

# SUSTITUCIÓN DE LA HARINA DE PESCADO POR HARINA DE CAÑA PROTEÍNICAS PARA LA ENGORDA DE TILAPIA ROJA

## FISH MEAL SUBSTITUTION BY PROTEIN SUGAR CANE IN DIETS FOR WEIGHT GAIN IN RED TILAPIA

Aroldo Botello-León<sup>1</sup>, M. Teresa Viana<sup>2\*</sup>, Enrique Téllez-Girón<sup>3</sup>, Elmo Pullés-Ariza<sup>3</sup>, Mario Cisneros-López<sup>1</sup>,  
Gutberto Solano-Silveira<sup>1</sup>, Manuel Valdiviá<sup>5</sup>, Oscar Miranda-Miranda<sup>1</sup>, Yoel Rodríguez-Valera<sup>4</sup>, Magalis Cutiño-Espinoza<sup>1</sup>,  
Lourdes Savón<sup>5</sup>, Arnaldo Botello-Rodríguez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Cuba. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, México. (viana@uabc.edu.mx). <sup>3</sup>Dirección Provincial de Acuicultura, Granma, Cuba. <sup>4</sup>Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma, Cuba. <sup>5</sup>Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

### RESUMEN

Es importante buscar alternativas sostenibles con subproductos para sustituir la harina de pescado en dietas para la engorda de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) cultivadas en jaulas flotantes a 27.8 °C. En el presente estudio se formularon cuatro dietas (tratamientos, T; 0 %, T0; 14 %, T14; 16 %, T16 y 18 %, T18) isoproteínicas (26 %) e isoenergéticas (2.7 kcal g<sup>-1</sup> alimento) usando una mezcla de subproducto de caña proteínica enriquecido con ensilaje ácido de pescado (harina de caña proteínica) en sustitución de harina de pescado. En este estudio se usaron 420 machos de tilapias (58.34±0.01 g) alimentados por 60 d. El diseño experimental fue completamente al azar con siete jaulas rectangulares por tratamiento (0.256 m<sup>3</sup>; 0.8×0.8×0.4 m) y suspendidas sobre un estanque circular de hormigón (8 m diámetro y 2 m alto), con 15 peces por jaula. El análisis de los datos, efectuado mediante un análisis de varianza de una vía, indicó que para T0 y T14 no hubo diferencias significativas (p>0.05) en peso final, tasa de crecimiento, tasa de eficiencia proteínica, factor de conversión y eficiencia alimenticia. Sin embargo, los peces en los tratamientos T16 y T18 mostraron un menor desempeño. Se concluye que se puede incluir hasta 14 % de la harina de caña proteínica en dietas para la engorda de tilapia roja sin afectar los indicadores productivos.

**Palabras clave:** *Oreochromis* spp., harina de caña proteínica, jaulas flotantes, nutrición.

### ABSTRACT

It is important to search for sustainable alternatives with by-products for replacing fish meal in diets for weight gain in red tilapia (*Oreochromis* spp.) cultured in floating cages at 27.8 °C. In the present study, four isoprotein diets (26 %) (treatments: T; 0 %, T0; 14 % T14; 16 % T16, and 18 % T18) and isoenergetic diets (2.7 kcal g<sup>-1</sup> feed) were formulated, using a by-product mixture of sugar cane, enriched with acid fish-silage (sugar cane protein meal) as substitution of fish meal. Four hundred and twenty tilapia males (58.34±0.01 g) were used in this study, fed for 60 d. The experimental design was completely randomized with seven rectangular cages per treatment (0.256 m<sup>3</sup>; 0.8×0.8×0.4 m) left hanging above a circular concrete pond (8 m diameter and 2 m high) with 15 fish per cage. Data analysis, conducted by a one way analysis of variance, indicated that for T0 and T14 there were no significant differences (p>0.05) in final weight, growth rate, protein efficiency rate, factor of conversion and feed efficiency. The fish in treatments T16 and T18, however, showed less performance. We conclude that up to 14 % of sugar cane protein meal may be included in diets for weight gain in red tilapia without affecting productive indicators.

**Key words:** *Oreochromis* spp., sugar cane protein meal, floating cages, nutrition.

### INTRODUCTION

Tilapia (*Oreochromis* spp.) is used for food production, tastes good and grows quickly, and its crude protein requirements may be up to 28 %. In order to reduce production costs it is

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Septiembre, 2009. Aprobado: Noviembre, 2010.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 45: 23-31. 2011.

## INTRODUCCIÓN

La tilapia (*Oreochromis* spp.) se usa para la producción de alimentos, muestra buen sabor rápido crecimiento y su requerimiento de proteína cruda puede ser hasta 28 %. Para reducir el costo de producción es importante sustituir la harina de pescado por fuentes alternativas de proteína de costo menor (Oliveira-Cavalheiro *et al.*, 2007; Toledo, 2007).

