

**Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia
(*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*)
cultivada en agua de mar**

Rivas-Vega Martha Elisa, Miranda Baeza Anselmo y
Sandoval-Muy María Idalia

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora
Carretera a Huatabampo y Periférico Sur S/N
Navojoa, Sonora, México

E-mail: martha.rivas@cesues.edu.mx

Resumen

Actualmente uno de los principales retos de la acuicultura es el costo del alimento balanceado y la descarga de nutrientes provenientes del alimento balanceado. La búsqueda de ingredientes alternativos que proporcionen nutrientes esenciales digeribles para los organismos acuáticos, podrá ayudar a que este problema sea disminuido. En el Noroeste de México, durante los últimos años, la presencia de enfermedades en camarón, ha ocasionado alta mortalidad y pérdidas económicas, por lo que los productores acuícolas se han interesado en diversificar los cultivos; y la tilapia en agua de mar, esto representa una excelente opción, debido a su capacidad de crecer en un amplio rango de salinidad. En el presente trabajo se presentan los resultados de dos experimentos independientes, donde se evaluó la digestibilidad y el efecto en el crecimiento de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua de mar, de la harina de cabeza de camarón y harina de hoja de *Moringa oleifera*. Se evaluó el efecto de la sustitución de la harina de sardina en 0, 30, 60 y 100 % por harina de cabeza de camarón, encontrando que el crecimiento de tilapia no es afectado en un 60% de sustitución. En un segundo experimento, se incluyó harina de hoja de *M. oleifera* en el alimento balanceado, sustituyendo en un 10, 20 y 30 % la proteína de la harina de sardina, los resultados sugieren que este ingrediente puede sustituir hasta en un 20% a la proteína de la harina de sardina, sin afectar el crecimiento de la tilapia. La digestibilidad de la proteína de la harina de cabeza de camarón y *M. oleifera* fue de 91.2 % y 89.1 %, respectivamente. De acuerdo a los resultados obtenidos se sugiere que los dos ingredientes evaluados pueden ser incluidos en el alimento de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*), sustituyendo parcialmente a la harina de sardina.

Keywords: Tilapia, agua de mar, ingredientes

Introducción

La producción mundial de peces dulceacuícolas en el 2006 fue de 27.8 millones de toneladas, con un valor de US\$29,548 millones; en este grupo se incluyen 2.3 millones de toneladas de las diversas especies de tilapias, principalmente nilótica y otros cíclidos con un valor de US\$2,800 millones. La producción mundial de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) fue de 2 millones de toneladas con un valor de US\$2,220 millones (FAO, 2008).

La capacidad de la tilapia de utilizar los nutrientes de diversas fuentes y de adaptarse a diferentes salinidades, además de la creciente demanda en mercados internacionales, la convierten en una especie de interés para la acuicultura.

La fuente proteica tradicional usada en las dietas de tilapia, es la harina de pescado, sin embargo la identificación y uso de fuentes proteicas no convencionales para sustituirla parcial y totalmente, ha sido un área de enfoque reciente en la investigación en nutrición acuícola. El desarrollo de estas investigaciones es necesario debido al aumento de los costos y la incierta disponibilidad de la harina de pescado (Fontainhas-Fernandes *et al.*, 1999).

Se ha estudiado el efecto de la inclusión de fuentes proteicas de origen animal en alimentos balanceados para tilapia, generalmente con el objetivo de sustituir en forma parcial la harina de pescado mediante el aprovechamiento de los subproductos animales tales como hidrolizados, ensilados, y harinas de subproductos marinos (Fagbenro y Jauncey 1995; El-Sayed, 1998; Köprücü y Özdemir, 2005); fuentes proteicas de origen terrestre como la harina de subproductos avícolas (El-Sayed, 1998; Yu, 2004; Fasakin *et al.*, 2005); harina de sangre (El-Sayed, 1998; Fasakin *et al.* 2005), harina de carne y hueso (El-Sayed, 1998; Yu, 2004), harina de plumas (Fasakin *et al.*, 2005). En algunos se han obtenido excelentes resultados donde incluso se ha podido sustituir en 100% la harina de pescado empleada con los mismos resultados que con dietas convencionales de harinas de pescado; pero otros casos no han sido exitosos debido a que algunas de estas fuentes proteicas presentan

deficiencias de uno o más aminoácidos esenciales y por lo tanto es necesaria su suplementación (El-Sayed, 2004).

