

Valor nutricional de piensos comerciales cubanos para el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino

Nutritional value of Cuban commercial feeds for fingerling stage of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) in marine environment

Marian Mirabent Casals, Sergio José Toledo Pérez y Barbarito Jaime Ceballos
Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 No. 503 entre 5ta. Ave. y Mar,
Municipio Playa, La Habana, Cuba, CP 19100, E-mail: marian@cip.alinet.cu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el valor nutricional de tres piensos comerciales fabricados en Cuba (P10, P15 y P24, con 10 %, 15 % y 24 % de inclusión de harina de pescado, respectivamente) para el alevinaje de tilapias rojas (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) adaptadas al ambiente marino. Para ello, se determinó la composición proximal y se estimó la composición de aminoácidos de los piensos. También se evaluó la hidroestabilidad y el poder atrayente de los piensos con alevines de $3,1 \pm 0,9$ g de peso promedio adaptados a 35 ups. Los resultados mostraron que los niveles de proteínas de P10 (29,19 %), P15 (30,14 %) y P24 (33,30 %) no difirieron significativamente entre sí ($p > 0,05$) ni con el valor del requerimiento reportado en la literatura (30 %) para larvas del híbrido cultivadas a 35 ups. Al comparar los contenidos de los tres piensos con los requerimientos de aminoácidos reportados para *O. mossambicus*, los aminoácidos limitantes fueron lisina y treonina. Los valores promedio en porcentaje de pérdida de materia seca de P10 ($18,96 \pm 1,52$), P15 ($16,41 \pm 4,08$) y P24 ($17,78 \pm 0,44$) tampoco presentaron diferencias significativas y están dentro del rango admisible para piensos peletizados (menos del 20 %). Los índices de atractabilidad calculados para P15 (41,7) y P24 (53,3) indican similar poder atrayente, superior significativamente ($p < 0,05$) a P10 (5). Los tres piensos evaluados son similares en potencial nutricional para alimentar larvas y alevines de tilapia roja adaptadas a ambiente marino.

Palabras clave: tilapia roja, piensos cubanos, hidroestabilidad, atractabilidad, cómputo químico, dietas artificiales.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the nutritional value of three commercial feedstuffs manufactured in Cuba (P10, P15 and P24, with 10 %, 15 % and 24 % of fishmeal inclusion, respectively) in the nursery of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) adapted to marine environment. For it, the proximal composition was determined and the amino acid composition of the feed was estimated. Hydro-stability in seawater and the attractiveness of feed with fingerlings of $3,1 \pm 0,9$ g of average weight adapted to 35 ups were also evaluated. The results showed that protein levels of P10 (29,19 %), P15 (30,14 %) and P24 (33,30 %) did not differ significantly from each other ($p > 0,05$) nor with the value of the requirement reported (30 %) for hybrid larvae grown at 35 ups. For the three feeds, the limiting amino acids were lysine and threonine, when comparing the contents of the feeds with the amino acid requirements reported for *O. mossambicus*. The average values in percentage of dry matter loss of P10 ($18,96 \pm 1,52$), P15 ($16,41 \pm 4,08$) and P24 ($17,78 \pm 0,44$) did not show significant differences and are within of the admissible range for pelleted feeds (less than 20 %). Attractability indices calculated for P15 (41,7) and P24 (53,3) indicate similar attractive power, significantly higher ($p < 0,05$) than P10 (5). The three feeds evaluated are similar in nutritional potential to feed red tilapia larvae and fingerlings adapted to marine environment.

Keywords: red tilapia, Cuban feeds, hydro-stability, attractiveness, chemical score, artificial diets.

Recibido: 21/2/19

Revisado: 25/3/19

Aceptado: 27/3/19

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, las tilapias (*Oreochromis* sp.) ocupan el tercer lugar en las producciones acuícolas que más contribuyen al volumen de producción total regional, después de los salmónidos y los camarones (FAO-FISHSTAT, 2017). Las tilapias cultivadas en el 2016, representaron el 10 % de la producción acuícola mundial (FAO, 2018).

