

Pasta de coco en dietas prácticas para juveniles de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (Percoidei: Cichlidae)

Coconut paste diets for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) (Percoidei: Cichlidae)

Benigno García-Hernández¹, Yeri Hernández-Urquín¹, Carlos Alfonso Álvarez-González^{1*}, Rafael Martínez-García¹, Wilfrido Miguel Contreras-Sánchez¹, Roberto Civera-Cerecedo², Héctor Nolasco-Soria²

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el uso de la pasta de coco (PC) como sustituto de la pasta de soya (PS) en la alimentación de juveniles de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), se evaluaron cinco dietas con distintas proporciones de PS y PC (dieta 1: 100% PS 0% PC; dieta 2: 75% PS 25% PC; dieta 3: 50% PS 50% PC; dieta 4: 25% PS 75% PC; dieta 5: 0% PS 100% PC). Los resultados mostraron que es posible sustituir hasta el 100% de PS por PC sin afectar el crecimiento, supervivencia, digestibilidad aparente y composición química de la tilapia del Nilo. En los índices de calidad de alimento se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el consumo diario de proteína (CDP) y consumo diario de alimento (CDA) en las dietas que incluyeron 0% de PC. Se discute el uso de la PC como sustituto en la alimentación de la tilapia del Nilo y la reducción de los costos de producción.

PALABRAS CLAVE

Acuicultura, nutrición, sustitución

ABSTRACT

Coconut paste (CP) was evaluated as a potential substitute of soybean meal (SM) in the diet of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Five diets with different CP/SM ratio were tested (diet 1: 100% SM 0% CP; diet 2: 75% SM 25% CP; diet 3: 50% SM 50% CP; diet 4: 25% SM 75% CP; diet 5: 0% SM 100% CP). The results showed that it is possible to replace up 100% of SM without affecting Nile tilapia growth, survival, apparent digestibility, and chemical composition. Significant differences ($p < 0.05$) were detected in two quality food indices: daily protein intake and daily feed intake in those diets including 0% of SM. The use of CP as a substitute in the Nile tilapia diet and production cost are discussed.

KEYWORDS

Aquaculture, nutrition, substitution

¹ División Académica de Ciencias Biológicas; Laboratorio de Acuicultura Tropical; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas. 86139 Villahermosa, Tabasco, México.

² Laboratorio de Nutrición Acuicola, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (Cibnor).

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: alvarez_alfonso@hotmail.com

Recibido: 8 de abril de 2013

Aceptado: 01 de julio de 2013

INTRODUCCIÓN

La alimentación representa, en ocasiones, más de 50% de los costos de producción en cultivo intensivo de organismos acuáticos (El-Sayed, 2006). Por tal motivo, resulta prioritario realizar estudios sobre la utilización de ingredientes proteínicos alternativos con el fin de disminuir y optimizar los costos relacionados con la alimentación a través de la sustitución parcial o total de aquellos ingredientes altamente demandados como la harina de pescado (HP) y la pasta de soya (PS), los cuales representan hasta el 45% de inclusión en los alimentos para peces (Rotta *et al.*, 2003).

Desde hace varias décadas se ha estudiado el uso de distintos tipos de ingredientes proteínicos en especies de peces comerciales como la trucha (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), la cobia (*Rachycentron canadum* L.) y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), entre otras formas, utilizando ingredientes no convencionales como los desechos acuícolas y de animales terrestres o subproductos de pesquerías y agroindustriales, como las pastas de cereales a las que se ha extraído el aceite con fines comerciales (Serrano y Borquez, 2004; Chou *et al.*, 2004; Tacon y Metian, 2008). Para la tilapia del Nilo, en fórmulas que incluyen harina de papa, se han realizado sustituciones con harina de desechos de res o de cerdo; mezclas de granos como maíz, cebada, trigo y centeno; gluten de trigo, harina de lupino; hojas de taro hervidas con desechos de camarón; harina de hojas de *Leucaena* o *Moringa*, entre otros ingredientes (Middleton *et al.*, 2001; Fasakin *et al.*, 2005; Leenhouders *et al.*, 2007; Tomás *et al.*, 2002; Lin y Luo, 2011; Mathia y Fotedar, 2012; Kasiga y Lochmann, 2014), con proporciones que van desde bajos niveles (5%) hasta la sustitución total en relación con la HP o PS.

