

## Substitution levels of fish meal by *Arthrospira* (=Spirulina) *maxima* meal in experimental diets for red tilapia fingerlings (*Oreochromis* sp.)<sup>□</sup>

*Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de Arthrospira (=Spirulina) maxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (Oreochromis sp.)*

*Níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de Arthrospira (= Spirulina) maxima, em dietas experimentais para alevinos de tilapia vermelha (Oreochromis sp.)*

David D Rincón<sup>1</sup>, Biol.; Humberto A Velásquez<sup>1</sup>, Biol.; Martín J Dávila<sup>1</sup>, Biol.; Abraham M Semprun<sup>1</sup>, Biol.; Ever D Morales<sup>2</sup>, Biol., Dr.; Jim L Hernández<sup>1\*</sup>, Biol.

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigaciones Piscícolas "Dr. Lino Jesús Hernández Correa".

Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia.

<sup>2</sup>Laboratorio de Microorganismos Fotosintéticos. Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia.

(Recibido: 13 diciembre, 2011; aceptado: 29 abril, 2012)

### Summary

The high international demand and cost of protein ingredients have led to the increasing need to meet nutritional requirements of animals with national resources. **Objective:** the objective of this study was to evaluate three levels of substitution (10, 20, and 30%) of fish meal with *Spirulina maxima* meal as a protein source in experimental diets for red tilapia fingerlings (*Oreochromis* sp.). **Methods:** masculinized fry (average weight: 2.5 ± 0.10 g) were randomly distributed in aerated aquaria with daily water exchange. Four diets were formulated replacing increasing levels of fish meal with *Spirulina maxima* meal, as follows: 10 (A), 20 (B), 30 (C) and 0% (D, control diet). A commercial diet (E) was also used. All diets were isoproteic (28%) and isocaloric (400 kcal/100 g). Fish were fed two daily rations during 90 days. Weight gain (GP), feed efficiency (EA), protein-efficiency ratio (REP), and feed conversion (FCA) were measured every two weeks. Results were assessed by ANOVA at the end of the test. **Results:** no significant differences ( $p > 0.05$ ) were observed for GP, EA and REP, indicating a similar efficiency in all diets (A, B, C, D, and E). Treatment C had the best FCA ( $p < 0.05$ ). **Conclusions:** fish meal can be substituted with up to 30% *Spirulina maxima* meal in the preparation of diets for red tilapia fry.

**Key words:** feed conversion, protein ingredients, weight gain.

□ Para citar este artículo: Rincón DD, Velásquez HA, Dávila MJ, Semprun AM, Morales ED, Hernández JL. Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) *maxima*, en dietas experimentales para alevines de Tilapia Roja (*Oreochromis* sp.). Rev Colomb Cienc Pecu 2012; 25:430-437

\* Autor para correspondencia: Jim L Hernández. Universidad del Zulia. Teléfonos: (+58) 0261-4127762; 0426 - 5657552. Correo electrónico: jlenrty@yahoo.com.

## Resumen

Los altos precios de los ingredientes proteicos, así como su demanda, han ocasionado la necesidad cada vez mayor de cubrir los requerimientos nutricionales de los animales con recursos nacionales que proporcionen una fuente de proteína a bajo costo. **Objetivo:** el objetivo de la presente investigación fue evaluar tres niveles de sustitución (10, 20 y 30%) de harina de pescado por harina de *Spirulina maxima* como fuente de proteína en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). **Métodos:** se emplearon alevines masculinizados con peso promedio de  $2.5 \pm 0.10$  g., distribuidos al azar en acuarios con aireación permanente y recambios diarios de agua. Se formularon tres dietas experimentales y una dieta control, con niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*, así: 10 (A), 20 (B), 30 (C) y 0 % (D, dieta control). Todas las dietas fueron isoproteicas (28%) e isocalóricas (400 Kcal/100 g.) y en conjunto con la dieta comercial (E) fueron suministradas a los peces en dos raciones diarias durante 90 días. Se realizaron muestreos quincenales donde se determinaron: ganancia de peso (G.P.), eficiencia alimenticia (E.A.), relación eficiencia-proteína (R.E.P.) y el factor de conversión alimenticia (F.C.A.). Al final del ensayo, se compararon entre sí los resultados de cada parámetro mediante un ANOVA a un nivel de significancia del 5 %. **Resultados:** el análisis no reveló diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la G.P., E.A. y R.E.P., indicando una eficiencia similar en todas las dietas (A, B, C, D y E). Para el F.C.A., se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), resultando el tratamiento C el de mejor relación alimento consumido – ganancia de peso. **Conclusiones:** la harina de pescado puede ser substituida por la harina de *Spirulina maxima* hasta en un 30% en la elaboración de dietas para la alimentación de alevines de tilapia roja.

