

**Coeficiente de digestibilidad aparente de torta de algodón y harina de pescado en la alimentación de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)**

**Apparent digestibility coefficient of cotton cake and fishmeal in the feeding of fingerlings of red tilapia (*Oreochromis sp.*)**

**Coeficiente de digestibilidade aparente do bagaço de algodão e da farinha de peixe na alimentação de juvenis de tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*)**

Mora Solarte Diego<sup>1,2</sup>, Calderón Delgado Ivonne<sup>1,2</sup>, Francisco Jojoa Pablo<sup>1</sup>, Pinza Jonathan<sup>1</sup>, Chamorro Mauricio<sup>1</sup>, Velasco Santamaría Yohana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería en producción acuícola, Programa de recursos hidrobiológicos. Universidad de Nariño. Ciudadela Universitaria Torobajo, Pasto, Nariño, Colombia.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Biotecnología y Toxicología Acuática y Ambiental - BioTox, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, km 12 vía Puerto López, vereda Barcelona, Villavicencio, Colombia.

Autor de correspondencia: [dimora@unillanos.edu.co](mailto:dimora@unillanos.edu.co)

Recibido 20 de Enero 2023, aceptado 24 de Abril 2023

## RESUMEN

Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Extracto no nitrogenado (ENN) y energía bruta (EB) del ingrediente alimenticio torta de algodón fueron determinados en juveniles de *Oreochromis sp.* (10 ± 2.5 g). En el experimento la dieta de referencia se mezcló con el ingrediente de prueba en una relación de 70:30. El óxido crómico se usó como indicador inerte. La dieta de referencia y la dieta de prueba fueron suministradas a *Oreochromis sp.* mantenidas en confinamiento a una temperatura de 27 ± 2 °C. Las muestras fecales fueron colectadas por sifoneo. Los CDA para MS, PC, EE, ENN y EB de la Torta de algodón fueron 50.59 ± 2.18, 72.71 ± 1.60, 80.74 ± 0.94, 42.98 ± 3.92, 57.57 ± 2.69, para harina de pescado fueron 71.54 ± 3.74, 90.80 ± 4.34, 89.68 ± 0.56, 63.44 ± 4.69, 76.35 ± 2.68, mientras que los valores para la dieta de referencia fueron 44.27 ± 2.86, 68.43 ± 2.91, 85.11 ± 1.32, 41.48 ± 3.07, 50.38 ± 2.89, respectivamente. De acuerdo con el análisis estadístico no se

encontraron diferencias significativas entre la dieta de referencia y la torta de algodón, sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre la dieta de referencia y la harina de pescado. Aunque la torta de algodón tiene bajos niveles de digestibilidad, debido a sus métodos de extracción y estructura bioquímica, no permite una completa asimilación de sus nutrientes en la digestión de los peces; sin embargo, en una dieta complementada con otras materias primas puede suplir requerimientos nutricionales y ser muy útil para reducir costos de alimentación debido a su bajo costo de producción, al ser utilizada como una materia prima alternativa.

**Palabras claves:** Coeficientes de Digestibilidad, alimentación, alevinos.

### ABSTRACT

The Apparent Digestibility Coefficients (ADC) of dry matter (DM), crude protein (CP), Ether Extract (EE), Non-Nitrogenous Extract (NNS) and gross energy (GE) of the feed ingredient cotton cake were determined in *Oreochromis sp.* juveniles ( $10 \pm 2.5$  g). In the experiment the reference diet was mixed with the test ingredient in a 70:30 ratio. Chromic oxide was used as an inert indicator. The reference diet and the test diet were fed to *Oreochromis sp.* kept in confinement at a temperature of  $27 \pm 2$  °C. Fecal samples were collected by siphoning. The ADCs for DM, CP, EE, ENN and EB of cotton cake were  $50.59 \pm 2.18$ ,  $72.71 \pm 1.60$ ,  $80.74 \pm 0.94$ ,  $42.98 \pm 3.92$ ,  $57.57 \pm 2.69$ , for fish meal were  $71.54 \pm 3.74$ ,  $90.80 \pm 4.34$ ,  $89.68 \pm 0.56$ ,  $63.44 \pm 4.69$ ,  $76.35 \pm 2.68$ , while the values for the reference diet were  $44.27 \pm 2.86$ ,  $68.43 \pm 2.91$ ,  $85.11 \pm 1.32$ ,  $41.48 \pm 3.07$ ,  $50.38 \pm 2.89$ , respectively. According to the statistical analysis, no significant differences were found between the reference diet and the cotton cake; however, significant differences were found between the reference diet and the fish meal. Although cottonseed cake has low digestibility levels, due to its extraction methods and biochemical structure, it does not allow a complete assimilation of its nutrients in the digestion of fish; however, in a diet supplemented with other raw materials it can supply nutritional requirements and be very useful to reduce feeding costs due to its low production cost, when used as an alternative raw material.