Sin embargo, a la fecha no se ha evaluado el uso de la pasta de coco (*Cocos nucifera* L.) como alimento para tilapia del Nilo, éste es un producto alterno disponible en todo el mundo. En el país, este subproducto se emplea exclusivamente para la alimentación de animales terrestres, principalmente ganado (Moonrthy y Viswanathan, 2006). En el presente estudio se evaluó la pasta de coco (PC) como fuente proteínica en sustitución de PS con intención de disminuir costos en la alimentación y cultivo de tilapia del Nilo, así como de favorecer el aprovechamiento de un recurso ampliamente disponible en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de crías. Se obtuvieron 3 000 embriones a partir de un lote de reproductores de tilapia mantenido en un estanque rectangular de concreto de 50 m³

(10x5x1 m); se utilizó un total de 150 hembras (150 g de peso promedio) y 50 machos (200 g de peso promedio) del área de producción de tilapia del Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (Dacbiol-UJAT).

Los embriones fueron colectados mediante un ce-dazo de plástico de 1 mm de luz de malla con el fin de obtener una talla homogénea. Posteriormente fueron colocados en un tanque circular de plástico de 100 l conectado a un sistema cerrado con temperatura controlada (28 a 29 °C). En este sistema se aplicó el proceso de reversión sexual (98% machos) con un alimento comercial hormonado para tilapia del Nilo (El Pedregal Silver Cup®, Toluca, Estado de México, México), 52% de proteína y 14% de lípidos, que contenía una dosis de 60 mg/kg de 17 α -metiltestosterona (MT).

Las larvas fueron alimentadas durante un periodo de 28 días (alcanzaron aproximadamente 1 g). Una vez concluido el periodo de masculinización, los organismos fueron nutridos con alimento comercial para tilapia (El Pedregal Silver Cup® de 25% de proteína y 5% de lípidos) durante 84 días adicionales hasta alcanzar peso aproximado de 5 g; posteriormente los peces fueron sembrados en el mismo sistema de recirculación para iniciar el experimento.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completo aleatorizado con cinco tratamientos evaluados por triplicado. Las dietas experimentales se basaron en la sustitución parcial de la PS por la PC. Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes: T1 (0% PS-100% PC), T2 (25% PS-75% PC), T3 (50% PS-50% PC), T4 (75% PS-25% PC), T5 (100% PS-0% PC), y estuvieron basados en el contenido de la PS a partir de una dieta de referencia que contiene 20% (López-González, 2009). Además se evaluaron diversos parámetros zootécnicos y de crecimiento en relación con la digestibilidad aparente de nutrientes (cuadros 1 y 2).

De los 3 000 juveniles se seleccionaron 450 peces (5.0 \pm 0.1 g peso promedio) al azar; éstos fueron distribuidos de forma aleatoria y equitativa (30 peces) en 15 tinas circulares de 100 l de capacidad. Las tinas se incluyeron en un sistema de recirculación cerrado conformado por una bomba centrífuga de 1/3 HP (Sta-rite® JWPA5D-230, Delavan WI, USA), un filtro de arena (STA-RITE®, S166T, Delavan WI, USA), una lámpara UV de 25 w (Emperor Aquatics®, 02025, Pottstown Pennsylvania, USA), un termostato de titanio (PSA®, R9CE37I, Delavan WI, USA) y un reservorio de concreto de 2.5 m³ de capacidad.

Los juveniles fueron alimentados tres veces al día (9:00, 13:00, 17:00 h) a saciedad aparente con las dietas experimentales. Cada ingesta se dividió en dos sesiones con

una diferencia de media hora para asegurar que todos los peces comieran. Dos horas después de finalizar el periodo de nutrición, se colectaba el alimento excedente y

Cuadro 1. Composición en ingredientes (g/100 g alimento) y proximal (g/100 g materia seca) de la dieta de referencia para medir la digestibilidad in vivo en juveniles de tilapia del Nilo.

Ingrediente	Dieta de referencia
Harina de trigo	38.35
Harina de pescado	35.83
Pasta de soya	20.00
Almidón de maíz	2.00
Aceite de pescado	1.00
Premezcla de minerales para pez	1.00
Lecitina de soya	1.00
Premezcla de vitaminas para pez	0.70
Vitamina C	0.08
Cloruro de colina	0.04
BHT*	0.004
Análisis químico (g/100 g MS)	
Proteína cruda	40.2
Extracto etéreo	6.6
Fibra cruda	6.0
Cenizas	10.7
ELN**	36.5
Energía bruta (cal/g)	4300

*Butylated Hydroxytoluene (Butil hidroxitolueno)

**Extracto libre de nitrógeno

era secado en una estufa a 80 °C por 12 h para calcular el consumo real diario por medio de la diferencia entre el alimento suministrado y el excedente de alimento seco.

