



CES Medicina Veterinaria y Zootecnia
ISSN: 1900-9607
Universidad CES

Chaverra Garcés, Sara Cristina; García González,
José Jaime; Pardo Carrasco, Sandra Clemencia
*Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento
de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus**
CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, vol. 12,
núm. 3, 2017, Septiembre-Diciembre, pp. 170-180
Universidad CES

DOI: <https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.3.1>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321457100002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Artículo de investigación

Biofloc effect on juveniles *Cachama blanca Piaractus brachypomus* growth parameters

*Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus**

*Efeito dos bioflocos sobre os parâmetros de crescimento de juvenis de Pirapitinga *Piaractus brachypomus**

Sara Cristina Chaverra Garcés^{1*}, Zoot, MSc, [CvLAC](#); José Jaime García González¹, Ing Acuícola, MSc, [CvLAC](#);
Sandra Clemencia Pardo Carrasco¹, MVZ, MSc, PhD, [CvLAC](#)

Abstract

Biofloc cultures are an interesting alternative in which bacterial protein with high biological value is used as a possible food supplement and as part of a strategy to keep water quality within the parameters required by a given species. The production performance of juveniles of white cachama *Piaractus brachypomus* was compared for 60 days. The fish were reared in two systems: one was intensive and had water renewal (T1), while the other had biofloc technology (T2). T1 had 50% of its water changed weekly and the pond's bottom was cleaned twice per week. In contrast, T2 was a biofloc system (BFT) with added molasses in a carbon:nitrogen ratio of 15:1. In both treatments the fish were fed to apparent satiety four times per day. The feed was balanced and had 24% of protein of vegetable origin. A total of 480 fingerlings were used, whose average weight and size were 0.8 ± 0.33 and 3.0 ± 0.4 cm, respectively. The following parameters were determined on a fifteen-day basis: weight, standard length (SL), daily weight gain (DWG), specific rate of growth in terms of weight (SGR), biomass (B), feed conversion ratio (FCR), survival rate (S), condition factor (K). Likewise, dissolved oxygen (DO), temperature (T°), pH and salinity (ppT) were measured twice a day. Furthermore, total suspended solids (TSS) and biofloc volume were measured every two days. The total ammonia nitrogen (TAN) and the levels of nitrite, nitrate, alkalinity and hardness were determined weekly. Production performance showed no variations across treatments ($P > 0.05$). The biofloc technology makes it possible to have the same fish densities as those observed in intensive production systems. Likewise, the production performance values are adequate and similar to those of this kind of system, but the water resource is optimized.

Keywords: BFT, white cachama, vegetable protein, performance.

Resumen

El cultivo en biofloc es una alternativa de producción en la cual se utiliza proteína bacteriana de alto valor biológico como posible suplemento alimenticio y como estrategia para ahorrar recursos y mantener la calidad de agua dentro de los parámetros exigidos por la especie. Durante 60

Fecha correspondencia:

Recibido: 22 de agosto de 2016.

Aceptado: 30 de octubre de 2017.

Forma de citar:

Chaverra Garcés SC, García González JJ, Pardo Carrasco SC. Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Rev. CES Med. Vet. Zoot. Vol 12 (3): 170-180.

Open access

© Copyright

Creative commons

Éthics of publications

Peer review

Open Journal System

DOI: <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.12.3.1>

ISSN 1900-9607

Filiación:

¹ Grupo de investigación en Biodiversidad y Genética Molecular -BIOGEM, línea de investigación en acuicultura sustentable,

Comparte



Laboratorio de Modelación Animal-LAMA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Calle 59A#63-20, Medellín, Colombia.