**Palabras clave:** conversión alimenticia, ganancia de peso, ingredientes proteicos.

## Resumo

Os altos preços dos ingredientes proteicos, assim como sua demanda, tem ocasionado uma necessidade cada vez maior de cobrir os requerimentos nutricionais dos animais com recursos nacionais que proporcionem uma fonte de proteína de baixo custo. **Objetivo:** o objetivo da presente pesquisa foi avaliar três níveis de substituição (10, 20 e 30%) de farinha de peixe por farinha de *Spirulina maxima* como fonte de proteína em dietas experimentais para alevinos de tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*). **Métodos:** Utilizaram-se alevinos masculinizados com peso médio de  $2.5 \pm 0.10$  g, distribuídos ao acaso num aquário com aeração permanente e mudanças diárias de água. Formularam-se três dietas experimentais e a dieta controle, com níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de *Spirulina maxima* de 10 (A), 20(B), 30 (C) e 0 % (D, dieta controle), todas isoproteicas (28%) e isocalóricas (400 Kcal/100 g.) que em conjunto com a dieta comercial (E), foram ministradas aos peixes em duas rações diárias, durante 90 dias. Realizaram-se amostragens a cada 15 dias onde se determinaram: ganho de peso (G.P), eficiência alimentícia (E.A), relação eficiência proteína (R.E.P) e o fator de conversão alimentícia (F.C.A). Ao final do ensaio compararam-se entre si os resultados de cada parâmetro mediante um ANOVA com um nível de significância de 5%. **Resultados:** Este análise não revelou diferenças significativas ( $p > 0.05$ ) entre a G.P, E.A e R.E.P, indicando uma eficiência similar em todas as dietas (A, B, C, D e E). Para o F.C.A encontraram-se diferenças significativas ( $p < 0.05$ ), resultando o tratamento C o de melhor relação entre alimento consumido e o ganho de peso. **Conclusões:** a farinha de peixe pode ser substituída por farinha de *Spirulina máxima* até um 30% na elaboração de dietas para a alimentação de alevinos de tilápia vermelha.

**Palavras chave:** conversão alimentícia, ganho de peso, ingredientes proteicos.

---

## Introducción

Los precios de los ingredientes proteicos comúnmente utilizados en la elaboración de alimento comercial para el cultivo de peces se ha elevado considerablemente, por ejemplo, la harina

de pescado se ha usado tradicionalmente como el principal recurso (FAO, 2007); sin embargo, su alto costo, el incremento en la demanda de la creciente acuicultura, así como su uso en la alimentación de organismos terrestres y la sobreexplotación pesquera, han ocasionado la necesidad cada vez

mayor de cubrir los requerimientos nutricionales de los animales con recursos nacionales que proporcionen una fuente de proteína a bajo costo (De la Higuera y Cardenete, 1987; Corella et al., 2002).

La producción de fuentes alternativas de alimentos es de suma importancia y el cultivo de *Spirulina* representa una de esas alternativas, puesto que su velocidad de crecimiento es mayor a la de los cultivos agrícolas y muy similar a la de microorganismos como levaduras y bacterias, duplicando su biomasa de 3 a 5 días (Jourdan, 1999). El análisis proximal de la *Spirulina* es bien conocido, donde despunta su enorme porcentaje proteico entre 65 y 71%, además de la presencia de aminoácidos esenciales necesarios para la dieta de cualquier individuo en desarrollo, por lo cual, se ha utilizado como alimento de diversas especies (El-Sayed y Teshima, 1991). Pequeñas cantidades de *Spirulina* en la dieta de peces produce efectos significativos sobre el crecimiento, la utilización del alimento, la condición fisiológica, la respuesta al estrés, la resistencia a enfermedades, así como en la calidad de la carne en cuanto al contenido de grasa y coloración (Coverti et al., 2006; Ramírez y Olvera, 2006).