La tilapia roja se ha convertido en una excelente candidata para la acuicultura debido a su elevada adaptabilidad a un amplio rango de condiciones ambientales (agua dulce, salobre y ambiente marino), su tasa de crecimiento y reproducción precoz, incluso en cautiverio (Aßmann, 2009). Su cultivo intensivo en ambiente marino se justifica por su amplia aceptación en el mercado internacional, su apariencia similar a especies marinas de gran valor económico y sus carnes blancas como en los pargos (*Lutjanus* sp.) (Castillo, 2009).

En Cuba, en ambiente marino solo se han llevado a cabo experimentos con alevines de tilapia roja israelí de más de 20 g, con piensos de 28-30 % de proteína a base de harina de soya. Se observó que la tasa de crecimiento absoluto de las tilapias fue superior en ambiente marino que en ambiente dulceacuícola empleando el mismo tipo de alimento (Fraga *et al.*, 2012).

Actualmente se potencia el aumento de las producciones de peces en agua dulce como los ciprínidos, clarias (*Clarias gariepinus*) y tilapias (*Oreochromis* sp.), además del incremento de los cultivos marinos de camarón blanco e híbridos de tilapias rojas, por presentar tecnología validada nacionalmente y mercado garantizado (Isla-Molleda, 2018). Para desarrollar estos cultivos a escala comercial de forma intensiva es necesario el suministro constante de alevines de calidad. Por lo que las dietas que se empleen en la etapa de cría larval y el alevinaje deben satisfacer los requerimientos nutricionales y posibilitar así altas supervivencias.

El valor nutricional de un pienso depende en gran medida de la calidad proteica de este, del tipo y cantidad de aminoácidos que contiene, ya que establecen los aportes de nitrógeno y aminoácidos esenciales al organismo. De ahí que el cómputo químico calculado sea una medida para valorar la calidad proteica de una dieta (Cervilla *et al.*, 2012). Por otro lado, la hidroestabilidad y el poder atrayente de los piensos para peces son indicativos indirectos del consumo.

Dada la escasez de materias primas disponibles en el país para la producción a escala industrial de piensos para peces y los altos costos de los piensos importados, en este trabajo se evalúa el valor nutricional

de tres piensos comerciales usados en la alimentación de peces de agua dulce en Cuba, para el alevinaje de tilapias rojas en ambiente marino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Piensos comerciales y determinación de la composición proximal

Se seleccionaron tres piensos comerciales de la fábrica ALISUR de Santa Cruz del Sur (Camagüey, Cuba) que se usan para cultivos dulceacuícolas. Se denominaron P10, P15 y P24, según los niveles de inclusión de harina de pescado. Su composición se muestra en la TABLA 1.

La determinación de los niveles de humedad, proteína cruda, lípidos totales y cenizas de los piensos comerciales se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico del Centro de Investigaciones Pesqueras según los procedimientos estándares (AOAC, 2000). La energía digestible se calculó según los coeficientes calóricos establecidos por Pezzato *et al.* (2001).

TABLA 1. Composición de los piensos comerciales seleccionados

Ingredientes (% inclusión)	Piensos comerciales		
	P10	P15	P24
Harina de pescado	10	15	24
Harina de soya	40	35	31
Trigo entero molido	42	42	36
Aceite de soya	3	3	4
Carbonato de calcio	3	3	3
Premezcla de vitaminas y minerales	2	2	2
TOTAL (%)	100	100	100

Cómputo químico

Se estimó el perfil de aminoácidos de los piensos comerciales a partir de la composición aminoacídica de los ingredientes reportada por Toledo & Llanes (2012). Para el cálculo del cómputo químico (CQ) con la fórmula (1), se usó como proteína patrón los requerimientos de aminoácidos (aa) reportados por Jauncey *et al.* (1983) para la tilapia mosámbica (*Oreochromis mossambicus*) y por Santiago & Lovell (1988) para la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

$$CQ_{aa} = \frac{\% \text{ del aa en la proteína del pienso}}{\text{Requerimiento del aa para la especie}} \quad (1)$$

Este método se basa en el criterio de que mientras más cercano sea el perfil de aminoácidos de la proteína que se evalúa a los requerimientos de la especie, mayor será el valor nutricional de dicha proteína.

