Utilización de harina de caña proteica en la alimentación de juveniles de tilapia roja

A. Botello[1], M.V. Cisneros[1], María T. Viana[2], M. I.Valdivié[3], E. Pullés[4], E.Téllez[4], G.S. Silvera[1], Y. Valera[5], I.G. Angulo[1], A.B. Rodríguez[6], R.B. Rodríguez[5] y Kirenia P. Corría[1]

[1]*Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Carretera Bayamo-Manzanillo km 16 ½, Peralejo, Bayamo-Granma-Cuba. C.P. 85300*
Correo electrónico: abotellol@dimitrov.cu
[2]*Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, México*
[3]*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*
[4]*Dirección Provincial de Acuicultura, Granma, Cuba*
[5]*Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma, Carretera a Manzanillo, km 17, Apartado Postal 21, Bayamo, Granma 85100*
[6]*Instituto de Medicina Veterinaria, Holguín, Cuba*

Para determinar la respuesta biológica de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis spp*.), alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de caña proteica (HCP), se formularon cuatros dietas isoproteicas con diferentes niveles de inclusión de HCP (T0 0 %; T6 6 %; T8 8 % y T10 10 %). Se alimentaron 600 juveniles de tilapia roja, con peso inicial promedio de 4.16 ± 0.01 g durante 60 d. Se distribuyeron en diseño completamente aleatorizado con cinco jaulas rectangulares por tratamiento (0.256 m^3; 0.8 × 0.8 × 0.4 m), suspendidas sobre un estanque circular de hormigón (8 m diámetro y 2 m alto), con 30 peces por jaula. Se les determinó el peso final, incremento de peso diario, tasa de eficiencia proteica, factor de conversión alimentaria y supervivencia. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a los indicadores crecimiento y utilización del alimento. La supervivencia mostró valores de 99 %. Se concluye que la HCP se puede incluir en dietas para juveniles de tilapia roja hasta en 10 %, sin afectar los indicadores bioproductivos.

Palabras clave: *harina de caña proteica, tilapia roja*.

Tilapia es el nombre común con que el que se conocen diversas especies de los géneros Oreochromis y Tilapia. Son peces de agua dulce, endémicos y originarios de África y del cercano Oriente (Baltazar 2007). Se pueden cultivar en estanques o jaulas, soportan altas densidades y resisten condiciones ambientales adversas (Cantor 2007).

Su producción puede ser limitada por el incremento actual de los costos asociados a la alimentación (González 2010). Por esta razón, es de gran importancia la utilización eficiente de los residuales de la industria pesquera, así como de los organismos acuáticos que por su color, olor, sabor, forma o talla no son aptos para el consumo humano (Blanco *et al*. 2007). El rápido deterioro y la heterogeneidad en la materia prima constituyen una limitación para lograr este fin. Además, su almacenamiento y transporte encarece el producto, por lo que se necesita un método que permita su utilización inmediata a bajo costo.

El ensilado químico de pescado constituye una variante para la utilización eficiente de los residuales. Tiene como principio fundamental la preservación mediante la adición de ácidos orgánicos e inorgánicos, almacenados a temperatura ambiente y puede ser un componente de raciones para la alimentación de los animales (Álvarez 1972 y Borghesi *et al*. 2007).

El ensilaje químico de pescado, guardado a temperatura ambiente, se mantiene hasta dos años sin putrefacción (Tatterson y Windsor 1974). Sin embargo, presenta alto contenido de humedad (70-80 %), por lo que resulta conveniente mezclarlo con materias primas que faciliten el secado y aporten nutrientes. Fagbenro (1994) utilizó distintas harinas: de soya, de subproductos de aves, de hidrolizado de plumas y de carne y huesos. Goddard y Perret (2005) usaron el salvado de trigo. Aunque los alimentos citados contribuyen a reducir el costo por transportación y a optimizar el almacenamiento, presentan elevados precios en el mercado internacional.

Para disminuir el contenido líquido del ensilaje químico del pescado, Cisneros *et al*. (1999) utilizaron harina de caña de azúcar, alimento barato y con alta disponibilidad en Cuba, que presenta alta capacidad higroscópica. Además, al mezclarla con el ensilaje origina la harina de caña proteica (HCP), con valor promedio de proteína cruda de 28.0 %. Para la alimentación de gallinas ponedoras, pollos de engorde y patos se ha incluido hasta 20 % en los piensos y se han obtenido resultados favorables en indicadores bioproductivos y económicos.