Condiciones de cultivo y calidad de agua. Las condiciones del cultivo permanecieron estables durante todo el periodo de estudio; se mantuvo un flujo constante de agua diariamente excepto durante la recolecta del alimento excedente. Se realizaron recambios continuos de agua dentro de cada unidad experimental por medio de recirculación equivalente a un 100% del volumen total/día. Para el monitoreo de temperatura (31 °C) y oxígeno disuelto (6.19 mg/l), se utilizó un sistema portátil de medición YSI© 55, con precisión de 0.1 °C y 0.01 mg/l (California, USA). Para medir el pH, se utilizó un potenciómetro HI 98311 (Hanna© Instruments, Rhode Island, USA). El amonio total, nitritos y nitratos (0.5, 0.4 y 0.03 mg/L, respectivamente) se analizaron por métodos espectrofotométricos (Jenway© 6405UV-Vis, AOAC, 1995).

Fórmulas y elaboración de las dietas experimentales. La formulación de dietas se realizó con el programa de computación MIXIT-WIN 5.0 procurando que fueran isocalóricas e isolipídicas (cuadro 3).

La fabricación de los pellets se realizó de la siguiente forma: los ingredientes (PS, PC, harina de sorgo, HP y harina de carne) se tamizaron con una criba de 500 m (micras). Para homogeneizar el tamaño de la

Cuadro 2. Fórmulas de los alimentos experimentales con sustitución de pasta de soya con pasta de coco.

Ingrediente	100% soya 0% coco	75% soya 25% coco	50% soya 50% coco	25% soya 75% coco	0% soya 100% coco
Soya 44 % ¹	210	152	110	50	0
Pasta de coco ²	0	110	220	330	440
Sorgo 9 % ¹	250	198	120	70	0
Harina de carne 50 % ³	250	250	255	255	260
Harina de pescado 65 % ⁴	140	140	145	145	150
Aceite de sardina ⁴	60	60	60	60	60
Aceite de soya ⁵	30	30	30	30	30
Grenetina ⁶	20	20	20	20	20
Previt® ⁷	15	15	15	15	15
Premin® ⁷	10	10	10	10	10
Oxido crómico ⁸	10	10	10	10	10
Vitamina C ⁹	5	5	5	5	5
Análisis químico					
Proteína total	33.132	32.422	32.757	31.977	32.032
Grasa	13.77	13.85	13.99	14.08	14.23
Fibra	2.388	3.632	4.905	6.145	7.4
Cenizas	11.935	12.263	12.878	13.198	13.78

¹ Galmex (Villahermosa, Tabasco, México).

² Unión de Copreros de Tabasco.

³ National Renderers Association.

⁴ Proteínas e insumos marinos (Guadalajara, Jalisco, México).

⁵ Adonaji.

⁶ Gelita México, S. de R.L. de C.V.

⁷ Premezcla de vitaminas y minerales, Pedregal (para trucha Silver Cup) Toluca, Estado de México, México.

⁸ Jalmek # catálogo C5260-05.

⁹ Rovimix® C-EC (Roche), agente activo de 35%

Cuadro 3. Índices de crecimiento y de calidad del alimento (promedio \pm DE) de juveniles de tilapia del Nilo alimentados con diferentes niveles de pasta de coco.

Índices	100%PS-0%PC	75%PS-25%PC	50%PS-50%PC	25%PS-75%PC	0%PS-100%PC
FCA ¹	1.13 \pm 0.00	1.11 \pm 0.11	0.98 \pm 0.03	1.02 \pm 0.12	1.05 \pm 0.13
TEC ²	4.30 \pm 0.02	4.32 \pm 0.10	4.34 \pm 0.03	4.41 \pm 0.09	4.31 \pm 0.22
CF ³	1.89 \pm 0.04	1.91 \pm 0.03	1.91 \pm 0.07	1.89 \pm 0.03	1.75 \pm 0.14
CDP ⁴	0.33 \pm 0.01a	0.32 \pm 0.01ab	0.31 \pm 0.00b	0.33 \pm 0.01ab	0.31 \pm 0.00ab
TEP ⁵	2.38 \pm 0.01	2.46 \pm 0.25	2.76 \pm 0.08	2.67 \pm 0.32	2.61 \pm 0.33
CDA ⁶	0.74 \pm 0.02a	0.71 \pm 0.02ab	0.69 \pm 0.01b	0.73 \pm 0.01ab	0.71 \pm 0.01ab
GP % ⁷	3591 \pm 67	3678 \pm 297	3744 \pm 106	3986 \pm 323	3664 \pm 664
Supr ⁸	97.8 \pm 3.9	93.3 \pm 3.6	91.1 \pm 10.2	93.3 \pm 0.0	86.7 \pm 6.67

