

Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soya en la dieta

J. Llanes y J. Toledo

Centro de Preparación Acuícola Mampostón, Carretera Central, km 41, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Correo electrónico: jllanes@telemar.cu

Un total de 270 alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de 12.82 ± 0.03 g de peso medio inicial se distribuyeron según modelo de clasificación simple en tres tratamientos triplicados, para evaluar la posibilidad de utilizar altos porcentajes de harina de soya en la alimentación de tilapias durante 60 d. Los tratamientos consistieron en una dieta control con 50 % de harina de soya y dos experimentales, con 55 y 60 % de dicha harina. Los resultados mostraron que el tratamiento con 55 % de harina de soya con respecto al control no presentó diferencias significativas para el peso final (63.3 y 66.4 g), la conversión del alimento (1.8 y 1.7) y la eficiencia proteica (1.9 y 2.0). Sin embargo, con el aporte de 60 % se afectó el peso final (52.8 g), la conversión del alimento (2.1) y la eficiencia proteica (1.7). La supervivencia fue alta en todos los tratamientos (mayor que 93 %), lo que evidenció que altos niveles de esta fuente proteica no son responsables de la mortalidad. Se concluye que es factible incluir hasta 55 % de harina de soya en los alimentos de tilapias del Nilo. Se sugiere además, evaluar este nivel por tiempos de alimentación más prolongados.

Palabras clave: alimentación, tilapia, soya

La escasez de materias primas proteicas para el desarrollo de la acuicultura intensiva en Cuba y en el mundo genera una gran incertidumbre con respecto a la proyección de esta industria en los próximos años. Los principales insumos de la dieta de los organismos acuáticos proceden de la harina de pescado (HP) proveniente de las pesquerías pelágicas. Según informes de la FAO (2008), este recurso se encuentra hace más de una década en un máximo nivel sostenible. Dado que la alimentación representa el mayor porcentaje en los costos de producción de la piscicultura intensiva, en la actualidad se diseñan investigaciones encaminadas a crear nuevas dietas con ingredientes vegetales.

Al considerar su calidad, costo y disponibilidad, la harina de soya (HS) se estableció en Cuba como el ingrediente proteico clave en los alimentos acuícolas. En un trabajo reciente (Toledo *et al.* 2008) se ensayaron dos dietas vegetales, con 48 y 50 % de HS (41 % de proteína bruta y 6.4 % de fibra bruta) y se demostró que el crecimiento y la eficiencia alimentaria de juveniles de tilapias (*Oreochromis aureus*) fue superior a los peces que consumieron la dieta control con 5 % de HP.

Incorporar altos niveles de HS en las dietas destinadas a las tilapias pudiera reducir los costos de las raciones que se cultivan en jaulas flotantes, al disminuir la HP. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo de alevines de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*), al incorporar altos niveles de HS (55 y 60 %) y reducir la inclusión de HP en la dieta.

Materiales y Métodos

Se formularon tres dietas isoprotéicas e isoenergéticas (tabla 1), acordes a los requerimientos que informaron Petrovna y León (2006) para la tilapia del Nilo. Según los resultados de Toledo *et al.* (2008), se estableció un control con 50 % de HS, nivel que se utiliza en los

cultivos de tilapias en jaulas flotantes, y dos tratamientos experimentales con 55 y 60 % de esta fuente proteica.

Para la preparación de las dietas, las harinas se pasaron por un molino de martillo a $250 \mu\text{m}$ y se mezclaron en una mezcladora HORBAT M-600 durante 10 min. Posteriormente se adicionó agua (30 % del peso) y se peletizaron en un molino para carne, hasta alcanzar 3 mm de diámetro. Se secaron en una estufa a ventilación forzada a 60°C durante 48 h. Las determinaciones bromatológicas se realizaron según la AOAC (1995) y la energía digestible se calculó según los coeficientes calóricos referidos por Goda *et al.* (2007) (tabla 1).