**Keywords:** Digestibility Coefficients, feeding, fingerlings.

## RESUMO

Os Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CAD) da matéria seca (MS), proteína bruta (PC), extrato etéreo (EE), extrato não nitrogenado (ENN) e energia bruta (EB) da torta de algodão foram determinados em juvenis de *Oreochromis sp.* ( $10 \pm 2,5$  g). No experimento a dieta referência foi misturada com o ingrediente teste na proporção de 70:30. O óxido crômico foi usado como indicador inerte. A dieta referência e a dieta teste foram fornecidas a *Oreochromis sp.* mantidos em confinamento a uma temperatura de  $27 \pm 2$  °C. As amostras fecais foram coletadas por sifonagem. O CDA para MS, PC, EE, ENN e EB da torta de algodão foram  $50,59 \pm 2,18$ ,  $72,71 \pm 1,60$ ,  $80,74 \pm 0,94$ ,  $42,98 \pm 3,92$ ,  $57,57 \pm 2,69$ , para a farinha de peixe foram  $71,54 \pm 3,74$ ,  $90,80 \pm 4,34$ ,  $89,68 \pm 0,56$ ,  $63,44 \pm 4,69$ ,  $76,35 \pm 2,68$ , enquanto os valores para a dieta referência foram  $44,27 \pm 2,86$ ,  $68,43 \pm 2,91$ ,  $85,11 \pm 1,32$ ,  $41,48 \pm 3,07$ ,  $50,38 \pm 2,89$ , respectivamente. De acordo com a análise estatística, não foram encontradas diferenças significativas entre a dieta referência e a torta de algodão, porém, houve diferenças significativas entre a dieta referência e a farinha de peixe. Embora a torta de algodão tenha baixos níveis de digestibilidade, devido aos seus métodos de extração e estrutura bioquímica, não permite a completa assimilação de seus nutrientes na digestão dos peixes; entretanto, em dieta suplementada com outras matérias-primas, pode suprir as exigências nutricionais e ser muito útil para reduzir custos com rações devido ao seu baixo custo de produção, quando utilizado como matéria-prima alternativa.

**Palavras-chave:** Coeficientes de Digestibilidade, alimentação, alevins.

## INTRODUCCIÓN

La industria piscícola, como los otros sectores pecuarios, busca producir carne con máximos rendimientos al mínimo costo. El uso de alimentos balanceados puede mejorar la producción de peces e incrementar las utilidades; sin embargo, los alimentos provocan entre 50 al 70% del total de los gastos variables de producción.

Por lo tanto, la calidad y el costo del alimento son factores críticos para la rentabilidad de una granja piscícola (Barragan et al., 2017).

Hajen et al. (1993) mencionan que la determinación de la digestibilidad es esencial no sólo para formular dietas a bajo costo, sino que además es muy útil para la investigación de requerimientos nutricionales, selección de ingredientes con valor nutritivo potencial (en relación a la calidad de la materia prima) y formulación de dietas que minimicen la contaminación del agua. Otros trabajos en salmónidos promueven el uso de alimentos altamente digeribles para conservar la calidad del agua en el cultivo (Cho et al., 1993, 1994, Romero & Manrique, 1993). En el cultivo acuícola en general, Lee & Lawrence (1997) mencionaron que la imposición progresiva de regulaciones ambientales estrictas de los efluentes de granjas acuícolas, y el alto costo de su tratamiento, está generando la demanda de alimentos asimilables que produzcan menos desechos de nitrógeno y de fósforo, por lo que el estudio de la digestibilidad en los alimentos ha tomado un gran interés.

Akiyama et al. (1993) y Brown et al. (1989) coincidieron en que la evaluación de la digestibilidad resulta esencial en la determinación de la calidad de un alimento; adicionalmente el conocimiento de la digestibilidad de las materias primas permite realizar una formulación más precisa de la dieta, pudiendo disminuir la cantidad de proteína o bien se podrían utilizar fuentes de proteína de menor costo reduciendo así substancialmente el precio del alimento. El objetivo de este estudio fue determinar los coeficientes de digestibilidad aparente para materia seca, ceniza, proteína cruda, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y energía bruta del ingrediente torta de algodón, para la alimentación de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

## METODOLOGÍA

### Preparación de las dietas

La dieta de referencia fue formulada para satisfacer los requerimientos nutricionales de los alevinos de tilapia (Tabla 1). En la preparación de la dieta de referencia se utilizaron ingredientes como harina de pescado, torta de soya, harina de trigo,

cebada y harina de maíz, premezcla de vitaminas y minerales, monofosfato sódico. El óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) fue usado como un indicador inerte a una concentración de 0,05% de la dieta. Las dietas de experimentación fueron formuladas usando el 70% de la dieta de referencia y el 30% restante correspondía a la materia prima a evaluar para cada tratamiento (torta de algodón y harina de pescado). La dieta fue mezclada en seco para homogenizar los ingredientes y posteriormente se agregó agua, la mezcla fue peletizada y se dejó secar en horno durante 24 horas, posterior a este periodo se almacenaron en seco y fresco en un recipiente plástico.

