

Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis* sp.

Ramón R. Peters D.*, Sagrario Rodríguez de H., Jim L. Hernández R., David A. Mejías Y. y Alberto E. León N.

Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Laboratorio de Investigaciones Piscícolas. Departamento de Biología

Recibido 19-02-02 Aceptado: 01-12-03

Resumen

El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en alimentos para alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Se prepararon 3 dietas con niveles de sustitución de 20% (dieta A), 35% (dieta B) y 50% (dieta C) y una dieta control exenta de hidrolizado de plumas, (dieta D). Estas fueron isocalóricas e isoproteicas con un nivel de 40% de proteína. Se utilizó una dieta comercial para compararla con las dietas experimentales (dieta E), con 28% de proteína. Los alevines se alimentaron durante 10 semanas consecutivas y cada catorce días, se evaluaron los parámetros más importantes como ganancia de peso, alimento consumido, la conversión alimenticia, relación eficiencia-proteica e índice de costo. La comparación estadística reveló que no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) en los valores de los resultados finales de la conversión y de la relación eficiencia-proteica, entre las dietas A, B, C y D. Al comparar estos parámetros con los resultados para la dieta comercial, si se encontraron diferencias significativas. Se demuestra en este estudio que la dieta con un 50% de sustitución resultó ser tan eficiente, como la dieta control, además de ser la más económica. La inclusión de harina de hidrolizado de plumas en las dietas para esta especie representa una alternativa para reducir los costos de alimentación, siempre y cuando se utilice en combinación con otros ingredientes de alto contenido proteico.

Palabras clave: Alimento para tilapia; harina de hidrolizado de plumas; niveles de sustitución; *Oreochromis* sp.

Determination of optimum substitution levels of fish meal for hydrolized feather flour in red tilapia feed, *Oreochromis* sp.

Abstract

Determination of the optimal substitution level of fish meal by hydrolyzed feather meal in food to the red tilapia, *Oreochromis* sp. The following work was made in order to determine the optimal substitution level of fish meal by hydrolyzed feather meal in food for red tilapia (*Oreo-*

* Autor para la correspondencia. E-mail: rrichard_peters@hotmail.com. FAX: 0261-7598096

chromis sp.) fingerlings. Four diets with substitution levels of 20% (diet A), 35% (diet B), and 50% (diet C), as well as a diet control, hydrolyzed feather meal-free (diet D), were prepared. Additionally, a commercial diet (diet E) was used for comparison with the experimental diets. Diets were isocaloric and isoproteic, containing a protein level of 40%, with exception of the commercial diet which had 28% of protein. Fingerlings were fed during 10 consecutive weeks and every fourteen days were evaluated the most important parameters, such as weight gain, consumed food, feed conversion (FC), protein efficiency ration (PER), and cost index. Statistical analysis did not reveal significant differences ($P > 0.05$) in the results obtained for conversion and efficiency-protein relation between diets A, B, C, and D. When these values were compared with the commercial diet (E), significant differences were found. In this study was demonstrated that a diet with 50% of substitution turned out to be the most efficient, just as the control diet, in addition to being cheapest. Inclusion of hydrolyzed feather meal in the diets for this species represents an alternative to reduce the feeding costs, as long as that is combined with other ingredients of high protein content.

Key words: Hydrolyzed feather meal; *Oreochromis* sp; substitution levels; tilapia food.

Introducción

La industria acuícola es una actividad que ha estado en constante crecimiento durante estas últimas décadas. No obstante, el éxito en la acuicultura, va a depender radicalmente de la eficiencia con que se manejen cada uno de los renglones que la integra. Entre ellos, la alimentación quizás sea el más importante, obviamente desde el punto de vista económico, por el hecho de que este llega a representar desde un 40 hasta un 60 % de los costos totales de producción (1, 2). En el caso del cultivo de la tilapia, los costos operacionales en alimentación superan el 50 %, debido a la utilización de alimentos de calidad y de alto contenido proteico (3). El desarrollo de la alimentación piscícola ha sido tradicionalmente basada en la harina de pescado siendo esta, la principal fuente de proteína debido a su alto contenido proteico y al perfil de aminoácidos esenciales (AAE) en perfecto balance. También es una fuente de ácidos grasos esenciales (AGE), energía digestible, vitaminas, minerales. Además su excelente palatabilidad y su alto coeficiente de digestibilidad, hacen que este ingrediente sea el más costoso en la alimentación animal.

Una serie de factores biológicos y socioeconómicos como la sobreexplotación de los recursos pesqueros, fenómenos naturales como el "Niño", las restricciones impuestas a

la pesca, la contaminación, han hecho que la disponibilidad de la harina de pescado, para satisfacer el constante incremento en la producción de alimentos concentrados, se ha convertido en un factor limitante (4).