días se comparó el desempeño productivo de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* cultivados en sistema intensivo con renovación de agua (T1) y con tecnología biofloc (T2). T1 recibió recambios de agua del 50% semanal y limpieza de fondo dos veces por semana; T2 en sistema biofloc (BFT) con adición de melaza en una relación carbono:nitrógeno de 15:1. Ambos tratamientos recibieron alimento balanceado con 24% de proteína de origen vegetal suministrado hasta saciedad aparente cuatro veces/día. Fueron empleados 480 alevinos, con peso promedio de $0,8 \pm 0,33$ g y talla de $3,0 \pm 0,4$ cm. Cada 15 días se determinó peso y longitud estándar (LE), ganancia diaria de peso (GDP), tasa específica de crecimiento en peso (TEC), biomasa (B), factor de conversión alimenticia (FCA), sobrevivencia (S) y factor de condición (K). Se midió oxígeno disuelto (OD), temperatura (T°), pH, salinidad (ppt) y sólidos suspendidos totales (SST) dos veces al día. Semanalmente se determinó nitrógeno amoniacal total (NAT), nitrito, nitrato, alcalinidad y dureza. El desempeño productivo no fue diferente entre los tratamientos ($P>0,05$). Con la tecnología biofloc es posible manejar las mismas densidades de peces y mantener rendimientos productivos adecuados, similares a los de un sistema productivo intensivo aunque optimizando el uso del recurso hídrico.

Palabras clave: BFT, cachama blanca, proteína vegetal, rendimiento.

Resumo

O cultivo com bioflocos é uma alternativa de produção onde é utilizada proteína bacteriana de alto valor biológico como possível suplemento dietário e como estratégia para poupar recursos e manter a qualidade da água dentro dos parâmetros exigidos pela espécie. Durante 60 dias o desempenho produtivo dos juvenis de pirapitinga criados em sistema intensivo com renovação da água (T1) e com bioflocos foi comparado (T2) sem renovação, só repor à água perdida pela evaporação. Os peixes de T1 receberam renovações de água de 50% semanais e, limpeza do fundo duas vezes na semana. Os peixes de T2 estiveram em sistema com bioflocos. Com adição de melão numa razão carbono: nitrogênio de 15:1. A ração fornecida tinha 24% de proteína vegetal e foi ministrada até saciedade quatro vezes ao dia. Foram utilizados 480 alevinos com peso médio de $0,8 \pm 0,33$ g e tamanho de $3,0 \pm 0,4$ cm. Cada 15 dias foi determinado peso e comprimento padrão, ganho de peso diário (GDP), taxa específica de crescimento (TEC), biomassa (B), conversão alimentar, sobrevivência (S) e fator de condição (K). Foi medido oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, salinidade (ppt) e sólidos suspendidos totais (SST) duas vezes ao dia. Semanalmente foi determinado nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito, nitrato, alcalinidade e dureza. Não foram observadas diferenças no desempenho produtivo entre os tratamentos ($P>0,05$). Com a aplicação da tecnologia com bioflocos é possível utilizar as mesmas densidades de peixes e manter o desempenho produtivo ótimo, semelhantes aos de um sistema de produção intensiva embora otimizando a utilização da água.

Palavras-chave: Bioflocos, desempenho, pirapitinga, proteína vegetal.

Introducción

La calidad del agua y la alimentación son la base fundamental para el éxito de cualquier producción acuícola²⁶; el alimento representa un alto porcentaje de los costos de producción con el agravante de que no todo el que se suministra es consumido por los animales, generando así una alta tasa de desperdicio⁶ que deteriora la calidad del agua. Con el objetivo de mantener una adecuada calidad del agua se realizan recambios o procesos de filtración, lo cual incrementa costos otorgando insostenibilidad a la actividad. Con el fin de establecer sistemas de producción acuícolas cada vez más eficientes con respecto al uso de los recursos naturales, especialmente el agua

y adicionalmente bioseguros¹⁸, durante los últimos años se han venido desarrollando estrategias de mayor intensificación donde el principal objetivo es reciclar los altos contenidos de materia orgánica del agua de cultivo, mejorando su calidad y adicionalmente emplearlos como alimento *in situ* para los organismos cultivados^{7,13}.

La actividad más importante la realizan las bacterias autotróficas y heterotróficas quienes se encargan de remover compuestos inorgánicos en suspensión o convertir la materia orgánica proveniente del alimento no consumido y las heces en proteína microbiana³, evitando el recambio de agua y contribuyendo con su ahorro. Tanto en ambientes naturales como en sistemas acuícolas, los microorganismos desempeñan un papel fundamental como productores y consumidores de oxígeno disuelto, reciclando nutrientes y produciendo alimento para organismos mayores. Además, desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la calidad del agua, debido a que son mediadores del impacto ambiental de los efluentes y controlan posibles patógenos^{11, 24}. Entre los efectos positivos se destacan la eliminación de compuestos nitrogenados tóxicos como el nitrógeno amoniaco, la degradación de restos de alimento no consumidos y su contribución nutricional¹⁰.

