

¿Es posible disminuir la proteína en el alimento para peces en policultivo con perifiton?

Can protein content be reduced in fish meal used in periphyton-based polyculture?

¿É possível diminuir o teor de proteína na ração de peixes em policultivo com perifiton?

Sandra Pardo-Carrasco¹, Samir Bru-Cordero², José J. García-González³

¹ MVZ, MSc, PhD. Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal, Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

² Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias - Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

³ Ingeniero acuícola, MSc en Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
Email: scpardoc@unal.edu.co

Recibido: Abril 30 de 2013.

Aceptado: Septiembre 3 de 2013.

Resumen

Con el objetivo de evaluar los efectos del perifiton sobre el desempeño del policultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) se llevó a cabo un cultivo experimental durante 8 meses. Se usaron 12 estanques de 90m² bajo condiciones semi-intensivas, a una baja densidad de siembra (2,6 tilapia/m², 0,7 bocachico/m²). Los estanques no recibieron fertilización durante el periodo experimental. Como sustrato para el perifiton se instalaron verticalmente tubos plásticos negros de 1.2 m de largo y 6 cm de diámetro (B1=presencia, B2=ausencia) a una tasa de 3,3 tubos/m². Se probaron dos estrategias alimentarias: suministro de un alimento con el 20% de proteína durante todo el cultivo (A1), y un plan comercial para peces, con niveles decrecientes de proteína: 38%, 32%, y 24% (A2)¹; lo que se constituyó como un diseño factorial completamente aleatorizado, con tres réplicas por tratamiento. Se evaluó sobrevivencia (%), productividad neta (kg/ha) y conversión alimenticia con un ANAVA con un modelo lineal general (GLM); y peso (g) fue analizado usando ANAVA con un modelo de medidas en el cual el tiempo aparece como el tercer factor (muestreos mensuales). No se encontró interacción entre los factores estudiados (AxB, p<0.05) para productividad neta (kg/ha), ni para conversión alimenticia en ninguna especie. Hubo un efecto principal del factor A sobre la sobrevivencia de tilapia, pero no sobre los otros parámetros medidos. Hubo interacción entre el factor B y el tiempo para el peso del bocachico. El Bocachico que se cultivó con sustrato para perifiton ganó más peso en el mes 8. Esto es importante porque podría reducirse el contenido proteico en la dieta, disminuyendo costos y fuentes de contaminación. Tal vez estos resultados son posibles por la presencia de perifiton en el estanque. Esta podría ser una forma viable de disminuir la demanda de harina de pescado por la fabricación de alimento para peces.

Palabras clave: perifiton, tilapia, bocachico.

¹ A1: es solo proteína del 20% durante todo el cultivo y A2: es el plan comercial que inicia con 38%, luego baja al 32% y termina con alimento del 24% de proteína.

Abstract

In order to evaluate the effects of periphyton on the performance of the polyculture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) conducted an experimental cultivation for 8 months. Twelve 90m² ponds were used in semi-intensive Cultivation conditions, at low stocking density (2.6 tilapia/m², 0.7 bocachico/m²). The ponds were not fertilised during the experimental period. Black 1.2 m long and 6 cm diameter plastic tubes were installed vertically, using 3.3 tubes/m² spacing (B1=presence, B2=absence) as substrate for the periphyton. Two feeding strategies were tested; A1 involved fish meal containing 20% protein throughout the all time and A2 a commercial fish-meal plan having decreasing protein levels (38%, 32% and 24%). A completely randomised factorial design was used, having three repetitions per treatment. Survival (%), net productivity (kg/ha) and feed conversion ratio (FCR) were evaluated with ANOVA, using a general linear model (GLM); weight (g) was analysed using ANOVA with a model comparing means in which time appeared as the third factor (monthly sampling). No interaction was found between the factors studied here (AxB, p<0.05) regarding net productivity (kg/ha) or FCR for either specie. Factor A had the main effect on tilapia survival, but not on other parameters measured here. There was an interaction between factor B and time regarding bocachico weight. Bocachico cultured with substrate for periphyton gained most weight during month 8; this was important because it could lead to reducing protein content in the diet, thereby reducing costs and sources of contamination. These results were possibly due to the presence of periphyton in the ponds. The foregoing has highlighted a strategy for reducing the demand for high protein content fish meal by a *periphyton-based* system for *fish* culture.