**Tabla 1.** Composición porcentual de la dieta de referencia y la dieta prueba utilizada para la determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente en *Oreochromis sp.*

| Ingrediente                 | Dieta de referencia (%) | Dieta tratamientos (70%) |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Harina de pescado           | 35.72                   | 24,95                    |
| Torta de soya               | 30.18                   | 21.08                    |
| Torta de algodón            | 0,995                   | 0,69                     |
| Mogolla de trigo            | 0.99                    | 0.69                     |
| Harina de maíz amarillo     | 24.08                   | 17,33                    |
| Harina aceite de pescado    | 0.99                    | 0.69                     |
| Aceite de soya              | 1.77                    | 1.24                     |
| Premezcla vitamínica        | 1.99                    | 1.39                     |
| Monofosfato ácido ascórbico | 0.06                    | 0.04                     |
| Monofosfato sódico          | 1.99                    | 1.39                     |
| Oxido crómico               | 0.5                     | 0.5                      |

Fuente: Autores

### Peces y condiciones experimentales

Se utilizaron 180 juveniles de tilapia roja, con un peso promedio de  $10 \pm 2.5$  g y fueron distribuidos al azar en acuarios de 60 L de capacidad, equipados con fondo inclinado para la colecta de heces, con piedras difusoras y termostato. La

temperatura del agua se mantuvo a  $27 \pm 2$  °C. Los peces fueron mantenidos en los acuarios de digestibilidad por 8 días antes de iniciar el experimento y se suministró durante este tiempo la dieta de experimentación con el fin de adaptarlos al alimento. Durante todo el experimento se mantuvo un recambio del 20 % cada 2 o 3 días para mantener la calidad del agua estable.

### **Alimentación y recolección de heces**

Se implementó la técnica de sifoneo, ya que los acuarios metabólicos contaban con el fondo inclinado a 45° facilitando esta actividad. Con el fin de obtener la mayor cantidad de heces diarias se alimentaba cada hora en horario de 7:00 h a 19:00 h y treinta minutos después de cada comida se hacía la recolección de las heces; esta metodología variaba cuando los peces no presentaban un comportamiento alimenticio activo. Todos los días a las 6:45 h del día siguiente, las heces sedimentadas fueron extraídas, y desechadas ya que debido a la temperatura del agua presentaban una lixiviación, volviéndolas inútiles para el ensayo. Este procedimiento se repitió durante 25 días aproximadamente hasta conseguir una cantidad promedio de 6 g de heces secas para el análisis proximal por cada replica.

### **Análisis proximal**

Para el análisis proximal de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y energía se utilizaron los siguientes procedimientos:

- **Determinación Materia Seca**

Para la determinación de materia seca total se utilizó Caja Petri para el secado de la muestra en una estufa a 105°C durante 4 horas. Los porcentajes de materia seca se realizaron con la siguiente ecuación.

$$\% MS = \frac{(Pesocaja + MST) - (Pesocaja)(g)}{(PesoMuestra)(g)} * 100$$

- **Determinación Proteína**

En la determinación de proteína se siguió el método de Kjeldahl, pesando 0.2 gramos de la muestra (incluyendo 2 gramos de la muestra catalítica), para transferirlo al tubo Buchí, agregando ácido sulfúrico y llevándolo al digestor buchí hasta que el líquido cambie a un color azul verdoso; se deja enfriar para llevarlo al destilador de Nitrógeno buchí, empleando 25 ml de ácido Bórico e indicador mixto fijando 6 minutos de tiempo de destilación y finalmente se comprueba la destilación del amoniaco con papel indicador de pH; para calcular el porcentaje de proteína se utiliza la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Proteina} = \frac{\text{VolH}_2\text{SO}_4 * N * 14 * 6.25 * 100}{(\text{PesoMuestra})(\text{mg})}$$

- **Determinación Extracto Etéreo**

En el procedimiento para extracto etéreo por el método Soxhlet, se pesa un gramo de la muestra envuelta en un papel filtro para colocarla en la unidad de extracción adicionando algunas esferas de cristal y se acopla al equipo extractor Soxhlet, adicionando éter etílico al balón de fondo plano; posteriormente, se conecta la plancha de calentamiento, regulando la temperatura en 80°C para extraer la grasa aproximadamente a las 12 horas; el porcentaje de extracto etéreo se calcula con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ EE} = \frac{(\text{Pesobalon} + \text{EE}) - (\text{Pesobalon})(\text{g})}{(\text{PesoMuestra})(\text{g})} * 100$$