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la inclusión en el alimento balanceado de ingredientes alternativos en el crecimiento de la tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua de mar.

Materiales y Métodos

Experimento I. Evaluación de la inclusión de harina de cabeza de camarón en sustitución parcial y total de la harina de sardina en el alimento de tilapia cultivada en agua de mar.

Elaboración de la harina de cabeza de camarón

Para la elaboración de la harina de cabeza de camarón se colectaron 20 kg de cabezas de *L. vannamei*, de la Bahía de Yavaros, Sonora, México, se trasladaron en hielo al laboratorio de nutrición de CESUES, y se secaron en una estufa de convección de aire a 45 °C durante 24 h, posteriormente se molieron utilizando un molino Cyclotec, se tamizó a 250 µm, y se almacenó a 4 °C hasta su análisis bromatológico y de energía.

Formulación y elaboración de alimentos experimentales

Se formularon cuatro alimentos con 0, 12, 24 y 40 % de inclusión de harina de cabeza de camarón, sustituyendo en 0, 30, 60 y 100 % a la harina de sardina, respectivamente (Tabla 1). Los alimentos fueron fabricados en el laboratorio de nutrición del CESUES con ingredientes comúnmente usados en plantas de alimentos comerciales. Para la elaboración de los alimentos, los ingredientes sólidos se molieron finamente en un molino Cyclotec y se tamizaron a través de un tamiz de 250 µm, después se mezclaron adicionando primero los ingredientes secos, posteriormente se adicionó una emulsión de aceite-lecitina, después se agregó agua, para finalmente pasar la pasta resultante a través de un molino de carne para obtener pellets de 5 mm de diámetro, los cuales se cortaron manualmente y se secaron a 40 °C durante 12 h en una estufa de convección de aire.

Aclimatación de los organismos en agua salada

Los organismos experimentales de tilapia *O. mossambicus* x *O. niloticus*, se mantuvieron durante 15 días en agua dulce, durante este tiempo se alimentaron con alimento comercial API Tilapia 1, con 40 % de proteína. Después de este periodo, los organismos fueron aclimatados al agua salada de manera gradual, aumentando diariamente la salinidad en 10 ups, hasta llegar a 33 ups (Martínez, 2003).

Crecimiento de juveniles de tilapia *O. mossambicus* x *O. niloticus*

Se usaron 5 organismos por acuario (60 L), usando 3 acuarios por tratamiento. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a los acuarios y al inicio del bioensayo, el alimento se suministro a razón del 10 % de la biomasa en cada acuario. Posteriormente, la cantidad de alimento fue corregida diariamente en base al alimento residual, alimentando a los organismos *ad libitum*. Se realizaron biometrías cada 15 días, durante los 60 días del experimento.

Las condiciones experimentales fueron mantenidas constantes durante todo el experimento a 27 ° C, 6 mg/l de oxígeno disuelto y 33 ups. Los criterios para evaluar los diferentes tratamientos fueron: ganancia en peso, supervivencia, tasa relativa de crecimiento, alimento consumido, eficiencia proteica y factor de conversión alimenticia.

Tabla 1. Composición de ingredientes de los alimentos utilizados para evaluar el efecto del nivel de inclusión de la harina de cabeza de camarón en el alimento balanceado para tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua de mar

| | 0 | 30 | 60 | 100 |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Sustitución HP | 0 | 30 | 60 | 100 |
| Inclusión HCC | 0 | 12 | 24 | 40 |
| Ingrediente | g/kg alimento | g/kg alimento | g/kg alimento | g/kg alimento |
| Harina de sardina ^a | 242.2 | 169.6 | 96.9 | 0.00 |
| Pasta de soya ^b | 158.7 | 111.1 | 63.5 | 0.00 |
| Harina de cabeza de camarón | 0.00 | 120.3 | 240.5 | 400.9 |
| Harina de trigo ^b | 550.0 | 550.0 | 550.0 | 550.0 |
| Premezcla de vitaminas ^c | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| Premezcla de minerales ^f | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Vitamina C ^h | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Fosfato dibásico ⁱ | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Lecitina de soya ^k | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| Aceite de sardina ^a | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| BHT ^l | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Cloruro de colina ^g | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Alginato de sodio ^d | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |

^a Industrias Barda, Yavaros, Sonora, México.

