

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ORGÁNICO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) CULTIVADA EN ESTANQUES DE TIERRA

A. Bermúdez^{1*}, A. P. Muñoz-Ramírez¹, G. A. Wills¹

Artículo recibido: 7 de junio de 2012; aprobado: 11 de noviembre de 2012

RESUMEN

Se evaluó el efecto de un sistema de alimentación integrado por dietas formuladas con recursos alternativos orgánicos y diferentes niveles de fertilización orgánica sobre parámetros zootécnicos en peces de consumo cultivados en estanques de tierra. Se utilizaron 1.324 juveniles de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cuyo peso inicial promedio fue de $161,9 \pm 7,0$ g, solo machos sexados manualmente, sin reversión hormonal. Se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, distribuidos en 9 estanques de tierra (200 m² cada uno), cultivados bajo las normas de Naturland (2007, 2008, 2011) para la acuicultura orgánica. Durante 180 días se suministraron dietas (*levante*: 27% PB y 4.120 cal/g EB; *finalización*: 21% PB y 4.200 cal/g EB) formuladas con recursos provenientes de producción agrícola orgánica certificada. Se implementaron tres variables: un control sin fertilizante y dos diferentes niveles de fertilización con gallinaza orgánica (*T1*: Abonamiento intensivo con 5 g/m²/día; *T2*: Abonamiento periódico con 14 g/m²/semana y *T3*: Sin abonamiento). Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre parámetros productivos: ganancia diaria de peso, conversión alimenticia aparente, tasa de crecimiento específico, rendimiento en filete, índices viscerosomático, hepatosomático y de grasa visceral, relación de eficiencia proteica, valor productivo de proteína y eficiencia de retención de energía. No se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas ($p > 0.05$). Los resultados indican la posibilidad de implementar un sistema de alimentación orgánico como alternativa productiva que logra parámetros productivos que se aproximan a lo reportado para explotaciones convencionales de tilapia y con el potencial de posicionar un producto final en eco-mercados diferenciales siendo sustentable en su obtención.

Palabras clave: acuicultura orgánica, alimentación de peces, fertilización de estanque, *Oreochromis niloticus*.

EVALUATION OF AN ORGANIC FEEDING SYSTEM ON THE PRODUCTIVE PERFORMANCE OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) IN EARTHEN PONDS

ABSTRACT

It was evaluated the effect of a feeding system that included formulated diets with organic alternative resources and different levels of organic fertilization on animal production evaluation parameters in fish farmed in earthen ponds. 1,324 juvenile Nile

¹ Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Cr. 45 nro. 26-85, Bogotá (Colombia).

* Autor para correspondencia: abermudezd@unal.edu.co

tilapia (*Oreochromis niloticus*) with initial weight of 161.9 ± 7.0 g, male manually sexed without hormonal reversal were used. It was used a completely randomized design with three treatments and three replicates, randomly distributed in 9 earthen ponds of 200 m² each. The husbandry management was under the Naturland standards for organic aquaculture. During 180 days fish were fed diets (*growth*: 27% CP and 4,120 cal/g GE; *finish*: 21% CP and 4,200 cal/g GE) formulated using resources from certified organic agricultural production. Were handled without fertilizer control and two different levels of organic chicken manure fertilization (*T1*: intensive fertilization with 5g/m²/day; *T2*: periodically fertilization with 14g/m²/week and *T3*: no fertilization). The effect of treatments was evaluated on: daily weight gain, apparent feed conversion, specific growth rate, fillet yield, viscerosomatic, hepatosomatic and visceral fat index, protein efficiency ratio, protein production value and energy retention efficiency. There were not significant differences in the variables evaluated ($p < 0.05$). Results obtained suggest that it is possible to implement an organic feeding system to be a productive alternative that able to maintain production parameters approximate to that reported to conventional production, with potential to position the final product markets to be sustainable differential extraction.