En la búsqueda de nuevas alternativas, otras fuentes proteicas, al margen de su calidad, parecen más adecuadas para emplearlas como sustituto de la harina de pescado en la elaboración de concentrados para peces, por cuanto que se obtienen como subproductos de distintas industrias y son inhábiles para el consumo humano. Tal es el caso de los productos de desecho de los mataderos avícolas, que comprenden mezclas de sangre, vísceras, cabezas, patas, plumas, etc. Su alto contenido proteico, superiores al 60%, posibilitan la incorporación a las dietas en porcentajes importantes, sin dejar de considerar, que algunas de estas proteínas, presentan coeficientes de digestibilidad menores que los de la harina de pescado y deficiencias en aminoácidos esenciales, fundamentalmente metionina, lisina y triptófano (1).

Como fuente proteica, la harina de hidrolizado de plumas ha sido poco utilizada en la nutrición de peces, a pesar de su alto porcentaje de proteína, aproximadamente un 80%, y de su costo, inferior al de la harina de pescado. La harina de hidrolizado de

plumas ha sido incluida hasta en un 10% en el concentrado para vacas lecheras (5). Además, esta fuente proteica ha sido utilizada en las dietas para trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss* (1, 5). En esta especie, lograron sustituir completamente la harina de pescado en el alimento, utilizando como única fuente de proteína, la procedente de una mezcla de subproductos avícolas e hidrolizados de plumas, aunque complementadas con aminoácidos libres.

Steffens (1987), (1) no logró conseguir la sustitución total de la harina de pescado por estos subproductos, aún complementados con metionina y lisina, sin evitar que disminuyera el crecimiento de las truchas; lo que atribuye a una insuficiente suplementación con los aminoácidos citados.

Alexis y col. (1985), (1), con esta misma fuente proteica, también suplementada con aminoácidos, han obtenido excelentes resultados en la trucha, *Oncorhynchus mykiss*, con dietas libres de harina de pescado, incorporando otras fuentes proteicas vegetales.

En anguilas, se han obtenido buenos resultados con dietas cuya proteína fue suministrada en un 19% por hidrolizado de plumas, 50% por harina de pescado y el resto, por distintas fuentes proteicas (1).

Hasan y col. (1997), utilizó harina de hidrolizado de plumas en un porcentaje de inclusión de 20% con un nivel de 50% de proteína en alevines de carpa de la india, *Labeo rohita*, sin afectar la conversión y el crecimiento de estos. Similarmente, (5), en la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss* y (5), en el salmón, *O. tshawytscha*; utilizaron efectivamente esta misma fuente proteica en la dieta, a un nivel de 15%, sin afectar el crecimiento.

El presente trabajo, se realizó con la finalidad de determinar el nivel óptimo en que la harina de hidrolizado de plumas, puede ser utilizada para sustituir parcialmente a la harina de pescado, en el alimento para tilapia roja, *Oreochromis sp.*, con el propósito de reducir el alto costo, que representa el renglón

alimentación, en la producción comercial de esta especie.

Materiales y Métodos

Animales Experimentales

Se utilizaron alevines machos de tilapia roja, *Oreochromis sp.*, con un peso promedio de 1,5 g, masculinizados con la hormona sintética, metil testosterona.

Aclimatación de los Peces

Los alevines se colocaron en tanques de asbesto con capacidad de 1000 litros, previo tratamiento con cloruro de sodio (NaCl), 5 g/L por 5 minutos para eliminar los posibles ectoparásitos y para prevenir una posible infección micótica, (6). Se aclimataron por un período de 4 semanas durante el cual se alimentaron hasta la saciedad con una dieta comercial (7).

Condiciones Experimentales

Se distribuyeron al azar 300 alevines, a una densidad de 20 alevines por acuario, en 15 acuarios de vidrio de 70 litros de capacidad. Tres fueron para la dieta control, 3 para la dieta comercial y 9 para los 3 niveles de sustitución a ensayar. Cada nivel de sustitución, al igual que la dieta control y comercial se realizó por triplicado (7-11).

Cada acuario fue equipado con un sistema de aireación, compuesto por una manguera plástica y una piedra difusora conectada a una bomba propulsora de aire (blower). El agua utilizada para el abastecimiento de los acuarios, fue tomada del acueducto, previamente filtrada y aireada.

Las heces y el resto de alimento no consumido, fueron extraídos diariamente de los acuarios, antes de cada alimentación, mediante sifoneo utilizando una manguera de 2 metros de largo con un diámetro de 0,5 cm. El recambio fue del 90%.