¹ Factor de conversión alimenticia (FCA): (alimento consumido total en BS, g/ganancia en peso, g)

² Tasa específica de crecimiento (TEC): $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{días}] \times 100$

³ Factor de condición (CF): $(\text{peso promedio final} / \text{longitud total final}) \times 100$

⁴ Consumo de proteína diario (CDP): consumo de alimento, g base seca/número de peces/día

⁵ Tasa de eficiencia proteica (TEP): (ganancia en peso, g/proteína consumida en BS, g)

⁶ Consumo de alimento diario (CDA): $(\text{proteína consumida g}) / (\text{tiempo (día)} \times N (\text{número final de peces}))$

⁷ Ganancia en peso porcentual (GP%): $[(\text{peso promedio final} - \text{peso promedio inicial}) / (\text{peso promedio final})] \times 100$

⁸ Supervivencia (Supr): $(\text{Número de peces al inicio} - \text{Número de peces al final}) / \text{Número de peces al final} \times 100$

PS: pasta de soya

PC: pasta de coco

partícula se mezclaron de forma manual y se homogeneizaron durante 20 min en una mezcladora (Bathmex© Modelo 178716, DF, México). Posteriormente fueron pesados y mezclados los microingredientes (vitamina C, premezcla de vitaminas, premezcla de minerales); después se agregaron a los macroingredientes y se mezclaron durante 20 min.

Los ingredientes líquidos (aceite de sardina y lecitina de soya) se mezclaron manualmente con una cuchara durante 10 min hasta que adquirieron consistencia viscosa; entonces se incorporaron con los macro y microingredientes mezclando 15 min; durante ese tiempo se agregaron paulatinamente 300 ml de agua destilada. Una vez mezclados, los pellets se pasaron a un molino de carne con capacidad de 1 hp (Torrey©, M-22R1, Monterrey, México).

Los pellets se cortaron manualmente a 4.5 mm de diámetro con un dado y se tamizaron en diferentes cribas (300, 500 y 1000 m) con el objetivo de obtener el tamaño adecuado (diámetro de la boca de los organismos). Posteriormente fueron secados en una estufa (CORIAT® HC-35-D, D.F., México) durante 12 h a una temperatura de 65 °C.

Evaluación del crecimiento, supervivencia y análisis químicos. Al finalizar el experimento, se evaluaron el crecimiento en peso y longitud total de todos los peces por medio de una balanza analítica con precisión de 0.01 g (Denver Instrument©, XP-300, Denver, USA) y un vernier digital (Electronic Digital©,

140677256, Madrid, España). Adicionalmente se determinó la supervivencia mediante el conteo directo de los peces. Además se calcularon los índices de crecimiento y calidad de alimento: factor de conversión alimenticia (FCA), tasa específica de crecimiento (TEC), factor de condición (FC), consumo diario de proteína (CDP) tasa de eficiencia proteica (TEP), consumo diario de alimento (CDA), ganancia en peso porcentual (WG%) y supervivencia (Sup%).

Análisis químico proximal de los peces. Al inicio y al final del experimento se tomaron muestras de 10 peces al azar por tratamiento; en ellas se evaluó la proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, humedad y energía; cada una de las muestras se congeló en nitrógeno líquido, posteriormente se liofilizaron y se aplicaron las técnicas convencionales registradas en la AOAC (1995).

Cálculos de los coeficientes de digestibilidad aparente. Para determinar la digestibilidad aparente de materia seca y nutrientes de los alimentos y de los ingredientes de la PC, se aplicaron los cálculos de digestibilidad aparente (CDA) de nutrientes e ingredientes a partir de recolectas de heces en el último mes de evaluación, de acuerdo con lo establecido por Maynard *et al.* (1981) y Bureau *et al.* (2006):

CDA de materia seca (%) = $100 - [(\% \text{ Zeolita en alimento} / \% \text{ Zeolita en heces}) \times 100]$

CDA de nutrientes de alimento (%) = $100 - 100[(\% \text{ Zeolita en alimento} / \% \text{ Zeolita en heces}) \times (\% \text{ Nutriente en heces} / \% \text{ Nutriente en alimento})]$

Análisis estadísticos. Los datos de peso y longitud total se sometieron a pruebas de normalidad y análisis de varianza de una vía. Las diferencias entre los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 95%. Se realizaron análisis no paramétricos con la prueba de Kruskal-Wallis a partir de los datos de supervivencia, índices de calidad del alimento de los peces al final del experimento y los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes. Para detectar las diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de Nemenyi. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa STATISTICA 8 (Statsoft, Tulsa, OK, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento. En cuanto a peso y longitud, el crecimiento de los peces evaluados mostró comportamiento similar en los distintos tratamientos hasta los 28 días, con peso alrededor de 10 g. La ganancia en peso se mantuvo constante hasta los 56 días, posteriormente fue de 20 g sin importar el tratamiento evaluado. No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (figuras 1 y 2).

