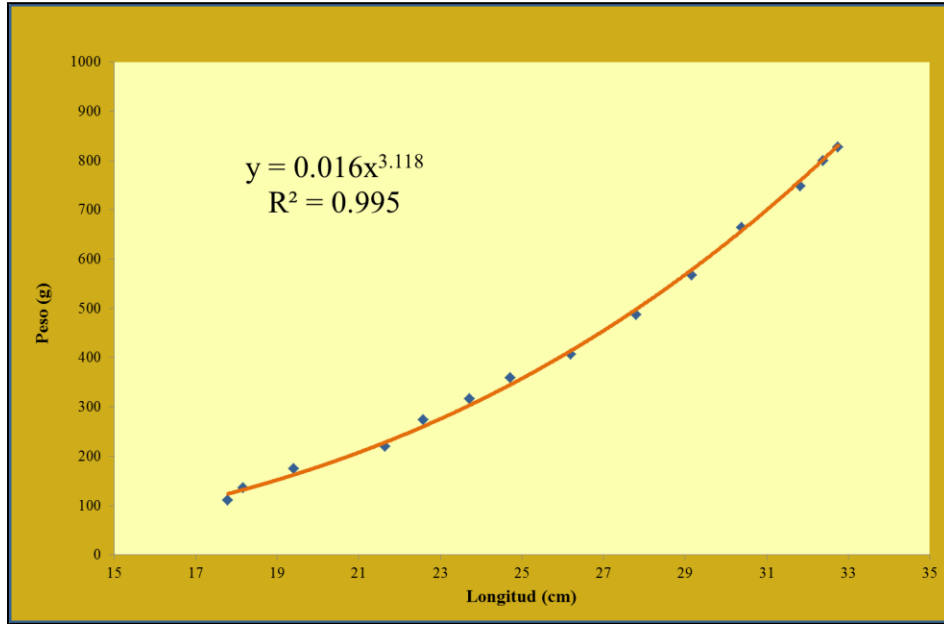


Fig. 5. Relación Peso-Longitud de *Oreochromis niloticus* variedad chitralada “tilapia” criada en sistema de bio-floc.

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos de *Oreochromis niloticus* criada en sistema de bio-floc

| | T (°C) | pH | O ₂ (mg/l) | CO ₂ (mg/l) | Amonio (mg/l) | Nitrito (mg/l) | Salinidad (ups) | Alcalinidad (mg/l CaCO ₃) |
|------|--------|-----|-----------------------|------------------------|---------------|----------------|-----------------|---------------------------------------|
| Prom | 25.5 | 8 | 6.8 | 47.6 | 0.025 | 0.013 | 2.7 | 185 |
| Máx | 26.4 | 8.1 | 7.4 | 73 | 0.2 | 0.05 | 2.8 | 197 |
| Mín | 24.2 | 7.9 | 5.7 | 30 | 0.0 | 0.00 | 2.6 | 173.4 |
| DS | 0.6 | 0.1 | 0.4 | 15.9 | 0.035 | 0.02 | 0.07 | 6.87 |

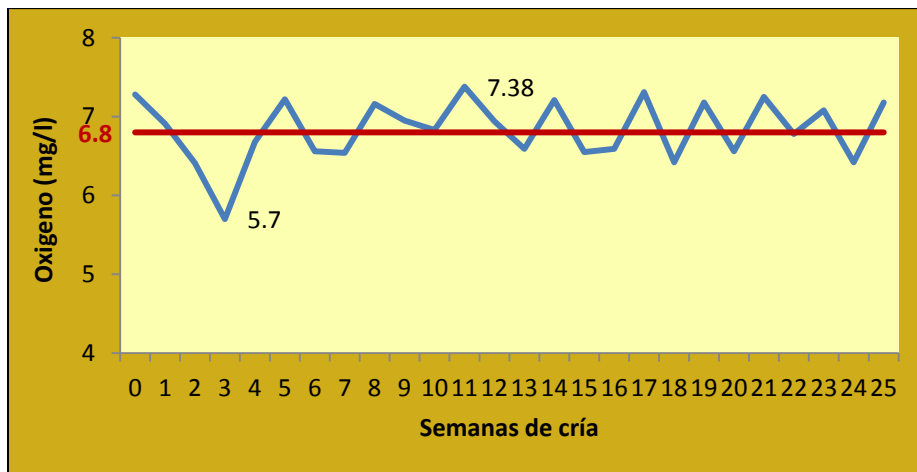


Fig. 6. Variación del oxígeno durante la crianza de *Oreochromis niloticus* en sistema de bio-floc.