Hay una gran cantidad de subproductos pesqueros porque no se aprovecha la piel, cabeza, aletas y vísceras (50 a 60 % del pez), y además por los peces no comerciales debido a su color, olor, forma o talla (Blanco *et al.*, 2007). El ensilaje ácido de pescado elaborado con una mezcla de subproductos pesqueros con ácidos orgánicos e inorgánicos es una solución viable de preservación con un costo bajo. Sin embargo, el problema para su manejo es el contenido alto de humedad (Arvanitoyannis y Kassaveti, 2007). Para reducir la humedad del ensilaje de pescado se usan harinas de cereales o subproductos (cascarilla de trigo o arroz) como agente higroscópico para facilitar su manejo en el secado al sol o con secadores de tambor u hornos (Goddard y Perret, 2005; Goddard *et al.*, 2008). La harina de caña proteínica (HCP) se obtiene usando subproductos de caña seca y molida mezclados con ensilaje ácido de pescado (Elias *et al.*, 1990). La HCP se usa en la alimentación de bovinos y ovinos con indicadores bioproductivos y económicos favorables y, además, mejora la estabilidad y calidad del alimento balanceado (Elias *et al.*, 1990). Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la respuesta biológica al sustituir harina de pescado por HCP en la engorda de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en jaulas flotantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Elaboración y caracterización de la harina de caña proteínica

La caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), deshojada y seca al sol (72 h) se molió y se pasó por un tamiz (250  $\mu$ m) para obtener la harina de caña deshidratada. El ensilaje de pescado se elaboró en recipientes de cristal (2 L) y por cada kg de boquerón (*Ophistonema oglinum*) entero y fresco (subproducto de la fauna acompañante del camarón) se añadieron 90 mL de agua. La mezcla se trituró (4 mm diámetro) y se agregó 60 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 96 % hasta obtener una pasta homogénea. Después de 72 h la

importante para reemplazar la harina de pescado por fuentes de menor costo (Oliveira-Cavalheiro *et al.*, 2007; Toledo, 2007).

There is a large amount of fishery by-products because skin, head, fins, and viscera are not utilized (50-60 % of the fish), and besides, because of non-commercial fishes due to their color, smell, form, or size (Blanco *et al.*, 2007). Acid fish-silage, elaborated with a mixture of fishery by-products with organic and inorganic acids is a viable solution of preservation at low price. However, the problem of its management is the high moisture content (Arvanitoyannis and Kassaveti, 2007). In order to reduce the moisture of fish-silage, cereal meals or by-products (wheat and rice hulls) are used as hygroscopic agents to facilitate its management at sun-drying or with drum-oven dryers (Goddard and Perret, 2005; Goddard *et al.*, 2008). Sugar cane protein meal (HCP) is obtained by using by-products of dry and ground sugar cane mixed with acid fish-silage (Elias *et al.*, 1990). HCP is used in feeding cattle and sheep with favorable bioproductive and economic indicators, and besides it improves stability and quality of balanced feed (Elias *et al.*, 1990). Therefore, the objective of this study was determining the biologic response at replacing fishmeal by HCP in the diet for weight gain of red tilapia (*Oreochromis* spp.) in floating cages.

## MATERIALS AND METHODS

### Elaboration and characterization of sugar cane protein meal

Whole sugar cane, leafless and sundried (72h) was ground through a sieve (250  $\mu$ m) in order to obtain dehydrated sugar cane meal. Fish-silage was processed in glass receptacles (2 L), and for every kg of whole and fresh anchovy (*Ophistonema oglinum*) (by-product of fauna accompanying shrimp) 90 mL of water were added. The mixture was crushed (4 mm diameter) and 60 mL of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at 96 % was added until obtaining a homogenous paste. After 72 h, the ground sugar cane meal was enriched with the silage (75:25 silage: bagasse meal), dried (48-72 h) and ground using a sieve (250  $\mu$ m) to obtain HCP.

### Preparation of experimental diets

Four isoprotein (26%) and isoenergetic diets (2.7 kcal g<sup>-1</sup> feed) were formulated, using 6.1 LINDO for Windows, 2002: 0 % HCP, T0; 14 % HCP, T14; 16 % HCP, T16; and 18 %

harina de caña se enriqueció con el ensilaje (75:25 ensilaje:harina de bagazo de caña), secó (48-72 h) y molió con tamiz (250  $\mu\text{m}$ ) para obtener la HCP.

### Preparación de las dietas experimentales

Cuatro dietas isoproteínicas (26 %) e isoenergéticas (2.7 kcal  $\text{g}^{-1}$  alimento) se formularon usando LINDO 6.1 para Windows, 2002: 0 % HCP, T0; 14 % HCP, T14; 16 % HCP, T16; y 18 % HCP, T18, y se agregaron harinas vegetales (soya, trigo y maíz) molidas y tamizadas (250  $\mu\text{m}$ ) (Cuadro 1). Los ingredientes se homogenizaron para elaborar gránulos (pellets) con un molino de carne (diámetro salida, 2 mm), y se secaron 8 h a 60 °C en una estufa de aire forzado (Memmert®, Alemania).