Se utilizaron 270 alevines de tilapia del Nilo (12.82 ± 0.03 g de peso medio inicial), los que se distribuyeron al azar en grupos de 30, en nueve piscinas rectangulares de cemento de 1 m^3 (3 piscinas/tratamiento), de acuerdo con lo descrito por Goda *et al.* (2007). El flujo de agua en las piscinas se estandarizó a 0.2 L/min durante las 24 h. La aireación fue constante con una piedra porosa acoplada a un soplador central. Se suministró el alimento al 6 % del peso corporal/d en tres raciones (8:30 am, 12:00 m y 4:00 pm) durante 60 d. Diariamente se tomó el oxígeno disuelto y la temperatura, utilizando un oxímetro digital HANNA. Cada 15 d se realizó un pesaje a todos los peces para el ajuste de la ración.

Se calcularon los indicadores nutricionales referidos por Kasper *et al.* (2007):

- Pesos finales (PF)
- Tasa de crecimiento específica (TCE) = $\ln \text{PF} - \ln \text{P inicial} / t \times 100$
- Tasa de eficiencia proteica (TEP) = $\text{Ganancia en peso} / \text{proteína suministrada}$
- Factor de conversión alimentaria (FCA) = $\text{Alimento añadido} / \text{ganancia de peso}$
- Supervivencia = $\text{Número de animales finales} / \text{número de animales iniciales} \times 100$.

Tabla 1. Composición porcentual y proximal de las dietas experimentales (g/100g)

Ingredientes	50 % Harina de soya	55 % Harina de soya	60 % Harina de soya
Harina de pescado (63.2 % PB)	8.0	5.0	3.0
Harina de soya (43.7 % PB)	50.0	55.0	60.0
Harina de trigo	35.1	32.4	28.9
Aceite de soya	3.0	3.3	3.6
Fosfato dicálcico	1.9	2.3	2.5
Mezcla vitamino- mineral	2.0	2.0	2.0
Total	100.0	100.0	100.0
Materia seca	91.2	90.2	91.9
Proteína bruta	30.7	30.7	31.1
Lípidos	5.0	5.2	5.3
Fósforo disponible	0.6	0.59	0.58
Energía digestible, MJ/kg	11.1	11.1	11.2

Los valores promedio de los indicadores nutricionales se determinaron según análisis de varianza de clasificación simple. La comparación entre medias se docimó de acuerdo con Duncan (1955) mediante el software SPSS (Kinnear y Gray 1994).

Resultados y Discusión

Durante el experimento, la temperatura del agua de los tanques varió de 26.1–27.6 °C, la concentración de oxígeno disuelto se mantuvo entre 5.11 y 6.02 mg/L, el pH presentó variaciones mínimas (7.85 - 8.01) y el amonio osciló de 0.23 a 0.29 mg/L. Estos indicadores físico-químicos son permisibles para el buen desempeño productivo de la especie, según Petrovna y León (2006).

Todos los peces se aclimataron rápidamente a las dietas experimentales antes de las ocho semanas del período experimental. Los resultados de los indicadores de crecimiento (pesos finales y TCE), eficiencia alimentaria (FCA y TEP) y supervivencia se muestran en la tabla 2.

Los mejores resultados en el crecimiento y la eficiencia alimentaria se presentaron con niveles de 50 y 55 %. Estos difirieron significativamente ($P < 0.01$) con la inclusión de 60 % de HS, mientras

que la supervivencia no difirió y fue buena en todos los tratamientos, lo que sugiere que altos niveles de esta fuente proteica en la ración no son responsables de la mortalidad en alevines de tilapias del Nilo.

La utilización de la soya como una de las fuentes principales de proteína para tilapias ha tenido resultados variables y, en ocasiones, controvertidos. Viola *et al.* (1988) informaron que fue posible la sustitución total de la HP por soya en híbridos de tilapias (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), a partir de la suplementación de 3 % de fosfato di cálcico (FDC), ya que el fósforo fue el factor limitante de las dietas vegetales basadas en soya.

