

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE DIFERENTES FUENTES DE LÍPIDOS SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL FILETE DE TILAPIA NILÓTICA –*Oreochromis niloticus*– CULTIVADA EN JAULAS FLOTANTES

J. M. Moreno¹, A. P. Muñoz^{1*}, G. A. Wills¹

Artículo recibido: 2 de mayo de 2013; aprobado: 23 de julio de 2013

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre el comportamiento productivo y la composición proximal del filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, se formularon cuatro dietas con aceite de pescado (AP), aceite de palma (APL), semilla de chía (SC) o semilla de lino (SL). El experimento fue realizado durante 45 días en la represa de Betania (Huila, Colombia), en 20 jaulas flotantes, cada una con 504 peces con peso promedio de $557 \pm 16,87$ g, distribuidos bajo un diseño experimental completamente al azar. Adicionalmente se llevó a cabo un estudio de presupuestos parciales, con el fin de verificar el margen bruto de ingreso parcial (MBIP) obtenido con las diferentes dietas. Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el factor de conversión alimenticia (FCA) entre AP (1,19) y SL (1,54) y en la tasa de eficiencia proteica (TEP) para AP (3,64) al comparar con las demás dietas. Por su parte, la dieta que contenía SC generó el menor MBIP, seguido de SL, APL y AP. En la composición proximal de los filetes, únicamente se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de proteína cruda entre AP (18,23%) al compararlo con SL (19,17%). En conclusión, es posible utilizar AP, APL, SC o SL como fuentes de lípidos en las dietas, sin afectar la sobrevivencia, biomasa final, ganancia diaria de peso, consumo aparente de alimento, tasa específica de crecimiento e índice viscerosomático.

Palabras clave: aceite de palma, aceite de pescado, *Salvia hispanica*, semilla de lino, *Oreochromis niloticus*.

EFFECT OF THE INCLUSION OF DIFFERENT LIPID SOURCES ON GROWTH PERFORMANCE AND PROXIMATE COMPOSITION OF NILE TILAPIA FILLET –*Oreochromis niloticus*– REARED IN FLOATING CAGES

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of inclusion of different lipid sources on growth performance and proximate composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fillet, four diets were manufactured with: fish oil (FO), palm oil (PO), chia seeds (CS) or flaxseeds (FS). The experiment was conducted for 45 days at Betania reservoir (Huila), in 20 floating

¹ Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Cra 30 No. 45-03. Bogotá-Colombia.

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

cages, each one with 504 fish with mean live weight of $557 \pm 16,87$ g, distributed in a completely randomized experimental design. In Addition, an economical partial budget analysis was run to establish the partial gross marginal income (PGMI) obtained with the different diets. Significant differences ($P < 0,05$) were observed in feed conversion ratio (FCR) between FO (1,19) and FS (1,54) and protein efficiency ratio (PER) among FO (3,64) and the other diets. The CS diet generated the lower IGMP followed by FS, PO and FO. In fillet proximal composition there were significant differences ($P < 0,05$) only in crude protein content, between FO (18,23%) compared with FS (19,17%). In conclusion it is possible to use FO, PO, CS or FS as lipids sources in the diet without affecting survival, final biomass, daily live weight gain, apparent food intake, specific growth rate and viscerosomatic index.

Keywords: palm oil, fish oil, *Salvia hispanica*, flaxseeds, *Oreochromis niloticus*.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Secretaría Técnica Nacional de la Cadena de la Acuicultura de Colombia (2011) reportaron que la producción nacional acuícola en el año 2011 fue de 83.569 toneladas totales, donde la piscicultura representó el 88% con 74.159 toneladas. El mismo estudio muestra que las exportaciones nacionales del sector piscícola en el 2011 se centraron en la producción de filete fresco de tilapia y trucha, con un total de 4.032 toneladas enviadas a Estados Unidos (92,17%), Canadá (0,54%) y Europa, específicamente Alemania (7,29%), destino para el cual se exportó trucha congelada (filete y corte mariposa).

Por su parte, el Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia (2011) reportó una tendencia anual de crecimiento para la acuicultura del 20,44% en el periodo 1985-2010; el estudio señala que, aunque muestra una menor aceleración que otros países de Latinoamérica, supera por mucho la tasa media de crecimiento del resto del sector agropecuario y del conjunto total de la economía nacional. Esta misma fuente informa que las tilapias (*Oreochromis*

spp.) es la principal especie cultivada, representando el 73,72% del total de la producción piscícola del país en 2010, mientras que la cachama (*Piaractus brachipomus*), estando en el segundo lugar, apenas llega al 11,5%, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) el 2,86% y las otras especies sólo el 3,4%.