Key words: organic aquaculture, fish feeding, fertilization of ponds, *Oreochromis niloticus*.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la producción orgánica es minimizar el impacto ambiental tanto como sea posible con relación a los sistemas de producción comerciales (IFOAM 2010). La acuicultura orgánica difiere de la convencional en que su enfoque es la producción armónica con el medio ambiente, empleando prácticas que procuren asemejarse a las condiciones naturales de los organismos (Boscolo *et al.* 2010), asegurándose de estar siempre comprometida con los factores social, económico y con la sostenibilidad, incluyendo el uso razonable de los recursos empleados para la alimentación (Tusche *et al.* 2011).

El crecimiento y producción sostenible de la acuicultura se ha dirigido a la reducción progresiva del uso de harina de pescado proveniente de la pesca silvestre como componente de los alimentos acuícolas (Francis *et al.* 2001); así, la sustitución de la harina de pescado como única fuente proteica de las dietas se ha

convertido en el principal desafío para la industria (Pelletier y Tyedmers 2007). Es importante considerar que en la actualidad en Colombia no existe disponibilidad permanente y suficiente de recursos animales de producción orgánica certificada de alto valor proteico para ser incluidos en la formulación de dietas para acuicultura orgánica. Por tanto, se acentúa la necesidad de explorar en recursos vegetales orgánicos alternativos como sustitutos de fuentes convencionales de proteína (Meurer *et al.* 2003; Lund *et al.* 2011; Tusche *et al.* 2011).

La producción de organismos acuáticos se encuentra ante el reto de adaptarse al concepto de sustentabilidad, razón por la cual la acuicultura orgánica ha llamado la atención de productores innovadores y consumidores. Dentro de los objetivos de dicha producción está el uso de un sistema de manejo que permita que la integralidad del medio ambiente, agua y suelo se conserve, sin dejar se lado los aspectos sociales y económicos del sector.

Una de las prácticas empleadas en la acuicultura orgánica es el uso de abonos que no provengan de síntesis química. El uso de abono o estiércol promueve la producción de alimento rico en proteínas con alto valor biológico a partir de insumos de escaso valor nutritivo para el hombre o el ganado. Ello ha implicado conocer a profundidad aquellos procesos mediante los cuales el abono se convierte en carne de pescado a través de la estimulación de las cadenas tróficas naturales con el objeto de aumentar la producción autotrófica y heterotrófica (Wohlfarth y Hulata 1987). En sistemas semi-intensivos, la adición de abono en estanques de peces tiende a acelerar los procesos biológicos y, como consecuencia, promueve mayor densidad fitoplanctónica, seguida de un desarrollo fitoplanctónico (Santeiro *et al.* 2006).

En el cultivo de tilapia en estanques de tierra, la estrategia de alimentación y nutrición para cada etapa del cultivo se debe ajustar en función de la población de peces del estanque (biomasa) y la disponibilidad de plancton (principalmente fitoplancton), el cual podría llegar a aportar entre 50 y 70% del crecimiento de la tilapia en estanques con el agua verde y bajo recambio (Kubitza 2006). En cultivos intensivos en estanques de tierra, el plancton y otros alimentos naturales pueden contribuir entre 30 y 40% de la ganancia en peso de las tilapias, ayudando a reducir el costo de producción (Kubitza 2009).

En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2011) reportó el aumento significativo de la producción piscícola del país durante la última década; sin embargo, ha manifestado que existen aspectos de la cadena productiva en los cuales se debe trabajar para mejorar la competitividad nacional e internacional de las principales especies cultivadas, como

es el caso de la tilapia. Esta especie ha sido seleccionada para acuicultura ya que es reconocida por su rápido crecimiento, carne de buena calidad, resistencia a enfermedades, adaptabilidad a un amplio rango de condiciones medioambientales, reproducción en cautiverio y alimentación en aguas cálidas (El-Sayed 2006; Nguyen y Davis 2009).