^b Alimentos Colpac S.A. de C.V., Navojoa, Sonora, México.

^d Química Meyer Cat. Num. 6780. México, D.F.

^e Composición de la premezcla de vitaminas (g/kg premezcla): Vitamina A Acetate (20,000 UI/g) 5; Vitamina D₃ (850,000 UI/g) 0.001; dl-alfa-tocopheryl acetato (250 UI/g) 12; Menadiona 2.4; Tiamina-HCl 2.5; Riboflavina (B₂) 5; Piridoxina-HCl (B₆) 4; DL Ca-Pantothenato 0.012; Acido Nicotínico 0.024; Biotina 0.048; Inositol 0.4; Vitamina B₁₂ 4.8; Acido Fólico 1.2; Celulosa 962.62.

^f Composición de la premezcla de minerales (g/kg premezcla): Cloruro de cobalto 0.04; Sulfato cúprico pentahidratado 2.5; Sulfato ferroso 40; sulfato de magnesio heptahidratado 283.98; Sulfato de magnesio monohidratado 6.5; Ioduro de potasio 0.67; Selenito de sodio 0.1; Sulfato de Zinc heptahidratado 131.93; Celulosa 534.28.

^g SIGMA Cat. Num. C1879. SIGMA-ALDRICH Chemical Company, St. Louis, MO, USA.

^h Stay C 35% agente activo. Roche, México, D.F.

ⁱ SIGMA Cat No. S-0876. SIGMA-ALDRICH Chemical Company, St. Louis, MO, USA.

^k ODONAJI, Distribuidora de Alimentos Naturales y Nutricionales S.A. de C.V. México, D.F.

^l Butylated hydroxytolueno, ICN Cat. No.101162. Aurora, Ohio, USA.

Digestibilidad *in vivo*

Se llevo a cabo un ensayo para determinar la digestibilidad de proteína de la harina de cabeza de camarón, se utilizó un alimento control con 1 % de óxido de cromo como

Rivas-Vega, M. *et al.* 2010. Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 467 – 484.

marcador inerte y un alimento con 30 % de harina de cabeza de camarón y 1 % de óxido de cromo (Tabla 2).

Se utilizaron juveniles de tilapia *O. mossambicus* x *O. niloticus*, distribuyéndose aleatoriamente 5 organismos por acuario y tres acuarios por tratamiento. Durante el experimento se mantuvo las siguientes condiciones: 27 ° C, 33 ups y 6 mg/ml de oxígeno disuelto. Los organismos se alimentaron durante 7 días con los alimentos experimentales antes de iniciar la colecta de heces, misma que se hizo por sifoneo una hora después de cada alimentación.

Las heces se lavaron con agua destilada y se congelaron hasta su análisis. A las heces colectadas de cada tanque y a los alimentos usados se les determinó el contenido de óxido crómico por el método descrito por Olvera-Novoa (1994), en donde 50 mg de muestra se digirieron con 5 ml de HNO₃, y después con ácido perclórico a 300 ° C, hasta la aparición de un anillo rojo en la superficie de la solución, después de aforar a 25 ml, se leyó la absorbancia a 350 nm con un espectrofotómetro. El contenido de proteína se determinó usando el método oficial AOAC (1990).

El Coeficiente de Utilización Digestiva Aparente (CUDa) para materia seca y proteína en los alimentos se determinó de acuerdo a Cho *et al.* (1982) usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{CDA de materia seca (\%)} = 100 - \left[\left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en alimento}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces}} \right) * 100 \right]$$

$$\text{CDA de nutrientes (\%)} = 100 - 100 \left[\left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en alimento}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces}} \right) * \left(\frac{\% \text{Nutriente en heces}}{\% \text{Nutriente en alimento}} \right) \right]$$

El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de los Ingredientes (CDAI) fue calculado basado en el porcentaje de sustitución del ingrediente probado (Forster, 1999) usando la siguiente ecuación:

$$\text{CDAI de nutrientes (\%)} = \frac{\left[\frac{(a + b) * \text{CAD nutriente en alimento de prueba} - a * \text{CAD nutriente en alimento de referencia}}{b} \right]}{b}$$

Donde:

a= Contribución del nutriente del alimento de referencia al contenido de nutriente del alimento de prueba = (nivel de nutriente en el alimento de referencia)*(100-i)

b= Contribución de nutriente del ingrediente probado al contenido de nutriente del alimento de prueba = (nivel de nutriente en el ingrediente probado)*i

i= Nivel de ingrediente probado en el alimento de prueba.