Por su parte la FAO (2012) reporta que, así como ha aumentado la producción acuícola, también lo ha hecho la producción mundial de alimentos balanceados de fabricación industrial para este sector a nivel mundial, que casi se ha cuadruplicado al aumentar de 7,6 millones de toneladas en 1995 a 29,2 millones de toneladas en 2008, lo que supone un incremento medio del 11% anual. La FAO (2012) prevé que la producción de alimento balanceado para acuicultura aumentará hasta 51 millones de toneladas en 2015 y a 71 millones de toneladas en 2020. Sin embargo, los precios de los alimentos ofrecidos comercialmente, específicamente para el cultivo de tilapia en Colombia, se ven afectados debido a que los principales ingredientes usados en su fabricación (aceite y harina de pescado, torta de soya, maíz, entre otros) en la mayoría de los casos deben ser importados. Teniendo en cuenta que este

insumo (alimento balanceado) representa más del 60% de los costos totales de la producción de esta especie (PlanDAS 2011), en la actualidad existe un gran interés para reducir los costos de alimentación mediante el uso de materias primas disponibles a nivel local. En este contexto, el aceite de pescado de origen marino se considera la principal fuente de lípidos utilizada en la formulación de alimentos comerciales para la producción acuícola, debido a que es una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (AGPI n-3) y, a su vez, es muy utilizado para recubrir los gránulos extruidos con el fin de mejorar su palatabilidad (Bahurmiz y Ng 2007). Sin embargo, el estancamiento mundial en la producción de aceite de pescado, junto con la creciente demanda para su uso en alimentos balanceados para la acuicultura, han incrementado significativamente los precios de esta materia prima (FAO 2012). Por lo tanto, a fin de mantener el ritmo de crecimiento de la industria de la tilapia, tanto en Colombia, como en otros países donde la producción de esta especie es una fuente importante de desarrollo, es necesario enfocar esfuerzos para sustituir parcial o totalmente el uso del aceite de pescado por fuentes alternativas de menor costo, mayor sostenibilidad y que, simultáneamente, generen un rápido crecimiento y mantengan o mejoren la calidad de los filetes, principalmente en cuanto a su composición en AGPI n-3.

La FAO (2012) afirma que, aunque los estudios sobre la disponibilidad y el uso de ingredientes para alimentos balanceados en acuicultura se centra a menudo en la disponibilidad de la harina y el aceite de pescado, resulta más probable que la sostenibilidad del sector acuícola dependa estrechamente del suministro constante de fuentes de carbohidratos, aceites y

proteínas de animales y plantas terrestres. En tal sentido, algunos estudios han demostrado el potencial del aceite de palma y sus derivados para reemplazar, total o parcialmente, el aceite de pescado en dietas para varias especies de peces incluyendo dorada *Sparus aurata* L. (Fountoulaki *et al.* 2009), salmón del Atlántico (Bell *et al.* 2002; Rosenlund 2001; Torstensen *et al.* 2004), trucha arcoiris (Fonseca-Madrigal *et al.* 2005), bagre del canal (Legendre *et al.* 1995; Ng *et al.* 2000) y tilapia roja (Bahurmiz y Ng 2007).

Dentro de las materias primas de origen vegetal con potencial para uso en alimentos balanceados para tilapia están la semilla de lino (*Linnum usitatissimum*) y la semilla de chía (*Salvia hispanica*), consideradas como las especies vegetales con la mayor concentración de ácido linolénico conocidas. La suplementación con semilla de lino en dietas para tilapia nilótica se asocia con un mejoramiento del valor nutricional de los lípidos totales, pues genera altas concentraciones de AGPI (De Souza *et al.* 2007).

Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre el comportamiento productivo y la composición proximal del filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en fase de finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización e infraestructura

El estudio se realizó en la represa de Betania, departamento del Huila, Colombia (2° 37' 58,15" N; 75° 26' 46,57" W) ubicada a 574 msnm, con temperatura media anual de 28°C y precipitación media anual menor de 1.400 mm. Se utilizó un sistema de 20 jaulas flotantes de 42 m³ (7 x 3 x 2 m) cada una.

Material biológico y manejo

Se utilizaron 10.080 ejemplares de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en fase de finalización, con peso promedio de $577 \pm 16,87$ g, distribuidos aleatoriamente en 504 peces/jaula. El periodo de adaptación a las instalaciones tuvo una duración de 8 días, tiempo en el cual se suministró a saciedad una dieta comercial extruzada con 32% de proteína bruta.

El periodo experimental tuvo una duración de 45 días durante los cuales se registraron diariamente los parámetros de calidad de agua: temperatura ($26,30^{\circ}\text{C} \pm 1,41$), oxígeno disuelto ($6,39$ ppm $\pm 1,17$) y pH ($7,31 \pm 0,43$), utilizando una sonda multiparamétrica YSI Profesional Plus™ (YSI Inc. and Xylem Inc, Ohio, USA). La turbidez ($38,5$ cm $\pm 16,2$) se registró con disco Secchi. Las concentraciones de amonio y nitrito se determinaron semanalmente utilizando el test multiparamétrico de aguas Hach modelo FF1A™ (Hach Company, Colorado, USA) cuyos valores promedio fueron $0,26$ ppm $\pm 0,033$ y $0,30$ ppm $\pm 0,01$ respectivamente.