En este trabajo se dan a conocer los resultados obtenidos de la evaluación de un sistema de producción acuícola alternativo que utiliza dos diferentes niveles de fertilización orgánica y sin ella, con dietas formuladas con recursos provenientes de producción orgánica certificada, sobre los parámetros productivos de la especie tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en la Estación Piscícola de Alto Magdalena -INCODER- ubicada en la vereda Pueblo Nuevo, Municipio de Gigante, Huila, Colombia (altitud: 930 m.s.n.m.; temperatura media: 24°C).

Material biológico y tratamientos

Se utilizaron 1.324 ejemplares de tilapia nilótica ($161,9 \pm 7.0$ g) sin reversión hormonal, sexados manualmente y distribuidos aleatoriamente en 9 estanques de tierra con 200 m² c/u y una densidad final estimada de 0,5 kg/m² (considerando una mortalidad de 12%). Las tilapias fueron sembradas en policultivo con ejemplares de guabina (*Rhamdia quelen*; 1 pez/100 m²) y mojarra negra (*Caquetaia umbri-fera*; 2 peces/100 m²) que actúan como depredadoras de las crías de tilapia; como especie detritívora se sembró bocachico

(*Prochilodus magdalenae*; 1 pez/50 m²). Siguiendo las recomendaciones de Kubitzka (2006) se implementaron los siguientes tratamientos con gallinaza proveniente de producción orgánica:

- Tratamiento 1- Sistema de abonamiento intensivo (**SAI**): 5 g gallinaza/m²/día.
- Tratamiento 2- Sistema de abonamiento periódico (**SAP**): 14 g gallinaza/m²/semana.
- Tratamiento 3- Sistema sin abonamiento (control negativo, **SSA**).

Los tratamientos fueron asignados de forma aleatoria a los diferentes estanques. Para los tratamientos 1 y 2 se realizó suministro de abono con gallinaza orgánica cuando la transparencia del disco Secchi aumentó de 35 cm. Cuando se presentó transparencia menor de 35 cm se suspendió la dosificación de abono para evitar un efecto negativo sobre la calidad de agua y la integridad del material biológico. Durante todo el periodo experimental se usaron 82 kg en el SAI y 76 kg en el SAP.

La duración del experimento fue de 180 días (levante: 120 días y finalización: 60 días). La recomendación sobre tasa y frecuencia de alimentación en producción convencional de tilapia nilótica con peso mayor a 150 g es de 2-3% de la biomasa y dos veces al día (Espejo y Quevedo 2001). Sin embargo, debido a la baja disponibilidad de recursos para la fabricación de la dieta se decidió realizar un suministro constante de dieta orgánica al 1,5% de la biomasa, distribuida dos veces al día haciendo ajuste de acuerdo lo referido en el trabajo de Aguilar (2010), quien evaluó modelos predictivos de

crecimiento para tilapia nilótica y tilapia roja. Basados en los resultados de composición y digestibilidad de algunos recursos vegetales de producción orgánica en el país, reportados por Wills *et al.* (2009), se formularon dietas ajustadas a los requerimientos de las fases de levante y finalización (Tabla 1).

Manejo y recolección de información

Durante el periodo de experimentación se realizó el monitoreo de los parámetros físico-químicos del agua de cultivo de la tilapia nilótica bajo el esquema de producción orgánica, los cuales se resumen en la Tabla 2.

El cultivo siguió las normas de Naturland para la acuicultura orgánica (Naturland 2007, 2008, 2011). A fin de minimizar el estrés por manipulación, y promoviendo uno de los principios de la acuicultura orgánica, no se realizaron biometrías ni pesajes durante el periodo experimental (IFOAM 2009; DEBIO 2009). Según la metodología propuesta por Mendes (1999) para evaluación de parámetros zootécnicos, se determinó realizar biometrías al 50% de la población, tanto al inicio como al final del experimento. Al finalizar el periodo experimental se utilizó el 10% de la población de cada estanque para ser anestesiado con Eugenol® (aceite de clavo, 10 ppm), para posterior sacrificio con corte de la médula espinal y toma de los filetes por individuo. De los mismos ejemplares se extrajeron las vísceras para cálculo de los índices correspondientes.