- **Determinación Energía Bruta**

En el cálculo de energía bruta se implementó una bomba adiabática, con el fin de medir el calor liberado en el agua por la materia prima; se pesa 0.6 g de muestra, convirtiéndola posteriormente en pellet. Se coloca el pellet sobre la capsula de combustión tocando la superficie de este con el alambre fusible unido a los electrodos de la bomba; se adiciona agua destilada, y posteriormente se inyecta 30 atm de oxígeno; una vez hecho este procedimiento, se ubica la bomba dentro de la cubeta del calorímetro con 2 litros de agua destilada, conectando los polos de

ignición a la cabeza de la bomba y se tapa; a continuación se inicia la agitación durante 5 minutos para buscar el equilibrio antes de empezar las lecturas, que se realizan cada minuto hasta el minuto 5 en donde se inicia la ignición y se registra la temperatura a los 45, 60, 75, 90 y 120 segundos posteriores; se continúa con registros de temperatura en intervalos de 1 minuto hasta alcanzar temperatura constante en 5 registros consecutivos. Hecho este proceso se lava el interior de la bomba para retirar la solución ácida, a esta solución se le agrega rojo de metilo y se titula con carbonato de sodio, además se mide el alambre que no se quemó.

- **Determinación de Extracto no Nitrogenado**

El porcentaje de extracto no nitrogenado se determinó restando de 100 los porcentajes de humedad, extracto etéreo, fibra, cenizas y proteína. Este corresponde fundamentalmente a los carbohidratos solubles, es decir, los carbohidratos que son completamente utilizados por el animal. Este procedimiento está afectado por las inexactitudes propias de la determinación analítica de los otros componentes, por eso sus resultados son relativamente aproximados.

$$ENN = 100 - (H + EE + F + C + P)$$

La anterior metodología es descrita en las guías implementadas para la sección de laboratorios de la Universidad de Nariño.

## VARIABLES A EVALUAR

### ***Coefficientes de digestibilidad aparente de las dietas***

Los CDA tanto para la dieta de referencia como para las dietas experimentales se calcularon de acuerdo a la siguiente fórmula (Guillaume, 2004):

$$CDA\ MS\ (\%) = 100 - 100 * \frac{\% Cr_2O_3\ Alimento}{\% Cr_2O_3\ Heces}$$

$$CDA\ nutrientes\ (\%) = 100 - 100 * \left( \frac{\% Cr_2O_3\ Alimento}{\% Cr_2O_3\ Heces} * \frac{\% Nutriente\ en\ heces}{\% Nutriente\ en\ Alimento} \right)$$



## **Coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes de las materias primas**

Los valores de digestibilidad aparente para extracto etéreo, energía, proteína de los ingredientes se determinaron basados en la proporción de 70: 30 de mezcla de la dieta de referencia e ingrediente, según la fórmula:

$$CDI (\%) = \frac{100}{30} * \left( DA \text{ Nutriente en dieta evaluada} - \frac{70}{100} * DA \text{ Nutriente en dieta de referencia} \right)$$

**CDI**= coeficiente de digestibilidad del ingrediente analizado (materia prima)

## **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo y los datos se expresaron como media  $\pm$  SEM. Para cada parámetro se realizó un análisis de dos vías para evaluar el efecto del ingrediente y del nutriente y se realizó un post-test de Bonferroni. En todos los casos se utilizó un valor de  $p < 0.05$  como el nivel para considerar diferencias estadísticas significativas. Los procedimientos estadísticos fueron realizados por medio del software GraphPad Prism V.5.01.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Análisis bromatológico**

Una vez realizado en análisis bromatológico en las 3 dietas empleadas no se encontraron diferencias significativas sobre los parámetros evaluados. Sin embargo, si se puede evidenciar que los valores de proteína fueron más elevados en las dietas preparadas en la proporción 70:30, la Dieta de referencia con harina de pescado tuvo un valor de 46.61%, mientras que la dieta de referencia con inclusión de torta de algodón fue de 41.7%, estos valores son semejantes a los reportados por Akiyama (1995)<sup>7</sup> y Kubaryk (1997). Además, estos autores concluyen que los valores óptimos de proteína deben ser superiores a un 30% para lograr un desarrollo idóneo de los peces.