ElSaidy y Gabe (2002) y Goda *et al.* (2007) señalaron que fue necesaria la adición de L-lisina y DL-metionina en raciones a base de soya para remplazar totalmente la HP en tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Estudios de Wu *et al.* (2003) y Toledo *et al.* (2008) demostraron que no fue esencial la suplementación de la HS con aminoácidos sintéticos para tilapias del Nilo y *Oreochromis aureus*, respectivamente. Estos resultados se pueden atribuir a las diferentes condiciones ambientales de cultivo (condiciones de laboratorio controladas vs tanques de cultivos), calidad del agua (tanques de aguas verde vs tanques de fibra de vidrio

Tabla 2. Resultados de los indicadores nutricionales de *Oreochromis niloticus* con diferentes porcentajes de soya

Indicadores	50 % Harina de soya	55 % Harina de soya	60 % Harina de soya	EE ± Sig
Peso final (g)	66.4 ^a	63.3 ^a	52.8 ^b	2.32 **
TCE (%/día)	2.7 ^a	2.7 ^a	2.4 ^b	0.12 **
FCA	1.7 ^a	1.8 ^a	2.1 ^b	0.05 **
TEP	2.0 ^a	1.9 ^a	1.7 ^b	0.04 **
¹ Supervivencia (%)	75.5 (93.3)	76.8 (94.7)	75.2 (93.3)	1.09

EE- Error estándar (n=3)

^{ab} Medias con distintos superíndices en la misma fila difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan 1955)

** $P < 0.01$

¹ Medias transformadas en $\arcsen \sqrt{\%}$

TCE- Tasa de crecimiento específica; FCA- Factor de conversión del alimento; TEP- Tasa de eficiencia proteica

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

con agua clara), técnicas de procesamiento del alimento (peletización vs extrusión).

Es un hecho bien documentado (El-Sayed *et al.* 2000 y Pérez *et al.* 2003) la reducción del valor nutritivo de las proteínas vegetales en alimentos para peces, debido a la presencia de factores antinutricionales. Entre estos, los más relevantes son los inhibidores de proteasas de origen proteico, que tienen la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de los aparatos enzimáticos del tracto digestivo de los peces.

En un trabajo de El-Sayed *et al.* (2000) acerca de la inhibición de las proteasas digestivas por varias harinas vegetales (harina de soya, gluten de maíz y salvado de trigo) en tilapias del Nilo encontraron que este pez mostró gran sensibilidad a los inhibidores de las proteasas presentes en estos alimentos, lo que fue sorprendente por los hábitos herbívoros de esta especie. No obstante, observaron alta resistencia de las proteasas digestivas a la inhibición que produjo la HS, lo que indicó que esta fuente de proteína en tilapias tiene menos restricciones que para otros peces. Esto quedó demostrado con los resultados de este trabajo, donde se logró incluir hasta 55 % de esta fuente proteica, sin afectar su desempeño productivo.

Se conoce que el método de procesamiento de la soya tiene un efecto significativo en su valor nutricional y su máximo nivel de inclusión en la ración. Goda *et al.* (2007) utilizaron soya y soya integral extrusadas en seco como única fuente de proteína y obtuvieron altos crecimientos y eficiencia alimentaria en tilapias del Nilo y tilapias galilea (*Sarotherodon galilaeus*). Este método parece ser bueno para inactivar los factores antinutricionales lábiles al calor que se hallan en estas semillas. Además de servir para mejorar una parte de los carbohidratos por la gelatinización de los almidones, lo que puede incrementar la disponibilidad de energía para el metabolismo de los peces.

El-Sayed (2006) informó que la extrusión se considera una opción para mejorar la calidad de la HS, cuando se usa como reemplazo de la HP en dietas de peces y camarones. Amaya *et al.* (2007) también constataron que la extrusión comercial desempeñó una función importante en el mejoramiento de la calidad nutricional de dietas con altos niveles de proteína vegetal, destinadas al camarón del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*).