El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta biológica de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis spp*.) alimentados con diferentes niveles de inclusión de harina de caña proteica.

Materiales y Métodos

Elaboración y caracterización de la harina de caña proteica. Para la elaboración de la HCP se utilizó la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), variedad Jaronú 60-5, entera y deshojada, proveniente de las áreas del central azucarero "Bartolomé Masó" de la provincia Granma.

El ensilaje de pescado procedió del combinado

pesquero industrial "Andrés Luján Vázquez", ubicado en Manzanillo, Granma. Se logra a partir del boquerón (*Ophistonema oglinum*) entero y fresco (subproducto de la fauna acompañante del camarón, especie no apta para el consumo humano). Se le adiciona después ácido sulfúrico, según la metodología descrita por Miranda (1999).

La HCP se elaboró de acuerdo con Cisneros *et al*. (1999). Se tomaron tres muestras para realizar el análisis químico (tabla 1).

Tabla 1. Composición química de la harina de caña proteica (% base seca)

Nutrientes	(%)
Materia seca (MS)	90.5±0.6
Proteína cruda (PC)	29.8±0.3
Grasa cruda (GC)	3.5±0.4
Fibra cruda (FC)	13.3±0.6
Ceniza	12.1±0.3
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	41.2±0.8
pH	03.9±0.3

Medias ± Desviación estándar (DE)

Preparación de las dietas. Se formularon cuatro dietas con distintos niveles de HCP (T0 0 %; T6 6 %; T8 8 %; y T10 10 %) (tabla 2). Los ingredientes se molieron en un molino de martillo y se mezclaron durante cinco minutos hasta obtener un producto homogéneo. El granulado de las dietas se llevó a cabo en un molino de carne, con diámetro de 1.0 mm. Posteriormente se colocaron en la estufa a 60 ºC durante ocho horas. Para realizar el análisis químico se tomaron tres muestras de 1000 g por cada dieta.

Análisis químico. Se realizó 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 KJ g^{-1} para carbohidratos (no leguminosa); 2.0 (leguminosa); 4.3 proteína animal; 3.8 proteína vegetal y 8.0 para lípidos.

Bioensayo. Se llevó a cabo en la Estación de Alevinaje ACUIPASO, del central "Bartolomé Masó", ubicado en Granma, Cuba. Se emplearon 600 juveniles machos de tilapia roja (*Oreochromis spp*.). Las tilapias se adaptaron al sistema durante siete días. En este período consumieron alimento comercial de tilapia. Organismos de 4.16 ± 0.01g se distribuyeron aleatoriamente en jaulas rectangulares (0.256 m^3; 0.8 × 0.8 × 0.4 m), suspendidas (cinco para cada tratamiento) dentro de un estanque circular de hormigón (8 m diámetro y 2 m alto), ubicado en una nave techada. El flujo de agua fue de 0.47 L s^{-1}. En cada jaula se colocaron 30 animales por un período de 60 d. Los comederos de malla (0.5 mm de malla y 0.4 × 0.4 m) se utilizaron para medir el consumo de alimento. La frecuencia de alimentación fue de cuatro raciones diarias (7:30 am, 10:00 am, 12:30 y 3:30 pm) y la tasa de 7 % con respecto al peso corporal por día (Toledo 2007).

Evaluación biológica. Los organismos se pesaron individualmente (0, 15, 30, 45 y 60 d) para obtener los siguientes parámetros, de acuerdo con Tacon (1989): peso inicial (PI), peso final (PF), incremento del peso diario (IPD) (IPD = PF-PI/ tiempo de cultivo), tasa de eficiencia proteica (TEP) y ganancia en peso durante todo el experimento / total de proteína consumida. El factor de conversión alimentaria (FCA) se calculó a partir del total de alimento consumido /ganancia en peso durante todo el experimento. La supervivencia se determinó según el número de animales finales/número de animales iniciales x 100.

Variables físico-químicas del agua. La temperatura, concentración de oxígeno disuelto (Oxyguard MK III) y pH se registraron diariamente antes de cada alimentación, mientras que los nitritos, nitratos y amonio cada 10 d mediante un espectrofotómetro YSI 2030, según APHA (1981).