### Ensayo

El ensayo se efectuó en la Estación de Alevinaje ACUIPASO, municipio Bartolomé Masó, provincia Granma, Cuba. Se usaron 420 machos de tilapia roja (58.34  $\pm$  0.01 g), aclimatados 7 d con alimento comercial a base de soya y trigo con 27 % PC, que se distribuyeron aleatoriamente en jaulas rectangulares (0.256  $\text{m}^3$ ; 0.8  $\times$  0.8  $\times$  0.4 m) y suspendidas (siete para cada tratamiento) dentro de un estanque circular de hormigón (8 m diámetro y 2 m alto), ubicado en una nave techada. El flujo se controló a 0.47  $\text{L s}^{-1}$ . En cada jaula se colocaron 15 peces por 60 d. Los comederos fueron tipo charola de malla (0.5 mm de malla y 0.4  $\times$  0.4 m) para medir el consumo de alimento. El alimento se ofreció a las 07:30, 11:30 y 15:30 h al 2.5 %  $\text{d}^{-1}$  de su biomasa a saciedad aparente (Toledo, 2007).

### Análisis químicos y variables

Los análisis proximales de las dietas se realizaron por triplicado (AOAC, 1995): materia seca (MS), proteína cruda (PC), grasa cruda (GC), cenizas, fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN). La energía digestible (ED) se calculó según New (1987) considerando 3.0 Kcal  $\text{g}^{-1}$  para carbohidratos (no leguminosa), 2.0 kcal  $\text{g}^{-1}$  para leguminosa, 4.3 kcal  $\text{g}^{-1}$  para proteína animal, 3.8 proteína vegetal y 8.0 kcal  $\text{g}^{-1}$  para lípidos.

Los peces se pesaron individualmente a los 0, 15, 30, 45 y 60 d para ajustar la ración y evaluar el incremento de peso diario (IPD), la tasa específica de crecimiento (TEC), la eficiencia alimenticia (EA), y la supervivencia (S).

La estabilidad de las dietas (pérdida de MS) se evaluó por triplicado (2 g) en el agua estática y en movimiento. En ambos casos, bolsas de malla (1 mm) con la muestra fueron sumergidas 5 min en 200 mL de agua destilada y se registró el peso seco remanente (peso seco constante). En movimiento se usó una plancha de

### Cuadro 1. Dietas experimentales.

Table 1. Experimental diets.

Ingredientes (%)	T0	T14	T16	T18
Harina de caña proteínica	0.0	14.0	16.0	18.0
Harina de pescado	18.0	10.3	9.4	8.4
Harina de soya	27.7	30.0	30.4	30.7
Harina de maíz	21.1	12.5	11.0	9.7
†Otros	33.3	33.3	33.3	33.3
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0

†Otros: harina de trigo 25.1 %; aceite de soya 2.5 %; cloruro de sodio 0.2 %; premezcla de vitaminas (1.0 %) y minerales (1.0 %); bentonita 2.5 %; fosfato monocálcico 1.0 % ♦ †Others: wheat meal 25.1 %; soybean oil 2.5 %; sodium chloride 0.2 %; pre-mixture of vitamins (1.0 %) and minerals (1.0 %); bentonite 2.5 %, monocalcium phosphate 1.0 %.

HCP, T18, and vegetal meals were added (soy, wheat, and corn), ground and sieved (250  $\mu\text{m}$ ) (Table 1). The ingredients were homogenized to make pellets using a mill for grinding meat (output diameter, 2 mm) and dried for 8 h at 60 °C in a forced air oven (Memmert®, Germany).

### Assay

The assay was carried out at Alevinaje Station ACUIPASO, municipality of Bartolomé Masó, province of Granma, Cuba. Four hundred red tilapia males were used (58.34  $\pm$  0.01 g) acclimatized for 7 d with commercial feed, based on soybean and wheat with 27 % PC. They were distributed at random in rectangular cages (0.256  $\text{m}^3$ ; 0.8  $\times$  0.8  $\times$  0.4 m) and left hanging (seven per treatment) within a circular concrete pond (8 m diameter and 2 m high), located in a shaded area. Flow was controlled at 0.47  $\text{l s}^{-1}$ . Fifteen fish were placed in each cage for 60 d. The feeders were trays of mesh net (0.5 mm of mesh and 0.4  $\times$  0.4 m) to measure feed intake. Feed was offered at 0.7:30, 11:30, and 15:30 h at 2.5 %  $\text{d}^{-1}$  according to their biomass, apparently to their fill (Toledo, 2007).

### Chemical analyses and variables

The proximal analyses of the diets were carried out in triplicate (AOAC, 1995): dry matter (DM), crude proteína (CP), total fat (TF), ashes, crude fiber (CF) and nitrogen free extract (NFE) Digestible energy (DE) was calculated according to New (1987) considering 3.0 Kcal  $\text{g}^{-1}$  for carbohydrates (nonlegume), 2.0 kcal  $\text{g}^{-1}$  for legume, 4.3 animal protein, 3.8 vegetal protein, and 8.0 for lipids.