Existen procesos tecnológicos que se diseñaron específicamente para eliminar los factores antinutricionales en las semillas de oleaginosas, pero no siempre han sido satisfactorios. En la soya esto se debe a dos tipos de inhibidores: el Kunitz, lábil al calor, con masa molecular de 20 - 25 kDa, selectivo para la tripsina, y el inhibidor Bowman-Birk, estable al calor, con peso molecular de 6 -10 kDa, capaz de inactivar parcialmente la tripsina y quimiotripsina. Al respecto, Moyano *et al.* (1999) y Pérez *et al.* (2003) informaron la persistencia de inhibidores después de procesar la semilla de soya.

Zhou *et al.* (2005) plantearon que el nivel óptimo de reemplazo de la proteína de HP por soya descascarada para una máxima ganancia de peso en juveniles de Cobia (*Rachycentron canadum*) fue 18.92 %. También Kasper *et al.* (2007) evaluaron la soya descascarada con solvente orgánico (48 % PB) y soya extrusada (46.3 % PB) en Perca amarilla (*Perca flavescens*). Refirieron que esta especie es capaz de utilizar eficientemente ambos ingredientes y recomendaron 30 % de inclusión para dietas de crecimiento. Estos porcentajes resultan inferiores a lo obtenido en este trabajo con tilapia del Nilo. Esto puede deberse a que tanto los peces herbívoros, carnívoros y omnívoros requieren la misma cantidad de proteína dietaria por unidad de peso, pero los omnívoros y herbívoros de agua dulce utilizan proteínas y aceites vegetales mejor que los carnívoros, y solo requirieron mínimas cantidades de HP para abastecerse de aminoácidos azufrados.

Otro aspecto importante es la extensión del período de alimentación. La inhibición de las proteasas se compensa por el aumento en la secreción de enzimas pancreáticas y por mayor absorción en el intestino distal. Esto se comprobó en truchas arco iris, cuando se alimentaron con dietas que contenían harina de soya (Krogdahl *et al.* 1994). Aunque el proceso digestivo podría concluir satisfactoriamente en estas condiciones, el costo energético para los peces podría ser alto, como resultado de la síntesis adicional de enzimas. En iguales circunstancias, Pérez *et al.* (2003) informaron que existe mayor síntesis de proteasas ricas en cisteína.

Esta afirmación puede respaldar los resultados de este trabajo, donde en solo 60 d de experimento la eficiencia de la alimentación (conversión y eficiencia proteica) tendió a disminuir con el aumento de la inclusión de HS.

Algunos trabajos de la Asociación Americana de la Soya, como los de Cremer y Jian (2003) con tilapias rojas (78 g de peso), y los de Manomaitis y Cremer (2006) con tilapias del Nilo (145 g) informaron incrementos sustanciales en el peso y factibles conversiones alimentarias, a partir de dietas basadas en altos porcentajes de inclusión (52 y 45 %, respectivamente) de HS extrusada (47.5 % PB). En estos estudios se utilizaron jaulas flotantes de pequeño volumen y altas densidades.

Huang (2005) aplicó 57 % de inclusión de HS descascarada (46 % PB, 0.73 % de metionina y 3.4 % de fibra) como única fuente de proteína en híbridos de tilapias (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) de 155 g de peso y no obtuvo diferencias en el crecimiento y utilización del alimento con respecto a las dietas con 10 y 20 % de HP. Este autor informó que la calidad y palatabilidad de la HS descascarada fue superior a la HS normal (44 % PB, 0.37 % de metionina y 5.3 % de fibra) y puede reemplazar totalmente la HP en dietas de tilapias adultas.

Según estos resultados, se concluye que la harina

de soya es una excelente fuente de proteína y se puede incluir hasta niveles de 55 % (harina de soya de 44 % PB) en raciones para alevines de tilapias del Nilo. Se propone evaluar este nivel por períodos de alimentación de mayor duración.