TABLA 1. Fórmula y composición nutricional de dietas para levante y finalización de tilapia.

Ingredientes ¹ (%)*	Levante		Finalización	
	Conv	Prod Org	Conv	Prod Org
Guayaba		6,0		
Chachafruto		3,4		1,94
Harina de pescado ²		20,0		12,0
Quinua		7,9 - 8,2		14,4
Coquito de palma		8,0		16,0
Fríjol cargamanto		28,6-33,0		28,0
Plátano		8,0		
Panela				2,3
Torta de palmiste				7,0
Torta de soya	6,0		2,0	
Arroz cristal	4,0		8,0	
Carbonato cálcico	1,50-1,55		4,8	
Aceite de palma	1,5		1,14	
Cloruro de sodio	0,17-0,18		0,18	
Lisina-HCl			0,0017	
Metionina-DL			0,11	
Cloruro de colina			0,05	
Fosbic			1,05	
Rovimix peces ³			0,3	
Composición estimada de nutrientes⁴				
Proteína cruda (%)	27,5		21,3	
Extracto etéreo (%)	8,2		12,1	
Energía bruta (cal/g)	4.100 - 4.288		4.254	
Energía digestible (cal/g)	3.419 - 3.573		3.357	

Conv: ingrediente convencional; Prod Org: ingrediente proveniente de producción orgánica.

* Para algunos ingredientes se manejan rangos de inclusión puesto que, durante la fase de levante, la disponibilidad de recursos de producción orgánica no fue la misma.

¹ Teniendo en cuenta que para la formulación de dietas orgánicas se deben utilizar como mínimo 90% de ingredientes provenientes de producciones orgánicas certificadas, (en caso de encontrarse limitaciones para la adquisición de recursos 100% orgánicos en la región, se permite la inclusión de máx. 10% de cereales, soya y/o yuca, según las normas para acuicultura la orgánica (NATURLAND 2007, 2008 y 2011).

² Según las normas para acuicultura orgánica se permite un máximo de inclusión del 20% (NATURLAND 2007, 2008 y 2011), considerándose así como un recurso no convencional.

³ Premezcla vitamínica y mineral.

⁴ Composición proximal calculada en materia seca.

TABLA 2. Valores promedio (\pm DS) de parámetros físicos y químicos del agua de cultivo de tilapia nilótica con diferentes niveles de fertilización orgánica.

Parámetro	N°	Tilapia nilótica		
		SAI	SAP	SSA
Temperatura (°C)	171	26,7 \pm 0,6	26,7 \pm 0,7	26,7 \pm 0,7
Oxígeno Disuelto (ppm)	168	3,7 \pm 1,0	4,0 \pm 1,1	3,7 \pm 1,0
pH	30	7,6 \pm 0,5	7,9 \pm 0,6	7,8 \pm 0,6
Dureza Total (mg*L ⁻¹ CaCO ₃)	12	65,2 \pm 9,5	78,8 \pm 16,4	64,8 \pm 26,8
Alcalinidad Total (mg*L ⁻¹ CaCO ₃)	12	57,0 \pm 11,4	62,7 \pm 11,4	53,2 \pm 20,0
Conductividad (μ S)	153	163,6 \pm 32,9	178,3 \pm 37,9	152,0 \pm 40,4
Transparencia (cm)	162	41 \pm 14	43 \pm 16	42 \pm 19

SAI: sistema de abonamiento intensivo; SAP: sistema de abonamiento periódico; SSA: sistema sin abonamiento (control negativo).