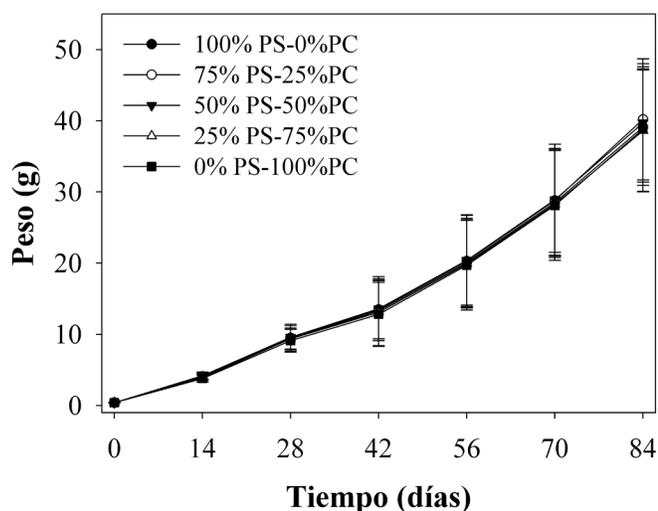


Figura 1. Crecimiento en peso (g ± DE) de juveniles de tilapia alimentados con diferentes niveles de pasta de coco.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que es posible sustituir la PS por la PC hasta en 100% sin afectar el crecimiento y la supervivencia en juveniles de *Oreochromis niloticus*. Lo anterior coincide

de con lo reportado por Regost *et al.* (1999), quienes usaron la harina de maíz y lograron sustituir la HP en 20% en juveniles de *Psetta maxima* (L.).

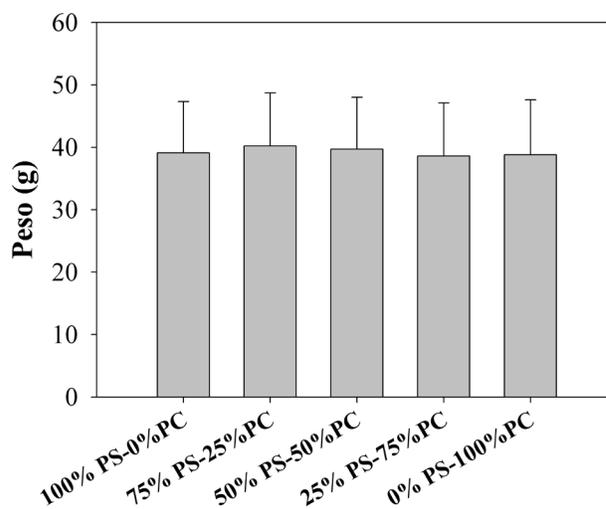


Figura 2. Promedio del peso final (g ± DE) de juveniles de tilapia alimentados con diferentes niveles de pasta de coco.

Por otra parte, Chou *et al.* (2004) lograron sustituir 16.9% de HP por harina de soja en juveniles de *R. canadum* sin causar efectos adversos para el crecimiento. De la misma forma, Serrano *et al.* (2004) lograron reemplazar hasta 20% de la HP por la harina de lupino para la trucha arcoíris *O. mykiss*, sin efectos significativos en los rendimientos productivos. Almeida (2008) logró sustituir la HP por gluten de trigo hasta en 25% para juveniles de la mojarra tenguayaca, *Petenia splendida* (Günther).

Asimismo, Botello *et al.* (2010) lograron sustituir la HP hasta en 14% por harina de caña para la engorda de tilapia roja *Oreochromis* spp. sin afectar los indicadores productivos. En otro estudio, Rivas-Vega *et al.* (2010) lograron sustituir harina de sardina por harina de hoja de *Moringa oleifera* (Lam) en juveniles de tilapia *O. niloticus* hasta en 20%.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo mostraron una alta factibilidad en relación con el uso de la PC. Se demuestra que este ingrediente, aunque contiene la mitad de la cantidad de proteína y una mayor cantidad de lípidos que la PS, permite cubrir sin ningún problema los requerimientos nutricionales de la tilapia del Nilo.