Hidroestabilidad de los piensos

La estabilidad de los piensos en agua de mar se determinó por la pérdida de materia seca. Se pesaron 2 g de cada pienso por triplicado en una balanza analítica (marca Kern 770 con una precisión de $\pm 0,001$ g) y se colocaron en envases cilíndricos de malla de 1 mm de luz. Posteriormente se sumergieron en recipientes con 5 L de capacidad con agua de mar durante dos horas. Los piensos se secaron 2 h en una estufa *Venticell* a 75 °C. Se pesaron nuevamente y se cuantificó la pérdida de materia seca según Balsinde et al. (2003), mediante la fórmula (2):

$$\% \text{ de pérdida de materia seca} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (2)$$

Ensayo de atractabilidad

Se adaptaron 30 alevines de tilapia roja provenientes de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (Cotorro, La Habana, Cuba) de $3,1 \pm 0,9$ g de peso promedio a ambiente marino en tres días, con cambios de salinidad de 0-10 ups, de 10-20 ups y de 20-35 ups, cada día respectivamente.

En cada una de tres peceras con 40 L de agua de mar (35 ups), se colocaron diez alevines de tilapia roja adaptados previamente. Luego de 48 h de ayuno, se colocaron separadores que mantuvieron los animales limitados a la región central de la pecera y se adicionaron en comederos plásticos (Fig. 1), dos de los piensos a evaluar al 30 % de la biomasa (10 g). Posteriormente se quitaron los separadores y se observó el comportamiento de los peces ante la detección de los alimentos. Se registró al cabo de 5 min la

cantidad de animales que se desplazaron hacia cada alimento y comenzaron el proceso de ingestión. Con cada par de piensos comerciales a evaluar se realizaron tres réplicas. Se determinó el índice de atractabilidad (IA) para cada pienso (P) y se expresó según la fórmula (3):

$$IA = \frac{\sum \text{número de animales que migraron al P}}{\text{número de réplicas par evaluar P}} \times 100 \quad (3)$$

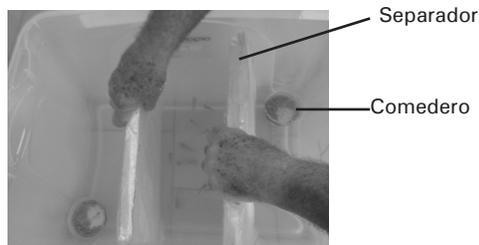


Fig. 1. Recipiente con separadores y comederos, donde se realizó el ensayo de evaluación del poder atrayente de los piensos comerciales de ALISUR para alevines de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*).

Análisis estadísticos

Los datos primarios obtenidos de los análisis químicos de las dietas, de la hidroestabilidad y los índices de atractabilidad se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), con el programa estadístico STATISTICA versión 7 y las diferencias significativas entre los valores promedio se determinaron con el test de Tukey para un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

En la TABLA 2 se muestra el contenido de nutrientes de los piensos comerciales de ALISUR, P10, P15 y P24. Estos valores no difieren entre sí estadísticamente ($p > 0,05$), no obstante, se observa un aumento del contenido de proteína bruta, lípidos y cenizas en la medida que aumenta la inclusión de harina de pescado en los piensos.

TABLA 2. Composición proximal en base seca de los piensos

Contenido (%)	P10	P15	P24
Proteínas	29,19	30,14	33,30
Lípidos	4,87	5,15	6,51
Cenizas	3,94	4,39	5,50
Fibras	3,71	3,41	3,11
Extracto libre de nitrógeno	42,07	40,57	35,32

TABLA 2. Continuación

Contenido (%)	P10	P15	P24
Energía digestible* (kcal/g)	266,09	270,38	281,21
Energía total** (kcal/g)	383,29	385,15	394,32
Proteína/Energía digestible (mg/kcal)	110	111	118
Proteína animal/Proteína vegetal	0,28 ^a	0,46 ^b	0,83 ^c

*Calculada según coeficientes de Pezzato *et al.* (2001).