La alimentación con las dietas experimentales se realizó a saciedad aparente, tres veces al día, evitando sobras, de ma-

nera que la cantidad ofrecida pudiera ser considerada como consumida. El pesaje de los peces se registró al inicio y al final del periodo experimental.

Dietas experimentales

Se fabricaron cuatro dietas extruidas, isoproteicas e isocalóricas ($226,13$ g kg⁻¹ de proteína cruda y $4,52$ Kcal g⁻¹ de energía bruta), las cuales contenían aceite de pescado (AP), aceite de palma *Elaeis guineensis* (APL), semilla de chía *Salvia hispanica* (SC) o semilla de lino *Linum usitatissimum* (SL). Estas fuentes de lípidos se incluyeron en las dietas para alcanzar un aporte de 60 g kg⁻¹ del total de lípidos de la formulación. La composición proximal de las dietas experimentales se presenta en la Tabla 1. La fabricación de las dietas se realizó en una empresa comercial de procesamiento de alimentos.

Parámetros productivos y de costo/beneficio evaluados

Teniendo en cuenta la metodología para calcular el tamaño de muestra representativa propuesta por Mendes (1999), se tomaron 21 peces de la población inicial

TABLA 1. Composición proximal de las dietas experimentales con diferentes fuentes de lípidos.

| (Materia natural) Análisis proximal (g kg ⁻¹) | Aceite de palma APL | Aceite de pescado AP | Semilla de chía SC | Semilla de lino SL |
|--|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Humedad | 82,4 | 67,4 | 59,9 | 58,9 |
| Proteína cruda | 232,6 | 215,1 | 232,7 | 224,2 |
| Extracto etéreo | 91,8 | 99,8 | 86,0 | 75,6 |
| Cenizas | 68,7 | 68,7 | 85,5 | 82,3 |
| Fibra cruda | 21,2 | 21,3 | 44,5 | 27,7 |
| Extracto no nitrogenado | 503,3 | 527,7 | 491,4 | 531,3 |
| Energía bruta (Kcal g ⁻¹) | 4,51 | 4,66 | 4,44 | 4,45 |

antes de aleatorizar los tratamientos y distribuir los peces en cada una de las jaulas. Al finalizar el periodo experimental se tomaron nuevamente al azar 21 peces de cada una de las jaulas con el fin de extraer los filetes para su posterior análisis.

Dentro de los parámetros productivos evaluados se tuvieron en cuenta los siguientes: porcentaje de sobrevivencia, biomasa final (Kg/m^3), consumo aparente de alimento (CAA), ganancia diaria de peso (GDP), factor de conversión alimenticia (FCA), tasa específica de crecimiento (TEC), tasa de eficiencia proteica (TEP) e índice viscerosomático (IVS).

Antes de ser sacrificados, los peces permanecieron en ayuno por 24 horas para conseguir un vaciamiento gástrico apropiado. Al final del periodo experimental, los peces tomados de cada jaula fueron transportados vivos en un camión provisto de oxígeno hasta la planta de proceso. Al llegar a la planta los peces se sacrificaron por choque térmico, con posterior retirada mecánica de sus escamas y extracción del filete. La piel se retiró de los filetes mediante despieladora automática.

Los filetes obtenidos de cada unidad experimental se agruparon para su posterior liofilización a una temperatura de -80°C durante 96 horas (Thermo Electron Corporation, Massachusetts, USA).

Posteriormente se realizó el análisis proximal el cual incluyó humedad por secado en horno (135°C por 2 horas), nitrógeno total para cálculo de proteína cruda ($\text{PC} = \text{N} \times 6,25$), extracto etéreo y cenizas, siguiendo las metodologías reportadas por la AOAC (1990). La energía bruta de las muestras fue determinada por combustión en una bomba calorimétrica 6300™ automática (Parr Instrument Company, Illinois, USA).

Con el fin de encontrar el margen bruto de ingreso parcial (MBIP) de cada uno de los tratamientos, se realizó un análisis de presupuesto parcial teniendo en cuenta el costo de alimentación y la biomasa ganada durante los 45 días de la fase experimental. Los parámetros citados anteriormente se presentan como el promedio de las cinco unidades experimentales (jaulas) de cada uno de los tratamientos estudiados. Se calculó el precio por kilogramo de dieta formulada y la cantidad de alimento consumido, con lo que se obtuvo el costo total por concepto de alimentación para el periodo de finalización. Por otro lado, para el cálculo de los kilos enteros para la venta (pez eviscerado), se tomó la biomasa ganada (kg), descontando el índice viscerosomático (IVS) de cada uno de los grupos. Se estimó un precio de venta de \$4.800 por kilogramo, con el cual fue posible calcular el ingreso total y posteriormente obtener el MBIP, el cual se obtuvo descontando del ingreso total el costo de alimentación parcial obtenido. Posteriormente se estimó el margen de utilidad sobre el ingreso (MUI), el cual indica el porcentaje de ganancia parcial obtenido del ingreso total al descontar el costo total de alimentación. Por último, se calculó el valor diferencial en pesos, que refleja en cuanto aumentaría la ganancia obtenida (\$) utilizando como referencia la dieta con la cual se obtiene el menor resultado en el MBIP.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, donde se evaluaron cuatro tratamientos (dietas con diferentes fuentes de lípidos), cada uno con cinco repeticiones. Los datos cumplieron todos los supuestos del modelo y fueron