La manipulación de la comunidad microbiana puede traer beneficios tanto ambientales como económicos, la conversión alimenticia puede ser mejorada a través del aprovechamiento del alimento natural presente en el ambiente de cultivo incluyendo, desde luego, a los microorganismos⁵. De esta manera se disminuye la cantidad de alimento formulado y se reducen significativamente los costos de producción. La técnica de cultivo de Biofloc (BFT, Biofloc Technology), también conocida como cultivos en suspensión activa o lagunas heterótrofas, fue desarrollada para resolver problemas de calidad de agua producidos por los residuos de alimento y excreciones de los organismos de cultivo, convirtiendo el exceso de nutrientes en los sistemas de acuicultura en biomasa microbiana, que a su vez es consumida por los animales en cultivo¹³. El principio básico de la técnica BFT, es la retención de los residuos y su conversión a biofloc como un alimento natural dentro del sistema de cultivo¹⁸.

La cachama blanca es una especie omnívora que se encuentra ampliamente distribuida en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas¹², es un pez de aguas cálidas, el cual alcanza su óptimo desarrollo a temperaturas entre los 28 y 31°C¹⁵; es la especie nativa de cultivo más importante para el desarrollo de economías a pequeña escala o de autosustento, es una especie rústica, dócil, resistente a enfermedades, posee buena calidad de la carne, buena conversión alimenticia y se adapta fácil al consumo de alimento comercial²² y representa la segunda especie en cantidades de producción en Colombia después de las tilapias²¹. La producción de cachama blanca tradicionalmente se realiza de manera extensiva y semintensiva²², aunque se ha reportado producción en jaulas¹⁷ y en sistemas intensivos con biofloc²⁴. El objetivo de este estudio fue comparar el desempeño productivo de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* entre un sistema biofloc y uno tradicional con recambio de agua y eliminación de residuos por medio de sifón.

Materiales y métodos

Aval del Comité de Ética para la experimentación animal

El estudio contó con aval del Comité de Ética de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, otorgado mediante oficio, CEMED-052 del 16 de julio de 2012.

Localización

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional Sede Medellín, núcleo del Río, bloque 06 ($6^{\circ} 13' 55.098 N$ y $75^{\circ} 34' 05.752 O$) en el Laboratorio de Modelación Animal (LAMA). A una altura sobre el nivel del mar de 1495 m con temperatura ambiental promedio de $24^{\circ}C$, la cual corresponde a un clima templado a frío, una precipitación promedio anual de 1571 mm, con épocas secas al comienzo y a la mitad del año. Para el cultivo de los peces en tecnología biofloc se emplearon 6 tanques circulares de un volumen de 500 L cada uno. La aireación fue suministrada por medio de un soplador acoplado a manguera polidifusora en el fondo de cada tanque, esto permitió también mantener partículas orgánicas, fitoplancton y zooplancton en suspensión. Para mantener la temperatura del agua a la adecuada para la especie ($28^{\circ}C$) se utilizaron termostatos de 200 w.

Material biológico

Se emplearon 480 alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus* aparentemente sanos con peso promedio de $0,8 \pm 0,33$ g y longitud estándar de $3,0 \pm 0,38$ cm. Previamente se realizó una fase de aclimatación durante dos semanas en un tanque plástico de 1000 L con aireación permanente temperatura del agua de $28^{\circ}C$ mantenida con calentadores con termostato. Posterior al período de aclimatación, fueron asignados al azar 80 peces a cada tanque de 500 L, los cuales se alimentaron hasta saciedad aparente cuatro veces al día, 8:00 a.m., 11:00 a.m., 2:00 p.m. y 5:00 p.m.