The fish were weighed individually at 0, 15, 30, 45, and 60 d in order to adjust the portion and evaluate the daily weight

agitación universal. La diferencia entre peso seco inicial menos el final se reportó como porcentaje de pérdida. El pH del alimento se registró en muestras aleatorias de 10 g (triplicado) en 90 mL de agua destilada.

La cantidad de partículas de polvo generadas por unidad de alimento se evaluó por triplicado. Muestras de 1 kg se tamizaron (criba 1.5 mm) y se registró el porcentaje de polvo.

La temperatura, oxígeno disuelto (Oxyguard MK III) y pH del agua se registraron diariamente, mientras que los nitritos, nitratos y amonio cada 10 d (espectrofotómetro YSI 2030).

### Análisis económico

Se calculó el costo (US dólares por 1 t producida) de los ingredientes de las materias primas, mano de obra y gastos de energía asociados con la elaboración de la HCP y dietas en la Estación de Alevinaje ACUIPASO. Los análisis de la relación costo-beneficio se calcularon multiplicando los costos de las dietas por el factor de conversión alimenticia.

### Diseño experimental y análisis estadísticos

El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y siete repeticiones (15 peces por unidad experimental). Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía entre medias, previa comprobación de la normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de las varianzas (prueba de Bartlett). Para analizar las diferencias entre medias se usó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Cuando no se cumplió la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza, se aplicó un análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis y una prueba de rangos múltiples de medias entre grupos ( $p \leq 0.05$ ). En todos los análisis se usó el programa STATISTICA® versión 6.0 para Windows 2000.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensilaje químico de pescado es un producto con 80 % de humedad y pH 2.2, lo cual dificulta su manipulación y es conveniente mezclarlo con materias primas higroscópicas. La caña de azúcar, un producto con alta disponibilidad en Cuba, presenta una alta capacidad higroscópica que facilita el proceso de secado y neutralización de pH del ensilaje ácido de pescado.

En este estudio se usó subproducto de caña de azúcar: 2.6 % PC, 3.60 % grasa, 4.0 % lignina, 4.18 % celulosa y 14.2 % hemicelulosa (Elías *et al.*, 1990). La caña de azúcar muestra baja digestibilidad en no

increment (IPD), the specific growth rate (TEC), feed efficiency (EA), and survival (S).

Diet stability (DM loss) was evaluated in triplicate (2 g) in static water and water in movement. In both cases, string bags (1mm) with the sample were submerged 5 min in 200 mL of distilled water, and surplus dry weight (constant dry weight) was registered. In movement a universal shaker board was used. The difference between initial minus final dry weight was reported as loss of percentage. Food pH was recorded in random samples of 10 g (in triplicate) in 90 mL of distilled water.

The quantity of dust particles generated by unit of food was evaluated in triplicate. Samples of 1 kg were sieved (1.5 mm sieve) and dust percentage was registered.

Temperature, dissolved oxygen (Oxyguard MK III) and water pH were recorded every day, whereas nitrites, nitrates, and ammonium were registered every 10 d (YSI spectrophotometer 2030).

### Economic analysis

The cost (U.S. dollars per 1 t of product) of ingredients of raw material, labor, and expenses of energy, associated to processing of HCP and diets at the Station Alevinaje ACUIPASO, was calculated. Analyses of the cost-benefit relation were calculated multiplying the costs of diets by the factor of feed conversion.

### Experimental design and statistical analyses

The experimental design was completely randomized with four treatments and seven replications (15 fishes per experimental unit). Data were analyzed by means of one way analysis of variance previously normality verification ((Kolmogorov-Smirnov test) and homogeneity of variances (Bartlett test). In order to analyze the differences among means the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ) was used. When the test of normality and homogeneity of variance were fulfilled, an analysis of variance comparison of Kruskal-Wallis was applied and a multiple range test of means between groups ( $p \leq 0.05$ ). For all the analyses the STATISTICA® program version 6.0 for Windows 2000 was employed.

## RESULTS AND DISCUSSION

Chemical fish silage is a product with 80 % of humidity and 2.2 pH, which makes its manipulation difficult; thus it is convenient to mix it with hygroscopic raw materials. Sugar cane, a product of high availability in Cuba, presents great hygroscopic capacity, facilitating the process of drying and pH neutralization of acid fish silage.

rumiantes, por lo que su inclusión no debe superar la cantidad de fibra tolerada (Borghesi *et al.*, 2007). La caña de azúcar molida enriquecida con ensilaje ácido de pescado favorece la formulación de alimentos para pollos (Borghesi *et al.*, 2007). En el presente estudio al mezclar la caña molida con el ensilaje ácido de pescado se obtuvo 27.0 % PC y 3.2 % GC (Cuadro 2), es decir, un buen valor de proteína aunque la FC es alta (12.0 %) y limita su uso como fuente proteínica principal. El contenido de proteína y grasa dependerá del tipo de subproducto pesquero por la variación entre la composición de los subproductos (vísceras, cabezas, piel, etc.) o peces enteros con valor comercial bajo.