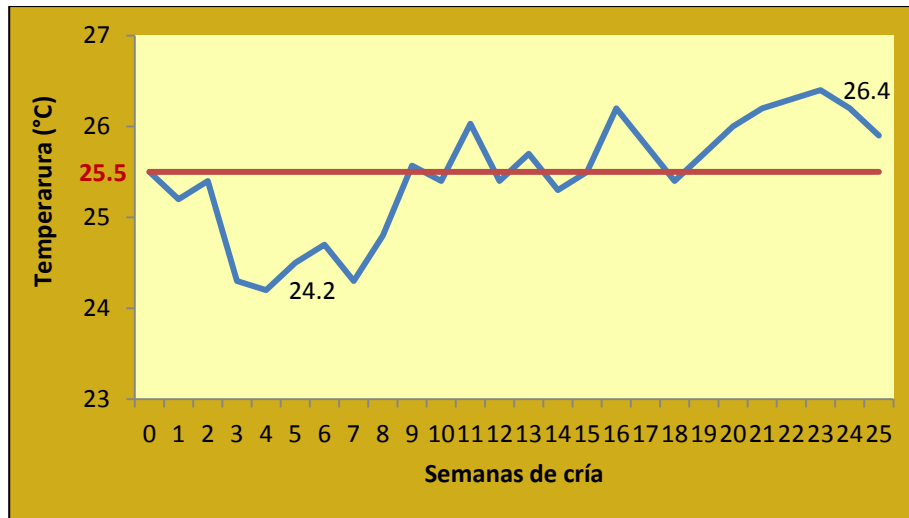


Fig. 7. Variación de la temperatura durante la crianza de *Oreochromis niloticus* en sistema de bio-floc.



Fig. 8. Variación del CO₂ durante la crianza de *Oreochromis niloticus* en sistema de bio-floc.

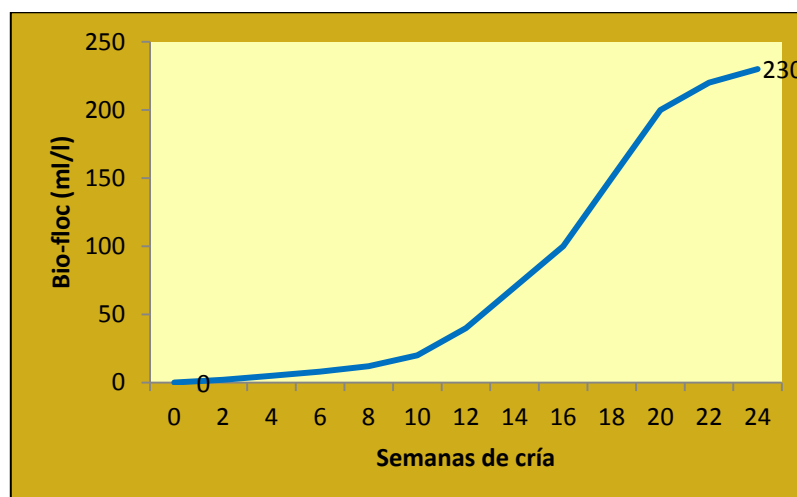


Fig. 9. Variación del bio-floc durante la crianza de *Oreochromis niloticus* en sistema de bio-floc.

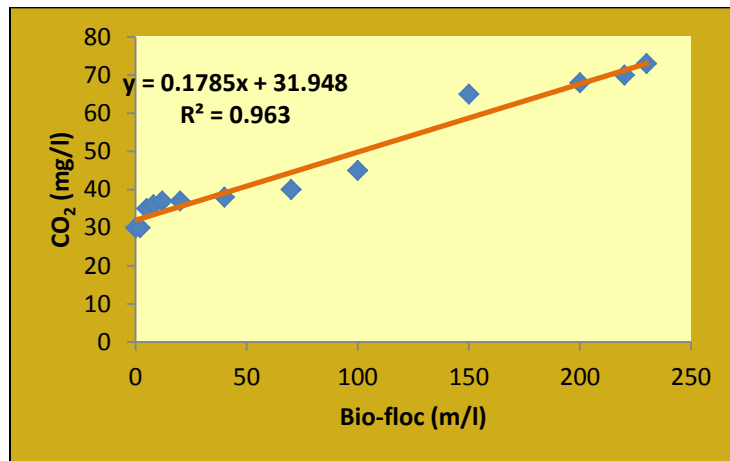


Fig. 10. Relación entre el bio-floc y el CO₂ en el sistema durante la crianza de *Oreochromis niloticus* en sistema de bio-floc.