sometidos a análisis de varianza ANOVA (Martínez *et al.* 2011). La sobrevivencia fue transformada por el arcoseno de la raíz cuadrada antes de realizar el análisis estadístico (Bhujel 2009). Cuando se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$), las medias fueron comparadas mediante test de Tukey. Para el análisis de los datos fue utilizado el programa estadístico SAS v. 9.0™ (SAS Institute 2002).

RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan los resultados productivos obtenidos al final del periodo experimental. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en los parámetros factor de conversión alimenticia (FCA) y tasa de eficiencia proteica (TEP). Los resultados muestran que el mayor FCA se obtuvo en los peces que recibieron la dieta con semilla de lino (SL), presentando

diferencias significativas con los demás tratamientos, mientras que en el caso de la TEP, se obtuvieron mejores resultados cuando los peces fueron alimentados con aceite de pescado (AP) respecto a las demás dietas evaluadas. En cuanto a los otros parámetros evaluados no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$).

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para composición proximal del filete, en la cual se observan diferencias significativas ($P < 0,05$) únicamente en el contenido de proteína cruda; en efecto, los peces alimentados con la dieta de SL presentaron los mayores valores para este nutriente al compararlos con la dieta de AP y sin diferencias respecto a los demás tratamientos.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en el presupuesto parcial.

TABLA 2. Parámetros productivos de tilapia nilótica alimentada durante 45 días (etapa de finalización) con diferentes fuentes de lípidos incluidas en las dietas.

| Parámetros productivos | Aceite de palma APL | Aceite de pescado AP | Semilla de chíá SC | Semilla de lino SL |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sobrevivencia (%) ^a | 99,78±0,31 | 99,58±0,46 | 99,40±0,24 | 99,65±0,25 |
| Biomasa final (Kg/m ³) | 11,42±1,43 | 12,25±0,66 | 11,04±0,54 | 10,89±0,32 |
| GDP (g/día/pez) ^b | 6,93±0,12 | 8,83±1,34 | 7,80±1,34 | 7,23±1,36 |
| CAA (Kg/día/jaula) ^c | 5,64±0,22 | 5,62±0,19 | 5,71±0,06 | 5,64±0,28 |
| FCA ^d | 1,49±0,16ab | 1,19±0,12b | 1,45±0,12ab | 1,54±0,19a |
| TEC (%/día) ^e | 0,99±0,02 | 1,19±0,14 | 1,08±0,14 | 1,01±0,15 |
| TEP ^f | 2,67±0,27b | 3,64±0,34a | 2,79±0,24b | 2,76±0,31b |
| IVS ^g | 7,83±0,35 | 8,06±1,00 | 7,80±0,88 | 8,46±0,16 |

Letras diferentes dentro de las filas, representan diferencias significativas entre medias ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

^a (Número de peces final / Número de peces inicial) x 100.

^b Ganancia diaria de peso = [(biomasa final (kg) – biomasa inicial (kg)) / tiempo (d)] / No. peces.

^c Consumo aparente de alimento.

^d Factor de conversión alimenticia = consumo total de alimento (kg) / ganancia de peso total (kg).

^e Tasa específica de crecimiento = [(ln biomasa final (kg) – ln biomasa inicial (kg)) x 100] / tiempo (d).

^f Tasa de eficiencia proteica = ganancia de peso total (kg) / (%proteína cruda de la dieta x consumo total de alimento (kg)).

^g Índice viscerosomático = (Peso de vísceras (g) / Peso corporal (g)) x 100.