Monitoreo de la calidad del agua

Dos veces al día (8:00 a.m. y 5:00 p.m.) se midió oxígeno disuelto (OD), temperatura ($^{\circ}C$), pH, salinidad (ppT) usando la sonda multiparamétrica YSI Proffesional Plus (YSI, Xylem Inc, USA). Semanalmente se determinó en nitrógeno amoniacal total (NAT), nitrito y nitrato, alcalinidad total y dureza total (Spectroquant Amonio Rea (0,01-3 PPM) Ref 1147520001, nitrito con Spectroquant Nitritos. Est. Rea Ref 1147760002 y nitrato con Spectroquant Nitratos Rea Alta. Est. (0,4-110,7 mg/L) Ref 109713001 en el espectrofotómetro Thermo Genesys 10S UV-VIS. La alcalinidad y dureza fueron estimados semanalmente por titulación; alcalinidad con fenolftaleína, utilizando los reactivos HACH [®] (ácido sulfúrico, fenolftaleína y verde bromocresol), acoplado a un titulador digital (HACH, USA) y la dureza total se estimó por titulación con EDTA a una concentración de 0,08 M, mediante la utilización de un titulador digital (HACH, USA). El volumen del biofloc se determinó cada dos días con conos Imhoff en 1000 mL de agua de cultivo. Se realizó una primera lectura a los 20 minutos y una segunda a los 40 minutos para observar la estabilidad del biofloc y el tiempo de sedimentación. Los sólidos suspendidos totales (SST) fueron determinados cada dos días pasando 50 mL de agua de cada tanque a través de un filtro de membrana Whatman AC 0,45 μm previamente secado al horno durante 2 h, usando una bomba de vacío. Posteriormente el filtro con el material suspendido fue secado al horno a $60^{\circ}C$ durante 24 h y luego pesado en una balanza analítica para al restar el peso inicial seco, encontrar la cantidad de material que los 50 mL de agua allí depositaron.

Diseño experimental

Se evaluaron dos tratamientos cada uno con tres repeticiones, para un total de 6 unidades experimentales de la siguiente manera: T1 sistema de cultivo con recambio de agua del 50% a la semana y limpieza de fondo dos veces por semana para mantener el agua en condiciones apropiadas para los peces; y T2 cultivo en sistema biofloc sin recambio de agua y con adición de melaza como fuente de carbono en relación C:N de 15:1. Para acelerar el establecimiento de los flóculos bacterianos se inoculó con lixiviado de cama de lombriz roja Californiana para los cual se utilizó 1 L de lixiviado por cada tanque. Para el establecimiento del biofloc se empleó la metodología sugerida por Pasco (2015), se adicionaron melaza a razón de 0,02 g/L para garantizar una fuente de C y 5 mg/L de cloruro de amonio (NH_4Cl) como fuente de N; además de 2 g/L de sal marina y 50 g/L de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) para garantizar una fuente inicial de alcalinidad para las bacterias. Este valor corresponde al cálculo realizado basado en los requerimientos de alcalinidad para llevarla a un nivel de 120 mg/L de CaCO_3 , el cual se especifica a continuación: Cantidad de bicarbonato = (alcalinidad inicial-alcalinidad requerida) * volumen del tanque, es decir que la cantidad de bicarbonato a aplicar fue $(20 \text{ mg/L} - 120 \text{ mg/L}) * 500 \text{ L}$, obteniendo como resultado 50 g/L de (NaHCO_3). La melaza se continuó adicionando cada dos días de acuerdo al volumen del biofloc medido en los conos Imhoff.

Ambos tratamientos recibieron alimento balanceado de 24% de proteína de origen vegetal ([Tabla 1](#)) y el experimento se desarrolló durante un período de 60 días.

Tabla 1. Ingredientes y composición proximal del alimento suministrado a juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*.

Ingredientes	%	Nutrientes	
Arroz cristal	15	Proteína cruda (%)	24
Harina trigo	15	Energía bruta cal/g	3400
Harina arroz 7%	2,4	Grasa (%)	4,3
Salvado de trigo	20	Fibra cruda (%)	4,0
Torta de soya 47%	32,9	Cenizas (%)	11,8
Frijol soya extruido	5	Lisina (%)	1,4
Aceite de soya	1	Metionina (%)	0,6
Carbonato de calcio	4,4	Met-cis (%)	1,0
Tricalfos	2,7	Treonina (%)	0,9
Sal	0,8	Triptófano (%)	0,3
Rovimix peces	0,3	Arginina (%)	1,7
Dl metionina	0,2	Calcio (%)	2,5
Lisina HCl	0,1	Fósforo disponible (%)	0,7
Cloruro de colina 60%	0,06	Sodio (%)	0,4
L treonina	0,05	Potasio (%)	1,5
Antioxidante	0,02	Cloro (%)	0,5
		Almidón (%)	25,9

Se realizaron biometrías cada quince días para monitorear la ganancia de peso y la talla de los peces. En cada muestreo se tomaron 10 peces de cada unidad experimental, se pesaron con una balanza analítica (OHAUS, USA) y se midieron con un ictiómetro.