Diseño de los experimentos. El bioensayo se desarrolló según diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos, de acuerdo con el nivel de inclusión de HCP (0, 6, 8 y 10 %) y cinco repeticiones (30 peces por repetición). A los datos analizados se les realizó análisis de varianza de clasificación simple, con previa comprobación de la distribución normal de los datos por medio de la prueba de Kolmogorov Smirnov (Massey 1951). Para la homogeneidad de las varianzas se aplicó la prueba de Bartlett (1937). En los casos que no se cumplió la normalidad y homogeneidad de varianza, se aplicó el análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis. En todos los análisis se usó el programa STATISTICA®, versión 6,0 para Windows 2000.

Resultados y Discusión

En este estudio, al mezclarse la caña de azúcar con los ensilajes de pescado se obtuvo 30 % de PC (tabla 1), buen valor de proteína, y 3,5 % de GC. Sin embargo, se lograron cifras elevadas de FC (13, 3%) que limitan su utilización en la alimentación animal. Los resultados obtenidos de la composición química de la HCP se asemejan a los informados por Cisneros *et al*. (1999) y Rodríguez (2007). El análisis químico (tabla 2) de las dietas confirmó que son isoproteicas, con valores promedio de PC (35 %). Los requerimientos de proteína cruda para juveniles y cría de tilapia fueron de 35 % (Winfree y Stickney 1981, Santiago *et al*. 1982 y Teshima *et al*. 1985).

Elangovan y Shim (1997) refieren que la proteína es el grupo químico más abundante del organismo después del agua. Es además el nutriente esencial que promueve el crecimiento y tiene la capacidad de utilizarse como fuente de energía. Los niveles de proteína requeridos para los peces varían en las diferentes especies, según el estado fisiológico, condiciones de cultivo y medio ambiente.

En este estudio, la FC fue de 1.5 % en la dieta control

Tabla 2. Composición porcentual y química de las dietas (% base seca)

Ingredientes	Niveles de inclusión			
	T 0%	T 6%	T 8%	T 10%
Harina de pescado	30.00	25.30	24.38	23.44
Harina de caña proteica	-	6.00	8.00	10.00
Harina de soya	33.80	34.20	34.60	35.00
Harina de trigo	20.00	20.00	20.00	20.00
Harina de maíz	6.55	4.85	3.37	1.91
Aceite de soya	3.00	3.00	3.00	3.00
Cloruro de sodio	0.15	0.15	0.15	0.15
Premezcla de minerales[a]	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezcla de vitaminas[b]	1.00	1.00	1.00	1.00
Bentonita	2.50	2.50	2.50	2.50
Fosfato monocálcico	2.00	2.00	2.00	2.00
Total (%)	100.00	100.0	100.0	100.00
Composición química (%)				
Materia seca (MS)	92.70	92.50	92.50	92.40
Proteína cruda (PC)	35.10	35.00	34.90	35.00
Grasa cruda (GC)	6.80	6.80	6.70	6.70
Fibra cruda (FC)	1.50	2.20	2.40	2.60
Cenizas	13.20	13.70	13.70	13.80
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	43.50	42.40	42.20	42.00
Valores calculados				
ED (KJ g^{-1} de alimento)	11.82	11.76	11.71	11.70
PC ED^{-1} (mg PC KJ^{-1})	27.77	27.75	27.72	27.72
PC origen animal PC $Total^{-1}$ (%)	50.30	50.20	50.30	50.30

[ab] Recomendada por Llanes (2010)

y los valores de 2.2 a 2.6 % entre los piensos donde se incluyó la HCP (tabla 2). Estos resultaron inferiores al 4 % que recomiendan Shiau *et al*. (1989) para la nutrición de tilapias.

El valor medio de la ED (11.7 KJ g^{-1} de alimento) (tabla 2) fue superior a 9.2 KJ g^{-1} de alimento, informado por Toledo *et al*. (2007). Estos autores utilizaron 40 % de ensilajes químicos de pescado en dietas para la alimentación del pez gato africano (*Claria gariepinus*), pero con niveles de PC de 21.40 %.

El-Dahhar y Lovell (1995) informaron, para tilapias de 4.0 a 8.0 g, relación PC ED^{-1} (mg PC KJ^{-1}) de 26.8 a 28.20. Resultados similares se obtuvieron en esta investigación (27.7) (tabla 2).