Los índices de crecimiento y calidad de alimentos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las siguientes variables: factor de conversión alimenticia (FCA), tasa específica de crecimiento (TEC), factor de condición (FC), tasa de eficiencia proteica (TEP) y ganancia en peso porcentual (GP%). Solamente se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el consumo diario de proteína (CDP) y el consumo diario de alimento (CDA). Dietas que incorporaron 75 o 100% de soya registraron mayor respuesta en el consumo de proteína y alimento.

Lo anterior concuerda con lo detectado por Almeida (2008), quien observó valores similares (FCA 1.9, TEC 14.8, TEP 5, GP 4662.2%, Sup. 96%) con índices más altos para la mojarra tenguayaca con la proporción de 25% de gluten de trigo y 75% de HP, junto con una supervivencia de 96%; también demostró que al aumentar los niveles de inclusión disminuyó la supervivencia, puesto que esta especie carnívora tiene poca capacidad de digerir ingredientes de origen vegetal. En el mismo aspecto, Rivas-Vega *et al.* (2010) lograron resultados más altos sustituyendo la harina de sardina por harina de hojas de *M. oleifera*, para el FCA de 3.4 con la sustitución de 20% de la proteína en el crecimiento de la mojarra tilapia *O. niloticus*; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la supervivencia para esta especie. Por su parte, Botello *et al.* (2010) lograron, para *Oreochromis spp.*, valores bajos de FCA (1.75) y TEP (0.42) con la susti-

tución de hasta 14% de harina de proteína de caña por HP, con una supervivencia de 100%. Villarreal *et al.* (2011) reportaron valores bajos de SGR (2.03) para la mojarra castarrica *Cichlasoma urophthalmus* (Günther), lo que demostró que el gluten de trigo puede sustituir sólo 30% de PS.

Coefficientes de digestibilidad aparente. En relación con estos factores, no se detectaron diferencias significativas entre los valores calculados para materia seca y proteína entre los tratamientos (cuadro 4), aunque se notó una tendencia a disminuir el contenido de materia seca y proteína conforme se incrementó el contenido de PC en la dieta. El valor de materia seca varió de 84.2% en la dieta 25% PS-75% PC hasta 88.3% en las dietas 100% PS-0% PC y 0% PS-100% PC. Para la digestibilidad aparente de proteína, se registraron valores de 86.8% en la dieta de 50% PS-50% PC, hasta 94.8% en la dieta 100% PS-0% PC (cuadro 4). De esta manera, el mejor tratamiento fue el de 50% PS-50% PC con 93% de proteína y 86% de materia seca, dato similar al obtenido por Borquez-Ramírez (2008), quien usó harina de lupino en juveniles de trucha arcoíris y logró un resultado similar con la dieta de 40% de proteína, además de 96% en el coeficiente de digestibilidad aparente de proteína. En cuanto al coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca, los valores disminuyeron con relación al incremento de PC, posiblemente ocasionado por el incremento de fibra en las dietas.

Cuadro 4. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de nutrientes (promedio \pm DE) de juveniles de tilapia del Nilo alimentados con diferentes niveles de pasta de coco.

CDA	100%PS-0%PC	75%PS-25%PC	50%PS-50%PC	25%PS-75%PC	0%PS-100%PC
Materia seca	88.3 \pm 3.0	86.1 \pm 4.1	86.8 \pm 6.3	84.2 \pm 2.2	83.5 \pm 4.3
Proteína	94.8 \pm 3.9	92.3 \pm 3.6	93.1 \pm 4.2	92.3 \pm 4.0	90.7 \pm 5.62

PS: pasta de soya
PC: pasta de coco

Análisis químico proximal. No se encontraron diferencias significativas en las variables estudiadas entre los tratamientos (cuadro 5) en cuanto al contenido de proteína; aunque se observó leve disminución de la proteína conforme aumentaba la cantidad de PC, lo cual concuerda con lo observado en el CDA, y que es ocasionado principalmente por el incremento de fibra en las dietas. Adicionalmente la PC contiene mayor cantidad de lípidos, principalmente saturados, lo que incrementa su contenido en el músculo y disminuye el incremento de la proteína corporal.

Los valores más altos de contenido de proteína corporal fueron registrados en los peces alimentados con

las dietas de 100% PS-0% PC y 75% PS-25% PC. Con la dieta de 0% PS-100% PC se obtuvo el valor más bajo. El extracto etéreo fue mayor en los peces alimentados con la dieta de 0% PS-100% PC; en el resto de los tratamientos la respuesta fue parecida (cuadro 5). Estos resultados son similares a los obtenidos por Furuya *et al.* (2001), quienes utilizaron harina de girasol (14%) en la alimentación de *O. niloticus* en etapa juvenil, con lo que obtuvieron un análisis químico de 3 022 kcal/kg, más bajo que el nivel obtenido en este estudio. Por otra parte, Souza y Hayashi (2003) usaron harina de semilla de algodón (40%) en la alimentación de alevines de *O. niloticus* y lograron un análisis proximal de

3 000 kcal/kg. Asimismo, Souza *et al.* (2004), al usar la harina de semilla de algodón en alevines de *Leporinus macrocephalus* (Garavello y Britski, 1988), registraron un análisis químico de 3 000 kcal/kg; por lo tanto, se puede concluir que la inclusión de PC permite obtener peces con niveles de proteína mayores.