Key words: periphyton, tilapia, bocachico.

Resumo

Visando avaliar os efeitos do perifíton no desenvolvimento do policultivo de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e bocachico (*Prochilodus magdalenae*) levou-se um cultivo experimental durante oito meses. Usaram-se 12 viveiros de 90m² em condiciones semiintensivas, com baixa densidade de estocagem (2,6 tilápia/m², 0,7 bocachico/m²). Os viveiros não receberam fertilização durante o período experimental. Como substrato para o perifíton foram instalados verticalmente canos plásticos pretos de 1,2 m de comprimento e 6 cm de diâmetro (B1=presencia, B2=ausência) a uma taxa de 3,3 canos/m². Avaliaram-se duas estratégias alimentarias: fornecimento de ração com 20% de proteína durante todo o cultivo, e rações com níveis decrescentes de proteína (38%, 32, e 24%), A1 e A2 respectivamente; constituindo um desenho fatorial completamente ao acaso, com três repetições para cada tratamento. Foram avaliadas sobrevivência (%), produtividade neta (kg/ha) e fator de conversão alimentar com ANOVA num modelo lineal geral (GLM); o peso (g) foi analisado usando ANOVA num modelo de medidas repetidas no tempo, este como o terceiro fator (amostras mensais). Não se observou interação entre os fatores estudados (AxB, p<0.05) para produtividade neta (kg/ha) nem para o fator de conversão alimentar para nenhuma das espécies. Houve um efeito principal do fator A sobre a sobrevivência da tilápia-do-Nilo, mas não sobre os outros parâmetros medidos. Houve interação entre o fator B e o tempo para o peso do bocachico. O Bocachico que foi cultivado com substrato para perifíton ganhou mais peso no oitavo mês. Isto é importante porque o conteúdo protéico na ração poderia ser reduzido, diminuindo custos e fontes de poluição. Os resultados são possíveis, provavelmente pela presença do perifíton no viveiro. Esta é uma possibilidade para diminuir a demanda de farinha de peixe para a elaboração de alimento para peixe.

Palavras chave: Perifíton, tilápia-do-Nilo, bocachico

Introducción

El creciente número de habitantes en el planeta que demanda alimentos de origen acuático ha hecho necesarias la expansión e intensificación de la producción acuícola. El objetivo principal de estos

incrementos es producir más organismos sin aumentar significativamente el uso de los recursos naturales básicos como agua y tierra y proporcionar una equitativa relación costo/beneficio generando sostenibilidad económica y social (Avnimelech, 2012).

La empresa acuícola demanda grandes volúmenes de alimentos balanceados. Para el caso colombiano, el alimento balanceado representa cerca del 60% de los costos de producción (Espinal *et al.*, 2005). La FAO (2010) afirma que cerca de 6 millones de toneladas de pescado, provenientes de poblaciones naturales sujetas a presión pesquera, se emplean para fabricar alimentos concentrados, lo cual se constituye en el principal punto de insostenibilidad. De acuerdo con Tacon *et al.* (2011) el rápido crecimiento de la acuicultura se ha debido, en parte, a la disponibilidad y a la provisión en las granjas de materias primas dentro de los países con mayor producción. Sin embargo, advierten que de seguir el crecimiento de la producción a tasas anuales entre 8 a 10%, las materias primas necesarias para atender la demanda no alcanzarán, razón por la cual es perentorio estudiar alternativas económica y ecológicamente viables. Es necesario recordar que el mayor porcentaje de la producción mundial es asiática y se hace en sistemas extensivos, lo cual está cambiando hacia la intensificación en demandas de materias primas y recursos naturales, con todo lo que esto significa.