Diariamente se midieron y registraron, los parámetros físico-químicos del agua como la temperatura, oxígeno disuelto, y pH (5, 6, 10, 12-14).

Dietas Experimentales

Se formularon cuatro dietas experimentales A, B, C, y D, isoproteicas, con un contenido de proteínas del 40% e isocalóricas con 400 Kcal/100 g. de energía.

El análisis bromatológico y la composición en aminoácidos esenciales de los ingredientes utilizados son mostrados en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

En las dietas A, B y C, se sustituyó la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en un 20% para la dieta A, 35% para la dieta B y 50% para la dieta C. La die-

ta D, estuvo exenta de harina de hidrolizado de plumas.

Se utilizó en el ensayo una dieta comercial (dieta E) con 28% de proteína, de reconocida calidad, para realizar las respectivas comparaciones con las dietas experimentales.

La Tabla 3, resume la formulación y el análisis aproximado de las dietas experimentales.

En cada dieta se mantuvo constante el porcentaje de inclusión de todos los ingredientes, con excepción de la harina de pescado y la harina de hidrolizado de plumas, que

Tabla 1
Análisis bromatológicos de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales (%)

| Ingredientes | Proteína | Grasa | Fibra | Cenizas | Humedad |
|--------------------------|----------|-------|-------|---------|---------|
| Harina de pescado | 65,08 | 6,94 | 0,20 | 16,92 | 9,90 |
| Harina de plumas | 80 | 4,64 | 0,89 | 3,40 | 5,67 |
| Harina de soya | 38,53 | 17,10 | 14,83 | 5,8 | 6,69 |
| Harina de carne y huesos | 50,66 | 8,84 | 2,39 | 34,92 | 2,51 |
| Harina de maíz | 7,90 | 3,12 | 2,50 | 1,30 | 14,30 |

Tabla 2
Composición en aminoácidos esenciales de los ingredientes utilizados (%)

| | H. pescado | H. plumas | H. soya | H. carne y huesos | H. maíz |
|--------------|------------|-----------|---------|-------------------|---------|
| Arginina | 3,85 | 5,65 | 3,67 | 3,37 | 0,43 |
| Histidina | 1,61 | 0,62 | 1,22 | 0,96 | 0,26 |
| Isoleucina | 3,17 | 3,65 | 2,14 | 1,43 | 0,35 |
| Leucina | 5,05 | 6,64 | 3,63 | 3,00 | 1,21 |
| Lisina | 5,04 | 1,83 | 3,08 | 2,67 | 0,25 |
| Methionina | 1,99 | 0,55 | 0,68 | 0,65 | 0,17 |
| Cistina | 0,60 | 3,70 | 0,75 | 0,50 | 0,22 |
| Fenilalanina | 2,78 | 3,78 | 2,44 | 1,70 | 0,48 |
| Tirosina | 2,24 | 2,40 | 1,76 | 1,09 | 0,31 |
| Treonina | 2,82 | 3,79 | 1,89 | 1,65 | 0,35 |
| Triptófano | 0,75 | 0,52 | 0,64 | 0,30 | 0,08 |
| Valina | 3,50 | 6,48 | 2,55 | 2,45 | 0,44 |

Valores tomados del National Research Council, (N.C.R.), 1993. Nutrient Requirements of Fish.

Tabla 3
Formulación y análisis aproximados de las dietas experimentales (%)

| | Dietas | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|----|
| | A | B | C | D | E |
| Ingredientes | | | | | |
| Harina de Pescado | 34,4 | 27,9 | 21,5 | 43 | - |
| Harina de Plumas | 7 | 12,2 | 17,6 | - | - |
| Harina de Soya | 22 | 22 | 22 | 22 | - |
| Harina de Maíz | 18 | 18 | 18 | 18 | - |
| Harina de Carne y Huesos | 6 | 6 | 6 | 6 | - |
| Aceite de Bacalao | 2 | 2 | 2 | 2 | - |
| Aceite de Maíz | 6 | 6 | 6 | 6 | - |
| Carboximetilcelulosa | 3,1 | 4,4 | 5,4 | 1,5 | - |
| Premezcla de Vitaminas | 1 | 1 | 1 | 1 | - |
| Premezcla de Minerales | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | - |
| Análisis Aproximados (%) | | | | | |
| Proteína cruda | 40 | 40 | 40 | 40 | 28 |
| Grasa | 15,55 | 15,34 | 15,15 | 15,75 | 3 |
| Fibra cruda | 3,97 | 4 | 4,04 | 3,93 | 10 |
| Humedad | 7,46 | 6,99 | 6,46 | 8,44 | 12 |
| Cenizas | 9,62 | 8,70 | 7,79 | 10,84 | - |
| Extracto libre de nitrógeno (E.L.N.) | 23,4 | 24,97 | 26,56 | 21,04 | - |
| Energía (Kcal./100gr) | 396 | 400 | 405 | 388 | - |

A: Dieta con 20% de sustitución de la H, pescado por H, plumas.