Análisis de datos

Los resultados obtenidos se analizaron utilizando un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey, cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó un nivel de confianza del 95%. Se utilizó el software STATISTICA^{MR} 5.0.

Tabla 2. Composición de ingredientes de los alimentos experimentales utilizados para determinar digestibilidad de materia seca y proteína de la harina de cabeza de camarón para juveniles de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua de mar

| Ingrediente | Control (g/kg de alimento) | Harina de cabeza de camarón (g/kg de alimento) |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Harina de sardina | 239.8 | 167.1 |
| Pasta de soya | 157.1 | 109.5 |
| Harina de cabeza de camarón | 0.0 | 300.0 |
| Harina de trigo | 544.5 | 379.5 |
| Premezcla de vitaminas | 7.9 | 5.5 |
| Premezcla de minerales | 5.0 | 3.5 |
| Vitamina C | 1.0 | 0.7 |
| Fosfato di básico | 5.0 | 3.5 |
| Lecitina de soya | 4.0 | 2.8 |
| Aceite de sardina | 4.0 | 2.8 |
| BHT | 0.1 | 0.1 |
| Cloruro de colina | 2.0 | 1.4 |
| Alginato de sodio | 19.8 | 13.8 |
| oxido de cromo | 10.0 | 10.0 |

Experimento II. Evaluación de la inclusión de harina de hoja de *Moringa oleifera* en sustitución de la proteína de la harina de sardina.

Preparación de la harina de hojas de moringa

Las hojas de *M. oleifera* fueron colectadas del campo experimental del CBTA 21, ubicado en Basconcobe, Etchojoa, Sonora, México. Se separaron las hojas, se lavaron con agua destilada y se secaron durante 24 h a 45 °C, en una estufa de convección de aire, posteriormente se molió en un molino Cyclotec y se tamizó a 250 micras. Se almacenó hasta su análisis químico.

Diseño y elaboración de alimentos

Se formularon y elaboraron 4 alimentos isoprotéicos e isoenergéticos, con 35 % de proteína. Se incluyó la harina de *M. oleifera* sustituyendo el 0, 10, 20 y 30 de la proteína de la harina de sardina (Tabla 3). Los alimentos se formularon utilizando el software Nutrion 5 PRO^{MR}.

Para la elaboración de los alimentos, los ingredientes sólidos se molieron finamente en un pulverizador Cyclotec, y se tamizaron a 250 µm, después se mezclaron adicionando primero los ingredientes secos, posteriormente se adicionó una emulsión de aceite-lectina, después se agregó agua, para finalmente pasar la pasta resultante a través de un molino de carne, para obtener un alimento de 5 mm de diámetro, los cuales se cortaron manualmente y se secaron a 40 °C, durante 12 h en una estufa de convección de aire.

Tabla 3. Composición de ingredientes de alimentos con diferentes niveles de sustitución de proteína de harina de pescado por proteína de harina de hojas de *Moringa oleífera*

| Alimento | Sustitución de proteína de harina de pescado | | | |
|----------------------------|--|-------|-------|-------|
| | Control | 10% | 20% | 30% |
| Ingrediente | g/kg | g/kg | g/kg | g/kg |
| Harina de sardina | 260.0 | 234.0 | 208.0 | 182.0 |
| Pasta de soya | 199.6 | 200.0 | 200.0 | 200.0 |
| Harina integral de trigo | 464.1 | 381.0 | 297.5 | 213.9 |
| Harina de Moringa | 0.0 | 108.6 | 218.2 | 327.7 |
| Aceite de pescado | 25.2 | 25.2 | 25.2 | 25.2 |
| Alginato de sodio | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Lecitina de soya | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| Premezcla vitaminas | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 |
| Fosfato di básico de sodio | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Premezcla Minerales | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| Cloruro de Colina | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Vitamina C | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| BHT | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

Bioensayo de crecimiento de juveniles de tilapia alimentada con diferentes niveles de harina de hojas de *M. oleífera*.