El peso final medio y el incremento del peso diario de los cuatro tratamientos no presentaron diferencias significativas (tabla 3), lo que puede estar relacionado con la composición química similar de los piensos (tabla 2).

Oliveira *et al*. (2007) elaboraron un ensilaje químico a partir de cabeza de camarón y ácido acético (15.0 %) para sustituir la harina de pescado en 0, 33.3, 66.6 y

Tabla 3. Índices biológicos de juveniles de tilapia roja alimentados con HCP

Indicadores	Tratamientos				
	T 0 %	T6 %	T8 %	T10 %	EE ±
Peso inicial (g)	4.15	4.17	4.16	4.15	0.01
Peso final (g)	28.28	28.33	28.31	28.23	0.08
Incremento de peso diario (g $día^{-1}$)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.001
Tasa de eficiencia proteica (TEP)	1.71	1.72	1.72	1.71	0.006
Factor de conversión alimentario (FCA)	1.81	1.79	1.80	1.81	0.007
Supervivencia (%)	99.00	99.00	99.00	99.00	-

EE = Error estándar. No se observaron diferencias significativas dentro de las filas ($P < 0.05$)

100 %. Formularon cuatro dietas, con valores de PC de 36.0 % para la nutrición de juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) durante 60 d de cultivo, y no observaron diferencias significativas en cuanto al peso final.

Deyab *et al*. (2003) sustituyeron harina de pescado en 0, 25, 50, 75 y 100 % por una mezcla de harinas vegetales (soya, algodón, girasol y linaza) y 0.5 % de metionina y lisina. Formularon además, cinco dietas isóproteicas (33.6 % PC) e isocalóricas (19.7 KJ g^{-1} de alimento energía cruda), con similar composición aminooacídica para la nutrición de juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Después de 16 semanas, no observaron diferencias significativas en cuanto al peso final entre los tratamientos.

En esta investigación se tuvo en cuenta los aportes de PC de origen animal con relación a la PC total de la dieta (50 %) para contribuir a igualar las cantidades de aminoácidos esenciales (tabla 2) y lograr una respuesta similar de las variables biológicas (tabla 3).

Yue y Zhow (2008), al sustituir harina de soya por harina de algodón, en 0, 8, 4, 16.9, 25.3, 33.8 y 56.3 %, elaboraron seis dietas isoproteicas, con 31.0 % de PC para la nutrición de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) y obtuvieron TEP de 2.4. Fagbenro *et al*. (1994) utilizaron ensilados de pescado en dietas para la alimentación de juveniles *Oreochromis niloticus* e informaron valores de 2,0. Estos resultaron ligeramente superiores a lo constatado en esta investigación.

El FCA no presentó diferencias entre los tratamientos (tabla 3), lo que se relaciona con la composición química similar de los piensos. Fagbenro y Jauncey (1994) alimentaron juveniles de *Clarias gariepinus* con ensilados de pescado y formularon cuatro dietas semihúmedas. Estos autores obtuvieron valores más elevados de este indicador (2.5). Llanes (2010) utilizó dietas simihúmedas, formadas por 40 % de ensilaje de pescado, y reportó valores superiores de 3.6 de FCA para la alimentación de juveniles de tilapia roja (*Oreochroomis spp*.). El FCA fue menor (1.8) en este estudio, lo que posibilitó mejor resultado económico y biológico.

La supervivencia de los juveniles en todos los tratamientos se comportó satisfactoriamente (99 %). Esto evidencia el desempeño adecuado de los juveniles durante el experimento (tabla 3).

La temperatura promedio del agua durante el cultivo fue de 27.8 ºC. Los valores promedio de concentración de oxígeno disuelto fueron de 4.5 mg/L. Los nitritos, nitratos y amonio se mantuvieron durante todo el cultivo, con niveles óptimos para el crecimiento normal de este pez (Cantor 2007).

Se concluye que la harina de caña proteica puede formar parte de dietas completas para la alimentación de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis spp*.) hasta en 10 %, sin afectar los indicadores de crecimiento, utilización de alimento y supervivencia. Esto constituye una alternativa para el aprovechamiento de los residuales pesqueros.