**Tabla 2.** Análisis Bromatológico de las dietas utilizadas en el experimento (dieta de referencia, Dieta con torta de algodón y dieta con harina de pescado) para la alimentación de *Oreochromis sp.*

|                                 | Dieta de referencia | Dieta ref.+ Torta de algodón | Dieta ref.+ Harina de pescado |
|---------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>Materia seca - %</b>         | 95.25 <sup>a</sup>  | 93.73 <sup>a</sup>           | 94.55 <sup>a</sup>            |
| <b>Contenido de Humedad - %</b> | 4.75 <sup>a</sup>   | 6.27 <sup>a</sup>            | 5.45 <sup>a</sup>             |
| <b>Ceniza - %</b>               | 12.71 <sup>a</sup>  | 11.15 <sup>a</sup>           | 7.51 <sup>a</sup>             |
| <b>Materia orgánica - %</b>     | 82.54 <sup>a</sup>  | 82.58 <sup>a</sup>           | 92.49 <sup>a</sup>            |
| <b>Extracto etéreo - %</b>      | 6.90 <sup>a</sup>   | 8.45 <sup>a</sup>            | 5.98 <sup>a</sup>             |
| <b>Fibra cruda - %</b>          | 1.82 <sup>a</sup>   | 4.86 <sup>a</sup>            | 4.2 <sup>a</sup>              |
| <b>Energía - Kcal/100g</b>      | 403 <sup>a</sup>    | 398 <sup>a</sup>             | 399 <sup>a</sup>              |
| <b>Fosforo - %</b>              | 1.91 <sup>a</sup>   | 1.83 <sup>a</sup>            | 0.77 <sup>a</sup>             |
| <b>Calcio - %</b>               | 1.85 <sup>a</sup>   | 1.45 <sup>a</sup>            | 0.28 <sup>a</sup>             |
| <b>Magnesio - %</b>             | 0.23 <sup>a</sup>   | 0.61 <sup>a</sup>            | 0.75 <sup>a</sup>             |
| <b>Cromo - %</b>                | 0.54 <sup>a</sup>   | 0.42 <sup>a</sup>            | 0.65 <sup>a</sup>             |
| <b>Proteína - %</b>             | 37.14 <sup>a</sup>  | 41.70 <sup>a</sup>           | 46.61 <sup>a</sup>            |

Letras diferentes indican diferencias significativas entre dietas. Fuente: Autores

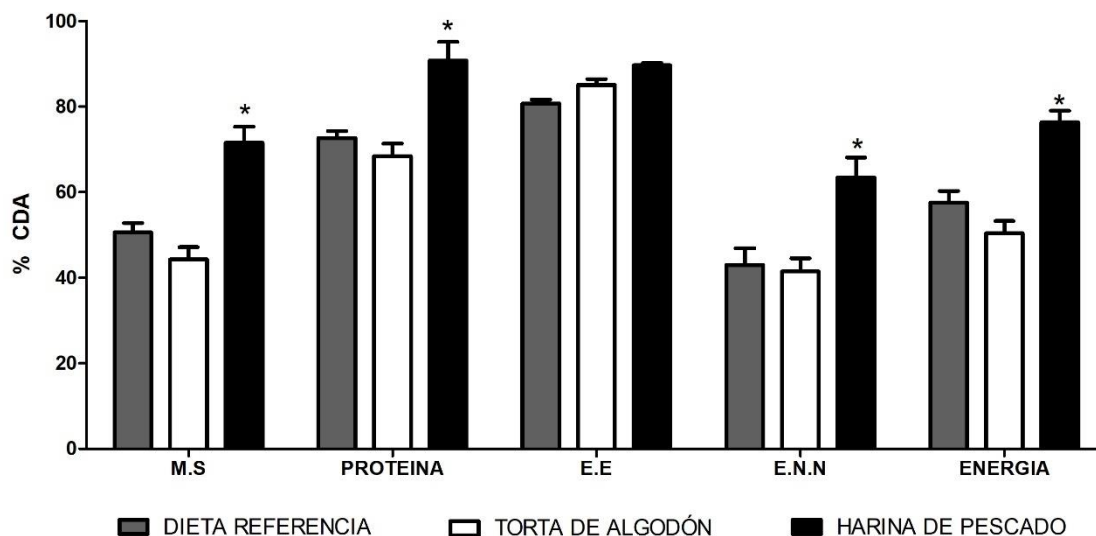
### **Coeficiente de digestibilidad Aparente**

Los valores de CDA para ceniza no fueron presentados ya que al encontrarse en bajas cantidades en una dieta no se hace indispensable realizar el CDA; para fibra ocurre algo similar ya que debido a su composición hace que su digestibilidad dentro de algún organismo, para nuestro caso omnívoro, los resultados no serán muy determinantes y con respecto a los minerales fosforo, calcio y magnesio no se puede hablar de una verdadera digestibilidad sino más bien de una disponibilidad dentro del alimento como en el ambiente, debido a que los peces son capaces de absorber parte de los minerales que requieren del agua a través de las branquias o de la superficie corporal, lo que no sucede con animales terrestres (Gonzales, 1983).