B: Dieta con 35% de sustitución.

C: Dieta con 50% de sustitución.

D: Dieta control con 0% de sustitución.

E: Dieta comercial.

variaron de acuerdo al nivel de sustitución y de la carboximetilcelulosa, que se utilizó como aglutinante y para ajustar cada dieta.

Las dietas se prepararon mediante la mezcla de los ingredientes secos, seguido de la adición del aceite de hígado de bacalao, del aceite de maíz y del agua, hasta obtener una masa homogénea, que inmediatamente se colocó en un peletizador artesanal. Los pellets fueron secados a 60°C por 24 horas (5).

En base a la composición de aminoácidos de cada ingrediente (Tabla 2), se calculó la composición de aminoácidos en cada dieta experimental, Tabla 4, con la finalidad de comprobar que estas satisfacen los requerimientos de aminoácidos para la tilapia roja, *Oreochromis* sp (Tabla 5).

La energía contenida, en cada dieta experimental, fue determinada según los valores reportados por El Sayed, (15), para alevi-

Tabla 4
Composición en aminoácidos (%) de las dietas experimentales

| | Dietas | | | |
|--------------|--------|------|------|------|
| | A | B | C | D |
| Arginina | 2,78 | 2,82 | 2,88 | 2,72 |
| Histidina | 0,94 | 0,86 | 0,79 | 1,04 |
| Isoleucina | 1,95 | 1,93 | 1,93 | 1,97 |
| Leucina | 3,37 | 3,31 | 3,38 | 3,35 |
| Lisina | 3,31 | 2,49 | 2,27 | 3,03 |
| Methionina | 0,91 | 0,84 | 0,65 | 0,99 |
| Cistina | 0,67 | 1,13 | 0,99 | 0,47 |
| Fenilalanina | 1,92 | 1,94 | 1,96 | 1,90 |
| Tirosina | 1,27 | 1,25 | 1,24 | 1,30 |
| Treonina | 1,79 | 1,80 | 1,82 | 1,77 |
| Triptófano | 0,45 | 0,43 | 0,42 | 0,49 |
| Valina | 2,38 | 2,39 | 2,52 | 2,13 |

nes de tilapia, *Oreochromis sp.* los cuales son de 4, 4 y 9 Kcal/g. para carbohidratos, proteínas y lípidos respectivamente (Tabla 3).

Régimen alimenticio

Los peces se alimentaron durante un período de 70 días, dos veces al día, hasta la saciedad, garantizando de esta manera que los peces consumieran la cantidad adecuada de alimento para desarrollarse normalmente.

Diariamente fue registrada la cantidad del alimento consumido en cada tratamiento con la finalidad de determinar el consumo en cada período de 14 días.

Cada 14 días se realizaron las mediciones de peso de los animales para evaluar los siguientes parámetros: ganancia de peso, conversión alimenticia, relación eficiencia de la proteína, (R.E.P) e índice de costos. Los mismos fueron calculados mediante las siguientes fórmulas:

Ganancia de peso

$$G P = P_f - P_i,$$

donde:

Tabla 5
Requerimientos de aminoácidos (%) para tilapia, *Oreochromis sp.*

| | |
|--------------|------|
| Arginina | 1,18 |
| Histidina | 0,48 |
| Isoleucina | 0,87 |
| Leucina | 0,95 |
| Lisina | 1,43 |
| Methionina | 0,75 |
| Cistina | 0,15 |
| Fenilalanina | 1,05 |
| Tirosina | 0,50 |
| Treonina | 1,05 |
| Triptófano | 0,28 |
| Valina | 0,78 |

Valores tomados del N.R.C (National Research Council), 1993. Requerimientos nutricionales de los peces.

GP: ganancia de peso,

P_f: peso final,

P_i: peso inicial.

Conversión.

$C = A. I. / GP$, donde:

C: Conversión alimenticia.

A I: Alimento ingerido.

GP: Ganancia de peso.

Relación eficiencia de la proteína (R.E.P.)

$REP = GP / PC$, donde:

REP: Relación Eficiencia Proteína.

GP: Ganancia de peso.

PC: Gramos de proteína consumida.

Índice de costo. (I.C)

$IC = CAC / GP$, donde:

CAC: costo del alimento consumido (Bs/gr.)

GP: ganancia de peso

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en el ensayo, fueron comparados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA), (16).