**Calculada usando los valores calóricos de 23,63 kJ/g; 39,52 kJ/g y 17,15 kJ/g para proteína, lípidos y carbohidratos, respectivamente, de acuerdo con Brett (1973). 1 kJ = 0,239 kcal.
Las letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se detectaron diferencias significativas únicamente entre las relaciones de proteína animal/proteína vegetal de los tres piensos comerciales, debido al aumento de la inclusión de harina de pescado como fuente de proteína animal.

En la figura 2 se muestra el cómputo químico para los tres piensos comerciales P10, P15 y P24. Al utilizar como patrón los requerimientos de aminoácidos reportados para *O. niloticus*, los únicos aminoácidos no limitantes en los tres piensos son la leucina y la valina. Sin embargo, al emplear los requerimientos reportados para *O. mossambicus*, el primer aminoácido limitante es la treonina y el segundo es la lisina.

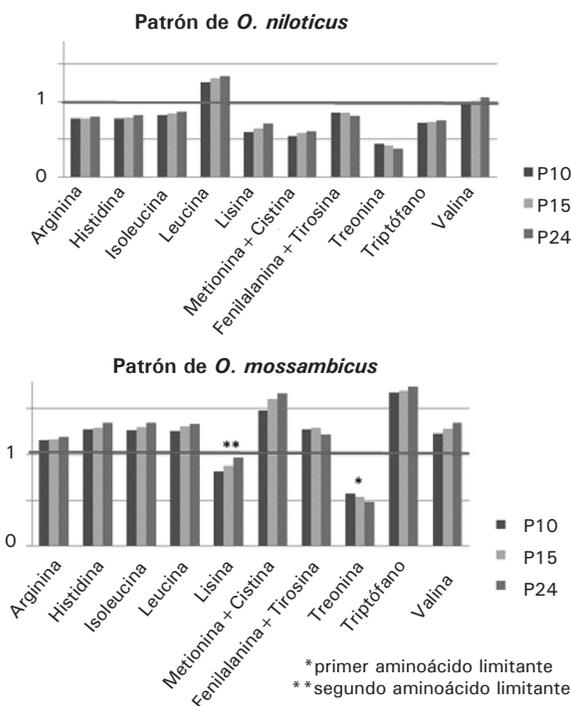


Fig. 2. Cómputo químico de los tres piensos evaluados P10, P15 y P24, calculado a partir de los requerimientos de aminoácidos reportados para los parentales *O. niloticus* (Santiago & Lovell, 1988) y *O. mossambicus* (Jauncey *et al.*, 1983).

La hidroestabilidad de los piensos P10, P15 y P24 fue similar. Las pérdidas de materia seca se encontraron entre 16-19 %, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) (TABLA 3).

Como se observa en la figura 3, los piensos P15 y P24 presentaron IA que no difieren significativamente entre sí. No obstante, sí se comprobaron diferencias de estos con el IA de P10, siendo este último menor.

TABLA 3. Valores promedios de pérdida de materia seca (MS) de los piensos comerciales P10, P15 y P24 y sus desviaciones estándar

Piensos	P10	P15	P24
Pérdida de MS (%)	18,96 ± 1,52	16,41 ± 4,08	17,78 ± 0,44

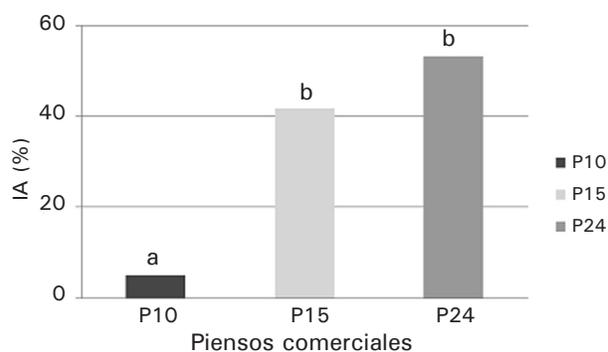


Fig. 3. Índices de atractabilidad (IA) de los piensos comerciales P10, P15 y P24. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