Se usaron 5 organismos de 7 g de peso promedio por acuario (60 L). Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a los acuarios. Al inicio del bioensayo, el alimento se suministró a razón del 10 % de la biomasa. Posteriormente, la cantidad de alimento se ajustó diariamente

en base al alimento residual, el alimento se suministró dos veces al día. Se realizaron biometrías cada 15 días, durante los 75 días del experimento.

Los criterios para evaluar los diferentes tratamientos fueron: ganancia en peso, supervivencia, tasa relativa de crecimiento, factor de conversión alimenticia y eficiencia proteica.

Digestibilidad *in vivo* de la harina de hojas de *Moringa oleifera* para *O. mossambicus* x *O. niloticus*.

Se formuló un alimento control con un contenido de proteína del 35%, y un alimento con 30 % de harina de hoja de *M. oleifera*, usando el software Nutrion 5 PRO^{MR}. Los alimentos contenían 1 % de óxido de cromo (Cr₂O₃). Los alimentos se elaboraron en el laboratorio de nutrición del CESUES.

Para el bioensayo de digestibilidad se utilizaron organismos juveniles de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. niloticus*), con un peso promedio de 13 g, distribuyéndose aleatoriamente a razón de 5 organismos por acuario (60 L) y 6 acuarios por tratamiento. Durante el experimento se mantuvieron las siguientes condiciones: 27° C, 35 ‰ y 5 mg/L de oxígeno disuelto. Los organismos se alimentaron durante 7 días con los alimentos experimentales antes de iniciar la colecta de heces, la cual se llevó a cabo por sifoneo, después de una hora de alimentar. Las heces se lavaron con agua destilada y se congelaron hasta su análisis. Al final del bioensayo las heces se liofilizaron y se les determinó el contenido de óxido de cromo y proteínas.

El Coeficiente de Utilización Digestiva Aparente (CUDa) para materia seca y proteína en los alimentos se determinó de acuerdo a Cho *et al.* (1982). El Coeficiente de Digestibilidad Aparente de los Ingredientes (CDAI) fue calculado basado en el porcentaje de sustitución del ingrediente probado (Forster, 1999).

Resultados y discusión

Experimento I. Evaluación de la inclusión de harina de cabeza de camarón en sustitución parcial y total de la harina de sardina en el alimento de tilapia cultivada en agua de mar.

El alto costo del alimento balanceado para tilapia ha intensificado la necesidad de contar con ingredientes que permitan elaborar alimentos de bajo costo, pero de alta calidad nutricional y funcional. Los ingredientes proteicos son los más evaluados por su alto costo y por el papel tan importante que desempeña en el crecimiento de los organismos acuáticos. Uno de los principales parámetros que se utiliza como indicador de la calidad nutricional de un alimento, es el efecto en el crecimiento, el cual generalmente va acompañado de la medición de sobrevivencia y factor de conversión alimenticia.

En la tabla 5 se muestran los resultados zootécnicos obtenidos en el ensayo de crecimiento, donde se evaluaron los cuatro alimentos balanceados con diferentes niveles de inclusión de harina de cabeza de camarón (0, 12, 24 y 40 %).

Tabla 5. Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia alimentada con diferentes niveles de sustitución de harina de sardina con harina de cabeza de camarón.

| Tratamiento (% sustitución de harina de pescado) | Peso final | Sobrevivencia | TRC | FCA |
|---|------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 11.1 ^a ±2.5 | 93 ^a ±12 | 671 ^a ±158 | 2.1 ^a ±0.3 |
| 30 | 9.4 ^a ±3.0 | 93 ^a ±12 | 580 ^a ±156 | 2.4 ^a ±0.9 |
| 60 | 11.2 ^a ±2.9 | 100 ^a ±0 | 683 ^a ±54 | 2.9 ^a ±0.6 |
| 100 | 9.2 ^a ±2.7 | 100 ^a ±0 | 547 ^a ±17 | 3.8 ^b ±0.2 |

Letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos $p < 0.05$

La sobrevivencia de los organismos no se vio afectada significativamente por efecto del alimento, encontrándose entre 93 y 100 %. Chimsung *et al.* (2006) incluyeron la harina de

cabeza de camarón hasta en un 28% en el alimento de tilapia (*O.mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua dulce, sin encontrar efectos significativos en la sobrevivencia. De manera general no se ha reportado un efecto significativo en tilapia por efecto de la inclusión de ingredientes vegetales o animales, ya que presenta una alta tolerancia a la inclusión de una gran variedad de ingredientes en el alimento.