La tilapia ha llamado la atención para la acuicultura debido a su rápido crecimiento y la tolerancia a cambios abruptos en las condiciones ambientales (El-Sayed y Teshima, 1992). Otras características notables son su alta resistencia al manejo y la adaptabilidad a diversos sistemas de cultivo, además de que por sus hábitos alimentarios, principalmente herbívoros, convierte el alimento en carne mejor que cualquier otra especie cultivada. La producción industrial de *Oreochromis* sp. requiere el suministro de un alimento con un contenido mínimo de 28% de proteína (Moreno et al., 2000). En general, las tilapias se alimentan de una variedad de organismos como plantas superiores, detritos vegetales, algas azul-verdes, diatomeas, perifiton, macrófitas acuáticas, zooplancton y bacterias (Cerdá et al., 1998; Olvera-Novoa, 2002).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los niveles de sustitución parcial de 0, 10, 20 y 30% de harina de pescado por harina

de *Spirulina maxima* en dietas experimentales para la alimentación de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

## Materiales y métodos

### Animales experimentales

Alevines masculinizados de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con una masa corporal promedio de  $1 \pm 0.2$  g. Los peces se aclimataron durante cuatro semanas continuas en tanques rectangulares de cerámica de 5000 L., donde se les suministró alimento comercial con 28 % de proteína hasta la saciedad (Peters et al., 2006).

### Condiciones experimentales

Se pesaron 150 alevines de tilapia roja y se distribuyeron al azar en 15 acuarios de vidrio de 80 x 35 x 36 cm., con capacidad de 70 L., a una densidad de 10 alevines por acuario. La masa corporal promedio de cada alevín fue de  $2.5 \pm 0.10$  g. En total se utilizaron 15 acuarios organizados de la siguiente manera: tres para la dieta D (control), tres para la dieta E (comercial) y nueve para las dietas A (10% de sustitución de harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*), B (20% de sustitución de harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*) y C (30% de sustitución de harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*). Cada tratamiento se realizó por triplicado (Peters, 2006; Marriaga, 2006).

Los acuarios fueron equipados con un sistema de aireación que constó de una piedra difusora con una manguera conectada a una bomba propulsora de aire marca SWEETWATER, modelo-51, 5 HP, (EE. UU.).

El volumen de agua en los acuarios fue abastecido con agua potable del acueducto, previamente aireada y filtrada en un Hidrofiltro, marca MARDAL, modelo MAX 200, 2 HP (EUA). El ciclo luz-oscuridad (fotoperíodo) fue 12:12. La temperatura del agua en los acuarios osciló entre 27.0 y 31.5 °C con un promedio de 28.4 °C; mientras que la concentración de oxígeno disuelto varió entre 3.5 y 7.1 mg/L con una media de 4.6 mg/L. El alimento no consumido y las heces se retiraron diariamente (7:00

a.m.) mediante sifoneo y se realizaron recambios de agua de un 80% en los acuarios (Marriaga, 2006; Jun et al., 2006).

### Dietas experimentales

En total se formularon cuatro dietas experimentales isoproteicas A, B, C y D, con un nivel de proteína del 28% (Tabla 1) e isocalóricas a 400 Kcal / 100 g, siendo estos, los niveles de proteína y energía, respectivamente, recomendados para el híbrido en sistemas de cultivo.

**Tabla 1.** Composición porcentual del aporte de proteínas por harina en la formulación de las dietas.

Ingredientes	Control	Dieta A (10%)	Dieta B (20%)	Dieta C (30%)
Harina de pescado	16.38	14.74	13.10	11.46
Harina de <i>Spirulina</i>	0.00	1.63	3.20	4.89
Harina de soya	8.53	8.53	8.53	8.53
Harina de maíz	2.25	2.25	2.25	2.25
Harina de carne y huesos	1.57	1.57	1.57	1.57
Proteína	28.73	28.72	28.65	28.70

Dieta A: 10% de sustitución; Dieta B: 20% de sustitución; Dieta C: 30% de sustitución; Dieta D: 0% de sustitución (Dieta control).