El aumento de la demanda de la harina de pescado, acompañado del decremento del suministro global, ha resultado en un incremento continuo de los precios

de este ingrediente. Por esto, se realizan en la actualidad muchos esfuerzos por reemplazar la harina de pescado por fuentes de proteínas vegetales menos costosas y disponibles para la producción de alimentos acuícolas (Tacon *et al.*, 2012).

Se ha dado particular atención a la harina de soya por su alto contenido proteico y perfil de aminoácidos esenciales. La harina de soya presenta además elevada digestibilidad (más del 90 %) de lípidos y proteínas por parte de los híbridos de tilapia (Hanley, 1987). Este ingrediente ha sustituido hasta el 100 % de la harina de pescado en dietas para engordar tilapias (Fraga *et al.*, 2012; Ajani *et al.*, 2016). Sin embargo, las larvas y alevines de tilapias requieren al menos un 5 % de inclusión de harina de pescado en los piensos o el suplemento de aminoácidos azufrados y lisina (Masagounder, 2017).

Los niveles de proteína requeridos para un óptimo crecimiento, pueden variar entre las diferentes especies e híbridos de tilapias y los estadios de desarrollo (Larumbe-Morán *et al.*, 2010). En los piensos comerciales P10, P15 y P24, los porcentajes de proteína bruta no difieren significativamente entre sí (TABLA 2) y además coinciden con el valor de requerimiento reportado (30 %) para larvas del mismo híbrido *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*, cultivadas a 35 ups (El-Dakar *et al.*, 2015). Los requerimientos nutricionales de las tilapias cultivadas en ambiente marino no han sido bien estudiados. Algunos autores señalan que los requerimientos proteicos de las tilapias mantenidas en agua de mar o salobre pueden ser menores para un óptimo crecimiento, que en las tilapias cultivadas en agua dulce (Fraga *et al.*, 2012).

Por otro lado, el requerimiento mínimo de lípidos de las dietas para tilapias cultivadas es del 5 % (Ng & Chong, 2004) y los niveles de inclusión de este nutriente en los piensos evaluados están entre 4,59-6,51 %, sin diferencias significativas.

Los niveles de carbohidratos en los tres piensos evaluados se encuentran dentro del rango reportado por El-Sayed (2006), quien plantea que las tilapias, como son peces omnívoros, pueden utilizar de forma eficiente entre 35-40 % del carbohidrato digerible. En los piensos P10, P15 y P24, la principal fuente de carbohidratos fue el trigo, que contiene un 69,9 % de almidón.

El contenido de fibra en los piensos acuícolas no debe exceder el 5 % (Anderson *et al.*, 1984). Los piensos evaluados presentaron valores inferiores (TABLA 2).

Para larvas (hasta 0,5 g) y juveniles (0,5-5 g) de tilapia, la tasa proteína/energía digestible varía de 95,3-123 mg/kcal (Shiau, 2002). La tasa de proteína/energía digestible en los tres piensos evaluados se encuentra dentro de este rango.

Cómputo químico

Los aminoácidos esenciales solo se incorporan al organismo a través de la dieta y son importantes para la síntesis de proteínas musculares y, por tanto, para el crecimiento. El déficit alimentario de cualquiera de estos aminoácidos puede causar alteraciones del desarrollo (Tacon, 1992; Roberts, 2012).

En la literatura, no se encontraron los requerimientos de aminoácidos esenciales del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*. Según se muestra en la figura 2, los contenidos aminoacídicos de los piensos comerciales no cubren los requerimientos del parental *O. niloticus* reportados por Santiago & Lovell (1988), excepto para la valina y la leucina. Sin embargo, si se emplea como proteína patrón los requerimientos del parental *O. mossambicus*, solo dos aminoácidos aparecen en los tres piensos evaluados como limitantes: la lisina y la treonina. La lisina es con frecuencia uno de los aminoácidos limitantes en ingredientes usados para la producción comercial de piensos acuícolas, especialmente cuando la harina de pescado se sustituye por fuentes proteicas vegetales (Mai *et al.*, 2006).