La harina de cabeza de camarón en el alimento de tilapia híbrida cultivada en agua dulce solo ha sido evaluada por Chimsung *et al.* (2006) encontrando que un 14 % de inclusión de harina de cabeza de camarón, sustituyendo un 50 % de la proteína de la harina de pescado no afecta significativamente el crecimiento de la tilapia.

En la tabla 6, se muestra la composición de aminoácidos teórica de los alimentos balanceados utilizados en este ensayo, y los niveles recomendados para tilapia roja, el balance de aminoácidos es adecuado para los alimentos 0, 12 y 24 % de inclusión de harina de camarón, pero el alimento con 40 % de inclusión de este ingrediente presenta una ligera deficiencia en el contenido metionina, lisina y treonina. Probablemente, al contar con un aporte de aminoácidos acorde a sus requerimientos, la tilapia alimentada con harina de cabeza de camarón presentó un crecimiento similar con respecto a la tilapia alimentada con harina de pescado. A pesar de que el alimento con 40 % de harina de cabeza de camarón presenta una deficiencia en tres aminoácidos esenciales, probablemente no fue suficiente para ocasionar un crecimiento significativamente menor con respecto al alimento control, sin embargo, si se encontró una diferencia significativa en el factor de conversión alimenticia (FCA), ya que aumentó significativamente con este alimento. Una respuesta de los organismos a la deficiencia de nutrientes esenciales, es el incremento en el consumo de alimento para compensar el nivel de ingesta de estos nutrientes (Cruz-Suárez *et al.*, 1993), probablemente en los organismos alimentados con el alimento balanceado con 40% de harina de cabeza de camarón, se presentó esta respuesta, lo que incrementó el factor de conversión alimenticia.

Por otro lado, la harina de camarón y en general, las harinas de crustáceos han presentado un efecto estimulador del consumo del alimento en camarones (Goytortúa, 2007), sin

Rivas-Vega, M. *et al.* 2010. Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuicola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 467 – 484.

embargo esta respuesta no se ha encontrado en peces, por lo que el aumento en el factor de conversión alimenticia, solo puede ser relacionado con el incremento en el consumo del alimento debido a la deficiencia de aminoácidos esenciales.

Tabla 6. Composición teórica¹ de aminoácidos esenciales de los alimentos experimentales con diferentes niveles de inclusión de harina de cabeza de camarón (0, 12, 24 y 40 % de inclusión corresponden a 0, 30,60 y 100% de sustitución de harina de sardina)

| Aminoácido | 0 | 12 | 24 | 40 | Niveles recomendados ² |
|--------------|------|------|------|------|-----------------------------------|
| Arginina | 1.86 | 1.73 | 1.61 | 1.44 | 1.40 |
| Histidina | 0.87 | 0.78 | 0.70 | 0.59 | 0.56 |
| Isoluecina | 1.54 | 1.36 | 1.17 | 0.93 | 0.91 |
| Leucina | 2.33 | 2.12 | 1.91 | 1.63 | 1.58 |
| Lisina | 2.24 | 1.99 | 1.74 | 1.41 | 1.79 |
| Metionina | 0.75 | 0.60 | 0.45 | 0.24 | 0.49 |
| Fenilalanina | 1.43 | 2.31 | 3.18 | 4.34 | 1.12 |
| Treonina | 1.27 | 1.20 | 1.12 | 1.03 | 1.16 |
| Triptofano | 0.35 | 0.36 | 0.37 | 0.39 | 0.28 |
| Valina | 2.07 | 1.79 | 1.51 | 1.13 | 1.05 |

¹ La composición de aminoácidos de la harina de pescado, pasta de soya y harina de trigo fueron tomadas de Tacon, 1989. La composición de aminoácidos de la harina de cabeza de camarón de Fox et al., 1994.

² Khaled, 2007.

Por lo anterior, la inclusión de la harina de camarón en alimentos balanceados para tilapia cultivada en agua de mar, tiene la limitante de no contar con el perfil de aminoácidos esenciales que presenta la harina de pescado, además, como se mencionó anteriormente, el contenido total de proteína se ve aumentado por el contenido de glucosamina en el ingrediente, lo que puede resultar en una sobreestimación de este nutriente a nivel comercial, si solo se determina proteína cruda por el método de Kjendahl.