Se determinó el factor de condición (K) mediante la fórmula $K=W/L^b$, se halló b mediante la ecuación $W=aL^b$ estableciendo la relación entre el peso (W) y la talla (L) de todos los peces obtenidos en cada muestreo. Para estimar la ganancia diaria de peso (GDP) se empleó la siguiente fórmula: Ganancia de peso diaria (GDP = $P_f - P_i$ /días de cultivo; donde P_f es peso final y P_i peso inicial). La biomasa (B) se calculó mediante la fórmula: $B = \text{número de animales} \times \text{peso promedio (g)}$. La tasa específica de crecimiento en peso (TEC). Se estimó con la ecuación $TEC = [(Ln P_f - Ln P_i)/\text{días de cultivo}] \times 100$; Ln es el logaritmo natural. El factor de conversión alimenticia (FCA) se estimó mediante la fórmula: $\text{Alimento semanal /semana}) / (\text{biomasa final} - \text{biomasa inicial})$ y para estimar sobrevivencia (S) se utilizó la fórmula: $S = (\text{Número de peces finales} / \text{Número de peces iniciales}) \times 100$.

Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos cada uno con tres réplicas. Se realizó un test de normalidad (test Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Levene's test) para analizar las variables ganancia diaria de peso, longitud inicial, longitud estándar, biomasa y factor de condición. Posteriormente se realizó una Anova seguida por una prueba de Tukey. Para todos los casos el nivel de significancia utilizado fue del 5%. Para el análisis estadístico se empleó el software SAS Institute Inc (2009). Los resultados fueron expresados como media \pm desviación estándar.

Resultados

Calidad de agua

Los resultados de los parámetros de calidad del agua se muestran en la [tabla 2](#).

Tabla 2. Caracterización de parámetros físico-químicos de calidad de agua para cada tratamiento: T1= Sistema de cultivo con recambio de agua y T2= Sistema de cultivo biofloc, durante 60 días de experimento. Los valores se expresan como el promedio de las mediciones \pm la desviación estándar.

Parámetro	T1	T2
OD mg/L	$6,2 \pm 0,4^a$	$6,1 \pm 0,4^a$
pH	$7,7 \pm 0,4^a$	$7,7 \pm 0,4^a$
Temperatura (°C)	$28,2 \pm 0,5^a$	$28,2 \pm 0,5^a$
NAT (mg/L)	$0,3 \pm 0,6^b$	$0,05 \pm 0,1^a$
Nitrito (mg/L)	$2,4 \pm 1,6^a$	$0,9 \pm 1,0^b$
Nitrato (mg/L)	$54,5 \pm 47,4^a$	$120,9 \pm 84,6^b$
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	$63,3 \pm 26^a$	$73,2 \pm 21,9^a$
Dureza (mg/L CaCO ₃)	$88,9 \pm 34^a$	$158,4 \pm 43^b$
SST (mg/L)	$175 \pm 110,3^a$	$400 \pm 182,9^b$
Salinidad (ppm)	$1,2 \pm 0,7^a$	$2,6 \pm 0,3^b$
Vol Floc (ml/L)	NA	$42,2 \pm 53,3$

Letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa ($P<0,05$). NA: No aplica

En la tabla 2 se observa que los niveles promedios de OD se mantuvieron por encima de 6,0 mg/L. La aireación utilizada permitió mantener estables los niveles de oxígeno y no se encontró diferencia entre los tratamientos ($P=0,9835$). El pH se mantuvo

estable y no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P=0,9682$). Para las concentraciones promedio de NAT se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P<0,05$) se observó que la concentración fue mayor para T1. Así mismo la concentración de nitrito resultó ser significativamente diferente entre los tratamientos ($P<0,05$), se evidencia que el tratamiento con biofloc presentó las concentraciones más bajas de NAT y de nitrito.