Una posibilidad de enfrentar este hecho es la acuicultura ecológica, que planea, diseña, desarrolla, monitorea y evalúa ecosistemas de cultivo que preserven y mejoren las formas y funciones del ambiente natural y social en el cual está instalado (Costa-Pierce, 2010). De esta forma concebir la acuicultura como un ecosistema viabiliza incluir dentro del estanque de cultivo organismos productores, consumidores, descomponedores y detritívoros, disponiendo una red trófica más completa. Entonces, la tilapia (consumidor), el bocachico (detritívoro), el perifiton autotrófico (productor) y el perifiton heterotrófico (descomponedor) dentro de un estanque de cultivo, probablemente sea una forma más eficiente de producir carne de peces, emulando un ecosistema natural. Un policultivo de peces con perifiton disponible cumple con las características definidas para la denominada acuicultura multitrófica integrada al relacionar varias especies de bajo nivel trófico, aprovechar áreas del estanque, establecer jerarquías alimenticias y realizar un adecuado reciclaje de nutrientes (Chopin, 2006). La tilapia tiene un régimen alimenticio herbívoro filtrador; tiene branqui espinas dispuestas para el filtrado de organismos planctónicos, terminación bucal que le posibilita el ramoneo o raspado de áreas en las cuales se fijan organismos autotróficos y heterotróficos de las comunidades perifíticas (El-Sayed, 2006). Por su parte, el bocachico es una especie de hábitos bentónicos, detritívora-iliófaga, con labios adaptados para el ramoneo (Mojica *et al.*, 2002), en las ciénagas se alimenta del detrito proveniente de la descomposición de la materia orgánica aportada

principalmente por la vegetación acuática (macrófitas) y en los ríos, de las algas que crecen adheridas a las rocas y troncos sumergidos (Mojica *et al.*, 2012). Tilapia y bocachico son dos especies que utilizan diferentes nichos y que enriquecen la cadena trófica. De acuerdo con Rahman y Verdegem (2007) es posible incrementar la eficiencia del estanque de cultivo con una adecuada combinación de especies, en la densidad de siembra ideal y con una apropiada proporción entre ellas. Apoyando la propuesta anterior Bosma *et al.* (2011) dicen que es posible lograr un incremento en la producción colocando superficies sumergidas y el uso de especies que se ubiquen en diferentes niveles en la cadena trófica, creando sinergias que favorezcan el ecosistema artificial. Un ejemplo recientemente demostrado es que el perifiton estimula la presencia de fitoplancton en mayor cantidad y diversidad dentro del estanque (García *et al.*, 2012).

Por lo anterior, establecer una producción imitando un ecosistema natural como el descrito anteriormente, permitiría disminuir la cantidad de insumos adicionales al estanque, así como ofrecer alimentos balanceados con menor nivel de proteína, lo que los haría más económicos. En consecuencia, se pretende evaluar el efecto de dos estrategias alimentarias utilizando sustratos perifíticos en el desempeño productivo de un policultivo de tilapia nilótica y bocachico.

Materiales y métodos

Este estudio contó con el aval del Comité de Experimentación Animal del Centro de investigación Piscícola (CINPIC), Universidad de Córdoba, Colombia (CINPIC 001 Febrero 16, 2009).

El estudio fue llevado a cabo en 12 estanques rectangulares en tierra de 90 m² cada uno, con una profundidad de 1m, localizados en el municipio de Cereté, Córdoba-Colombia. Los estanques se prepararon previamente con secado, limpieza y desinfección con cal viva a razón de 50 g/m² y no recibieron fertilizantes durante el experimento.

Se utilizaron alevinos de tilapia nilótica con homogeneidad en peso y talla y un porcentaje de reversión sexual superior al 90%. Los alevinos de bocachico se consiguieron en el Centro de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba (CINPIC). Se sembraron 234 tilapias y 63 bocachicos en cada estanque, para una densidad de 2,6 tilapias/m² y 0,7 bocachicos/m² (densidad total 3,3 peces/m² y 297 peces/unidad experimental). Ambas especies iniciaron con 1g de peso.