Para la formulación de las dietas experimentales se utilizaron los siguientes ingredientes: harina de *Arthrospira* (= *Spirulina*) *maxima*, harina de pescado, harina de maíz, harina de soya, harina de carne y huesos, premezcla de vitaminas y minerales. Como fuente de lípidos se utilizaron aceite de pescado y aceite de maíz. El aglutinante usado fue la carboximetilcelulosa (C.M.C.).

El aporte de energía contenido de cada dieta experimental fue calculado a partir de los valores reportados para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), que son de 4; 4 y 9 Kcal/g para carbohidratos, proteínas y lípidos, respectivamente (Moreno et al., 2000).

En las dietas experimentales, se sustituyó la harina de pescado por harina de *Spirulina maxima* en porcentajes de 10 para la dieta A, 20 para la dieta B y 30 para la dieta C (Tabla 2). La dieta D (control) estuvo exenta de harina de *Spirulina maxima*. El alimento comercial de reconocida marca en el

mercado utilizado en el ensayo estuvo representado por la dieta E, conteniendo igualmente 28% proteína en su composición.

**Tabla 2.** Composición en gramos de las dietas experimentales.

Ingredientes	Control	Dieta A (10%)	Dieta B (20%)	Dieta C (30%)
Harina de pescado	32	28.8	25.6	22.4
Harina de <i>Spirulina maxima</i>	0	7.8	15.3	23.4
Harina de soya	18	18	18	18
Harina de maíz	22	22	22	22
Harina de Carne y huesos	3	3	3	3
Aceite de maíz	6	6	6	6
Aceite de pescado	2	2	2	2
Premezcla de vitaminas y minerales	3	3	3	3
Carboximetilcelulosa	14	9.4	5.1	0.2
Total	100	100	100	100

Dieta A: 10% de sustitución; Dieta B: 20% de sustitución; Dieta C: 30% de sustitución; Dieta D: 0% de sustitución (Dieta control).

Las dietas se prepararon mediante la combinación en seco de los ingredientes, continuando con la adición del aceite de pescado, aceite de maíz y agua. Este proceso se realizó en un ayudante de cocina marca ELECTROLUX, modelo N24 AKM 4080W (Suecia) obteniéndose una mezcla homogénea, que se colocó rápidamente en un peletizador artesanal. Los pellets fueron extendidos en bandejas procediendo al secado en una estufa Pasteur marca THELCO modelo 368A (EE.UU.) a 60 °C durante 24 horas (Marriaga, 2006; Jun et al., 2000). En la tabla 3, se muestra la composición proximal de cada una de las dietas experimentales.

**Tabla 3.** Composición proximal de las dietas experimentales.

Dietas	% Proteína	E.E.	F.C.	Hume-Ceni- dad za	Ext. libre Nit.	*Energía	
A (10%)	28.20	13.72	1.32	3.61	17.44	35.71	394.20
B (20%)	28.32	12.99	1.41	2.68	19.45	35.15	375.00
C (30%)	28.10	12.26	1.76	2.21	22.33	33.34	360.63
D (Control)	28.43	12.79	0.55	4.68	14.76	38.79	398.81
E(A. Comercial)	28.50	5.87	2.35	5.59	9.53	48.16	386.27

Dieta A: 10% de sustitución; Dieta B: 20% de sustitución; Dieta C: 30% de sustitución; Dieta D: 0% de sustitución (Dieta control) y Dieta E (Alimento comercial).

E.E.: Extracto Etéreo; F.C.: Fibra Cruda; \* Valores teóricos.

### Régimen alimentario

Los peces fueron alimentados, *ad libitum*, durante 90 días consecutivos, dos veces al día (9:00 a.m. y 3:00 p.m.). Se realizó un registro diario del alimento suministrado en cada tratamiento con el fin de determinar el consumo de alimento en cada período de 15 días (Peters, 2006; Jun *et al.*, 2000).