Los valores de nitrato resultaron mayores para el tratamiento T2 comparado con el tratamientos T1 siendo estadísticamente diferentes ($P<0,05$). En general los parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo se mantuvieron en rangos adecuados para la cachama blanca ²⁴ y son similares a valores reportados para cachama blanca cultivada en tecnología biofloc ¹¹.

Crecimiento

En la [tabla 3](#) se presentan los resultados de las variables de crecimiento y productivas de juveniles de cachama blanca después de 60 días de experimento.

Tabla 3. Parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*, cultivada por 60 días en sistema con recambio de agua (T1) y sistema biofloc (T2)

Parámetro	T1	T2
Nº peces	80	80
Wi(g) ¹	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0,3
Wf (g) ²	75,7 ± 12,5 ^a	64,6 ± 3,1 ^a
Li(cm) ¹	3,0 ± 0,4	3,0 ± 0,4
Lf (cm) ²	11,5 ± 0,5 ^a	10,1 ± 3,2 ^a
GDP (g/día) ²	0,5 ± 0,4 ^a	0,4 ± 0,4 ^a
B (g) ²	2271 ± 376 ^a	1970,6 ± 110,5 ^a
TEC (%/d)	7,6 ± 0 ^a	7,3 ± 0 ^a
FCA	1,1 ± 0,4 ^a	1,1 ± 0,5 ^a
S (%)	99,2	98,7
K	5,6 ± 0,9 ^a	5,7 ± 1,1 ^a

¹Media±desviación estándar de la población. ²Media±desviación estándar de tres réplicas.
Letras iguales en la misma fila indican que no hubo diferencia significativa ($P>0,05$).

En ambos tratamientos el crecimiento (Wf, Lf, GDP, TEC) y sobrevivencia de la cachama como el rendimiento del cultivo (B, FCA) no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$). Las ganancias de peso diarias van desde $0,42 \pm 0,04$ g/día para T2 siendo ligeramente más bajas, hasta $0,5 \pm 0,4$ g/día para T1.

Por otro lado el factor de conversión para el tratamiento T1 fue 1,08 mientras que para el T2 fue 1,13 a pesar de que las conversiones más bajas fueron registradas en T1 no se observó diferencia estadística significativa ($P=0,6726$) entre los tratamientos.

El factor de condición K no fue diferente entre los tratamientos ($P=0,1393$) y estuvo por encima de 5 indicando que en ambos casos los peces exhibieron buena condición corporal.

Discusión

Los resultados indican que es posible cultivar juveniles de cachama blanca en un sistema con biofloc sin afectar el rendimiento productivo, incluso este puede verse influenciado positivamente y además con un beneficio adicional que es la mejoría en las variables de calidad de agua las cuales afectan en gran medida el desempeño productivo. Los peces del T1 registraron una tasa específica de crecimiento de 7,6 %/día similar a la del T2 la cual fue de 7,3 %/día. Se ha reportado para pacú *Piaractus mesopotamicus* cultivado en biofloc tasas de crecimiento de 1,93 a 2,24 %/día¹ mientras que Bru (2016)² registró tasas de crecimiento de 1,3 a 1,4 %/día para cachama blanca cultivada junto con tilapia en biofloc. El porcentaje de proteína bruta de la dieta pudo haber tenido una influencia sobre el desempeño de los peces. La cachama blanca, el pacú y la cachama negra *Colossoma macropomum* son peces de hábitos omnívoros y en condiciones experimentales tienen la capacidad de adaptarse muy bien a las dietas comerciales basadas en cereales, incluso con bajos niveles de proteína ^{8,25}. Gutierrez et al., (1996) reportaron que el requerimiento mínimo de proteína para obtener un óptimo crecimiento en juveniles de cachama blanca es de 28,8%¹⁶, sin embargo, Vásquez et al., (2011) demostraron que para juveniles es necesario un nivel de alrededor de 32% de PB en la dieta²⁶. Por otra parte para pacú se observó que aumentando el nivel de proteína de 22 a 27,1% se generó un efecto positivo en la ganancia de peso, siendo 27,1% el nivel recomendado para esta especie, mientras que para juveniles se recomienda un nivel del 26% de proteína bruta para suplir los requerimientos nutricionales¹⁴. Otros autores evidenciaron que la cachama blanca puede tener mejores rendimientos que la tilapia nilótica en cultivo con biofloc utilizando niveles de proteína más bajos y sólo de origen vegetal ⁸.