Los CDA de MS para la dieta de referencia, dieta referencia + torta de algodón, y dieta referencia + harina de pescado fueron  $50.51 \pm 2.18$  %,  $44.27 \pm 2.86$  %,  $71.55 \pm 3.74$  %, respectivamente. De acuerdo con el análisis de ANOVA simple ( $p < 0.05$ ) se encontraron diferencias significativas de la dieta con harina de pescado y las otras dos dietas (Figura 1). Los valores obtenidos para la dieta de referencia y dieta con torta de algodón se comportan por debajo de los obtenidos para materias primas de origen vegetal, según Kirchgessner et al. (1986) y Barros et al. (1988) quienes

determinaron un CDA de la MS para el maíz amarillo duro con valores más altos (90,0 y 86,9%) en *Cyprinus carpio* y *Oreochromis niloticus* respectivamente. Sin embargo, se encontraron valores similares con la soya integral, según espejo (2003) se obtuvieron valores de soya integral incorporando el 30 % a la dieta obteniendo un valor en el CDA 49.4 %. Por lo tanto, la dieta de referencia y la dieta con torta de algodón en la parte de materia seca apenas es asimilable aproximadamente el 50%. Para el caso de la dieta con harina de pescado, se observa un porcentaje cercano al 70%, lo cual indica que la digestibilidad en materia seca es significativamente mayor a las dietas con mayores inclusiones de materias primas vegetales.

El CDA para proteína fue de  $72.71 \pm 1.60$  %,  $68.43 \pm 2.91$  % y  $90.81 \pm 4.34$  % para la dieta de referencia, dieta de referencia + torta de algodón y dieta de referencia + harina de pescado, respectivamente (Figura 1). El valor de la dieta con harina de pescado fue significativamente más alto en referencia a las otras dos dietas. De acuerdo con otros estudios los valores pueden presentar un bajo porcentaje en el CDA, dependiendo a la calidad de la materia prima y su transformación. Castro y Correa (2003) presentan un valor de CDA de PC de 84% para torta de algodón evaluado en la misma especie, valor superior al reportado en este estudio. Mientras que Hanley (1987) obtuvo un CDA de 86 % con la utilización de harina de pescado en la alimentación de tilapia, valor inferior al reportado en este estudio. Aunque la dieta con harina pescado tiene una mejor asimilación de la proteína, debido a la calidad y fuente de este nutriente, los costos de esta dieta serán un 30% más elevado. Por otro lado, la torta de algodón se comporta dentro de los porcentajes altos de la digestibilidad de proteína, sin presentar diferencias significativas con la dieta de referencia y convirtiéndose en una buena alternativa alimenticia.



**Figura 1.** Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), Extracto etéreo, (EE), Extracto no nitrogenado (ENN) y energía bruta (EB) de la torta de algodón y harina de pescado suministrada a *Oreochromis sp.* \*Asterisco indica diferencias significativas con la dieta de referencia ( $p < 0.05$ ).

Con respecto a los CDA para EE para la dieta de referencia, dieta ref + torta de algodón, y dieta ref + harina de pescado, los valores que se obtuvieron fueron:  $80.74 \pm 0.94 \%$ ,  $85.11 \pm 1.31 \%$ ,  $89.67 \pm 0.56\%$ , respectivamente (Figura 1). En este caso no se encontraron diferencias significativas al realizar el análisis estadístico ( $p > 0.05$ ) entre las tres dietas. Hernández y Millan (1998) reportaron un valor de 81% para torta de algodón, valor semejante al reportado en el presente estudio. Mientras que Fernández et al (2004) reportó un valor de CDA de EE de 77% para harina de pescado en la alimentación de *Piaractus brachypomus*. Los niveles de extracto etéreo que se obtuvieron en este ensayo para todas las dietas fueron inferiores al 12% (Tabla 2). Según Castillo (2002), se deben suministrar niveles menores de 12% en la dieta, ya que niveles superiores retrasan el crecimiento debido a la acumulación de glucógeno y grasa en el hígado (hepatomegalias). Por tanto, los peces se comportan como diabéticos ante altas concentraciones de glucosa, ya que no secretan las cantidades adecuadas de insulina, afectando al mismo tiempo, la digestibilidad de la proteína y por ende su eficacia.

Tanto la dieta con torta de algodón como la que incluía harina de pescado, proporcionan cantidades adecuadas de ácidos grasos y una alta digestibilidad de estos para la alimentación de *Oreochromis sp.*

Para el CDA de la EB los valores para la dieta de referencia, dieta referencia + torta de algodón, y dieta referencia + harina de pescado fueron  $57.57 \pm 2.68 \%$ ,  $50.38 \pm 2.89 \%$ ,  $76.35 \pm 2.67 \%$ , respectivamente. El valor de la dieta con harina de pescado fue significativamente más alto en referencia a las otras dos dietas ( $p < 0.05$ ). Los valores encontrados en este estudio para la torta de algodón y la dieta de referencia son inferiores a los presentados por Castro y Correa (2003) con un valor de 62,5% para la misma especie. De igual manera para la dieta con harina de pescado, Gutierrez-Espinosa et al, (2011), reporta una digestibilidad del 88% con una inclusión del 30% de esta materia prima en la dieta de *Oreochromis niloticus*, valor superior al presentado en este estudio. Como se mencionó anteriormente la variabilidad en los datos de CDA puede presentarse para una misma especie, debido a diferentes factores como pueden ser el origen, procesamiento y almacenamiento, entre otros (Gutiérrez et al., 2003).