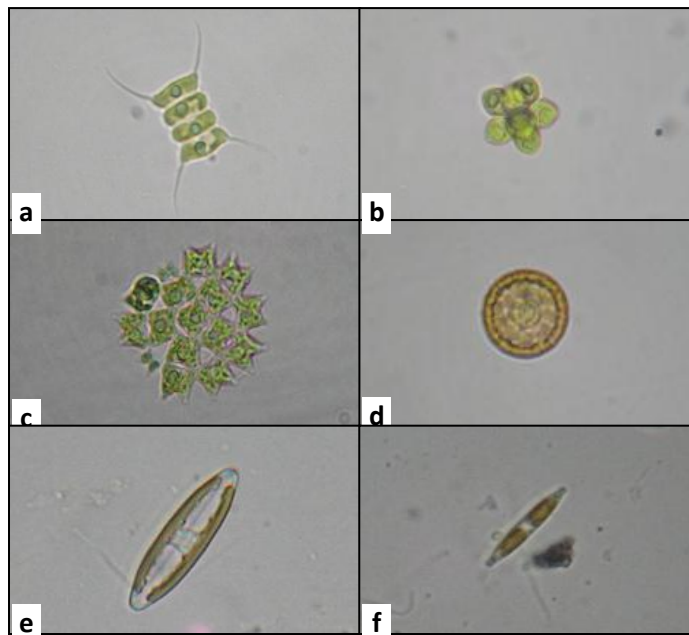


Fig. 11. Fitoplancton (40X) presente en la crianza de *Oreochromis niloticus* "tilapia" en sistema de bio-floc, a) *Scenedesmus quadricauda*, b) *Coelastrum* sp., c) *Pediastrum duplex*, d) *Cyclotella* sp., e) *Navicula* sp. y f) *Synedra* sp..

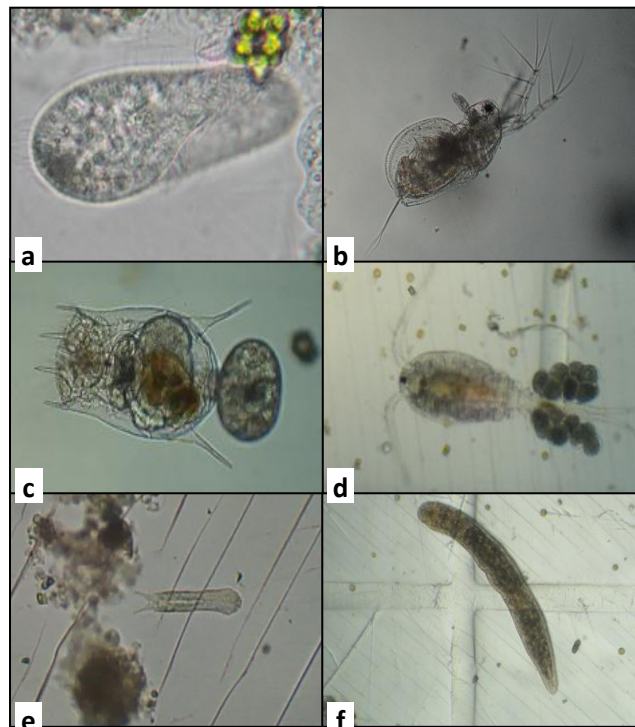


Fig. 12. Zooplancton presente en la crianza de *Oreochromis niloticus* “tilapia” en sistema de bio-floc, a) protozoario 40X, b) cladóceros 10X, c) rotífero 10X, d) copépodo 5X, e) gastrotrico 40X y f) nemátodo 5X.

DISCUSIÓN

El crecimiento de *O. niloticus* variedad Chitralada “tilapia” cultivada en sistema de bio-floc fue de 4.15 g/día, lo que es mayor a lo obtenido por Rakocy²¹ de 4 a 3.2 g/día, adicional a esto debemos recalcar que este investigador utilizó alimento con 32 % de proteínas, mientras que en este experimento se utilizó alimento con 24 % de proteínas. Adicionalmente, el FCA que fue de 1.85 está entre los rangos de 1.8 a 2.2 con el mismo sistema de cultivo²¹.