No se encontró referencia sobre la posible diferencia de los requerimientos de aminoácidos entre los parentales del híbrido y el híbrido mismo. Al parecer, los requerimientos de aminoácidos para las tilapias, varían según el peso inicial, el método empleado y la especie o variante genética que se emplee (Masagounder, 2017). Por lo que es posible que el híbrido *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*, tenga valores de requerimientos diferentes a los de sus especies parentales.

Hidroestabilidad de los piensos

La hidroestabilidad de los pellets es un parámetro de calidad importante en la manufactura de dietas para la acuicultura. La elevada hidroestabilidad se define como la retención de la integridad física del pellet, con una mínima desintegración y lixiviación de nutrientes mientras está sumergido, hasta que es consumido por el animal. La estabilidad de los pellets en el agua afecta el consumo del alimento y por tanto la tasa de crecimiento específico de los peces (Hoyos *et al.*, 2017).

Los piensos comerciales P10, P15 y P24 no mostraron diferencias significativas en la hidroestabilidad, lo que indica que el proceso de manufactura en la fábrica ALISUR fue similar en los tres. Además, esto implica que la compactación de los pellets tuvo mayor influencia en la hidroestabilidad de los piensos evaluados que las diferencias en la composición. Se

plantea que la hidroestabilidad de piensos para peces incrementa con el aumento del tamaño de pellet y la inclusión de proteína en el pienso (Khater *et al.*, 2014). Los piensos P10, P15 y P24 presentaron 6 mm de diámetro de pellets y fueron prácticamente isoproteicos.

Según Balsinde *et al.* (2003), los piensos para la acuicultura no deben presentar pérdidas de materia seca superiores al 20 % al cabo de las 2 h, debido a que se pierden los nutrientes por lixiviación. Los valores determinados para los piensos P10, P15 y P24 fueron menores del 20 %. Algunas investigaciones han mostrado que cerca del 20 % de la proteína cruda, 50 % de los carbohidratos y 50 % del contenido de vitaminas de alimentos para camarones se pueden perder por lixiviación antes de la ingestión. Por lo que la hidroestabilidad no es solo un tema físico, sino también nutricional, de gran importancia, que además incide en los niveles de conversión del alimento y por supuesto el costo (Muñoz Latuz, 2004).

Se ha comprobado que los carbohidratos en los pellets mejoran su hidroestabilidad en agua (Ighwela *et al.*, 2013). Al parecer, el trigo de los piensos P10, P15 y P24 funge como aglutinante debido al alto porcentaje de almidón.

Atractabilidad

La respuesta alimentaria de los peces se caracteriza por una secuencia estereotipada de comportamientos controlados por varias modalidades sensoriales, siendo el olfato el primer sentido implicado (Pereira da Silva & Pezzato, 2000).

El índice de atractabilidad es el porcentaje de la frecuencia de visitas al alimento de un comedero cuando se someten los animales frente a dos piensos diferentes. Mientras mayor es este índice, mayor es la atractabilidad de ese alimento.

Como se observa en la figura 3, los piensos P15 y P24 presentaron IA que no difieren significativamente entre sí ($p > 0,05$). No obstante, sí se comprobaron diferencias de estos con el IA de P10, siendo este último menor. Se plantea que las diferencias cualitativas y cuantitativas de aminoácidos contenidos en los piensos son responsables de la variación del poder atrayente de los diferentes piensos (Álvarez *et al.*, 2004). Por ejemplo, la alanina, el ácido glutámico y la serina pueden estimular el apetito y la respuesta alimentaria en ciertos peces, aunque los mecanismos son desconocidos (Shamushaki *et al.*, 2007). Se ha reportado también que la fenilalanina y la tirosina podrían promover la ingestión de alimentos por los peces en su medio natural (Li *et al.*, 2009).