Diseño experimental

Se establecieron cuatro tratamientos, con tres réplicas cada uno, que obedecieron a una combinación entre dos niveles del factor estrategia alimentaria (Factor A) y el factor sustrato (Factor B), donde los niveles del factor A1 fue alimento con proteína bruta (PB) del 20% durante todo el experimento, y A2 fue un plan comercial con alimentos con niveles decrecientes de PB: 38%, 32% y 24% PB; el factor B contó con dos niveles: B1 (presencia de sustrato) y B2 (ausencia de sustrato). El sustrato ofreció áreas adicionales del 67% en cada estanque para la fijación de comunidades perifíticas, que para el caso del presente trabajo consistieron en tubos plásticos de polietileno con 6 cm de diámetro y 1,2 m de longitud, a razón de 3,3 tubos/m². Los tubos fueron suspendidos en forma vertical dentro de los estanques. Veinte días después, habiéndose verificado la fijación de perifiton en el sustrato, se colocaron los peces. El suministro del alimento inició con una tasa de alimentación del 12% de la biomasa estimada de tilapia (234 g por estanque al inicio del experimento) y disminuyó progresivamente de acuerdo al peso promedio hasta llegar a suministrar 1,1%. El tiempo de cultivo fue de ocho meses.

Monitoreo de la calidad del agua

Durante la fase experimental se registraron diariamente parámetros fisicoquímicos del agua: oxígeno disuelto y temperatura (YSI 550A, USA); pH (YSI 55, USA), y la transparencia con disco *Secchi*, entre las 08:00 y 09:00 horas y entre las 17:00 y 18:00 horas.

Parámetros productivos

Mensualmente se midió (ictiómetro graduado en milímetros) y pesó (Balanza Precisa, 5000D – 12000G, USA \pm 0.1 g) el 10% de la población en cada estanque. En la cosecha final se contaron los peces de cada estanque para determinar la sobrevivencia y biomasa total (kg) por estanque. La sobrevivencia se calculó con la ecuación $S=100 (Nt/No)$, en donde No= Número de individuos sembrados y Nt= Número de individuos cosechados. La biomasa total final del cultivo (Bt) se estimó mediante la fórmula $Bt=Nt*Wt$, en donde Wt= peso promedio de los individuos cosechados. La productividad se determinó como la biomasa total cosechada por hectárea (kg/Ha) y el factor de conversión alimenticia (FCA) se estimó con la siguiente fórmula $FCA= \text{Alimento suministrado total (kg)}/\text{Biomasa total (kg)}$. Para la conversión alimenticia de las especies en cultivo, se realizaron dos procedimientos; en el primero, se consideró solamente la conversión de la tilapia, relacionando la biomasa total de tilapia con el consu-

mo total de alimento en el estanque, sin atribuir nada de alimento al bocachico. En el segundo, se consideró la conversión de todo el estanque, dividiendo el consumo total de alimento del estanque en la biomasa total (tilapia + bocachico).

Análisis estadístico

Se usó el software SAS Institute Inc (2009) y se verificó el cumplimiento del supuesto de normalidad de los datos. Peso final (g), Sobrevivencia (%), productividad (kg/ha) y conversión alimenticia se evaluaron mediante ANOVA, usando el procedimiento GLM; mientras que el peso (g) se analizó mediante análisis de medidas repetidas, usando el procedimiento MIXED. Para el efecto, se evaluaron tres estructuras de covarianza: simétrica compuesta, sin estructura y autorregresiva de primer orden. Se eligió un nivel de significancia del 5%. En los casos en que se hallaron diferencias significativas, se llevaron a cabo las correspondientes pruebas de Tukey.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los valores promedios mensuales (\pm desviación estándar) de los parámetros fisicoquímicos del agua determinados durante el cultivo. Oxígeno disuelto, pH y temperatura se mantuvieron en límites aceptables para peces tropicales.

Se observó que el perifiton autotrófico solo se formó en los primeros diez centímetros del tubo sumergido, coincidiendo con los valores de la transparencia de los estanques (Tabla 1).

Los parámetros productivos finales del cultivo se presentan de forma independiente para cada especie (Tabla 2) y se observó, en forma general, que para ninguna especie hubo efectos de interacción entre los dos factores evaluados (AxB) ($P<0,05$). Se observó efecto del factor A sobre la sobrevivencia de tilapia ($P=0,0183$), pero no sobre los otros parámetros (peso, conversión alimenticia y rendimiento), tampoco del factor B sobre estos parámetros zootécnicos de ambas especies (Tabla 2).