La HP y la PS son de los ingredientes más utilizados en los alimentos balanceados para la tilapia porque cumplen un perfil adecuado de aminoácidos, ácidos grasos minerales, vitaminas esenciales, así como de energía digerible (Tacon y Metian, 2008). Por ese motivo cubren fácilmente el requerimiento nutricional de la tilapia, así como de otras especies acuáticas. Sin embargo, su costo se incrementa constantemente

debido a la alta demanda en las diferentes industrias agropecuarias, lo que ha obligado a los fabricantes a buscar nuevas fuentes de ingredientes proteínicos, ya sea subproductos porcinos, bovinos, avícolas o de origen vegetal (Toledo *et al.*, 1987; Tacon, 1993; Fagbenro, 1994). De esta forma, en este estudio se demuestra la capacidad alta que tiene la tilapia del Nilo de aprovechar nutricionalmente diversos ingredientes de origen vegetal como la PC en sustitución de la PS. Lo anterior, desde la perspectiva del costo-beneficio, significa reducir el costo que el alimento representa en el cultivo de este pescado (PS= \$US 600/ton; PC= \$US 200/ton).

Tabla 5. Análisis químico proximal (promedio \pm DE) de juveniles de tilapia del Nilo alimentados con diferentes niveles de pasta de coco.

Nutriente (%)	100%PS-0%PC	75%PS-25%PC	50%PS-50%PC	25%PS-75%PC	0%PS-100%PC
Proteína	55.13 \pm 3.00	54.11 \pm 2.11	53.18 \pm 2.73	52.12 \pm 2.42	51.05 \pm 3.13
Extracto etéreo	3.30 \pm 0.56	3.32 \pm 0.10	3.34 \pm 0.45	3.47 \pm 0.96	3.61 \pm 0.92
Fibra	1.89 \pm 0.24	1.91 \pm 0.63	1.91 \pm 0.77	1.89 \pm 0.33	1.75 \pm 0.14
Ceniza	5.31 \pm 1.01	5.32 \pm 1.01	4.31 \pm 1.00	4.33 \pm 1.01	4.31 \pm 1.00
Energía (Kcal/g)	4497.8 \pm 321.9	4293.3 \pm 213.6	4391.1 \pm 310.2	4293.3 \pm 120.0	4286.7 \pm 216.67

PS: pasta de soya
PC: pasta de coco.

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que es posible la sustitución de la PS por PC como fuente de proteína durante el cultivo de la tilapia del Nilo. Con ello también existe la posibilidad de reducir costos de producción sin afectar parámetros de calidad del producto final.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Conacyt por la beca de manutención para la realización de estudios de posgrado. Este proyecto fue financiado por el proyecto "Fortalecimiento del área de bioquímica del Laboratorio de Acuicultura Tropical UJAT-Dacbiol" apoyado por Fondos Mixtos Gobierno del Estado de Tabasco-Conacyt.