Otro de los factores que puede influir en la preferencia de los peces hacia algún alimento específico es la hidroestabilidad (Jaime-Ceballos, 2006), sin embargo, la misma fue similar en los tres piensos, por lo que se atribuye solo a la composición del alimento.

CONCLUSIÓN

Los piensos comerciales cubanos con niveles de inclusión de 10 %, 15 % y 24 % de harina de pescado presentan similar valor nutricional para la alimentación durante el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino.

REFERENCIAS

- Ajani, E. K., Orisasona, O., Omitoyin, B. O. & Osho, E. F. (2016). Total replacement of fishmeal by soybean meal with or without methionine fortification in the diets of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* [Abstract]. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 11 (3), 238-243.
- Álvarez, J., García, T., Villarreal, H., Galindo, J., Fraga, I. & Pelegrin, E. (2004). Alternativas para obtener alimentos más eficientes en el engorde semiintensivo del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. En: L. E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. G. Nieto López, D. Villarreal, U. Scholz & M. González, Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 16-19 de noviembre de 2004, Hermosillo, Sonora, México.
- Anderson, J., Jackson, A. J. & Matty, A. J. (1984). Effects of dietary carbohydrate and fiber on tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 37, 303-314.
- AOAC (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.), The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Aßmann, S. (2009). Feeding behavior of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) according to feeds made of locally available agriculture by-products in Kenya, East Africa. Tesis de Maestría, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- Balsinde, M., Castro, I. & Galindo, J. (2003). Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. *CIVA*, <http://www.civa2003.org>, 303-309.
- Brett, J. R. (1973). Energy expenditure of Sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*, during sustained

- performance. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30 (12), 1799-1809.
- Castillo, L. F. (2009). Estado actual de la tilapia. Memorias de la Segunda Jornada de Actualización de la Tilapia. 11 al 15 de septiembre, Ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Cervilla, N. S., Mufari, J. R., Calandri, E. L. & Guzman, C. A. (2012). Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de origen argentino. Evaluación de su calidad proteica. *Actual. Nutr.*, 13 (2), 107-113.
- El-Dakar, A. Y., Shalaby, S. M. A. & Elmonem, A. I. A. (2015). Growth performance and feed utilization of hybrid red tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) x *Oreochromis mossambicus* (Peters) fed different dietary protein and energy levels under rearing in seawater conditions. *Mediterr. Aquacult. J.*, 7, 12-21.
- El-Sayed, A-F. M. (2006). Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implications and economic potentials. En: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz & Armando García Ortega (Eds.), Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15-17 de noviembre de 2006. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. ISBN 970-694-333-5.
- FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura (2018). Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO-FISHSTAT (2017). En: <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>
- Fraga, I., Flores, E. R., Reyes, R. & Llanes, Y. (2012). Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 32 (1), 16-23.
- Fraga, I., Reyes, R., Flores, R., Pérez, R., Rodríguez, G. & Bravo, A. (2007). Cultivo intensivo de tilapia roja en ambiente marino. XVI Fórum de Ciencia y Técnica (Segunda Edición). Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba.
- Hanley, F. (1987). The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture*, 66, 163-179.
- Hoyos, J. L., Villada, H. S., Fernández, A. & Ortega-Toro, R. (2017). Parámetros de calidad y metodologías para determinar las propiedades físicas de alimentos extruidos para peces. *Inf. Tecnol.*, 28 (5), 101-114.
- Ighwela, K.A., Ahmad, A. B. & Abol-Munafi, A.B. (2013). Water stability and nutrient leaching of different levels of maltose formulated fish pellets. *Glob. Vet.*, 10 (6), 638-642.
- Isla-Molleda, M. (2018). Presentación en la Reunión Técnica Nacional para el perfeccionamiento de la estrategia de maricultura en Cuba, auspiciada por la FAO, celebrada del 19 al 22 de febrero en La Habana, Cuba.
- Jaime-Ceballos, B. J. (2006). Evaluación de la harina de *Spirulina platensis* como alimento y aditivo para la reproducción de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus schmitti* (Pérez-Farfante y Kensley, 1997). Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.
- Jauncey, K., Tacon, A. C. J. & Jackson, A. J. (1983). The quantitative essential amino acid requirements of *Oreochromis (Sarotherodon) mossambicus*. In: J. Fishelson & Z. Yaron (Eds.), Proc. 1st Intl. Symp. on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. 328-337.
- Khater, E. G., Bahnasawy, A. H. & Ali, S. A. (2014). Physical and Mechanical Properties of Fish Feed Pellets. *J. Food Process. Technol.*, 5 (10), 378-383.
- Larumbe-Moran, E., Hernández-Vergara, M. P., Olvera-Novoa, M. A. & Pérez-Rostro, C. I. (2010). Protein requirements of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry cultured at different salinities. *Aquacult. Res.*, 41, 1150-1157.
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J. & Wu, G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37, 43-53.
- Mai, K. et al. (2006). Dietary lysine requirement of juvenile seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 258, 535-542.
- Masagounder, K. (2017). Amino acid recommendations for tilapia: a review of available data and principle behind Aminotilapia. *AMINONews*, 21 (2), 1-15.
- Muñoz-Latuz, O. (2004). Comparación entre extruido y pelletizado en alimentos de camarones. En: L. E. Cruz Suárez, D. Ricque Marie, M. G. Nieto López, D. Villarreal, U. Scholz & M. González (Eds.), Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 de noviembre de 2004, Hermosillo, Sonora, México.
- Ng, W. K. & Chong, C. Y. (2004). An overview of lipid nutrition with emphasis on alternative lipid sources in tilapia feeds. In R. G. Bolivar, G. C. Mair & K. Fitzsimmons (Eds.), Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture (pp. 241-248), Bureau of Fisheries & Aquatic Resources, Manila, Philippines.