Las dietas experimentales tuvieron valores homogéneos de proteína y grasa (Cuadro 2), y al incluir 18 % de HCP la FC fue 3.8 %, considerado apto para tilapia (Lieberty y Benkendorff, 2007). Azaza *et al.* (2009) recomiendan dietas con 27 a 28 % PC para la etapa de engorda, lo cual coincide con lo reportado por Toledo (2007). Según Kim (1997), en dietas para peces se debe analizar la fuente proteínica y su calidad que está determinada por el contenido de aminoácidos. En el presente estudio 38 % de la proteína de las dietas (Cuadro 2) fue de origen animal, debido al enriquecimiento de la HCP con subproductos pesqueros.

La ED fue 2.7 Kcal g<sup>-1</sup> alimento, cercano a lo reportado por Llanes *et al.* (2007) de 2.6 Kcal g<sup>-1</sup> alimento en dietas para tilapia roja. La relación proteína:energía (mg PC Kcal<sup>-1</sup> ED) de las dietas varió de 94.1 a 96.4 (Cuadro 2), similar al valor de 95.3 a 108.00 para tilapia (1.65-50 g) (Winfree y Stickney, 1981; El-Dahhar y Lovell, 1995).

In this study, sugar cane by-product was used: 2.6 % CP, 3.60 % fat, 40 % lignin, 4.18 % cellulose, and 14.2 % hemi cellulose. Sugar cane has low digestibility in nonruminants; therefore, its inclusion must not surpass the amount of tolerated fiber (Borghesi *et al.*, 2007). Ground sugar cane enriched with acid fish silage favors the feed formulation for poultry (Borghesi *et al.*, 2007). In the present study, at mixing ground cane with acid fish silage, 27.0 % CP and 3.2 % TF were obtained (Table 2), in other words, good protein value, though CF is high (12.0 %) and limits its use as principal source of protein. The content of protein and fat will depend on the type of fishery by-product because of the variation among the composition of the by-products (viscera, heads, skin, etc.) or the whole fishes with low commercial value.

The experimental diets had homogenous values of protein and fat (Table 2), and when including 18 % of HCP, CF was 3.8 %, considered appropriate for tilapia (Lieberty and Benkendorff, 2007). Azaza *et al.* (2009) recommend diets with 27-28 % CP for the period of fattening, which agrees with that reported by Toledo (2007). According to Kim (1997), in diets for fish the protein source and its quality which is determined by the content of amino acids, must be analyzed. In the present study, 38 % of protein in diets (Table 2) was of animal origin, due to HCP enrichment with fishery by-products.

The DE was 2.7 Kcal g<sup>-1</sup> feed, close to that reported by Llanes *et al.* (2007) of 2.6 Kcal g<sup>-1</sup> feed in diets for red tilapia. The protein:energy relationship (mg CP Kcal<sup>-1</sup> DE) of the diets varied from 94.1 to 96.4 (Table 2), similar to the value of 95.3 to 108.00

**Cuadro 2. Composición química de la harina de caña proteínica (HCP) y las dietas experimentales.**

**Table 2. Chemical composition of sugar cane protein meal (HCP) and experimental diets.**

Nutrientes	HCP	T0	T14	T16	T18
Materia seca (MS) (%)	90.5	92.3	92.0	92.0	91.9
Proteína cruda (PC) (%)	27.0	25.8	25.8	25.8	25.7
Grasa cruda (GC) (%)	3.2	5.4	5.2	5.2	5.1
Fibra cruda (FC) (%)	12.0	2.1	3.4	3.7	3.8
Cenizas (%)	11.0	9.5	10.7	10.7	10.8
Extracto libre de nitrógeno (ELN) (%)	37.3	46.6	46.1	45.8	45.7
PC origen animal vs PC total (%)		37.9	37.9	37.9	37.9
GC origen vegetal vs GC total (%)		77.3	76.7	76.5	76.4
Energía digestible (Kcal g <sup>-1</sup> alimento)		2.7	2.7	2.7	2.7
PC/ED (mg PC Kcal <sup>-1</sup> )		94.1	95.7	96.2	96.4

T0: 0 % HCP; T14: 14 % HCP; T16: 16 % HCP; y T18: 18 % HCP.

La pérdida de MS en el agua en reposo y movimiento fue menor a 5.9 % (Cuadro 3). La tilapia consume casi todo el alimento en menos de 1 min por lo que la pérdida observada se considera mínima. Esto concuerda con Fagbenro *et al.* (1994), quienes al incluir ensilajes en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*) encontraron 5.4 % de pérdida de MS. Además, Toledo (2007) señala que pérdidas menores al 5 % de MS en polvo son aceptables para reducir costos y mantener una calidad óptima del agua. En el presente estudio las pérdidas fueron menores (1.90 a 2.01 %), lo cual refleja la capacidad de cohesión entre los ingredientes durante la elaboración de los gránulos (Cuadro 3).

Los valores de pH en las dietas (Cuadro 3) fueron similares a los resultados de Fagbenro *et al.* (1994) que reportan un pH de 5.3 a 5.6 al usar dietas con ensilajes de pescado. Al respecto, Jauncey y Ross (1982) afirman que la digestión estomacal de la tilapia ocurre con un pH de 1.8-2.0, lo cual resulta en una buena aceptación y un funcionamiento digestivo adecuado. Además, un pH entre 5 y 5.5 no altera la palatabilidad como en otros organismos acuáticos (Rivero y Viana, 1996).