Cálculo de índices de desempeño productivo

Para cada una de las unidades experimentales se registró el peso, la longitud total, longitud estándar, la mortalidad, la biomasa final (kg/m³) calculada como el producto del peso promedio de los peces muestreados en cada estanque por el número de peces del estanque al final de la fase, siendo el resultado dividido por 200 para expresar los valores por metro cúbico, considerando 1 m de profundidad promedio. Se evaluaron los siguientes parámetros de crecimiento:

- Ganancia diaria de peso (g/d): GDP = (peso final(g) - peso inicial(g))/ tiempo (d)
- Tasa específica de crecimiento (%/d): TEC = [(ln peso final (g) – ln peso inicial (g)) * 100] / tiempo (d)
- Rendimiento en filete (%): RF= 100 * (Peso de los filetes/ Peso corporal)
- Índice viscerosomático (%): IV = 100 (Peso de vísceras/ Peso corporal)
- Índice hepatosomático (%): IH = 100 * (Peso de hígado /Peso corporal)
- Índice de grasa visceral (%): IGV= 100 * (Peso de grasa en la vísceras /peso corporal)

- Relación de eficiencia proteica: PER = ganancia de peso corporal húmedo (g) / cantidad de proteína suministrada (g)
- Valor productivo de la proteína (%): VPP = 100 * (Proteína corporal final (g) * Biomasa final de peces – Proteína corporal inicial (g) * biomasa inicial de peces) / Proteína total suministrada (g)
- Energía retenida (%): ER = 100 * (Energía bruta corporal final (cal/g) – Energía bruta corporal inicial (cal/g)) / Energía bruta total suministrada (cal/g).

La conversión alimenticia aparente (CA: alimento suministrado/ganancia de biomasa) fue establecida teniendo en cuenta la biomasa viva final del estanque. Los valores de sobrevivencia de cada experimento fueron expresados en porcentaje respecto al número inicial de peces por estanque en cada una de las especies.

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado para los parámetros de producción evaluados

fue completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones (estanques) por tratamiento. El peso inicial fue incluido como covariable para confirmar posible efecto sobre las variables analizadas en el modelo (Steel y Torrie 1980). En los casos en los que se encontraron diferencias significativas las medias fueron comparadas mediante una prueba de Tukey (5%). Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS® v 9.2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de los parámetros de iniciales de crecimiento (peso, longitud

estándar y longitud total) y los parámetros obtenidos al final del periodo experimental se presentan en la Tabla 3, sin encontrarse diferencias significativas ($p > 0,05$).

Los resultados de este trabajo, el cual se llevó hasta la fase de finalización, se asemejan a los obtenidos por Boscolo *et al.* (2010) quienes reportan una conversión aparente (CA) en el rango de 1,73 a 2,01 y una ganancia diaria de peso (GDP) de 2,78 a 3,41 g/d en juveniles machos, sin reversión sexual, de tilapia nilótica alimentados con dietas orgánicas. En el presente experimento la GPD y CA aparente alcanzaron valores de 2,00 a 2,29 g/d y de 1,93 a 2,51 respectivamente. Teniendo

TABLA 3. Efecto de dietas orgánicas con diferentes niveles de fertilización con gallinaza sobre los parámetros productivos de tilapia nilótica.

Parámetro productivo	Tratamiento		
	SAI	SAP	SSA
Peso final (g)	540,1±37,6	519,7±21,3	568,9±23,4
Longitud estándar final (cm)	26,0±0,2	26,1±1,1	25,9±0,4
Longitud total final (cm)	31,3±0,6	31,8±1,4	31,6±0,6
Biomasa final (kg/m³)	0,37±0,02	0,34±0,1	0,40±0,14
GDP (g/d)	2,13±0,23	2,00±0,63	2,29±0,14
CA aparente	2,21±0,18	2,51±0,56	1,93±0,09
Sobrevivencia (%)	92,3±1,9	89,4±14,9	97,0±6,8
TCE (% d ⁻¹)	0,69±0,06	0,65±0,01	0,71±0,03
RF (%)	40,5±0,8	38,5±2,3	41,3±0,9
IV	7,0±0,3	7,2±0,6	7,1±0,1
IH	1,2±0,1	1,3±0,3	1,6±0,3
IGV	1,8±0,5	1,0±0,1	1,5±0,1
PER*	1,75±0,18	1,79±0,19	1,98±0,06
VPP* (%)	33,5±5,2	40,2±12,5	39,1±2,4
ER* (%)	12,7±1,8	14,7±5,2	15,1±1,1