El análisis con medidas repetidas mostró interacción entre el factor B y el tiempo para el peso en bocachico ($P=0,0414$) (Tabla 3). La Tabla 4 muestra de qué forma ocurrió esta interacción, indicando que para el mes 8 de cultivo los bocachicos en presencia de perifiton alcanzaron mayor peso.

Para el caso de tilapia no hubo interacción entre los factores A y B, ni de cada uno con el tiempo.

Tabla 1. Promedios mensuales de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el policultivo de Tilapia y Bocachico con perifiton

PARÁMETRO	Mes1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
OD (ppm)**	2,5±0,3	4,4±0,3	4,0±0,6	4,1±1	3,6±1,6	3,3±1,7	3,7±1,7	3,6±1,3
pH	7,9±0,0	7,7±0,0	7,5±0,0	7,7±0,0	7,5±0,0	ND*	ND	ND
Transparencia (cm)	11±1,1	11,8±1,0	12,7±3,0	11,0±1,9	11,7±2,7	12,1±2,5	11,5±2,1	11,6±2,3
T (°C)	29,4±0,6	31,5±0,5	31,7±0,3	30,8±0,3	30,8±0,3	31,3±0,3	31,1±0,3	31,1±0,3

** ND: no determinado por daño del equipo; ** Oxígeno Disuelto, Transparencia medida con disco de Secchi, T: temperatura

Tabla 2. Desempeño productivo de la tilapia y bocachico en policultivo con perifiton como alternativa de alimento

Parámetros productivos		Media (Prueba de Tukey)*			
		Estrategia alimentaria (A)		Sustrato (B)	
		20%	Plan comercial	SI	No
Tilapia Peso siembra (1g)	Peso final (g)	313.7±25.9	281.5±38	300.7±39.3	294.6±34.1
	Sobrevivencia (%)	77.5±9.7 ^a	91.5.5±7.8 ^b	82.0±12.6	87.0±10
	Rendimiento (kg/ha)	6302.9±827.2	6648.7±563.2	6331.2±677.4	6620.4±751
	Conversión	2.0±0.2	1.8±0.2	1.9±0.1	1.9±0.2
Bocachico Peso siembra (1g)	Peso final (g)	58.6±19.3	56.2±22.4	58.2±20.5	56.6±21.3
	Sobrevivencia (%)	61.9±18	57.7±12.2	55.6±7.4	64.0±17.7
	Rendimiento (kg/ha)	266.6±152.1	225.2±102.4	224.3±74.8	267.5±167.2
	Conversión T+B**	1.9±0.2	1.8±0.2	1.9±0.1	1.8±0.2

* La media en la misma fila con superíndices distintos son significativamente diferentes (P <0,05) entre cada factor;

** T+B: Tilapia + bocachico

Tabla 3. Análisis de varianza con medidas repetidas para el peso de los Bocachicos

Factores	ANOVA					
	A	B	AxB	AxBxT	BxT	AxT
Peso final (g)	ns	ns	ns	ns	*	ns

*Ver tabla 4

Tabla 4. Interacción del factor B x TIEMPO para la variable peso en Bocachicos en policultivo con Tilapia y en presencia de perifiton, a través del tiempo

	Tiempo (T)							
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Sustrato (B)								
(Efectos simples de B en niveles específicos de T)								
Presencia (B1)	8.89	11.90	19.75	22.18	28.25	42.59	51.19	78.25 ^a
Ausencia (B2)	7.25	10.47	21.06	27.47	35.23	52.34	45.73	58.91 ^b
ANAVA		Pr > F						
Efecto de los factores								
Estrategia alimentaria (A)		0.9637						
Sustrato (B)		0.7309						
A*B		0.9353						
A*Tiempo		0.1839						
B*Tiempo		0.0414						
A*B*Tiempo		0.8983						