Los pesos finales (PF) de los peces en T0 y T14 fueron diferentes ( $p \leq 0.05$ ) respecto a los de T16 y T18 (Cuadro 4). Las dietas en T16 y T18 tenían 3.7 y 3.8 % de FC, y según Shiau *et al.* (1989) un 4 % es aceptable para la tilapia. Así, en el presente estudio se muestra que no debe incluirse más de 3.7 % FC para lograr un desempeño adecuado en la engorda de tilapias juveniles.

En el presente estudio el IPD varió de 0.580 a 0.597  $\text{g d}^{-1}$  (Cuadro 4) y fue mayor al de 0.39 a 0.45  $\text{g d}^{-1}$  reportado por Goddard *et al.* (2008) en alevines de *Oreochromis niloticus* de 5 g alimentados con distintas fuentes de subproductos pesqueros. Sin embargo, fue inferior al IPD de 1.07  $\text{g d}^{-1}$  en tilapia híbrida

for tilapia (1.65-50 g) (Winfrey and Stickney, 1981; El-Dahhar and Lovell, 1995).

The loss of MS in water left at rest and movement was less than 5.9 % (Table 3). Tilapia consumes nearly all the food in less than 1 min; therefore the observed loss is considered minimal. This agrees with Fagbenro *et al.* (1994), who included silages in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) and found 5.4 % loss of DM. Furthermore, Toledo (2007) points out that DM losses in powder, lower than by 5 %, are acceptable for reducing costs and maintaining optimal water quality. In the present study, the losses were less (1.90-2.01 %), which reflects coherence capacity among ingredients during the processing of (Table 3).

The pH values in the diets (Table 3) were similar to the results by Fagbenro *et al.* (1994) who report pH of 5.3 to 5.6 at using diets with fish silages. Regarding this, Jauncey and Ross (1982) state that stomach digestion of tilapia occurs with pH of 1.8-2.0, which results in good acceptance and adequate digestive functioning. Besides, pH between 5 and 5.5 does not alter palatability like in other aquatic organisms (Rivero and Viana, 1996).

The final weight (FW) of the fishes in T0 and T14 was different ( $p \leq 0.05$ ), with respect to those of T16 and T18 (Table 4). The diets in T16 and T18 had 3.7 and 3.8 % of CF, and according to Shiau *et al.* (1989), 4 % is acceptable for tilapia. Thus, in the present study it is shown that no more than 3.7 % of CF must be included in order to achieve adequate performance in fattening of juvenile tilapias.

In this study, IPD varied from 0.580 to 0.597  $\text{g d}^{-1}$ , values (Table 4) and was higher than 0.39 to 0.45  $\text{g d}^{-1}$ , reported by Goddard *et al.* (2008) for fry of *Oreochromis niloticus* of 5 g, fed with different sources of fishery by-products. Nevertheless, it was lower than the IPD of 1.07  $\text{g d}^{-1}$  in hybrid tilapia

**Cuadro 3. Pérdidas (%) de componentes en las dietas y el pH.**  
**Table 3. Loss (%) of diet components and pH.**

	T0	T14	T16	T18
MS en reposo	4.4±0.52	4.5±0.42	4.7±0.79	4.7±0.35
MS en movimiento	5.5±0.48	5.8±0.41	5.9±0.37	5.9±0.26
Polvo	1.9±0.17	2.0±0.19	2.0±0.38	2.0±0.19
pH	5.5±0.31	5.3±0.47	5.2±0.21	5.0±0.21

No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); n=3. T0: 0 % HCP; T14: 14 % HCP; T16: 16 % HCP; y T18: 18 % HCP ♦ There were no significant differences ( $p > 0.05$ ).

**Cuadro 4. Variables productivas en tilapia roja alimentada 60 d con distintos niveles de HCP.**  
**Table 4. Productive variables in red tilapia fed 60 d with different HCP levels.**

Variables	T0	T14	T16	T18	EE
PI(g)	58.34	58.33	58.3	58.34	0.01
PF(g)	94.10a	94.02a	93.16b	93.23b	0.10
IPD(g d <sup>-1</sup> )	0.597a	0.595a	0.580b	0.582b	0.002
TI (g d <sup>-1</sup> )	940.8	937.3	938.0	935.1	
TEP	2.04a	2.04a	1.99b	2.00ba	0.007
FCA	1.750a	1.751ab	1.796c	1.787bc	0.006
EA	0.527a	0.525ac	0.512b	0.514bc	
S(%)	100	100	100	100	

± Error estándar. a, b, c, Medias en una hilera con distinta letra son diferentes ( $p \leq 0.05$ )  $n=15$  ♦ ± Standard error. a,b,c, Means in a row with different letter are different ( $p \leq 0.05$ ).  $n = 15$ .