Se realizaron muestreos quincenales, donde se obtuvo el peso de los animales con el fin de evaluar el rendimiento de cada tratamiento. Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

<b>Ganancia de peso (G.P.)</b>	<b>Factor de conversión del alimento (F.C.A.)</b>
G.P. = Pf – Pi	F.C.A. = Ai / Pg
Pf: Peso final	Ai: Alimento ingerido
Pi: Peso Inicial	Pg: Peso ganado
<b>Eficiencia Alimenticia (E.A.)</b>	<b>Relación Eficiencia Proteína (R.E.P.)</b>
E.A. = Pg / Ai x 100	R.E.P. = Pg / Pc
Pg: Peso ganado	Pg: Peso ganado
Ai: Alimento ingerido	Pc: Proteína consumida

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba post hoc de Duncan de intervalo múltiple, a un nivel de significancia de 5% en el programa estadístico SPSS versión 15.0 para Windows, con el fin de comparar estadísticamente

los resultados de cada tratamiento durante el ensayo (Peters, 2006; Jun *et al.*, 2006).

### Resultados

En la tabla 4 se puede observar que el análisis de varianza (ANOVA) no reveló diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) al comparar entre sí los valores para la ganancia de peso, eficiencia alimenticia, relación eficiencia proteína y sobrevivencia, indicando un comportamiento similar en todas las dietas (A, B, C, D y E). Sin embargo, para el factor de conversión del alimento, este análisis arrojó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), demostrando que el tratamiento C presentó una menor relación alimento consumido – ganancia de peso.

En este sentido, la dieta C con 30% de sustitución de la harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*, resultó ser la de mejor rendimiento en cuanto a los parámetros evaluados. Seguidamente se ubicó la dieta B (20% de sustitución de la harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*), luego la D (Dieta Control), la dieta A (10% de sustitución de la harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*) y por último la dieta E (Dieta Comercial).

**Tabla 4.** Valores promedios de los parámetros evaluados en los peces sometidos a las dietas experimentales.

DIETAS	Ganancia de Peso (g.)	Alimento consumido (g.)	Eficiencia alimenticia	Relación Eficiencia Proteína	Factor de Conversión Alimenticia	Sobrevivencia (%)
A	35.26 <sup>a</sup>	23.63 <sup>a</sup>	43.56 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	96.67 <sup>a</sup>
B	36.43 <sup>a</sup>	24.93 <sup>a</sup>	47.12 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	2.03 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
C	38.72 <sup>a</sup>	25.11 <sup>a</sup>	49.82 <sup>a</sup>	1.78 <sup>a</sup>	1.87 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>
D	32.78 <sup>a</sup>	24.38 <sup>a</sup>	43.61 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	2.06 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
E	36.36 <sup>a</sup>	27.43 <sup>a</sup>	43.19 <sup>a</sup>	1.54 <sup>a</sup>	2.09 <sup>a</sup>	96.67 <sup>a</sup>

Dietas: A (10% de sustitución); B (20% de sustitución); C (30% de sustitución); D (Control) y E (Comercial). Valores <sup>(a,b)</sup> en la misma columna con letras distintas difieren estadísticamente para  $p < 0.05$ , según prueba de Intervalo Múltiple de Duncan.

### Discusión

#### Ganancia de peso

El crecimiento de los peces no se vio limitado por la naturaleza de los diferentes ingredientes

constituyentes de cada una de las dietas experimentales. Al comparar los valores de ganancia de peso de las dietas A, B, C y D con respecto a la dieta E, se observó que estas resultaron ser tan eficientes, en el crecimiento de los peces, como la

dieta comercial (dieta E), utilizada como referencia en la alimentación de híbridos de tilapia roja.

Jun *et al.* (2006), evaluaron la ingestión, asimilación y utilización de *Spirulina* fresca en larvas de *Oreochromis niloticus*, determinando que estas pueden ingerir de 2.6 a 90% de la disponibilidad de biomasa de *Spirulina*, desde el inicio de su alimentación exógena (0.8 cm Longitud Estándar (LE) hasta los 3.8 cm de LE). Los resultados demostraron que fue la ingestión, más que la asimilación, lo que afectó la aceptabilidad de la microalga, sin embargo, las larvas de tilapia podrían asimilar y utilizar eficientemente la *Spirulina* al inicio de su alimentación exógena, representando esta transición de hábito alimentario una estrategia trófica entre las fases larval y juvenil.