GDP: ganancia diaria de peso; CA: conversión alimenticia aparente; TCE: tasa de crecimiento específica; RF: rendimiento en filete; IV: índice viscerosomático; IH: índice hepatosomático; IGV: índice de grasa visceral; PER: retención de eficiencia proteica; VPP: valor productivo de proteína y ER: eficiencia de energía.

* Los resultados de eficiencia de retención de nutrientes se estimaron con base en la oferta de alimento suministrado por estanque.

en cuenta que la producción orgánica es un sistema totalmente alternativo en donde, por norma, la formulación de las dietas presenta una restricción de materias primas de producción convencional, el material biológico es totalmente libre de hormonas y la fertilización de los estanques no permite el uso de abonos químicos, los resultados obtenidos fueron muy cercanos a lo reportado para el modelo de piscicultura semi-intensiva de tilapia en estanque de tierra en el país: 1,7 g/d (GDP) y 1,8 (CA), teniendo en cuenta que este modelo productivo por lo general se maneja en monocultivo y con densidades de siembra mayores comparadas con las de este experimento (Espejo y Quevedo 2001).

El peso final, longitud total final y longitud estándar final no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) lo que confirma que, en cualquiera de los tratamientos, los peces alcanzaron talla y peso finales similares. Los resultados alcanzados en cuanto al rendimiento del filete estuvieron entre 38,5 y 41,4%. Al evaluar el desempeño productivo para tilapia nilótica en etapa de crecimiento, utilizando dietas orgánicas con diferentes niveles de inclusión de harina de residuos del fileteado de tilapia, Boscolo *et al.* (2010) reportaron valores entre 31,84 y 33,51%, siendo inferiores a los conseguidos en este ensayo. Por su parte Silva *et al.* (2009) determinaron que el rendimiento en filete de tilapia nilótica cultivada en sistemas convencionales para el rango de peso de 550 a 600 g alcanzó valores de 35,41%, mientras que Gonçalves *et al.* (2003) con pesos entre 536 y 746 g reportó un valor de 38,75%, siendo similares a los encontrados en este trabajo.

No se encontraron diferencias significativas en la deposición de grasa visceral, lo cual puede ser explicado por la relación

energía digestible:proteína de la dieta, que fue la misma para todos los tratamientos en el presente estudio. A diferencia de los resultados obtenidos para los índices hepasomático (IH) y de grasa visceral (IGV), en la evaluación de dietas orgánicas realizada por Boscolo *et al.* (2010) (3,82 a 4,25% y 2,30 a 2,59%, respectivamente) los datos en este estudio fueron menores en estos índices (IH: 1,23 a 1,60% y IGV: 1,05 a 1,77%), lo cual indicaría que la energía digestible suministrada en la dieta fue adecuada, ya que un exceso se hubiese reflejado en una mayor deposición de grasa visceral.

No se encuentran resultados de producción orgánica publicados que se puedan comparar con los obtenidos en este trabajo; sin embargo, los datos de Tasa específica de crecimiento (TEC) y Relación de eficiencia proteica (PER) obtenidos en este experimento fueron similares a los publicados por Aguilar (2010) quien evaluó el efecto del procesamiento de alimento sobre parámetros productivos de tilapia nilótica en un sistema intensivo por fases, alcanzando resultados en TEC de 0,43 a 0,49% d^{-1} y PER de 1,89 a 1,91.