En la tabla 7 se muestra la digestibilidad de materia seca y proteína de los alimentos y de la harina de cabeza de camarón, se encontró que la digestibilidad de materia seca del alimento control y del alimento con 30 % de harina de cabeza de camarón fue de 72.6 y 73.4, respectivamente, no se encontró diferencia significativa entre los alimentos. La digestibilidad de proteína del alimento con 30 % de harina de cabeza de camarón, fue significativamente más alta que la digestibilidad de proteína del alimento control.

Tabla 7. Digestibilidad de materia seca y proteína de alimentos y HCC para juveniles de tilapia roja cultivada en agua de mar.

| Alimento | Digestibilidad de materia seca del alimento (%) | Digestibilidad de proteína del alimento | Digestibilidad de proteína de la HCC |
|----------|---|---|--------------------------------------|
| Control | 72.6 ^a ±9.4 | 88.0 ^b ±0.0 | |
| HCC | 73.4 ^a ±8.2 | 89.4 ^a ±0.3 | 91.2±0.7 |

Letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos $p < 0.05$

La digestibilidad de la proteína de la harina de cabeza de camarón fue de 91.2%, se ha reportado que la digestibilidad de la harina de pescado para tilapia nilotica es de 88.1 % (Gutiérrez, 2009) también se reporto una digestibilidad de este ingrediente de 92.2 % (El-Sayed, 2006). Para soya ha determinado una digestibilidad de 90.9% (Watanabe *et al.*, 2002). Lo anterior indica que la tilapia tiene una buena capacidad para digerir nutrientes de fuentes animales o vegetales. La digestibilidad de los nutrientes de los ingredientes se ve afectada por el proceso de producción del ingrediente, la calidad de la materia prima, la capacidad digestiva de los organismos evaluados, entre otros aspectos. En el presente estudio, la digestibilidad de la harina de cabeza de camarón para tilapia cultivada en agua de mar, se considera adecuada, por lo que su uso en alimentos comerciales, no ocasionaría elevados niveles de compuestos nitrogenados en los efluentes.

Experimento II. Evaluación de la inclusión de harina de hoja de *Moringa oleifera* en sustitución de la proteína de la harina de sardina.

En la tabla 8 se muestran los resultados de crecimiento, sobrevivencia y factor de conversión alimenticia de tilapia alimentada con diferentes niveles de inclusión de harina de hojas de *M. oleifera*, se observa que el peso final disminuye a medida que aumenta la sustitución de la harina de sardina por harina de hoja de *M. oleifera*, sin embargo solo se encontró una diferencia significativa con respecto al control, al sustituir 30 % de la proteína

Rivas-Vega, M. *et al.* 2010. Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuicola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 467 – 484.

de harina de sardina, en un nivel de inclusión del 30% de harina de hojas de *M. oleifera*. No se encontró diferencia significativa en la sobrevivencia de tilapia. Richter *et al.* (2003) evaluaron la harina de hojas de *M. oleifera* en tilapia nilótica, encontrando que una sustitución del 10% de la proteína de la harina de pescado, no afecta su crecimiento, este efecto fue atribuido a su alto contenido de saponinas. Afuang *et al.* (2003) encontraron que la harina de hojas de *M. oleifera* extraídas con metanol puede incluirse en el alimento para tilapia nilótica hasta en un 22 % sin afectar el crecimiento. En el presente trabajo no se evaluó el contenido de saponinas de la harina de hojas de *M. oleifera*, sin embargo se observa que a pesar de que la harina evaluada no fue sometida a un proceso para disminuir los niveles de anti nutrientes, el nivel de inclusión en el alimento de (*O. mossambicus x O. niloticus*) es mayor que para la tilapia nilótica.