Las comparaciones de las medias entre los tratamientos, se realizó utilizando una prueba de Duncan de rango múltiple. El ni-

vel de significancia fue de 5% para cada grupo de comparaciones. El programa estadístico utilizado, STATISTICA, FOR WINDOWS, versión 4.3. STATSOFT, Inc. 1993.

Resultados y Discusión**Factores físico-químicos**

La temperatura del agua en los acuarios, fluctuó entre 28 y 29,5°C, la concentración de oxígeno disuelto entre 3,3 y 6,8 mg/L, niveles superiores al nivel mínimo tolerado por la especie (3 mg/L). El pH se mantuvo cercano a la neutralidad varió entre 7,6 y 7,9.

Crecimiento de los peces**Peso Promedio**

Al inicio del ensayo, los pesos promedios iniciales de los animales experimentales fueron de 1,453 g, 1,569 g, 1,574 g, 1,330 g y de 1,646 g para las dietas A, B, C, D y E, respectivamente.

La comparación estadística de los pesos iniciales demostró, que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$), entre los mismos, lo que indica que cualquier variación observada posteriormente en las medias de los diferentes parámetros a evaluar, será debida al efecto de las dietas experimentales (Tabla 6).

Tabla 6
Parámetros evaluados en los peces sometidos a las dietas experimentales

| Dietas | Peso inicial (g.) | Peso final (g.) | Ganancia de peso (g.) | Consumo de alimento (g.) | Conversión alimenticia | R.E.P | I.C. |
|--------|--------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|
| A | 1,453 ^a | 24,738 ^a | 23,28 ^a | 27,68 ^a | 1,18 ^a | 2,1 ^a | 0,506 ^a |
| B | 1,569 ^a | 21,564 ^b | 19,99 ^b | 25,34 ^b | 1,26 ^a | 1,97 ^a | 0,525 ^a |
| C | 1,574 ^a | 23,938 ^a | 22,36 ^a | 26,79 ^{ab} | 1,19 ^a | 2,08 ^a | 0,482 ^a |
| D | 1,330 ^a | 28,641 ^c | 27,31 ^c | 33,26 ^c | 1,21 ^a | 2,5 ^a | 0,538 ^a |
| E | 1,646 ^a | 11,700 ^d | 10,05 ^d | 19,07 ^d | 1,8 ^b | 1,8 ^c | 0,694 ^b |

A: dieta con 20% de sustitución de la H. de pescado por hidrolizado de plumas.

B: dieta con 35% de sustitución de la H. de pescado por hidrolizado de plumas.

C: dieta con 50% de sustitución de la H. de pescado por hidrolizado de plumas.

D: dieta control, con 0% de sustitución de la H. de pescado por hidrolizado de plumas.

E: dieta comercial.

Igual superíndice entre filas, no hay diferencias significativas ($P > 0,05$).

Se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el peso promedio de los peces alimentados con la dieta D (control), con respecto a los alimentados con las dietas A, B, C y E. Al compararse los pesos promedios de los alimentados con las dietas experimentales A, B y C entre si, se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$), entre la dieta B con respecto a las dietas A y C. Entre estas dos últimas, no se encontraron diferencias.

Resultados similares, fueron reportados por Hasan y col. (5), al hacer sustituciones parciales y totales de la harina de pescado por hidrolizado de plumas, en alevines de la carpa de la India, *Labeo rohita*. Estos investigadores no observaron diferencias significativas, entre el peso final de los peces sometidos a dietas con un 25 y 50% de sustitución de la harina de pescado, por harina de hidrolizado de plumas, con respecto a la dieta control carente de este ingrediente.

Nengas y col. (17), reportan resultados satisfactorios en el crecimiento de alevines de *Sparus aurata*, al utilizar en sus dietas una mezcla (3:1), de subproductos de mataderos avícolas y harina de hidrolizado de plumas hasta un nivel del 75% de sustitución de la harina de pescado, por hidrolizado de plumas. A pesar de no encontrar diferencias estadísticamente significativas, en sustituciones importantes, consideran la harina de hidrolizado de plumas, como una fuente de proteína de baja calidad, debido al bajo perfil de aminoácidos.

Tacon y col. (1983), (3), proponen que la harina de hidrolizado de plumas suplementada con metionina, histidina y lisina, solo puede ser utilizada para reemplazar en un 30% a la harina de pescado, en dietas para la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*.

Bishop y Watts (1994), (3), en ensayos realizados con alevines de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, alimentados con dietas que contenían harina de hidrolizado de plumas, harina de subproductos de mataderos avícolas, y una combinación de estas, (50:50), exhibieron inhibiciones en el crecimiento y en

el desarrollo muscular, acompañados de signos patológicos de deficiencias vitamínicas, incluyendo flacidez y coloración pardo-amarillenta en la carne, además, de presentar rupturas en las membranas de los vasos capilares de las aletas pectoral y caudal.