Discusión

Probablemente, la razón por la cual el factor B no tuvo efectos sobre el desempeño del policultivo, fue porque la cantidad de perifiton que se formó no fue suficiente debido a la baja transparencia del agua causada por sólidos en suspensión, básicamente arcilla. El perifiton requiere para su formación, además de nutrientes, la intensidad de la luz, y esta no fue suficiente en los estanques del presente estudio (Azimet *et al.*, 2003; Hobson *et al.*, 2009). Sahueta *et al.* (2007) reportaron un número de células u organismos perifíticos entre 267,9-578,9 unidades/mm², mientras que en el presente estudio los valores más altos fueron 37±3,5 unidades/mm² y el Índice de diversidad del perifiton estuvo entre 1,6±1,3 (García, 2012). La diversidad taxonómica y la abundancia del perifiton depende de una serie de factores como el hábitat y el tipo de sustrato (Biggs y Smith, 2002), la intensidad de la luz (Maltais y Vincent, 1997), la presión de ramoneo (Muñoz *et al.*, 2000), la disponibilidad de nutrientes (Van der Grinten *et al.*, 2004) y los disturbios físicos (Blenkinsopp y Lock, 1994). Se sugiere que la cantidad de perifiton establecido en los tubos no fue suficiente para causar efectos sobre el desempeño de los peces en policultivo. Es probable que el perifiton tenga un mejor desarrollo en aguas más claras, con 30 o 40 cm de transparencia.

El resultado más importante es la no diferencia entre el desempeño del policultivo con los dos niveles del factor A, es decir, bajo cualquier estrategia alimentaria el desempeño productivo fue igual. Para el caso de las especies cultivadas en las densidades empleadas, proporcionar un alimento con el 20% de proteína cruda durante todo el experimento fue igual a proporcionar niveles más altos de proteína como las que ofrecía el plan comercial (38, 32 y 24 % PB). Esto es importante porque el alimento con menor nivel proteico es más económico y menos contaminante. Este resultado puede ser posible por la presencia de perifiton.

Por otro lado, el bocachico es un comedor de fondo y la tilapia es una comedora descuidada ("sloppyfeeder") (Van der Meer *et al.*, 1997); entonces, de acuerdo a lo asegurado por Bosma y Verdegem (2011), esta especie de nivel trófico inferior, el bocachico, puede aprovechar el alimento desperdiciado por la tilapia.

Por otra parte, el factor B interactuó con el tiempo e influyó positivamente el crecimiento del bocachico, al final del cultivo. Esto es posible porque el bocachico es visto consumiendo alimento balanceado durante las primeras semanas; después no se ve más llegando a la superficie, lo que supone que se dedique a sus hábitos bentónicos, detritívoros e iliófagos, seguramente consumiendo alimentos como perifiton.

El policultivo puede mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes adicionados al estanque, ya que se establecen diferentes nichos alimenticios por las especies, siempre y cuando se haga emulando lo que sucede en la naturaleza, evitando antagonismos entre especies (Rahman *et al.*, 2006) y desequilibrios en las cantidades de cada especie en particular (Rahman y Verdegem, 2007). En el presente estudio es probable que la cantidad de bocachico haya sido muy alta, causando resuspensión de sólidos en la columna de agua por sus hábitos bentónicos (Azim *et al.*, 2005; Yossa *et al.*, 2009), lo que afectó la transparencia del estanque y a su vez la formación de perifiton (Rahman y Verdegem, 2007). Según Rahman y Verdegem (2007) los peces bentónicos producen una fuerte agitación en el fondo del estanque, incrementando la turbidez y facilitando el flujo de nutrientes a través de la cadena trófica (Milstein *et al.*, 2006), aunque en excesos la situación de resuspensión puede afectar la productividad primaria. Por lo demás, es posible la cantidad total de peces fuese alta, 3,3 peces/m² causando presión excesiva sobre la generación de perifiton; probablemente la presión de ramoneo fue superior a la capacidad de renovación del perifiton.