Es importante que los alimentos suministrados a peces contengan un nivel energético óptimo ya que un exceso o defecto de energía puede resultar en una reducción en las tasas de crecimiento (NRC, 1983), de acuerdo con esta misma organización el nivel adecuado de energía digestible para Tilapia es de 290 Kcal/100g, aunque cabe aclarar que este es un valor estimado ya que se dificulta la cuantificación de las pérdidas energéticas en la ecuación de balance energético (Brafield, 1985). Por lo tanto, las tres dietas suplirían adecuadamente los requerimientos energéticos para esta especie.

### Coeficiente de Digestibilidad del Ingrediente

Respecto a los valores de CDI de materia seca, se puede deducir que debido al origen animal de la harina de pescado la digestibilidad de este ingrediente es significativamente más alta que la de la torta de algodón. De igual manera ocurre con los parámetros de EB, PC y ENN los cuales fueron significativamente más altos en la harina de pescado que en la torta de algodón (Tabla 3). Convencionalmente, es de suponer que los coeficientes de digestibilidad fluctúen entre 0 y 100%, pero hasta ahora no se ha determinado completamente el por qué en ocasiones se generan resultados con digestibilidades mayores al 100%. Tal y como sucedió en este caso para EB y ENN. Sin embargo, valores negativos (Akiyama et al., 1989) o mayores al 100% en la digestibilidad evaluada en camarones no son inusuales, ya que han sido reportados en otros estudios (Divakaran et al., 2000, Cruz-Suárez et al., 2001, Rivas-Vega et al., 2009).

**Tabla 3.** Coeficientes de digestibilidad del ingrediente para materia seca (MS), proteína cruda (PC), Extracto etéreo, (EE), Extracto no nitrogenado (ENN) y energía bruta (EB) de la torta de algodón suministrada a *Oreochromis sp.*

| CDI               | MS%                | EE%               | EB%                 | PC%                | ENN%                |
|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| HARINA DE PESCADO | 84.29 <sup>a</sup> | 3.16 <sup>a</sup> | 100.16 <sup>a</sup> | 92.30 <sup>a</sup> | 116.15 <sup>a</sup> |
| TORTA DE ALGODÓN  | 56.11 <sup>b</sup> | 3.16 <sup>a</sup> | 13.37 <sup>b</sup>  | 3.16 <sup>b</sup>  | 21.37 <sup>b</sup>  |

<sup>a, b</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas entre dietas. Fuente: Autores

### CONCLUSION

Se puede concluir que los valores de digestibilidad generados por la torta de algodón en *Oreochromis sp.* fueron bajos con respecto a los generados por otras especies omnívoras de ambientes tropicales y con materias primas de origen vegetal. Los CDA obtenidos para la Torta de algodón demuestran una baja utilización de la tilapia roja por las fracciones proteica y lipídica, cuando esta especie es alimentada con dietas donde se utiliza la torta de algodón como una fuente de proteína.

La torta de algodón al ser implementada como una materia prima alternativa constituye una baja fuente de proteína y componentes lipídicos (energéticos), debido a su baja digestibilidad, sin embargo, se debe considerar realizar estudios

con torta de algodón extraída por otros medios e implementada en otras fases o en animales de diferente talla. De ser útil la torta de algodón puede convertirse en un buen ingrediente al momento de balancear dietas ya que su costo de producción es relativamente bajo, según el Fondo de Fomento Algodonero y la Confederación Colombiana del Algodón.

## BIBLIOGRAFIA

1. Barragán A, Zanazzi N, Gorosito A, Cecchi F, Prario M, Imeroni J, & Mallo J. Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 2017; 18(9), 1-15.
2. Hajen W, Beames R, Higgs D & Dosanjh B. Digestibility of various feed stuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. Validation of technique. *Aquaculture*. 112:321-332. 1993.
3. Cho C Y, Kaushik S J, Luquet P. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste management. En *Fish nutrition in practice. Colloquium Number 61*. Institut National de la Recherche Agronomique, París, France. 365-374. 1993.
4. Cho, C Y, Hynes J D, Wood K R, Yoshida H K. Development of high nutrient-dense, lowpollution diets and prediction of aquaculture wasteds using biological approaches. *Aquaculture*. 124:293-305. 1994.
5. Romero J J y Manrique J A. Esfuerzos desarrollados en Chile para disminuir el impacto ecológico en centros de cultivo de peces. Seminario Internacional Acuícola Y Medio Ambiente, 2-3 Septiembre. Fundación Chile. .1993 189pag.
6. Lee P, Lawrence A. Digestibility. In: D'Abraham, L.R., Conklin, D.E., Akiyama, D.M, (Eds), *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture*, The World Aquaculture Society, Louisiana State University, Baton Rouge, USA, 6: 194-260. 1997.
7. Akiyama D, Dominy W, Lawrence A L. Nutrición de camarones peneidos para la industria de alimentos comerciales. En Cruz-Suárez L.E., Ricque-Marie D. y Mendoza-Alfaro R. (Eds) *Memorias del Primer Simposium Internacional de*