La tendencia a la acuicultura de producción orgánica dará otro impulso a la industria y promoverá el desmonte de actual dependencia sobre los recursos marinos de captura (Craig y McLean 2007). La tilapia posee requerimientos menores de proteína, comparada con especies de hábito carnívoro, y un mercado posicionado, resultando ideal para este tipo alternativo de producción.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que los esquemas de fertilización empleados no tuvieron un efecto

significativo sobre los parámetros de producción evaluados, lo que indica que el recurso hídrico en este experimento fue rico en nutrientes aprovechados por la tilapia, una especie característicamente filtradora. Es posible la implementación de un sistema de alimentación en producción orgánica para tilapia nilótica que permite obtener un producto final con un valor agregado en el mercado.

Se evidenciaron las dificultades existentes en el país, como la obtención de peces libres del uso de hormonas y la disponibilidad de los recursos que se podrían emplear en la formulación de dietas de tipo orgánico ya que, por norma, se exige la inclusión de mínimo 90% de recursos provenientes de producción orgánica certificada. En el país no hay producción orgánica certificada de materias primas comúnmente utilizadas en formulación (como maíz, soya o sorgo), lo cual limitó en gran medida la utilización de estos ingredientes, por lo que en este trabajo se recurrió al uso de ingredientes vegetales con certificación orgánica destinados principalmente para consumo humano, aumentando así el costo del alimento.

Es necesaria mayor investigación en este tema a fin de determinar la posibilidad de implementar un sistema que combine el uso de dietas suplementarias de tipo orgánico y fertilización orgánica, con una mayor densidad de siembra, brindando así una alternativa económica viable a pequeños y medianos productores en Colombia. Puesto que el esquema de costos de un sistema de producción de tipo orgánico difiere de uno de tipo industrializado, por ejemplo en los insumos empleados, estos dos esquemas no son comparables; por tanto, se sugiere realizar estudios que incluyan un análisis económico de la rentabilidad total del sistema de producción orgánico.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado en el marco del convenio No. 2007U1355-235, suscrito entre el MADR, FEDEACUA y la Universidad Nacional de Colombia, como parte del programa “Estrategias para la obtención de productos diferenciados para el mercado nacional e internacional de tilapia”. Los autores agradecen al INCODER por su apoyo logístico y al grupo de investigación UN-ACUICULTIO de la Universidad Nacional de Colombia por su participación activa en el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

1. Aguilar FA. 2010. Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja *Oreochromis spp* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* Var. Chitralada alimentadas con dietas peletizadas o extruidas. [Tesis de Maestría]. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia.
2. Boscolo RW, Signor AA, Coldebella A, Wolff Bueno G, Feiden A. 2010. Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Ciência Agronômica. 41(4): 686-692.
3. Craig S, McLean E. 2007. The organic aquaculture movement: a role for NuPro™ as an alternative protein source [Internet]. Blacksburg (Virginia, USA): Virginia Tech Aquaculture Center. Disponible en: <http://en.engormix.com/MA-aquaculture/articles/the-organic-aquaculture-movement-t478/p0.htm>. [consultado el 21 de abril de 2013].
4. [DEBIO] The Norwegian Inspection and Certification Body for Organic Production, Processing, Distribution and Import. 2009. Standards for organic aquaculture [Internet]. Disponible en: http://www.debio.no/_upl/standards_organic_aquaculture.pdf [consultado el 12 de junio de 2009].
5. El-Sayed, AFM. 2006. Tilapia culture. Wallingford (UK): CAB International.