TABLA 3. Composición proximal (en materia natural) del filete de tilapia nilótica alimentada con cuatro diferentes fuentes de lípidos durante los 45 días de la etapa de finalización.

| Fuente | Humedad (%) | Proteína cruda (%) | Cenizas (%) | Extracto etéreo (%) | Energía bruta (Kcal/g) |
|------------------------|-------------|--------------------|-------------|---------------------|------------------------|
| Aceite de palma (APL) | 76,91±0,91 | 18,66±0,62ab | 1,03±0,05 | 2,77±0,54 | 1,34±0,07 |
| Aceite de pescado (AP) | 77,23±0,68 | 18,23±0,26b | 1,05±0,02 | 2,66±0,34 | 1,32±0,06 |
| Semilla de chía (SC) | 77,31±0,41 | 18,58±0,29ab | 1,04±0,01 | 2,53±0,38 | 1,30±0,04 |
| Semilla de lino (SL) | 76,44±0,77 | 19,17±0,39a | 1,10±0,03 | 3,02±0,33 | 1,37±0,02 |

Letras diferentes dentro de las columnas, representan diferencias significativas entre medias ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Adicionalmente, en la Figura 1 se observa de manera gráfica la estructura financiera, donde se muestra la distribución del costo de alimentación y el margen bruto de ingreso parcial, cuya sumatoria da como resultado el ingreso total obtenido.

Los resultados muestran que, aunque no hubo diferencias en la GDP ni en la biomasa final, la ganancia en biomasa y, por lo tanto, el ingreso total para los peces alimentados con AP fue mayor que en los demás tratamientos. Al calcular el MBIP,

TABLA 4. Análisis de presupuesto parcial del cultivo de tilapia nilótica en jaulas flotantes, alimentada durante los últimos 45 días de la etapa de finalización con cuatro fuentes de lípidos.

| Concepto | Aceite de palma APL | Aceite de pescado AP | Semilla de chía SC | Semilla de lino SL |
|--|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Costo dieta (\$/kg) | 1.197 | 1.232 | 2.499 | 1.412 |
| Consumo total alimento (kg/jaula) | 254 | 253 | 257 | 254 |
| Costo alimentación total (\$/jaula) ^a | 303.551 | 311.525 | 642.400 | 358.360 |
| Ganancia en biomasa (kg/jaula) ^b | 172 | 213 | 178 | 167 |
| Kilos enteros para la venta ^c | 159 | 196 | 164 | 153 |
| Precio de venta (\$/kg) | 4.800 | 4.800 | 4.800 | 4.800 |
| Ingreso total (\$) ^d | 761.529 | 938.425 | 785.947 | 734.522 |
| MBIP (\$) ^e | 457.979 | 626.901 | 143.547 | 376.162 |
| MUI (%) ^f | 60 | 67 | 18 | 51 |
| Valor diferencial (\$) ^g | 314.431 | 483.353 | 0 | 232.615 |

^a Costo dieta (\$/kg) x Consumo total alimento (kg)

^b Biomasa final (kg) - Biomasa inicial (kg)

^c Pez entero eviscerado: Ganancia en biomasa (kg) x ((100- IVS)/100)

^d Kilos para la venta x Precio de venta (\$/kg)

^e Margen bruto de ingreso parcial: Ingreso total (\$) – Costo alimentación total (\$)

^f Margen de utilidad sobre el ingreso: 1– (Costo de alimentación total (\$) / Ingreso total (\$))

^g Margen bruto de ingreso parcial (\$) – Menor margen bruto de ingreso parcial (kg)

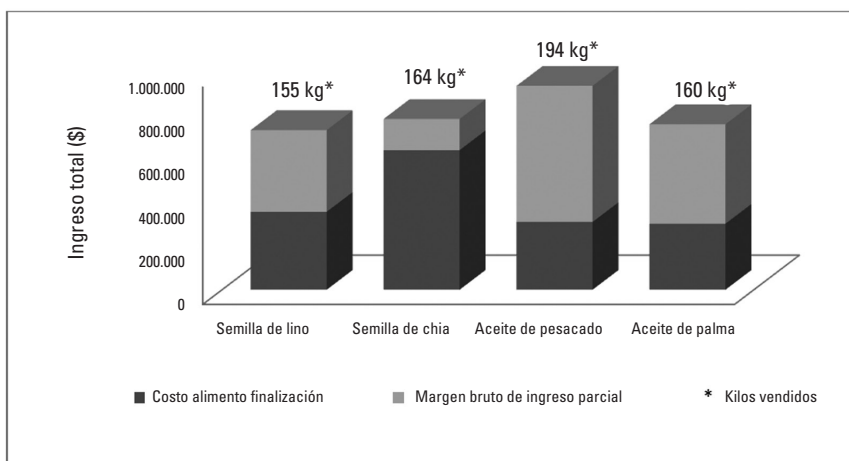


FIGURA 1. Estructura financiera parcial por costos de alimentación en la fase de finalización de tilapia nilótica; filete vendido como kilogramos de pescado entero eviscerado.

que tiene en cuenta el costo total de alimentación, se observa que es mayor para AP, seguido de APL, SL y SC. De igual manera, se observa que el AP genera el mayor MUI, seguido por APL, SL y SC (67, 60, 51 y 18%, respectivamente). En cuanto al valor diferencial, se observa que la dieta de SC se encuentra en desventaja operacional frente a las demás, puesto que las dietas AP, APL y SL, superan las ganancias obtenidas con la dieta de SC en \$483.353, \$314.431 y \$232.615 respectivamente.