- Nutrición y Tecnología de Alimentos Para Acuicultura. F.C.B. - U.A.N.L., Monterrey, N.L. México. 1993.
8. BROWN, P; ROBINSON, E; CLARK, A; LAWRENCE, A. L. Apparent Digestible Energy Coefficients And Associative Effects In Partial Diets For Rid Swamp Crayfish". Journal of The World Acuaculture Society. 1989; 20(3):122-126.
  9. Metodologías de prácticas académicas para análisis proximal, de energía y minerales. Laboratorio de Bromatología. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2008. 21 pág.
  10. Guillaume J, Kaushik S, Bergot P, Métailler R. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid. Ediciones Mundi Prensa, 2004. 475 p.
  11. Kubaryk J. Nutrición de Tilapia: Alternativa para alimentar camarones. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico. Pág. 225-244. (Citado 20 de octubre del 2011). Disponible en URL: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72430204.pdf>
  12. Gonzales C. La piscicultura: Una alternativa viable en la producción de proteína de alta calidad. Protinal. 1983. 137, 10-11 pág
  13. Kirchgessner M, Kurzinger H & Schwartz F J. Digestibility of crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 1986; 58:185-194.
  14. Barros M M; Pezzato L E, Silveira A C & Pezzato A.C. Digestibilidad aparente de fontes energéticas pela tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). Pages 433-437 in Vi Simposio Latinoamericano e V Simposio Brasileiro de Acuicultura. Florianópolis, Brazil. 1988.
  15. Espejo C, Victoria N, Leterme P. Valor nutricional de la soya integral para la tilapia roja, IV seminario Internacional de Acuicultura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Septiembre 2003.
  16. Castro C Y Correa A. Determinación del valor nutricional y rendimiento en campo del guandul y las tortas de algodón, girasol y lino como fuente de proteína en la tilapia roja, Tesis de grado, Universidad Nacional, sede Palmira, 2003.



17. Hanley F. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture*, 66: 163-179. 1987.
18. Hernandez J, Millan J. Coeficiente de digestibilidad y energía metabolizable de ingredientes utilizados en la alimentación de sargo rayado (*Archosargus rhomboidalis*). Universidad Autónoma de Baja California, ciencias marinas. Ensenada, México. 1998. 11 p
19. Fernández J.B.K, Lochmann R & Alcantara F. Apparent Digestible Energy and Nutrient Digestibility Coefficients of Diet Ingredients for Pacu *Piaractus brachypomus*. *Aquaculture*, 2004; (35) 2: 237-244.
20. Gutiérrez-Espinosa Mc, Yossa-Perdomo Mi, y Vásquez-Torre W. "Apparent digestibility of dry matter, protein and energy regarding fish meal, poultry by-product meal and quinua for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*." *Orinoquia* 15.2 (2011): 169-179.
21. National research Council. Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes (NRC). 1983. National Academy Press, Washington, D.C., 102 p.
22. Brafield A E. 1985 Laboratory studies of energy budgets. In *Fish energetics: New perspectives*, edited by P. Tytler and P. Calow. Croom Helm Ltd., London and Sydney, pp. 257–281.
23. Akiyama D M, Coelho S R, Lawrence A L & Robinson E.H. Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei* BOONE. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1989.55: 91-98.
24. Divakaran S, Velasco M, Beyer E, Foster I & Tacon A. Soybean meal apparent digestibility for *Litopenaeus vannamei*, including a critique of methodology, p. 267-276. In: L.E. Cruz -Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa & R. Civera-Cerecedo (eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 Noviembre, Mérida, Yucatán, México. 2000.
25. Cruz-Suárez L E, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, McCallum I M & Hickling D. Assessment of differently processed feed pea (*Pisum sativum*) meals and

- canola meal (*Brassica* sp.) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). *Aquaculture*, 2001; 196: 87-104.
26. Rivas-Vega M E, Rouzaud-Sandez O, Salazar-Garcia M G, Ezquerra-Brauer J M, Goytortua-Bores E & Civera-Cerecedo R. Physicochemical properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) meals and their apparent digestibility in white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Hidrobiológica*, 2009; 19: 15-23.
27. Confederación Colombiana del Algodón, Costos de producción de algodón cosecha Interior 2019 y 2020(est). Consultado: 20/10/2022. Disponible en: <http://conalgodon.com/wp-content/uploads/2020/07/Costos-de-produccion-de-algodon-cosecha-Interior-2019-2020.pdf>.