Tabla 8. Crecimiento, sobrevivencia y factor de conversión alimenticia (FCA) de tilapia alimentada con diferentes niveles de *Moringa oleifera*

| Tratamiento | Peso inicial | Peso final | FCA | Sobrevivencia |
|-------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| Control | 8.0 ^a ±0.0 | 26.3 ^a ±3.6 | 2.8 ^a ±0.8 | 93 ^a ±11 |
| 10 | 8.0 ^a ±0.0 | 25.8 ^{ab} ±1.7 | 2.8 ^a ±0.4 | 93 ^a ±11 |
| 20 | 7.9 ^a ±0.0 | 22.0 ^{ab} ±1.8 | 3.4 ^{ab} ±0.5 | 93 ^a ±11 |
| 30 | 8.2 ^a ±0.0 | 21.2 ^b ±3.2 | 3.9 ^b ±1.2 | 100 ^a ±0 |

Letras diferentes indican diferencia significativa entre los tratamientos $p < 0.05$

La digestibilidad de la harina de hojas de *M. oleifera* para tilapia no ha sido evaluada, en el presente estudio se determinó que la digestibilidad de la proteína de este ingrediente para tilapia (*O. mossambicus x O. niloticus*) cultivada en agua de mar es de 89.1 %.

M. oleifera puede sustituir hasta un 20 % a la proteína de la harina de pescado, sin afectar significativamente el crecimiento, factor de conversión alimenticia y sobrevivencia de juveniles de tilapia cultivada en agua de mar. La proteína de *M. oleifera* es altamente digerible para tilapia (*O. mossambicus x O. niloticus*) cultivada en agua de mar.

Referencias

- Afuang, W., P. Siddhuraju y K. Becker (2003) Comparative nutritional evaluation of raw, methanol extracted residues and methanol extracts of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on growth performance and feed utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) *Aquaculture Research* 34, 1147-1159.
- AOAC INTERNATIONAL (1990) Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1094 pp.
- Chimsung, N., Chealoh, N.; Pimolrat, P.; Tantikitti, C. (2006) Effects of shrimp head meal in the diets on growth, feed efficiency and pigmentation of sex-reversed red tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*. *Journal of Science and Technology* 28, 951-964.
- Cho, C.Y., S.J. Slinger y H.S. Bayley (1982) Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B: 24-41.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, J.A. Martínez-Vega and P. Wesche-Ebeling (1993) Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 115, 53-62.
- El-Sayed, A.M. (1998) Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), feeds. *Aquaculture Research* 29, 275-280.
- El-Sayed, A. F. M. (2004) Protein nutrition of farmed tilapia: searching for unconventional sources. En: Bolivar, R. B., Mair, G. C., Fitzsimmons (Eds.). 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Philippine International Convention Center Roxas Boulevard, Manila, Philippines, 12-16 Septiembre, 364-378.
- El-Sayed, A.M. (2006) Tilapia culture. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. 277.
- Fagbenro, O. A., Jauncey, K. (1995) Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. *Aquaculture Engineering*, 14: 143-153.
- FAO (2008) Yearbook Fishery and Aquaculture Statistics 2006, Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service, Roma, 57p.
- Fasakin, E.A., R.D. Serwatab y S.J. Davies (2005) Comparative utilization of rendered animal derived products with or without oposite mixture of soybean meal in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*) diets. *Aquaculture* 249, 329-338.
- Fontainhas Fernandes, A., Gomes, E., Reis Henriques, M. A., Coimbra, J. (1999) Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. *Aquaculture International* 7, 57-67.
- Forster, I. (1999) A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition* 5, 143-145.
- Goytortúa, E. (2007) Harina de camarón. En: (T. García, H. Villarreal and J.L. Fenucci, eds). *Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos*. FUEDEM, ISBN: 978-987-1371-02-0. pp. 56-65.

- Köprücü, K., Özdemir, Y. (2005) Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250, 308-316.
- Martínez, C.T.M. (2003) Adaptación y crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus* en agua salada. Tesis de doctorado. Universidad de Colima, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. 82 pp.
- Olvera-Novoa, M.A. (1994) Cuantificación de óxido de cromo en heces y alimentos. Nutrition of fish and crustaceans. pp. 1-33. En: A laboratory manual FAO (Ed.). Project Field Document 19.
- Richter N., Siddhuraju P. y Becker K. (2003) Evaluation of nutritional quality of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as alternative protein source for tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 217, 599-611.
- Watanabe, T. (2002) Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science* 68, 242–252.
- Yu, Y. (2004) Replacement of fishmeal with poultry byproduct meal and meat and bone meal in shrimp, tilapia and trout diets. En: Cruz Suárez, L. E., Ricque Marie, D., Nieto López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U., González, M. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, Hermosillo, Sonora, México, p. 182-201.