Referencias

Álvarez, R. J. 1972. Estudio comparativo del valor nutricional de la proteína del ensilaje de pescado. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 6:231

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Off. Agric. Chem. 16th Ed. Washington. D.C. USA

APHA. 1981. Standard methods for the examination of water 15 th Ed. American Public Health Association. New York. 769 pp.

Baltazar, P. M. 2007. La tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. Rev. Perú. Biol. 13: 267

Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proc. Royal Soc. London. 160: 268

Blanco, M., Sotelo, C. G., Chapela, M. J. & Pérez-Martín, R. I. 2007. Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends. Food Sci. Tech. 18:29

Borghesi, R., Portz, L., Oetterer, M. & Cyrino, J. E. 2007. Apparent Digestibility coeffcient of protein and amino acids of acid, biological and enzymatic silage for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition 3:1

Cantor, F. A. 2007. Manual de producción de tilapia. Disponible: http://www.sdr.gob.mx/Contenido/Cadenas%20Productivas/DOCUMENTOS%20CADENAS%20AGROPECUARIAS/acuicolas/tilapia/MANUAL%20TILAPIA.pdf. Consultado: 24 agosto 2009

Cisneros, M., Otero, M., Castillo, E., Miranda, O., Rodríguez, R., González, J. L., Betancourt, M. & Fonseca, J. 1999. Harina de caña enriquecida con proteínas HCP para la ceba de pollos y peces. Informe técnico. Centro de Estudio de Producción Animal. Universidad de Granma, Cuba. 26 pp.

Deyab, M.S., El-Saidy, D., Magdy, M. & Gaber, A. 2003. Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. diets. Aquaculture Res. 34:1119

Elangovan, A. & Shim, K. F. 1997. Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture. 158:321

El-Dahhar, A. A. & Lovell, R. T. 1995. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, diet utilization and body composition of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* Peters. Aquaculture Res 26:451

Fagbenro, O. 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. The Israeli J. Aquaculture Bamidgeh. 46:140.

Fagbenro, O. & Jauncey, K. 1994. Growth and protein utilization by juvenile catfish *Clarias gariepinus* fed moist diets containing autolysed protein from stored Lactic-acid-fermented fish-silage. Bioresource Tech. 48:43

Fagbenro, O., Jauncey K. & Haylor, G. 1994. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. Aquaculture Living Resour. 7:79

Goddard, J. S. & Perret J. S. 2005. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. Animal Feed Sci. and Tech. 118:337

González, S. R. 2010. Cultivo de la *Lemna perpusilla* en el Valle del Cauto y su empleo en la alimentación de alevines

y juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Llanes, J.E. 2010. Caracterización y evaluación del ensilaje de residuos pesqueros como sustituto de la harina de pescado en dietas semi-húmedas para tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. J. American Statistical Asoc. 46: 68

Miranda, O. 1999. Caracterización físico-química del ensilaje de pescado conservado con acido sulfúrico comercial. Tesis de Maestría en Nutrición Animal. Centro de Estudios de Producción Animal. Universidad de Granma, Cuba

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 pp.

Oliveira, J. M., Oliveira, E.S. & Singh, P. B. 2007. Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus feed. Bioresource Tech. 98:602

Rodríguez, R. B. 2007. Valor nutritivo de la harina de caña proteica y su inclusión en la alimentación de gallinas ponedoras White Leghorn L33. Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Santiago, C.B., Banes-Aldaba, M. & Laron, M. A. 1982. Dietary crude protein requirement of tilapia nilotica fry. Philipp. J. Biol. 11:255

Shiau, S.Y., Kwok, C. C., Chen, C. J., Hong, H. T. & Hsteh, H. B. 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

STATISTICA for Windows. 6.0. 2000. Disponible: http:// http://www.statsoft.com

Tacon, A.G. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Proyecto Aquila II. Documento de campo no 4. FAO-Italia

Tatterson, I. & Windsor, M. 1974. Fish silage. J. Sci. Food Agric. 25: 369

Toledo, P.J., Botello, L.A. & Llanes, I.J.E. 2007. Evaluación del ensilado químico de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus*. REDVET. Rev. Ele Vet. Vol. VIII. Nº 9. En: http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907.html. Consultado: 10 febrero 2008

Winfree, R. A. & Stickney, R. R. 1981. Effects of dietary protein and energy on growth feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aureus*. J. Nutrition 111: 1001

Yue, Y.R. & Zhow, Q.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

Recibido: 6 de junio de 2011