Por su parte, Chareontesprasit y Jiwyam (2001), obtuvieron resultados similares a los de la presente investigación, al no observar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para la ganancia de peso, en el reemplazo porcentual de 0, 15, 30 y 45% de harina de soya por harina de la lemnácea *Wolffia arrhiza* en dietas formuladas para tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*).

A este respecto, Moreno *et al.* (2000); evaluaron, en híbridos de tilapia el efecto nutricional de tres raciones alimentarias (20:80, ración I; 50:50, ración II y 80:20, ración III) elaboradas a partir de alimento comercial (AC) mezclado en diferentes proporciones con harina de cáscara de naranja (HCN), observando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la ganancia de peso, entre las tres raciones y determinando que la ración III (80 de AC + 20 HCN) resultó ser la mejor.

#### *Consumo de alimento*

Las dietas experimentales al contrastarse con la dieta comercial, mostraron una buena palatabilidad en el ensayo, esto debido a la cantidad de alimento consumido por cada pez. Indudablemente, la correcta apariencia del alimento (tamaño y forma), su textura y atracción (sabor y olor), incidieron en la obtención de estos resultados, por lo que se puede inferir que la harina de *Spirulina maxima* posee una excelente composición proximal para ser empleada como una

fuentes alternativa en la elaboración de piensos para la alimentación de alevines de tilapia roja.

Resultados similares a los de esta investigación fueron reportados por Chareontesprasit y Jiwyam (2001), al no obtener diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para el consumo de alimento en tilapias del nilo, luego de comparar cuatro dietas experimentales, que presentaron sustituciones parciales de: 0 (dieta 1, control), 15 (dieta 2), 30 (dieta 3) y 45% (dieta 4), de harina de soya por harina de una variedad de lemnácea (*Wolffia arrhiza*) en su composición.

Por su parte, Olvera *et al.* (1988), al alimentar alevines de tilapia (*Oreochromis mosambicus*), reemplazando parcialmente en las dietas, la harina de pescado por harina de semillas de la leguminosa *Sesbania grandiflora*, en porcentajes de: 0 (dieta 1-C), 10 (dieta 2-10A), 15 (dieta 3-15A), 25 (dieta 4-125A) y 35 (dieta 5-35A); no reportaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el consumo de alimento entre las dietas. No obstante, debido a la alta mortalidad registrada, concluyeron, que el uso de esta planta en grandes cantidades no es recomendable para la alimentación de peces, ya que presenta factores antinutricionales tóxicos, que sólo podrían inhibirse luego de un riguroso tratamiento térmico, elevando su costo como harina.

#### *Eficiencia alimenticia*

Como se esperaba, el balance entre la cantidad de ingredientes de origen vegetal y animal en combinación con la harina de *Spirulina maxima*, para la elaboración de las dietas experimentales (isoproteicas e isocalóricas), permitió obtener un balance adecuado de aminoácidos, que no afectara ni el crecimiento ni el consumo de alimento por parte de los alevines de tilapia roja. Esto es demostrado, por la conducta similar exhibida en las dietas para la eficiencia alimenticia. Las dietas elaboradas fueron tan eficaces como la dieta comercial.

Estos resultados contrastan con lo expuesto por Llanes *et al.* (2008), quienes al comparar la sustitución de harina de soya por harina de pescado en tres niveles: D1 (sin harina de pescado); D2 (25% de harina de pescado) y D3 (45% de harina

de pescado) para alimentar el bagre (*Clarias gariepinus*), obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la eficiencia alimenticia, mostrando que la dieta con mayor contenido de soya (D1), fue la más desfavorable, concluyendo que la adición de altos porcentajes de productos de soya en dietas para peces, puede causar baja palatabilidad y aceptabilidad disminuyendo su crecimiento.

#### *Relación eficiencia-proteína*

Las características de la proteína de las dietas elaboradas (A, B y C), resultaron equivalentes a la calidad de la proteína de las dietas control (D) y comercial (E) en el ensayo, al no afectar el crecimiento de los peces.