En esta investigación, los peces sometidos a las diferentes dietas experimentales (A, B, C, y D), no presentaron signos patológicos, de deficiencias vitamínicas, ni inhibiciones en el crecimiento. Por el contrario, presentaron un crecimiento óptimo y una apariencia saludable. Solo los peces sometidos a la dieta comercial (E), presentaron signos patológicos inherentes a deficiencias vitamínicas, como deformaciones en los maxilares, premaxilares y dentarios, además, de presentar zonas hemorrágicas en la base de las aletas pectorales. En este sentido, Falaye (1982), Bishop y col. (1995), (3), en ensayos con alevines de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, alimentados con harina de hidrolizado de plumas en remplazo de la harina de pescado, y con una mezcla de harina de pescado con subproductos avícolas en un nivel de 50 y 66% respectivamente, reportan que el crecimiento fue similar al de los peces alimentados con dietas a base de harina de pescado.

Similarmente, Gaber (18), alimentó alevines de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, con una mezcla o combinación de subproductos de mataderos avícolas y harina de plumas en remplazo de la harina de pescado, como fuente de proteína, en un nivel de inclusión hasta de un 40%, siendo el crecimiento igual o mejor, que los alimentados con la dieta control a base de harina de pescado. Este autor sugiere, que estas fuentes de proteína pueden reemplazar totalmente a la harina de pescado en dietas para tilapias del Nilo.

Ganancia de peso

Los resultados de la ganancia de peso, que refleja el crecimiento en gramos, de los peces alimentados con las diferentes dietas para cada período, se muestran en la Tabla 6. La comparación estadística de la ganancia de peso, de los animales sometidos a las

diferentes dietas experimentales al final del ensayo, fue similar a la reportada para el peso promedio.

Fowler (12), señala resultados similares en sus ensayos cuando alimentó alevines de salmón *Oncorhynchus tshawytscha*, utilizando dietas que contenían subproductos avícolas, incluyendo harina de hidrolizado de plumas.

Consumo de alimento

El análisis estadístico reveló, diferencias significativas ($P < 0,05$), al compararse el consumo de los alimentados con la dieta D, con respecto a las dietas A, B, C y E. Al compararse entre sí las dietas A, B, y C, se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0,05$), entre la dieta A, con respecto la dieta B, más no se observaron diferencias entre el consumo de la dieta C, con respecto a la dieta A y B.

Las dietas experimentales resultaron ser muy palatables para los peces, por el contenido de ingredientes que les confiere esta característica, como por ejemplo: la harina de pescado, el aceite de hígado de bacalao, la correcta apariencia, (tamaño, forma y color), textura y atracción (sabor y olor), el cual despertó una respuesta alimenticia óptima.

Respuestas similares reportan Olvera y col. (19), cuando reemplazaron parcialmente la harina de pescado por harina de semilla de la leguminosa, *Sesbania grandiflora*, utilizando dietas experimentales que tenían en su composición, aceite y harina de pescado.

Conversión alimenticia

Esta representa la mejor manera de evaluar la calidad del alimento para peces, Bautista y col. (20).

En la Tabla 6, se muestran los valores promedios de la conversión alimenticia para los animales sometidos a las cinco dietas experimentales.

La comparación estadística reveló que no existen diferencias significativas

($P > 0,05$), entre los valores de conversión de los peces sometidos a las dietas A, B, C y D. Al comparar estas, con los valores de los sometidos a la dieta comercial (E), si se observaron diferencias.

Resultados similares reportan Shiao y col. (21), al sustituir la harina de pescado por harina de soya en dietas para alevines de tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus*, obtuvo valores de 1,44 para la dieta control a base de harina de pescado, de 1,50 para dietas con un nivel de inclusión del 30% de harina de soya y de 1,37 cuando a la dieta anterior, se le adicionó metionina, aminoácido esencial en el que es deficiente la harina de soya.

Falaye (1982) y Bishop y col. (1995), (3), obtuvieron excelentes conversiones en alevines de tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus*, utilizando dietas que contenían una combinación de harina de hidrolizado de plumas, harina de pescado y harina de carne y hueso.

Keembiyehetty y Silva (22), reportan resultados no muy favorables al reemplazar la harina de pescado por harina de semillas *Vigna catieng* y *Phaseolus mungo*, en dietas para alevines de tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus*.

Martinez-Palacios y col. (23), reportan conversiones poco aceptables en alevines de tilapia mosambica, *Oreochromis mosambicus*, alimentados con dietas que contenían harina de la leguminosa, *Canavalia ensiformis*, en sustitución de la harina de pescado.