DISCUSIÓN

Diversos estudios realizados con el objetivo de modificar el perfil de ácidos grasos (AG) de especies como tilapia roja (Bahurmiz y Ng 2007), tilapia nilótica (Karapanagiotidis *et al.* 2007), jundiá (Eliseu *et al.* 2008) y salmón del Atlántico (Torstensen *et al.* 2004) reportan que la fuente de lípidos en la dieta no afectó significativamente los parámetros productivos de dichas especies. Estos reportes coinciden con los resultados obtenidos en el presente

estudio, a excepción de los parámetros FCA y TEP, en los cuales si se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$). A pesar de ello, los valores obtenidos para estos dos parámetros son mejores a los reportados por Karapanagiotidis *et al.* (2007) quienes obtuvieron rangos entre 2,01 y 2,06 para FCA y entre 1,52 y 1,55 para TEP, cuando alimentaron tilapia nilótica durante 20 semanas con dietas que contenían aceite de linaza, aceite de pescado, aceite de maíz o mezclas entre aceite de linaza con aceite de oleína de palma refinada en una proporción de 2:1 y aceite de oleína de palma refinada con aceite de linaza en una proporción de 3:2.

Adicionalmente, es posible que las diferencias encontradas para FCA (SL vs. AP) y para TEP (AP vs. SL, SC, APL), se deban a posibles diferencias en la digestibilidad de la energía de cada una de las fuentes de lípidos evaluadas. Sin embargo, este parámetro no fue estudiado en la presente investigación, por lo que sería necesario tenerlo en cuenta en futuras investigaciones.

Aunque no se observaron diferencias para GDP (g/día/pez) y sobrevivencia, los valores encontrados en el presente estudio son superiores a los reportados en la literatura para tilapia nilótica en jaulas flotantes. Piraquive y Vélez (2000), citados por Espejo y Torres (2001), reportan ganancias diarias de peso corporal del orden de hasta 4 g por pez, con un promedio de 3,18 g y supervivencias del 82%. Por su parte, Conte (2002) informa que en los sistemas productivos brasileiros es común obtener ganancias de peso de aproximadamente 6 g/pez/día durante la fase de finalización. De esta manera, los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro de los rangos mencionados anteriormente, a excepción de la ganancia diaria de peso que es mayor a la esperada. En este sentido, es posible que los altos valores obtenidos para este parámetro (mayores a 6 g/día) se deban a las bajas densidades que se manejaron a lo largo del experimento, obteniendo biomasa finales del orden de 12,25 kg/m³ en el caso más alto. Esta observación coincide con lo reportado por Tonial *et al.* (2009) quienes también obtuvieron ganancias de peso superiores a los estándares de la especie al utilizar dietas que contenían 7% de aceite de lino, la cuales se suministraron por diferentes periodos de tiempo (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días) con bajas densidades poblacionales en sus unidades experimentales.

Al no presentarse diferencias significativas ($P < 0,05$) en el porcentaje de sobrevivencia, y al estar todas alrededor del 99%, es posible afirmar que ninguna de las fuentes de lípidos evaluadas afectó el estado de salud de los peces. Asimismo, los resultados obtenidos con el parámetro CAA indican que, aparentemente, ninguna de las fuentes de lípidos evaluadas generó

rechazo por parte de los peces. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la variable de consumo es aparente, es decir, que aunque el alimento fue ofrecido, factores relacionados con la flotabilidad o la palatabilidad pudieron haber afectado el consumo real, influyendo posiblemente sobre los resultados obtenidos en FCA y TEP.

Por su parte, el estudio del presupuesto parcial muestra que con la SC se obtuvo el menor MBIP. Aunque el consumo total de alimento entre tratamientos fue similar, el costo de la dieta SC fue mayor en 108,77, 102,84 y 76,98%, frente a APL, AP y SL respectivamente, debido al precio actual de venta de la semilla de chíá. Este es un producto de producción aún limitada que debe ser importado al país, lo cual genera precios mayores a las otras fuentes de lípidos utilizadas en el estudio.

Por otro lado, en cuanto a la composición proximal del filete de tilapia nilótica, los resultados del presente estudio se acercan mucho a los valores reportados en investigaciones anteriores realizadas en la misma especie en los que evaluaron diferentes fuentes de lípidos. En este sentido Tonial *et al.* (2009) reportaron rangos para porcentaje de humedad entre 713 y 793 g kg⁻¹, cenizas entre 15 y 18 g kg⁻¹ y proteína cruda entre 159 y 174 g kg⁻¹, encontrando mayores valores de este último nutriente en peces alimentados con una dieta que contenía el 7% de aceite de lino, como ocurrió en el presente estudio. Estos resultados también coinciden con los reportados por Justi *et al.* (2003), quienes reportaron un contenido de humedad entre 77,9% y 79,1%, cenizas entre 1,1% y 1,3% y proteína cruda entre 17,2 y 18,8%.