El-Sayed (1994), evaluando cinco dietas experimentales con reemplazo parcial y total (0, 25, 50, 75 y 100%) de la harina de pescado por harina de *Spirulina maxima*, como alimento para el pez dorado del pacífico, encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la relación eficiencia-proteína con respecto a la dieta con 100% de sustitución de la harina de pescado, presentado el menor valor para la relación eficiencia-proteína, debido a que no cubrió totalmente los requerimientos de aminoácidos esenciales de la especie, condición que se reflejó en su poco crecimiento.

Igualmente, Shiau et al. (1987), al evaluar cuatro tratamientos donde sustituyeron la harina de pescado por harina de soya en porcentajes de: 0 (dieta 1, control), 33 (dieta 2), 67 (dieta 3) y 100 (dieta 4) para alevines de tilapia nilótica, (*Oreochromis niloticus*), hallaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la relación eficiencia-proteína para las dietas 1 y 2; indicando, que en dietas para esta especie se puede sustituir hasta en un 33%, la harina de pescado por harina de soya, sin afectar el crecimiento en los peces.

#### *Factor de conversión alimenticio*

Los valores obtenidos del factor de conversión alimenticio indican una mejor relación: alimento consumido-biomasa ganada para la dieta C (30% de sustitución) en comparación con el resto de las dietas elaboradas (A, B y D) y la dieta comercial (E).

Corella et al. (2002), al evaluar diferentes porcentajes de inclusión (0, 10, 20 y 30) de harina de pulpa de café deshidratada en dietas para tilapia roja, publicaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el factor de conversión alimenticia, para la dieta con 30% de inclusión, con un valor de 1,8, siendo el menos efectivo. Esto les indicó que la pulpa de café se puede incluir en dietas para la alimentación de alevines de tilapia hasta un 20%, sin afectar la relación ganancia de peso-alimento consumido.

Chareontespravit y Jiwyam (2001), al emplear harina de Wolffia en reemplazo parcial (0, 15, 30 y 45%) de harina de soya en dietas formuladas para tilapia del nilo, obtuvieron resultados significativos ( $p < 0.05$ ) para el F.C.A. en el tratamiento 4 (45% de sustitución), al presentar valores de 2,0; siendo la dieta de mejor comportamiento. A pesar de estos resultados, los investigadores concluyeron que esta leguminosa puede llegar a sustituir hasta en un 15% a la harina de soya en dietas para la tilapia nilótica, sin afectar sus indicadores de crecimiento.

El-Sayed (1994), valoró el factor de conversión alimenticia en cinco dietas experimentales con reemplazo parcial y total (0, 25, 50, 75 y 100%) de la harina de pescado por harina de *Spirulina*, como alimento para el pez dorado del pacífico (*Rhabdosargus sarba*), registrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), para la dieta de 100% de sustitución con un valor de 2.69, siendo esta la menos eficiente. La sustitución total de la harina de pescado por harina de *Spirulina maxima* en dietas para esta especie, no cumplió con los requerimientos nutricionales, en cuanto al aporte de aminoácidos esenciales, necesarios para su buen desarrollo.

Olvera et al. (1988), realizaron un estudio en el que emplearon harina de semillas de la planta leguminosa *Sesbania grandiflora*, en sustituciones parciales de: 0, (dieta 1-C), 10 (dieta 2-10A), 15 (dieta 3-15A), 25 (dieta 4-25A) y 35% (dieta 5-35A), de la harina de pescado en dietas para tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Esta investigación reveló diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el factor de conversión alimenticia para la dieta 5-35A, presentando un valor de 5,16; resultando la menos efectiva. La dificultad que tiene este ingrediente para ser digerido por parte

de los peces se debe a la presencia de factores antinutricionales causantes de los resultados obtenidos del F.C.A. para la dieta 5-35A.

Shiau y *et al.* (1987), al sustituir la harina de pescado por harina de soya en porcentajes de: 0 (dieta 1, control), 33 (dieta 2), 67 (dieta 3) y 100 (dieta 4), para alimentar alevines de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los valores del F.C.A., al compararse las dietas entre sí, ubicando al tratamiento 4 como el de menor rendimiento, con un valor de 2.63. Estos investigadores determinaron que la harina de pescado sólo puede reemplazarse hasta en un 33% por harina de soya, sin ocasionar resultados desfavorables para los cultivos de tilapia nilótica.