LITERATURA CITADA

- Almeida, M. J. A. 2008. Evaluación de gluten de trigo como sustituyente de harina de pescado en dietas prácticas para la alimentación de larvas y juveniles de la mojarra tenguayaca *Petenia splendida* en condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa. 42 pp.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Arlington. 1018 pp.
- Borquez-Ramírez, A. S. 2008. Evaluación nutricional del lupino blanco (*Lupinus albus*) como fuente alternativa de proteínas en dietas comerciales para salmónidos en Chile. Tesis doctoral. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Gran Canaria. 191 p.
- Botello, L. A., M. T. Viana, E. G. Téllez, E. A. Pullés, M. L. Cisneros, G. S. Solano, O. M. Miranda, Y. V. Rodríguez, M. E. Cutiño, L. Savón y R. Botello. 2010. Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. *Agrociencia* 45: 23-31.
- Bureau, D. P., K. Hua y C. Y. Cho. 2006. Effect of feeding level on growth and nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) growing from 150 to 600 g. *Aquaculture Research* 37 (11): 1090-1098.
- Chou, R. L., B. Y. Her, M. S. Su, G. Hwang, Y. H. Wu y H. Y. Chen. 2004. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 229 (1-4): 325-333.
- El-Sayed, A. F. M. 2006. Tilapia culture. CABI. Cambridge, Estados Unidos, 275 pp.
- Fagbenro, O. A. 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh 46 (3): 140-147.
- Fasakin, E. A., R. D. Serwata y S. J. Davies. 2005. Comparative utilization of rendered animal derived products with or without composite mixture of soybean meal in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis mossambicus*) diets. *Aquaculture* 249: 329-338.
- Furuya, W. M., L. E. Pezzato, A. C. Pezzato, M. M. Barros y E. C. Miranda. 2001. Coeficientes de digestibilidad e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para Tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus*. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30: 1143-1149.
- Kasiga, T. y R. Lochmann. 2014. Nutrient digestibility of reduced-soybean-meal diets containing *Moringa* or *Leucaena* leaf meals for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 45: 183-191.
- Leenhouders, J. I., R. C. Ortega, J. A. J. Verreth y J. W. Schrama. 2007. Digesta characteristics in relation to nutrient digestibility and mineral absorption in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed cereal grains of increasing viscosity. *Aquaculture* 273: 556-565.
- Lin, S. y L. Luo. 2011. Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Animal Feed Science and Technology* 168 (1-2): 80-87.
- López-González, B. A. 2009. Evaluación de la digestibilidad de subproductos de cártamo *Carthamus tinctorius* como componente proteínico para la alimentación de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa. 84 pp.
- Mathia, W. M. y R. Fotedar. 2012. Evaluation of boiled taro leaves, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, as a freshwater shrimp, *Caridina nilotica* Roux protein replacement, in diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture* 356-357: 302-309.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz y R. G. Warner. 1981. *Nutrición Animal*. 7^a ed. McGraw Hill. México, DF. 640 pp.
- Middleton, T. F., P. R. Ferket, L. C. Boyd, H. V. Daniels y M. L. Gallagher. 2001. An evaluation of co-extruded poultry silage and culled jewel sweet potatoes as a feed ingredient for hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. mossambicus*). *Aquaculture* 198: 269-280.
- Moonrthy M. y K. Viswanathan. 2006. Feeding value of extracted coconut meal for White lefhorn layers. *International Journal of Poultry Science* 5: 1040-1045.
- Regost, C., J. Arzel y S. J. Kaushik. 1999. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diets for turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 180: 99-117.
- Rivas-Vega, M. E., A. Miranda-Baeza y M. I. Sandoval-Muy. 2010. Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. pp. 467-484. Avances en Nutrición Acuicola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza.
- Rotta, M. A., L. O. B. Alfonso, A. M. Penz y G. J. Wassermann. 2003. Farinha de minoca como alimento para pós-larvas de Tilapia. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 45: 1-38.
- Serrano, G. E. R. y R. A. Borquez. 2004. Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de lupino blanco *Lupinus albus* en dietas extruidas para trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*: efecto sobre los índices reproductivos y la composición de ácidos grasos en el músculo. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias, Escuela de Acuicultura. 72 p.
- Souza, S. R. y C. Hayashi. 2003. Avaliação do farelo de algodão na alimentação de levinos de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Zootecnia Tropical* 21 (4): 383-398.
- Souza, S. R., C. Hayashi, T. Soares y L. S. Andrade. 2004. Avaliação do efeito de diferentes níveis de farelo de algodão sobre o desempenho e a composição corporal de alevinos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). *Boletim do Instituto de Pesca* 30 (2): 127-134.
- Tacon, A. G. J. 1993. Feed ingredients for warm water fish, fish meal and other processed feedstuffs. FAO Fisheries Circular 856. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 64 p.
- Tacon, A. G. J. y M. Metian. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285: 146-158.
- Toledo, J., J. A. Cisneros y E. Ortiz. 1987. Utilización de la harina de morralla en lugar de harina de pescado en la dieta de juveniles de tilapia, *Oreochromis aureus*. *Revista de Investigaciones Marinas* 3 (2): 55-59.
- Tomás, A., L. S. Martínez, J. López, A. V. Moñino y M. Jover. 2002. Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la Tilapia *Oreochromis niloticus*. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. pp. 963-968.
- Villarreal, C., R. Gelabert, G. Gaxiola, G. Cuzon, L. Amador, E. Guevara y R. Brito. 2011. Crecimiento de alevines de *Cichlasoma urophthalmus* con dietas basadas en diferentes niveles de inclusión de proteína de soja y gluten de trigo. *Universidad y Ciencia* 27 (1): 53-62.