Asimismo, las diferencias significativas ($P < 0,05$) encontradas para el porcentaje de proteína cruda del filete coinciden

con el estudio realizado por Turchini *et al.* (2007), quienes también encontraron diferencias significativas únicamente en este nutriente al evaluar la composición proximal del filete de tenca (*Tinca tinca* L) un pez de agua dulce, alimentado con dietas que contenían aceite de soya y aceite de linaza en diferentes porcentajes, durante 84 días.

Por su parte Ackman (1989) clasifica los peces de acuerdo al contenido de lípidos dentro de 4 categorías: muy bajos en grasa (<20 g/kg), bajos en grasa (20–40 g/kg), grasa media (40–80 g/kg) y altos en grasa (>80 g/kg). En este sentido, Izquierdo *et al.* (2000) afirman que la tilapia nilótica pertenece al grupo de los peces muy bajos en grasa. Sin embargo, el contenido total de extracto etéreo obtenido en los filetes del presente estudio (entre 25,3 y 30,2 g kg⁻¹) los clasificaría como peces bajos en grasa, pero seguirían siendo considerados como filetes magros, a diferencia de lo ocurrido en el experimento de Tonial *et al.* (2009) quienes al alimentar tilapias nilóticas durante 45 días con dietas que contenían 7% de aceite de soya o aceite de linaza obtuvieron un nivel de lípidos entre 94–100 g kg⁻¹, lo que clasificó estos peces como peces altos en grasa. Este resultado lo asocian los autores al poco espacio de los tanques en los cuales se mantuvieron los peces de dicho experimento.

Así, teniendo en cuenta la composición proximal de las dietas evaluadas, no se encuentra una asociación directa con los resultados obtenidos en los parámetros evaluados. De esta manera, se puede afirmar que las diferencias encontradas en el nivel de extracto etéreo de las dietas, las cuales se dan por la composición individual de nutrientes presentes en las fuentes de lípidos evaluadas, no afectan los parámetros productivos ni de composición

proximal del filete, puesto que el nivel energético resultante de cada una de las dietas es similar. Sin embargo, es posible que existan diferencias en la digestibilidad de la energía de cada una de las dietas, lo cual no es concluyente puesto que, como se mencionó anteriormente, este parámetro no fue estudiado.

En cuanto al contenido de fibra bruta, las dietas no presentaron el mismo nivel de este nutriente, debido a que la semilla de chíá contenía mayor fibra dentro de su composición al compararla con las demás fuentes de lípidos evaluadas. A pesar de ello, los resultados obtenidos muestran que no se observa ningún efecto aparente del nivel de fibra de la dieta de chíá, ya que las diferencias estadísticas se dan para SL vs. AP en el caso del FCA y contenido de proteína cruda y para AP vs. el resto de dietas para TEP.

CONCLUSIONES

Es posible utilizar aceite de palma, aceite de pescado, semilla de chíá o semilla de lino como fuentes de lípidos en las dietas de finalización de tilapia nilótica cultivada en jaulas flotantes, sin afectar la sobrevivencia, biomasa final, ganancia diaria de peso, consumo aparente de alimento, tasa específica de crecimiento e índice viscerosomático. Los filetes de peces alimentados con SL presentaron un mayor contenido proteico que los alimentados con AP. Por otro lado, se encontró que el aceite de pescado generó mayor tasa de eficiencia proteica y mejor factor de conversión alimenticia, así como mayor margen de utilidad sobre el ingreso. Aunque con semilla de chíá se obtuvo un ingreso total similar a semilla de lino y aceite de palma, el alto costo de mercado de esta semilla en Colombia genera un menor margen bruto de ingreso parcial,

al compararla con las demás fuentes de lípidos evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por proveer los recursos económicos para el desarrollo de la presente investigación (Contrato: 058-2007U1355-232-07). A la Federación Colombiana de Acuicultores (FEDEACUA) por el apoyo técnico y financiero brindado para el desarrollo la investigación. A la empresa Piscícola New York por el préstamo de sus instalaciones y la donación de los peces experimentales. A la empresa Concentrados Cresta Roja por su apoyo en la elaboración de las dietas experimentales.