El FCA mostró valores cercanos a 1 sin observarse diferencia estadística entre tratamientos ($P>0,05$). Esto permite evidenciar que en términos de rendimiento, el cultivo en biofloc no afectó negativamente la conversión alimenticia de la cachama blanca. El FCA obtenido se considera óptimo teniendo en cuenta que se empleó un alimento de origen vegetal con 24% de PB lo cual evidencia la eficiencia de la especie con el alimento suministrado. Obtener conversiones cercanas a uno con el uso de alimentos alternativos puede representar una ventaja económica en términos de menores costos de producción cuando se comparan FCA similares pero empleando mayores niveles de proteína. Para el cultivo de juveniles de pacú se han reportado FCA de 1,09 a 1,20¹, muy similares a los obtenidos en este estudio. Por su parte Bru (2016)² reportó FCA de 0,9 para cachama blanca cultivada junto con tilapia en sistema biofloc, valores similares han sido reportados para tilapias cultivadas en el mismo sistema¹⁹; incluso se han reportado FCA más bajos para esta especie alcanzando conversiones de hasta 0,83²⁰. Existen reportes de cultivo de tilapias en biofloc donde se ha logrado disminuir la ración hasta en un 20% sin sacrificar los rendimientos productivos y con una mejor utilización del alimento⁴. Sin embargo también existen estudios donde se registran factores de conversión más altos, para el caso de la carpa *Carassius auratus* cultivada en biofloc se observaron FCA de 2,04 a 2,72 utilizando diferentes relaciones de C:N, resultando un factor de conversión más bajo cuando la relación C:N fue 20:1 y más alto del grupo control, donde la relación C:N fue 10,8:1²⁷.

A pesar de que los reportes de parámetros productivos y de crecimiento para *Piaractus sp.* en etapa de alevinaje y en etapa juvenil cultivados en biofloc son escasos, se han registrado ganancias diarias de peso de 2,11 g/día en pacú², de 2,33 g/día en juveniles de cachama blanca llevados hasta etapa de engorde²⁴.

Las tasas de sobrevivencia registradas en el presente estudio fueron satisfactorias cuando se comparan con cultivos comerciales pudiendo reflejar las óptimas condiciones del medio de cultivo, el bienestar y capacidad de adaptación de los peces. Se ha encontrado una sobrevivencia de cachama blanca en BFT de 92%²⁴.

El factor de condición encontrado en ambos tratamientos durante los muestrazos y al final fue en promedio cercano o superior a 5, indicando un buen estado físico. El valor parece alto cuando se compara con lo reportado por Brú *et al.*, (2017) cerca de 2. La explicación a esta diferencia en K es el peso de los peces, el presente estudio evaluó de 1g hasta 70 g, mientras que Brú *et al.*, (2017) evaluó desde 39 g hasta casi 200 g.

Lo concreto es que los resultados del presente estudio, no muestran beneficios en el crecimiento de la tecnología BFT, más allá de lo que crece la especie en sistemas intensivos. Sin embargo es de resaltar que la BFT es una apuesta a la intensificación disminuyendo consumo de agua y espacio.

Conclusión

La aplicación de la tecnología biofloc permite mantener la misma densidad de peces y similares parámetros productivos entre los tratamientos con la ventaja que el tratamiento con biofloc permitió ahorrar hasta un 50% más de agua.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia por la financiación del proyecto código 18779 y a la empresa Acuicultura y Asesoría ASYA SAS por la donación de los alevinos de cachama blanca para el experimento.

Referencias

1. Abimorad E, Ducatti C, Castellani D, Jomori R, Portella M, Carneiro D. The use of stable isotopes to investigate the effects of supplemental lysine and methionine on protein turnover and amino acid utilization in pacu, *Piaractus mesopotamicus*, juveniles. Aquac Res 2014; 433: 119–124.
2. Abad D, Rincón D, Poleo G. Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus brachypomus* cultivado en sistemas biofloc. Zootecnia Trop 2014; 32 (2): 119–130.
3. Avnimelech Y, Mokady S, Schroeder G. Circulated ponds as efficient bioreactors for single-cell protein production. Isr J Aquacult-Bamid 1989; 41 (2):58–66.
4. Avnimelech Y, Kochva M, Diab S. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. Isr J Aquacult-Bamid 1994; 46(3):119–31