Hasan (5), al sustituir la harina de pescado por hidrolizado de plumas en dietas para alevines de la gran carpa de la India, *Labeo rohita*, obtuvo valores para la conversión alimenticia de 2,00 en dietas con 25% de sustitución y de 2,12 para la dieta control exenta de harina de hidrolizado de plumas.

En alevines de bagre de canal, *Ictalurus punctatus*, alimentados con dietas que contenían diferentes porcentajes de inclusión de harina de pescado, en comparación con una dieta a base de harina de soya, Mohsen

y Lovell (24), reportan valores de 1,84, 1,67, 1,57, 1,36 y 1,35, para este parámetro.

Relación eficiencia proteica

La importancia de este parámetro radica, en que constituye una medida de la utilización de la proteína, para tratar de mantener los niveles mínimos del nutriente en la dieta (Novell, 1998) (11).

En la Tabla 6 están representados los valores promedios de la R.E.P., para cada una de las dietas a la que fueron sometidos los animales experimentales.

El análisis estadístico reveló que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$), entre sí, en los valores de los peces sometidos a las dietas A, B, C y D. al comparar estas con respecto a la dieta comercial (E), si hubo diferencias.

Evidentemente que la mejor relación eficiencia proteica, la obtuvieron los peces alimentados con la dieta control (D).

Shiau y col. (21), reportan valores de 2,98; 2,73; 3,05; 2,71; 2,23; 2,62, para la relación eficiencia proteica, en alevines de híbridos de tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus* cuando utilizaron dietas con dos niveles de inclusión de la harina de soya, suplementadas con metionina.

El-Sayed (15), reporta valores 1,70, 2,00, 2,43 y de 1,72, para este parámetro, similares a los obtenidos en esta investigación cuando evaluó varias dietas semipurificadas para *Tilapia zillii*.

Reyes (25), obtuvo valores de 1,23, 1,59 y de 1,25 para la relación eficiencia proteica, cuando evaluó la calidad alimenticia de los subproductos de camarón y cangrejo, en la elaboración de alimentos para tilapia roja (*Oreochromis* sp.).

Hasan (5), reporta valores de 1,31, para la dieta control, exenta de harina de hidrolizado de plumas, y de 1,51; 1,30; 1,05; 0,58 y para las dietas con 25, 50, 75 y 100% de sustitución, más bajos que los obtenidos en el presente estudio.

Los valores, obtenidos en esta investigación, para la relación eficiencia-proteica, si se comparan con los reportados por los autores mencionados, evidencia la efectividad de las dietas experimentales y la posibilidad de que la harina de hidrolizado de plumas pueda sustituir parcialmente a la harina de pescado en dietas para tilapia roja *Oreochromis* sp, particularmente si se combina con otros ingredientes ricos en proteínas, que suplementen la deficiencia en aminoácidos esenciales que esta pueda presentar.

La hidrólisis aplicada al ingrediente evaluado, es otro factor que pudo haber contribuido en su eficiencia y aprovechamiento.

En este sentido, Hasan (5), señala que las plumas de aves para ser utilizadas deben ser hidrolizadas, ya que sin ser procesadas, no pueden ser aprovechadas por animales de estómago simple. El proceso de hidrólisis utilizado por éste investigador, fue de cocción a alta presión durante 2,5 horas, seguido del secado del material a 60°C en una estufa y su posterior molienda en un procesador de alimentos. Por otro lado, Nengas y col., (17), en su estudio, utilizaron harina de hidrolizado de plumas, cuyo tratamiento consistió en la aplicación de alta presión y temperatura; aproximadamente 60 unidades de presión por 15 minutos a 120°C.

Para la elaboración de la harina de hidrolizado de plumas utilizada en este estudio, las plumas fueron sometidas a una hidrólisis mediante cocción a alta presión, por un lapso de tiempo determinado. La información sobre las características del proceso, no fue suministrado por la planta fabricante de alimentos concentrados, que facilitó los ingredientes para la elaboración de las dietas experimentales.

Evaluación económica

El mayor índice de costo fue para la dieta comercial (E), mientras que el menor, fue para la dieta C, con un 50% de sustitución, lo que evidencia que ésta es la de mejor potencial económico, El-Sayed, (1991), (3).

La sobrevivencia fue del 100 % para los peces alimentados con las dietas A, B, C, D y del 98% para los alimentados con la dieta E. Evidentemente que la inclusión de harina de hidrolizado de plumas en combinación con otros ingredientes de calidad y con alto contenido proteico, no afecta la sobrevivencia de los peces.