Este cultivo fue llevado a cabo sin renovación de agua, sin suministro de oxígeno o aire y sin el uso de fertilizantes; el sistema fue semi-intensivo, y es probable que el perifiton trabaje mejor en sistemas extensivos. Sin embargo, se podría mantener bajo condiciones de semi-intensivo y usar un alimento de bajo nivel proteico, con dos objetivos: alimentar los peces y fertilizar el estanque (restos de alimento no consumido) aumentando la disponibilidad de productividad primaria; con lo cual será necesario menos cantidad de alimento (Bosma y Verdegem, 2011) y se optimizará el reciclaje y la recirculación de nutrientes.

Bosma y Verdegem (2011) resaltan la influencia positiva que una especie puede ejercer sobre la disponibilidad de alimentos para otras especies. Incluir el bocachico dentro de este experimento con perifiton y tilapia obedeció a atender un abordaje ecosistémico de la piscicultura, el cual busca armonizar la actividad con el medio ambiente e incrementar su productividad a través de alternativas regionales y económicas, como es el caso del bocachico y del perifiton.

La industria acuícola está siendo presionada a reducir su dependencia de harina y aceite de pescado. Sin embargo, el efecto positivo del consumo de pescado sobre la salud humana está influenciado por la calidad de la proteína y el perfil de ácidos grasos en la dieta de los peces, y no todos los substitutos de harina y aceite de pescado tienen la misma calidad (Cheung y

Sumaila, 2008), razón por la cual no se deben hacer únicamente pruebas de desempeño productivo, es necesario evaluar calidades composicionales en la carne de los peces al final del cultivo y las características organolépticas. De acuerdo con los resultados, parece ser que el perifiton es una buena estrategia para mejorar el desempeño del policultivo, especialmente con peces de bajo nivel trófico.

Esta es una posibilidad para disminuir la demanda de harina de pescado. El trabajo de Restrepo *et al.* (2012) mostró que el perifiton tiene una relación $\Omega 6:\Omega 3$ de $0,7 \pm 0,007$ y para Bocachico de $0,7 \pm 0,1$, y aseguran que el perifiton se entrevé como una apropiada fuente alimenticia para peces, rica en precursores de ácidos grasos $\Omega 3$. Lo anterior indica que perifiton podría convertirse en un complemento para las dietas balanceadas que no tengan como fuente proteica la harina de pescado.

Es necesario desarrollar más experimentos en agua más clara y con menor cantidad de peces bentónicos. También es necesario revisar la relación C:N para un mejor desarrollo del perifiton.

Se puede concluir que el perifiton presenta la posibilidad de disminuir la demanda de harina de pescado para la fabricación de dietas para peces de cultivo.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado en su totalidad por el Proyecto código 234-2008U62189-6087, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y la Universidad de Córdoba.

Referencias

Avnimelech Y. 2012. Biofloc Technology – A practical guide book. 2nd edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 182 pp.

Azim ME, Asaeda T. 2005. Periphyton structure, diversity and colonization. En: Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM, editores. Periphyton ecology, exploitation and management. Wallingford (GB): CABI Publishing. p. 15-32.

Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM. 2005. Periphyton ecology, exploitation and management. Wallingford (GB): CABI Publishing. 319 p. 8.

Azim ME, Verdegem MCM, Singh M, Van Dam AA, Beveridge MCM. The effects of periphyton substrate and fish stocking density on water quality, phytoplankton, periphyton and fish growth. Aquac Res, 2003; 34: 685-695.

Biggs BJF, Smith RA. Taxonomic richness of stream benthic algae: effects of flood disturbance and nutrients. Limnol Oceanogr, 2002; 47: 1175-1186.

Blenkinsopp SA, Lock MA. The impact of storm-flow on river biofilm architecture. J Phycol, 1994; 30: 807-818.

Bosma R, Verdegem MCJ. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. Livest Sci, 2011; 139: 58-68

Cheung WWL, Sumaila UR. Trade-offs between conservation and socio-economic objectives in managing a tropical marine ecosystem. Ecol Econ, 2008; 66:193-210.

Chopin T. Integrated multi-trophic aquaculture. What it is, and why you should care and don't confuse it with polyculture. Northern Aquaculture, 2006; 12(4): 4.

Costa Pierce B. Sustainable Ecological Aquaculture Systems: The Need for a New Social Contract for Aquaculture Development. Mar Technol Soc J, 2010; 44(3): 88-112.