Referencias

- Amaya, E.A., Davis, D.A. & Rouse, D.B. 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared under pond conditions. *Aquaculture* 262:393
- AOAC 1995. Official Methods of Analysis. Ass. Off. Anal. Chem. 16 th Ed. Washington, DC. p. 1018
- Cremer, M. C. & Jian, Z. 2003. Red Tilapia Production in LVHD Cages (High Density Fish Culture in Low Volume Cages) with a Soy-Based Feed: Hainan, China Results of ASA/China 2003 Feeding Trial 35-03-113. Disponible: <<http://www.soyaqua.org/speciestech/tilapia.html>> [Consultado: 2/5/05]
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- El-Sayed, A. M. 2006. *Tilapia Culture*. CABI. Publishers. Wallingford. UK. p.43
- El-Sayed, A. M., Martínez, I. & Moyano, F. J. 2000. Assessment of the effect of plant inhibitors on digestive proteases of Nile tilapia using in vitro assays. *Aquaculture International* 8: 402
- ElSaidy, D.M.S.D. & Gaber, M.M.A. 2002. Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *J. World Aquaculture Soc.* 33:297
- FAO 2008. El estado mundial de la pesca y acuicultura 2008. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Disponible: <<http://www.fao.org>>
- Goda, A.M., Wafa, M.E., El-Haroun, E.R. & Kabir, M.A. 2007. Growth performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) and tilapia galilae (*Sarotherodon galilaeus*, Linnaeus, 1758) fingerling fed plant protein based diets. *Aquaculture Res.* 38:827
- Huang, C.H. 2005. Substituting de-hulled soybean meal for fish meal in diets for hybrid tilapia rearing in water recirculating system. Disponible: <<http://www.soyaqua.org/speciestech/tilapia.html>> [Consultado: 27/11/2006]
- Kasper, C.S., Watkins, B.A. & Brown, P.B. 2007. Evaluation of two soybean meals fed to yellow perch (*Perca flavescens*). *Aquaculture Nutr.* 13:431
- Kinnear, P.R. & Gray, C.D. 1994. *SPSS for windows Made Simple*. Erbaum Taylor and Francis. East Sussex, UK. p. 275
- Krogdahl, A., Lea, T. & Olli, J. 1994. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem Physiol* 107A:215
- Manomaitis, L. & Cremer, M. 2006. Growth Performance of tilapia fed soy-based feed in low volume, high density cages on Phu Long Reservoir, Dalai, Ninh Binh, Yen Khanh District, Vietnam. Results of ASA-IM/Soy-in-Aquaculture 2006 Feeding Demonstration Project. Disponible: <<http://www.soyaqua.org/speciestech/tilapia.html>> [Consultado: 2/5/2007]
- Moyano, F.J., Martínez, I., Díaz, M. & Alarcón, F.J. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 45, Número 2, 2011. 1999. Inhibition of digestive proteases by vegetable meals in three fish species; seabream (*Sparus aurata*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) and African sole (*Solea senegalensis*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 122:327
- Pérez, J., Wicki, G., Moyano, J. & Alarcón, J. 2003. Evaluación del efecto de inhibidores de proteasas presentes en ingredientes vegetales utilizables en piensos para dos especies piscícolas cultivadas en argentina; Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y Pejerrey (*Odontesthes bonaerensis*). III Congreso Internacional Virtual de Acuicultura
- Petrovna, G. & León R. 2006. Aspectos ambientales, nutricionales y reproductivos de la tilapia. *Tilapia*. En: Aspectos biológicos y productivos. Eds. Petrovna, G., Santerre, A., Casas, J., Peregrina, J., León, R. Universidad de Guadalajara. México, p. 75
- Toledo, J., Llanes, J. & Lazo de la Vega, J. 2008. La harina de soya como componente proteico fundamental en la alimentación de tilapia en Cuba. III Simposio Internacional ACUACUBA 2008. La Habana, Cuba
- Viola, S., Arieli, Y. & Zobar, G. 1988. Animal-protein free feeds for Irbid tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) in intensive cultivate. *Aquaculture* 75:115
- Wu, G.S., Chung, Y.M., Lin, W.Y., Chen, S.Y. & Huang, C.H. 2003. Effect of Substituting De-hulled or Fermented Soybean Meal for Fish Meal in Diets on Growth of Hybrid Tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *J. Fish. Soc. Taiwán.* 30: 291
- Zhou, Q.C., Mai, K.S., Tan, B.P. & Liu, Y.J. 2005. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutr.* 11:175

Recibido: 11 de marzo de 2010