El alimento consumido por millar de peces durante el periodo de cría fue de 7.096 (kg/millar/día), este dato es fundamental para poder estimar gastos de balanceado para posibles producciones a esta escala. La supervivencia obtenida fue del 86.5 %, lo que es similar a lo obtenido previamente²¹ de 78.9% a 99.7%, pero la causa por la que se obtuvo esta baja supervivencia en el experimento fue la mortalidad ocurrida en las 3 primeras semanas de cultivo; en la semana 0 fue de 8.9 % de mortalidad esto debido a que los peces fueron sujetos de stress por la pesca, transporte y siembra. Luego de esto la mortalidad semanal fue menor de 0.002 %.

Se observó un crecimiento en peso y longitud lento al final de la crianza, lo que puede estar relacionado con la alta cantidad de bio-floc presente en el sistema que fue de 230 ml/l. El factor de condición obtenido fue de 2.3 el cual está en el rango reportado por Timmons et al.², que varía entre 2.08 y 2.5; este valor refleja el buen estado fisiológico de los peces.

Esta crianza experimental está catalogado como super-intensivo²², dado que la producción que se puede obtener extrapolando los resultados a una hectárea serían de 111.8 ton/ha; asimismo el factor de conversión obtenido de 1.85, que está en el rango reportado por ellos, de 1.6 a 2.0, pero cabe resaltar que se usó alimento con 24 % de proteína lo que genera menores costos de producción en comparación al uso de alimento balanceado de 28 al 40 % de proteína usado para este tipo de sistemas.



Con respecto al cálculo que se realizó para determinar la cantidad de carbono necesario, se despreció la cantidad de carbono que aporta el alimento y que se excreta en el agua¹⁶, este carbono aportado por el alimento sirvió como margen de seguridad para mantener el NAT bajo.

Para realizar el cálculos de la cantidad de melaza a emplear se asumió que la melaza contenía 24 % de carbono, este dato fue tomado de los análisis realizados por la empresa para su adquisición.

Según Avnimelech⁴ se necesita de 2 a 10 m³ de agua para producir 1 kg de pescado, en esta investigación se necesitó 4.5 l de agua para producir 1 kg de pescado, lo que representa el 2.3*10⁻³ o el 4.5*10⁻⁴ %, esto no deja lugar a duda sobre el beneficio ambiental que aporta esta técnica para la acuicultura.

Se obtuvo 230 ml/l de bio-floc al final de la crianza de *O. niloticus*, el CO₂ fue de 47.6 ± 15.9 mg/l y la alcalinidad fue de 185 ± 6.9 mg/l de CaCO₃, este último parámetro vario muy poco durante el tiempo de crianza, asimismo estos resultados se ajustan a lo manifestado por Timmons et al. (2009) quien asevera que la biomasa bacteriana es 40 veces mayor a la generada en el proceso de nitrificación, esto guarda relación con la acumulación de los sólidos en el sistema conforme van transcurriendo los días de cría, también se consume poca alcalinidad y se generan altos niveles de dióxido de carbono.

El NAT promedio durante la crianza de *O. niloticus* "tilapia" fue de 0.03 ± 0.035 mg/l, lo que está en el rango que se ha reportado²³ de 0.004 a 0.05 para obtener un buen crecimiento en *O. niloticus*, asimismo está por debajo de lo recomendado por Avnimelech¹⁶ que manifiesta el buen funcionamiento del sistema con un NAT de 0.5 mg/l, esta cantidad de NAT refleja en buen funcionamiento del sistema de producción.

El valor del pH en el que se desarrolló la crianza fue de 8.1 ± 0.2, siendo este valor un poco mayor al recomendado previamente²³ que esta entre 7 y 8 para un buen crecimiento de *O. niloticus*. El nitrito promedio registrado fue de 0.013 mg/l, este valor de nitrito es consecuencia de un sistema de bio-floc maduro, esto coincide con Timmons et al.² quienes manifiestan que los sistema heterótrofos puros tiene la característica de un valor de nitrito bajo.

La salinidad a la que se desarrolló la crianza en sistema de bio-floc fue de 2.7 ups, a su vez se ha manifestado que para obtener crecimientos óptimos en tilapia se debe de tener valores de salinidad menores a 15 ups, por lo cual este experimento no tuvo ningún problema en cuanto a crecimiento de *O. niloticus* originada por esta variable²⁴.