El-Sayed AF. 2006. Tilapia Culture. Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt. CAB Publishing. 275 p.

Espinal GC, Martínez CH, González RF. 2005. La cadena de la piscicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005. Documento de trabajo, nro. 106 [Internet]. Bogotá: Observatorio Agro-cadenas Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 46 p. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/9812.pdf>.

FAO. 2010. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma, 242 p.

Hobson AJ, Neilson B. 2009. Effects of shortwave radiation on instream temperatures due to increased turbidity, substrate color variation, and reflection changes. (Undergraduate Research). United States: Department of Civil and Environmental Engineering, Utah State University

García JJ, Correa GA, Pardo-Carrasco SC. Phytoplankton and periphyton in ponds with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Rev Colomb Cienc Pecu, 2012; 25: 603-614.

García JJ. 2012. Desempeño productivo del policultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) con perifiton como alternativa de alimento. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.

Maltais MJ, Vicent WF. Periphyton community structure and dynamics in a subarctic lake. Can J Bot, 1997; 75:1556-1569.

Milstein A, Ahmed AF, Masud OA, Kadir A, Wahab MA. Effects of the filter feeder silver carp and the bottom feeder's mrigal and common carp on small indigenous fish species (SIS) and pond ecology. Aquaculture, 2006; 258(1-4): 439-451.

Mojica JI, Álvarez-Leon. 2002. *Prochilodus magdalenae*. En: Mojica, J.I., Castellanos, C., Usma, J.S. & Álvarez, R. (eds.) Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie Libros Rojos de especies amenazadas de

- Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Mojica JI, Usma JS, Álvarez-León R, Lasso CA. (Eds). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 301 pp.
- Muñoz I, Real M, Gusah H, Navarro E, Sabater S. Resource limitation by freshwater snail (*Stagnicola vulnerata*) grazing pressure: an experimental study. *Archiv für Hydrobiologie*, 2000; 148: 517-532.
- Rahman MM, Verdegem MCJ, Nagelkerke LAJ, Wahab MA, Milstein A, Verreth JAJ. Growth, production and food preference of rohu *Labeorohita* (H.) in monoculture and in polyculture with common carp *Cyprinus carpio* (L.) under fed and non-fed ponds. *Aquaculture*, 2006; 257: 359-372.
- Rahman MM, Verdegem MCJ. 2007. Multi-species fishpond and nutrient balance. Chapter 3, page 79. In: Van der Zijpp AJ, Verreth JAJ, Quang Tri Le, van Mensvoort MEF, Bosma RH, Beveridge MCM. *Fishponds in farming systems*. Wageningen Academic Publishers. 311p
- Restrepo TI, Díaz GJ, Pardo SC. Peces dulceacuícolas como alimento funcional: perfil de ácidos grasos en tilapia y bocachico criados en policultivo. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2012; 10(2): 44 -53
- Sahu PK, Jena JK, Das PC, Mondal S, Das R. Production performance of *Labeocalbasu* (Hamilton) in polyculture with three Indian major carps *Catla catla* (Hamilton), *Labeorohita* (Hamilton) and *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) with provision of fertilizers, feed and periphytic substrate as varied inputs. *Aquaculture*, 2007; 262(2-4): 333-339.
- SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, Carolina del Norte 27513, EE.UU. Copyright © 2009
- Tacon AGJ, Hasan M, Metian M. 2011. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 564*. FAO, 87 pp.
- Van der Meer MB, Faber R, Zamora JE, Verdegem MCJ. Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossomacropomum* (Cuvier). *Aquacult Res*, 1997; 28: 391-403.
- Van der Grinten E, Janssen M, Simis SGH, Barranquet C, Admiraal W. 2004. Phosphate regime structures species composition in cultured phototrophic biofilms. *Freshwater Biol*, 2004; 49: 369-381.
- Yossa MI, Hernández-Arévalo G, Vásquez-Torres W. Efecto del "coporo", *Prochilodus mariae* (Characiformes: *Prochilontidae*), sobre la calidad del agua en sistema de policultivo. *Actual Biol* 2009; 31(supl,1):199