REFERENCIAS

- Ackman RG. 1989. Nutritional composition of fats in seafoods. *Prog Food Nutr Sci.* 13:161-241.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.* 15th ed. [Internet]. Arlington, VA (USA): AOAC. [Citado 2012 octubre 19]. Disponible en: http://archive.org/stream/gov.law.aoc.methods.1.1990/aoc.methods.1.1990_djvu.txt
- Bahurmiz OM, Ng WK. 2007. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, raised from stocking to marketable size. *Aquaculture.* 262:382-392.
- Bell JG, Henderson J, Tocher R, McGhee DR, Dick F, Porter JR, Smullen A, Sargent JR. 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism. *J Nutr.* 132(2):222-230.
- Bhujel RC. 2009. *Statistics for aquaculture. Aquaculture and Aquatic Resources Management (AARM).* Asian Institute of Technology (AIT), Thailand. Published in cooperation with the United States Aquaculture Society. Wiley-Blackwell. 222 p.
- Conte L. 2002. *Produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região Sudoeste do estado de São Paulo: Estudos de casos.* Dissertação, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Mestrado em Agronomia, Piracicaba, São Paulo. 59 p.
- De Souza NE, Matsushita M, De Oliveira CC, Bueno Franco MR, Visentainer JV. 2007. Manipulation of fatty acid composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets with flaxseed oil. *J Sci Food Agr.* 87: 1677-1681.
- Eliseu M, Radünz J, Emanuelli T, De Araújo F, Lazzari R, Taffare G, Corrêia V, Scherer R. 2008. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural – UFSM.* 38(1): 225-230.
- Espejo C, Torres E. 2001. Cultivo de la mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*) y la mojarra roja (*Oreochromis sp.*). En: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). *Fundamentos de acuicultura continental.* Bogotá (Colombia). p. 283-298.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2012. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012.* Roma: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. 231 p.
- Fonseca-Madrigal J, Karalazos V, Campbell PJ, Bell JG, Tocher DR. 2005. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacul Nutr.* 11(4):241-250.
- Fountoulaki E, Vasilaki A, Hurtado R, Grigorakis K, Karacostas I, Nengas I, Rigos G, Kotzamanis Y, Venou B, Alexis MN. 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture.* 289:317-326.
- Izquierdo PC, Ferrari GT, Martínez YB, Salas EM, Cagnasso MA. 2000. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales

- y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. Arch Latinoam Nut. 50:187-194.
14. Justi KC, Hayashi C, Visentainer JV, De Souza NE, Matsushita M. 2003. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n3 fatty acids. Food Chem. 80:489-493.
 15. Karapanagiotidis IT, Bell MV, Little DC, Yakupitiyage A. 2007. Replacement of dietary fish oils by alpha linolenic acid rich oils lowers omega 3 content in tilapia flesh. Lipids. 42: 547-559.
 16. Legendre M, Kerdchuan N, Corraze G, Bergot P. 1995. Larval rearing of an African catfish *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): effect of dietary lipids on growth, survival and fatty acid composition of fry. Aquat Living Resour. 8:355-363.
 17. Martínez R, Martínez N, Martínez MV. 2011. Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con SAS, SPSS, R y STATISTIX. Tomo 1. 1ª. ed. Bogotá: Fondo Nacional Universitario.
 18. Méndes P. 1999. Estadística aplicada à aquíicultura. Recife (Brasil): Ed. Bargaço. 265 p.
 19. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2011. Datos estadísticos de la acuicultura en Colombia 2000 – 2011. Bogotá: Secretaría Técnica Nacional de la Cadena de la Acuicultura. 5 p.
 20. Ng WK, Tee MC, Boey PL. 2000. Evaluation of crude palm oil and refined palm olein as dietary lipids in pelleted feeds for a tropical bagrid catfish *Mystus nemurus* (Cuvier and Valenciennes). Aquac Res. 31(4):337-347.
 21. PlanDAS - Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia FAO – INCODER. 2011. Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia (versión para página web). [Internet]. Bogotá: MADR – FAO – INCODER. [Citado 2012 diciembre 14]. 131 p. Disponible en: http://www.ceniagua.org/archivos/Diagnostico_para_revision_Dic_5_2011_v1.pdf
 22. Rosenlund G. 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquac Res. 32(Suppl. 1):323-328.
 23. SAS Institute Inc. 2002. SAS/ETS™ 9 User's guide Volumes 1 and 2. Cary, NC: SAS Institute Inc. 652 p.
 24. Tonial IB, Stevanato FB, Matsushita M, De Sousa NE, Furuya WM, Visentainer JV. 2009. Optimization of flaxseed oil feeding time length in adult Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega-3 fatty acids composition. Aquacult Nutr. 15:564-568.
 25. Torstensen BE, Froyland L, Lie O. 2004. Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil: Effects on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) tissues, lipoprotein lipid composition and lipogenic enzyme activities. Aquacult Nutr. 10:175-192.
 26. Turchini GM, Moretti VM, Mentasti T, Orban E, Valfrè F. 2007. Effects of dietary lipid source on fillet chemical composition, flavour volatile compounds and sensory characteristics in the freshwater fish tench (*Tinca tinca* L.). Food Chem. 102:1144-1155.

Citation:

Moreno JM, Muñoz AP, Wills GA. 2013. Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica -*Oreochromis niloticus* - cultivada en jaulas flotantes [Effect of the inclusion of different lipid sources on growth performance and proximate composition of Nile tilapia fillet -*Oreochromis niloticus* - reared in floating cages]. Rev Fac Med Vet Zoot. 62(2):100-111.