Se encontraron seis grupos de organismos en el bio-floc los cuales son protozoarios, Rotíferos, copépodos, cladóceros, gastrotricos y nematodos, estos grupos aparecieron paulatinamente en el sistema de cultivo, primero aparecieron los protozoarios luego los gastrotricos, seguidos de los rotíferos y cladóceros, luego los nematodos y finalmente aparecieron los copépodos, asimismo se encontraron mas grupo que los reportados previamente¹⁴ los cuales solo reportan protozoarios, rotíferos y oligoquetos

CONCLUSIONES

- *Oreochromis niloticus* alcanzó los 826.5 g con un factor de conversión alimenticia de 1.85.
- *O. niloticus* creció 4.15 g/día, y se obtuvo una carga de 11.2 kg/m³, al final de la investigación.
- Se obtuvo una supervivencia de 86.5 %, aumento de la relación C:N hasta 15, 01 kg de *O. niloticus* con 4.5 l de agua, manteniéndose los parámetro químico en niveles óptimos para el buen crecimiento de *O. niloticus* (O₂ de 6.8 ppm, el NAT 0.025 mg/l, el nitrito 0.013 mg/l, el pH de 8, la alcalinidad 185 mg/l de CaCO₂, la temperatura 25.5 °C y la salinidad 2.7 ups).
- El empleo de la técnica del bio-floc protege el medio ambiente de los desechos generados por la acuicultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Poot C, Novelo R, Hernández M. ABC en el cultivo integral de Tilapia. Centro de Estudios Tecnológicos del Mar 02 y Fundación Produce Campeche. 2009.
2. Timmons M, Ebeling J, Piedrahita R. Acuicultura en Sistemas de Recirculación. USA: Edit. LIMUSA. 2009.
3. FAO. Estado Mundial de la Acuicultura 2006. Servicio de Gestión y Conservación de la Acuicultura. Dirección de Ordenación de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 2007.



4. Avnimelech Y, Verdegem M, Kurup M, Keshavanath P. Sustainable Land based Aquaculture: Rational Utilization of Water, Land and Feed Resources. *Mediterranean Aquaculture J* 2008; 1(1): 45-55.
5. Marine Aquaculture Task Force. Sustainable Marine Aquaculture: Fulfilling the Promise; Managing the Risks. 2007.
6. Ebeling J, Timmons M, Bisogni J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 2006; 257: 346-358.
7. Crab R, Avnimelech Y, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 2007; 270: 1-14.
8. Taw N. Biofloc technology expanding at white shrimp farms; biofloc systems deliver high productivity with sustainability. *Global Aquaculture advocate*. May/June 2010: 20-22. USA.
9. Kuhn D, Lawrence A. Biofloc Technology Options For Aquaculture In Situ, Ex-Situ Systems Improve Water Quality, Provide Nutrition. *Global Aquaculture advocate*. July/August 2012: 20-21. USA.
10. Schneider O, Sereti V, Eding H, Verreth J. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. *Aquaculture* 2006; 261: 1239-1248.
11. Asaduzzaman M, Wahab M, Verdegem M, Huque S, et al. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture* 2008; 280: 117-123.
12. Nootong K, Pavasant B, Powtongsook S. Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System. *J World Aquacul Soc* 2011; 42(3): 339-346.
13. Hargreaves J. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 4503. USA. 2013.
14. Azim M, Little D, Bron J. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technol* 2007; 99: 3590-3599.
15. Kuhn D, Boardman G, Flick G, Lawrence A. Suspended-growth biological processes clean RAS wastewater. *Global Aquaculture advocate*. January/February 2010: 69-71. USA.
16. Avnimelech Y. Tilapia Production Using Biofloc Technology Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. *Global aquaculture advocate* May/June 2011: 66-68. USA.
17. De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boom N, Verstraete W. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 2008; 277: 125-137.
18. Kuhn D, Boardman G, Lawrence A, Marsh L, Flick G. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture* 2009; 296: 51-57.
19. Ray A, Venero J, Browdy C, Leffler J. Simple Settling Chambers Aid Solids Management In Biofloc System. *Global Aquaculture advocate*. July/August 2010: 28-30. USA.
20. Kuhn D, Boardman G, Craig S, Flick G, Mclean E. Use of Microbial Floes Generated from Tilapia Effluent as a Nutritional Supplement for Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Recirculating Aquaculture Systems. *J World Aquacul Soc* 2008; 39(1): 72-82.
21. Rakocy JE, Danaher JJ, Bailey DS, Shultz RC. Development of a Biofloc System for the Production of Tilapia. *Aquaculture* 2008; 277: 138-145
22. Hsien S, Quintanilla M. Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia. Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura (CENDEPESCA). El Salvador. 2008.
23. El-Sherif, MS, EL-Feky AM. Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings. I. Effect of pH. *Intern J Agricul & Biol* 2009; 29: 31-42
24. Mena A, Sumano H, Macías R. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. División de Agricultura. Sinaloa.México. 2001.