6. Espejo C, Quevedo E. 2001. Cultivo de tilapias roja y plateada. En: Rodríguez H, Daza PV, Carrillo M, editores. Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá (Colombia): Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). p. 283-298.
7. Francis G, Makkar HPS, Becker K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*. 199: 197-227.
8. Gonçalves TM, Almeida LA, Borges SE. 2003. Características de carcaça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro classes de peso ao abate. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 25(1): 25-29.
9. [IFOAM] International Federation of Organic Agriculture Movements. 2009. Normas básicas de la agricultura ecológica. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/norma.pdf> [consultado el 02 de junio de 2009].
10. [IFOAM] International Federation of Organic Agriculture Movements. 2010. Organic aquaculture. EU regulations (EC) 834/2007, (EC) 889/2008, (EC) 710/2009. Background, Assessment, Interpretation. Szeremeta A, Winkler L, Blake F, Lembo P, editors. Disponible en: http://www.agroecologia.net/recursos/asesoramiento/recursos-ja/acuicultura/IFOAM-EU_IAMB_organic_aquaculture_dossier.pdf [consultado 16 de marzo de 2010].
11. Kubitzka F. 2006. Ajustes na nutricao e alimentacao das tilápias. *Panorama da Acuicultura*. 16(98): 15-24
12. Kubitzka F. 2009. Producción de tilapias en estanques excavados en tierra: Estrategias avanzadas en manejo. *Panorama da Aqüicultura*.
13. Lund I, Dalsgaard J, Tønderlund H, Holm J, Jokumsen A. 2011. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*. 321: 259-266.
14. [MADR] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Colombia). Datos estadísticos de la acuicultura en Colombia 2000-2011. Bogotá: Secretaría Técnica Nacional Cadena de la Acuicultura. p. 5.
15. Mendes P. de P. Estatística aplicada à aqüicultura. Recife (Brasil): Ed. Bargaço. 265 p.
16. Meurer F, Hayashi C, Boscolo RW. 2003. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R Bras Zootec*. 32(6) supl. 2: 1801-1809.
17. Naturland. 2007. Normas de Naturland para la acuicultura orgánica. Disponible en: <http://www.naturland.de/> [consultado el 30 de noviembre de 2007].
18. Naturland. 2008. Normas de Naturland para la acuicultura orgánica. Disponible en: <http://www.naturland.de/> [consultado el 17 de febrero de 2009].
19. Naturland. 2011. Normas de Naturland para la acuicultura orgánica. Disponible en: http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Richtlinien_spanisch/Naturland-Normas_ACUIcultura-organica.pdf [consultado el 10 de octubre de 2011].
20. Nguyen TN, Davis DA. 2009. Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis* spp. *Journal of the World Aquaculture Society*. 40(1): 113-121.
21. Pelletier N, Tyedmers P. 2007. Feeding farmed salmon: Is organic better? *Aquaculture*. 272: 399-416.
22. Santeiro M, Pinto-Coelho M, Sipaúba-Tavares L. 2006. Diurnal variation of zooplankton biochemical composition and biomass in plankton tanks. *Acta Scientiarum Biological Science*. 28(2): 103-108.
23. Silva F, Sarmento NL, Vieira JS, Tessitore AJ, Oliveira L, Saraiva EP. 2009. Características morfológicas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. *R Bras Zootec*. 38(8): 1407-1412.
24. Steel RG, Torrie J, Dickey DA. 1980. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 2nd. ed. New York: Mc Graw Hill. 672 p.
25. Tusche K, Wuertz S, Susenbeth A, Schulz C. 2011. Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth

- performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 319: 122-131.
26. Wohlfarth GW, Hulata G. 1987. Use of manure in aquaculture. In: *Detritus and microbial ecology in aquaculture*. Moriarty DJ, Pullin RSV, editors. ICLARM Conference Proceedings, Vol.14. Manila (Philippines): International Center for Living Aquatic Resources Management. p. 353-367.
27. Wills GA, Muñoz-Ramírez AP, Valderrama A. 2009. Determinación de coeficientes de digestibilidad aparente de materias primas de origen orgánico para alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* spp). Resumen. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 22(3): 490.