### Sobrevivencia

Al final del ensayo, la sobrevivencia se registró en 100% para los tratamientos B, C y D; mientras que para las dietas A y E se ubicó en 96.67, indicando que el uso de harina de *Spirulina maxima*, como sustituto parcial de la harina de pescado, no provocó la aparición de signos patológicos externos en los peces.

### Agradecimientos

Al Fondo de Investigación, Desarrollo e Innovación (IDI), adscrito al Ministerio del Poder Popular Para Ciencia y Tecnología (MPPCT), por proveer los recursos financieros para apoyar las fases de desarrollo de prototipo: serie corta, de esta investigación.

### Referencias

- Chareontesprasit N, Jiwyam W. An evaluation of Wolffia Meal (*Wolffia arrhiza*) in replacing soybean meal in some formulated rations of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Pak J Biol Sci 2001; 4:618-620.
- Cerdá MJ, Pérez L, Zaragoza L, Fernández J. Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*, L.) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Arch Zootec 1998; 47:11-20.
- Corella E, Acosta Y, Betancourt NN, Castellanos EL, Gómez AM, Tellez, V, Cerdá MJ. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. Rev AquaTIC 2002; 16. [Diciembre de 2008]. URL: <http://www.aquatic.com>
- Coverti A, Lodi A, Del Borghi A, Solisio C. Cultivation of *Spirulina platensis* in a combined airlift-tubular reactor system. Bioch Eng J. 2006. 32. P. 13-18.
- De la Higuera M, Cardenete G. Fuentes alternativas de proteína y energía en acuicultura. Madrid: Industrias gráficas España, SL; 1987. p. 59-92.
- El-Sayed AM, Teshima, SI. Tilapia nutrition in aquaculture. Rev Aquat Sci 1991; 5: 247-265.
- El-Sayed, AM, Teshima, SI. Protein an energy requirements of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Fry. Aquaculture 1992; 103:55-63.
- El-Sayed AM. Evaluation of sobean meal, *spirulina* meal and chicken offital meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sarba*) fingerlings. Aquaculture 1994; 127:169-176.
- El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Roma:FAO, 2007.
- Jun L, Toshio T, Hiroo S. Ingestion, assimilation and utilization of raw *Spirulina* by larval tilapia *Oreochromis niloticus* during larval development. Aquaculture 2006; 245: 686-692.
- Lara R, Castro T, Castro J, Castro G, Malpica A, García V. La importancia de *Spirulina* en la alimentación acuícola. Rev Contactos 2005; 57:13-14.
- Llanes JE, Toledo J, Lazo de la Vega JM. Producción de alimento húmedo a partir de ensilados de pescado para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus*). Revista Aquatic 2006; 25:16-21.
- Marriaga EM. Niveles de inclusión de harina de *Lemna* sp. como fuente de proteína en la elaboración de dietas para la alimentación de alevines de cama negra (*Colossoma macropomum*). Trabajo especial de grado, Facultad experimental de ciencias, LUZ. 2006. p. 72.
- Moreno MJ, Hernández JG, Rovero R, Tablante A, Rangel L. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja. Revista Ciencia y tecnología alimentaria 2000;3:30.
- Olvera MA, Martínez CA, Galvan R, Chaves C. The use of seed of the leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis mosambicus*). Aquaculture 1998; 71:51-60.
- Olvera-Novoa MA. Nutrición y Alimentación de Tilapia. Laboratorio de Nutrición Acuícola, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN-CINVESTAV, Unidad Mérida. A.P. 73-CORDEMEX, 97310, Mérida, Yucatán, México. 2002. p. 10-50.
- Peters RD, Rodríguez S, Hernández JL, Mejías DA, León AE. Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis* sp. Ciencias 2006; 12:1-19.
- Ramírez L, Olvera R. Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp (*Arthrospira* sp). Rev Interciencia 2006; 31: 657-659.
- Shiau SY, Kwork CC, Hwang JY, Chen CM, Lee SL. Replacement of fishmeal with Soybean meal in male tilapia fingerling diets at a suboptimal protein level. Aquaculture 1978; 65: 251-261.