5. Avnimelech Y. Nitrogen Control and Protein Recycling: Activated suspension ponds. *The Advocate* 2000; 23-24
6. Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 2007; 264:140-147.
7. Burford M, Thompson P, McIntosh P, Bauman R, Pearson D. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 2003; 219: 393-411.
8. Brú-Cordero SB, Pertúz-Buelvas VM, Ayazo-Genes JE, Atencio-García VJ, Pardo-Carrasco SC. Bicultivo de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en biofloc alimentadas con dietas de origen vegetal. *Rev Med Vet Zoot* 2017; 64 (1): 44-60.
9. Brú SB. Cultivo en suspensión activa (Bioflocs): Una alternativa para la piscicultura urbana. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2016. 93 p.
10. Crab R, Chielens B, Wille M, Bossier P, Verstraete W. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquac Res* 2010; 41: 559-567.
11. Decamp O, Conquest I, Tacon A. The nutrition and feeding of marine shrimp within zero-water exchange aquaculture production systems: role of eukaryotic microorganisms. In *Microbial approaches to aquatic nutrition within environmentally sound aquaculture production systems*, (eds C.S Lee y P.O'Bryen) The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA 2002; 5: 79-84.
12. Díaz FJ, López RA. El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y de la cachama negra (*Colossoma macropomum*): Fundamentos de acuicultura continental. Instituto nacional de pesca y acuicultura (INPA), Bogotá, 1995: 207 – 221.
13. Ekasari J, Crab R, Verstraete W. Primary Nutritional Content of Bio-flocs Cultured with Different Organic Carbon Sources and Salinity. *HAYATI J Biosci* 2010; 17(3): 125-30
14. Fernandes K, Carneiro D, Sakomura K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*). *R Bras Zootec* 2000; 29: 646-653.
15. González J, Heredia B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). 2.ed. Maracay: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1998: 134p.
16. Gutiérrez W, Zaldívar J, Deza S, Rebaza M. Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (Pisces Characidae). *Folia Amazônica* 1996; 8: 35-45.
17. Granado A. Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento de morocoto *Piaractus brachypomus*, Cuvier, 1818, (pisces:Characiforme), confinado en jaulas flotantes. Instituto limnológico. Universidad de oriente, Caicara del Orinoco. Venezuela. *Saber*. 2000;12:3-7

18. Haridas H, Verma AK, Rathore G, Prakash C, Sawant P B, Rani AMB. Enhanced growth and immuno-physiological response of Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking densities. *Aquac Res* 2017; 48: 4346–4355.
19. Hargreaves J. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquaculture Engineering* 2006; 34:344-363.
20. Long L, Yang J, Li Y, Guan C, Wu F. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 2015; 448: 135–141.
21. Merino M, Bonilla S, Bages F. Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia. Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura – AUNAP, Bogotá 2013: 176p.
22. Meza M, Botero M. La cachama blanca *Piaractus brachypomus*, una especie potencial para el mejoramiento genético. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2007; 20 (1): 79-86.
23. Pasco MJ. Aeração em cultivos superintensivos de tilapias *Oreochromis niloticus*, em bioflocos e com troca mínima de água. Tese Doutorado em aquicultura. Universidade Federal De Santa Catarina, Centro De CiênciasAgrárias Departamento De Aquicultura, Florianapolis. Brasil.
24. Poleo G, Aranbarrio J, Mendoza L, Romero O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesq Agropec Bras* 2011; 46(4): 429-437.
25. Vásquez W. "A pirapitinga, reprodução e cultivo" Espécies Nativas para piscicultura no Brasil. Eds. Bernardo Baldisserotto, Levy de Carbalho Gomes. Santa Maria, RS, Brasil ISBN: 0 ed: Editora UFSM, 2005; 1: 203 – 224.
26. Vasquez W, Pereira M, Arias J. Optimum dietary crude protein requirement for juvenile cachama *Piaractus brachypomus*. Cienc. Rural [online] 2011; 41(12): 2183-2189 disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011001200023>.
27. Wang G, Yu E, Xie J, Yu D, Li Z, Luo W, et al. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquac Res* 2015; 443: 98–104.