PI: peso inicial; PF: peso final; IPD: incremento peso diario; TI: tasa de ingestión de peso seco; TEP: tasa de eficiencia proteínica (ganancia de peso húmedo por PC consumida); FCA: factor de conversión alimenticia (alimento seco ingerido por peso ganado); EA: eficiencia alimenticia (peso ganado por alimento consumido); S: supervivencia ♦ PI: initial weight, PF: final weight; IPD: daily weight increment; TI: dry weight ingestion rate; TEP: protein efficiency ratio (humid weight gain by consumed PC); FCA: feed conversion factor (ingested dry feed per gained weight); EA: feed efficiency (weight gained by feed consumption); S: survival.

T0: 0% HCP; T14: 14% HCP; T16: 16% HCP; y T18: 18% HCP.

(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) alimentada con harina de pescado al 30 % PC (Yue y Zhou, 2008). Además, el PF de las tilapias en T0 y T14 fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) respecto a las de T16 y T18 (Cuadro 4).

El mayor valor de FCA fue para T16 y el de EA fue para T0 ( $p \leq 0.05$ ) y estos valores (Cuadro 4) fueron similares a los reportados por Fagbenro (1994) y Fagbenro *et al.* (1994) para *Oreochromis niloticus*. Lo anterior muestra que las dietas cubrieron los requerimientos nutricionales de la tilapia en el presente estudio. Sin embargo, Llanes *et al.* (2007) muestran una FCA superior a 3.6 en alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp*) alimentados con dietas con 40 % de ensilaje de pescado, mientras que Borghesi *et al.* (2007) y Oliveira *et al.* (2007) reportan resultados mejores atribuidos a un mayor grado de hidrólisis conservando un perfil de amino ácidos óptimo y mayor PC en la dieta.

En el presente estudio las diferencias encontradas en crecimiento se deben más a la cantidad de FC y no a la calidad de proteína, ya que la TEP estuvo determinada por el consumo del alimento. Esto coincide con Fagbenro y Jauncey (1994), quienes reportan FC de 1.8 a 2.0 con ensilados de pescado en dietas para alevines de *O. niloticus*.

El análisis de costo de las dietas (Cuadro 5) muestra que al sustituir harina de pescado con HCP el ahorro aumenta de 24.5 % (T14) a 29.2 % (T18). Por tanto, es conveniente calcular el costo de producción

(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*), fed on fish meal at 30 % CP (Yue and Zhou, 2008). Furthermore, final weight of tilapia in T0 and T14 was higher ( $p \leq 0.05$ ) than that of T16 and T18 (Table 4).

The highest value of FCA was recorded for T16 and that of EA for T0 ( $p \leq 0.05$ ), and these values (Table 4) were similar to those reported by Fagbenro (1994) and Fagbenro *et al.* (1994) for *Oreochromis niloticus*. The aforesaid shows that the diets fulfilled the nutritional requirements of tilapia in the present study. Llanes *et al.* (2007), however, show FCA being superior to 3.6 in red tilapia fry (*Oreochromis spp.*) fed on diets with 40 % of fish silage, whereas Borghesi *et al.* (2007) and Oliveira *et al.* (2007) report better results, attributed to a higher degree of hydrolysis, conserving optimal profile of amino acids and higher CP in the diet.

**Cuadro 5. Análisis económico en la sustitución de HCP por harina de pescado con base al FCA y el costo de elaboración por tonelada.**

**Table 5. Economic analysis in HCP substitution by fish meal, based on FCA, and processing cost per ton.**

Indicadores	T0	T14	T16	T18
Costo del alimento	598.8	451.7	433.5	414.4
FCA	1.75	1.75	1.80	1.79
Costo t/tilapia	1047.9	790.5	780.3	741.8
Ahorro (US dólares)		257.0	267.6	306.1
% de ahorro		24.5	25.5	29.2

hasta talla comercial para determinar el ahorro total considerando el costo por tiempo de producción, y así establecer la conveniencia de substituir la HCP hasta 18 % en la dieta.

Las condiciones del agua cumplen con los requisitos para el cultivo de esta tilapia: temperatura de 27.8 °C y valores promedio de 4.1 mg L<sup>-1</sup> de oxígeno disuelto y pH 6.9. Los nitritos, nitratos y amonio mostraron valores óptimos (Llanes *et al.*, 2007 y Saavedra, 2001).

## CONCLUSIONES

En dietas para la engorda de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) se puede incluir hasta 14 % de harina proteínica de caña sin afectar los indicadores productivos y con un ahorro de 24.5 %. Con una concentración mayor, el contenido de fibra cruda afecta negativamente el desempeño de la tilapia.

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto fue financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Cuba (2007-2009); proyecto 20801038, de Investigación-Desarrollo: Utilización de la harina de caña proteínica para la alimentación alternativa de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*).