- Pereira da Silva, E. M. & Pezzato, L. E. (2000). Respostas da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à Atratividade e Palatabilidade de Ingredientes Utilizados na Alimentação de Peixes. *R. Bras. Zootec.*, 29 (5), 1273-1280.
- Pezzato, L., Castagnolli, N. & Rossi, D. (2001). Nutrición y alimentación de peces. Manual No. 295. Serie Acuicultura. Centro de Producciones Técnicas. Vicososa- MG, 72 pp.
- Roberts, R. J. (2012). *Fish Pathology*, John Wiley & Sons (4th ed.), 404 pp.
- Santiago, C. B. & Lovell, R. T. (1988). Amino acid requirement for growth of Nile tilapia. *J. Nutr.*, 118, 1540-1546.
- Shamushaki, V. A. J., Kasumyan, A. O., Abedian, A. & Abtahi, B. (2007). Behavioural responses of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) juveniles to free amino acid solutions. *Mar. Freshw. Behav. Phy.*, 40, 219-224.
- Shiau, S. Y. (2002). Tilapia, *Oreochromis* spp. En C. D. Webster, & C. E. Lim (Eds.), Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. Library of Congress Cataloging in Publication Data. New York, USA.
- Tacon, A. G. J. (1992). Nutritional fish pathology. Morphological signs of nutrient deficiency and toxicity in farmed fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, pp. 1-4.
- Tacon, A. G. J., Hasan, M. R., Allan, G., El-Sayed, A.-F., Jackson, A., Kaushik, S. J., Ng, W.-K., Suresh, V. & Viana, M. T. (2012). Aquaculture feeds: addressing the long-term sustainability of the sector. In: R. P. Subasinghe, J. R. Arthur, D. M. Bartley, S. S. De Silva, M. Halwart, N. Hi-shamunda, C.V. Mohan, & P. Sorgeloos, (Eds.), *Farming the Waters for People and Food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010* (pp. 193-231), 22-25 September 2010. Phuket, Thailand.
- Toledo, J. & Llanes, J. (2012). Análisis nutricional de tilapias cultivadas en jaulas flotantes con dietas a base de proteína vegetal. *Acuacuba*, 14 (1), 11-16.