## LITERATURA CITADA

- Arvanitoyannis, I. S., and A. Kassaveti. 2007. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Int. J. Food Sci. Tech.* 1-20.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16 th. Edition (1). 1141 p
- Azaza, M.S., K. Wassim, F. Mensi, A. Abdelmouleh, B. Brini, and M.M. Kraiem. 2009. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 287:174-179.
- Blanco, M., C. G. Sotelo, M. J. Chapela, and R. I. Pérez-Martín. 2007. Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends. *Trends Food Sci. Tech.* 18:29-36.
- Borghesi, R., L. Portz, M. Oetterer, and J. E. P. Cyrino. 2007. Apparent digestibility coefficient of protein and amino acids: biological and enzymatic silage for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquacult. Nutr.* 3:1-7.
- El-Dahhar, A. A., and R. T. Lovell. 1995. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, diet utilization and body composition of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquacult. Res.* 26:451-457.

In the present study, the differences found in growth are rather due to CF quantity than to protein quality, since TEP was determined by feed intake. This coincides with Fagbenro and Jauncey (1994), who report CF from 1.8 to 2.0 with fish silage in diets for *O. niloticus* fry.

Diet cost analysis (Table 5) shows that at replacing fish meal with HCP, savings increase from 24.5 % (T14) to 29.2 % (T18). Therefore, it is convenient to calculate production cost up to commercial size in order to determine total savings considering cost per production time, and thus, establishing the convenience of substituting HCP in diet up to 18 %.

The water conditions fulfill the requirements for culturing this tilapia: 27.8 °C of temperature and mean values of 4.1 mg L<sup>-1</sup> of dissolved oxygen, and 6.9 pH. Nitrites, nitrates, and ammonium had optimal values (Llanes *et al.*, 2007 and Saavedra, 2001).

## CONCLUSIONS

In diets for fattening red tilapia (*Oreochromis spp.*) up to 14 % sugar cane protein meal may be included, without affecting productive indicators, and with savings by 24.5 %. At higher concentration, crude fiber content negatively affects the performance of tilapia.

—End of the English version—



- Elías, A., O. Lezcano, P. Lezcano, J. Cordero, y L. Quintana. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina) *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 24:1.
- Fagbenro, O. 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. *Isr. J. Aquacult. Bamid.* 46(3):140-147.
- Fagbenro, O., and K. Jauncey. 1994. Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepinus*) fed moist diets containing autolysed protein from stored Lactic-acid-fermented fish-silage. *Bioresource Technol.* 48:43-48.
- Fagbenro, O., K. Jauncey, and G. Haylor. 1994. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. *Aquat. Living Resour.* 7: 79-85.
- Goddard, J. S., and J. S. M. Perret. 2005. Co-drying fish silage for use in aquaculture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118:337-342.



- Goddard, S., G. Al-Shagaa, and A. Ali. 2008. Fisheries by-catch and processing waste meals as ingredients in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquac. Res.* 39(5):518-525.
- Jauncey, K., and B. Ross. 1982. *A Guide to Tilapia Feeds and Feeding*. Institute of Aquaculture. University of Stirling. Scotland. 111 p.
- Kim, K.I. 1997. Re-evaluation of protein and amino acid requirements of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 151: 3-7.
- Liebert, F., and K. Benkendorff. 2007. Modeling lysine requirements of *Oreochromis niloticus* due to principles of the diet dilution technique. *Aquaculture* 267:100-110.
- LINDO for Windows. 6.1. 2002.
- Llanes, J.E., J.P. Toledo, y J.M. Lazo de la Vega. 2007. Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). *Rev. Electrónica Vet.* 9:1-6.
- New, M. B. 1987. *Feed and Feeding of Fish and Shrimp. A Manual on the Preparation of Compound Feeds for Shrimp and Fish in Aquaculture*. FAO. Rome. Italy. 275 p.
- Oliveira-Cavalheiro, J. M., E. Oliveira de Souza, and P. S. Bora. 2007. Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Biore-source Technol.* 98:602-606.
- Rivero, L. E., and M. T. Viana. 1996. Effect of pH, water stability and toughness of artificial diets on the palatability for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. *Aquaculture* 144:353-362.
- Saavedra, M. A. 2001. *El cultivo de tilapia en Nicaragua*. Dirección de Fomento y Promoción, Administración Nacional de Pesca y Acuicultura (AdPesca), Managua, Nicaragua. 24 p.
- Shiau, S. Y., C. C. Kwok, C. J. Chen, H. T. Hong, and H. B. Hsteh. 1989. Effects of dietary fiber on the intestinal absorption of dextrin, blood sugar level and growth of tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis aureus*. *J. Fish Biol.* 34:929-935.
- STATISTICA for Windows. 6.0. 2000.
- Toledo, J. P. 2007. *Procedimientos operacionales de trabajo para los aspectos nutricionales del cultivo de la tilapia*. Ministerio de la Industria Pesquera. Cuba. 9 p.
- Twibell, R. G., and P. B. Brown. 1998. Optimal dietary protein concentration for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) fed all-plant diets. *J. World Aquacult. Soc.* 29:9-16.
- Winfree, R. A., and R. R. Stickney. 1981. Effects of dietary protein and energy on growth feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aureus*. *J. Nutr.* 111:1001-1.
- Yue, Y. R., and Q. C. Zh.C. 2008. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture* 284:185-18.