Conclusiones

La harina de hidrolizado de plumas puede ser utilizada como una fuente proteica alternativa y como sustituto parcial de la harina de pescado en el alimento para tilapia roja, (*Oreochromis* sp.), siempre y cuando, ésta se combine con otros ingredientes con alto contenido proteico.

La harina de hidrolizado de plumas puede sustituir hasta en un 50% a la harina de pescado en el alimento para la tilapia roja, sin afectar la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la relación eficiencia proteica.

Desde el punto de vista económico, la sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas, representa un ahorro significativo, que contribuiría a reducir los costos de alimentación y por ende, los costos de producción.

El uso de harina de hidrolizado de plumas, como sustituto parcial de la harina de pescado, no provoca la aparición de signos patológicos externos, de deficiencias vitamínicas, ni inhibiciones en el crecimiento de los alevines de tilapia roja, *Oreochromis* sp.

La combinación de varios ingredientes con harina de hidrolizado de plumas en las dietas experimentales, no alteró la palatabilidad de las mismas.

La fabricación de las dietas experimentales a nivel industrial, contribuiría a disminuir los precios y el índice de costos, debido a la compra en gran escala de los ingredientes, además, de la posibilidad de aumentar su aprovechamiento por parte de los peces.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a Víctor Blanco, gerente de materiales de la empresa Concentrados Valera C.A. por la donación de los ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales.

A Marian Ferrer, Patricia Piñero y a Anibal Antunes, personal del laboratorio de Bromatología de la Escuela de Nutrición y Dietética, de la Universidad del Zulia, por los análisis realizados a las dietas experimentales.

Referencias Bibliográficas

1. DE LA HIGUERA M., CARDENETE G. **Fuentes alternativas de proteína y energía en acuicultura**. Industrias gráficas España, S.L. Madrid (España), pp. 59-137, 1987.
2. AKIYAMA D. Utilización de la harina de soya en alimentos para peces. **Asociación Americana de Soya**, ASA, informe Técnico, Singapur 1988.
3. EL-SAYED A. **Aquaculture** 179: 149 -168, 1999.
4. CABRERA T., GARCÍA E., MORA A. **Asociación Americana de Soya**. N° 250 ISSN-0187-3970, 21-23, 1997.
5. HASAN M., HAQ M., DAS P., MOWLAH G. **Aquaculture** 151: 47-54, 1997.
6. ALLAN G., ROWLAND S., PARKINSON S., STONE D., JANTRAROTAI W. **Aquaculture** 170: 131-145, 1999.
7. SHIAU SHI-YEN, LIANG, HONG-SHIANG. **Aquaculture** 127: 41- 48, 1994.
8. EL-SAYED A. **Aquaculture** 127: 169-176, 1994.
9. GALLAGHER M. **Aquaculture** 126: 119-127, 1994.
10. LOVELL R. **Laboratory manual for fish feed analysis and fish nutrition studies**. Department of fisheries and allied aquacultures international center for aquacul-

- ture. Auburn University. Auburn, Alabama 1981.
11. FOWLER L.G. *Aquaculture* 99: 309-321, 1991.
 12. VIOLA S., ARIELI Y., ZOHAR G. *Aquaculture* 75:115-125, 1988.
 13. HANLEY F. *Aquaculture* 66: 163-179, 1987.
 14. EL-SAYED A. *World Aquaculture Society* 20(4): 240-244, 1989.
 15. STEFFENS W. *Aquaculture* 124: 27-34, 1994.
 16. NENGAS I., ALEXIS M., DAVIES S. *Aquaculture* 179:13-23, 1999.
 17. GABER M.M.A. *Annals Agric. Sci moshtohor* 1: 203-214, 1996.
 18. OLVERA M., MARTINEZ C., GALVAN R., CHAVEZ S. *Aquaculture* 71: 51-60, 1988.
 19. BAUTISTA E., USECHE M., PEREZ F., LINARES F. Utilización de la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de cachamay (*Colossoma x piractus*). *Acuicultura* 99. II Congreso Sur Americano de Acuicultura. Memorias, Tomo I: 46-57, 1999.
 20. SHIAU SHI-YEN, JAN-LUNG CHUANG, CHAN-LAN-SUN. *Aquaculture* 65: 251-261, 1987.
 21. KEEMBIYEHETTY C., SILVA S. *Aquaculture* 112: 207-215, 1993.
 22. MARTINEZ-PALACIOS C., GALVAN R., OLVERA M., CHAVEZ -MARTINEZ C. *Aquaculture* 68: 165-175, 1988.
 23. MOHSEN A., LOVELL R. *Aquaculture* 90: 303-311, 1990.
 24. REYES L. Evaluación de la calidad alimenticia de los subproductos de cangrejos y camarones como ingredientes de la elaboración de alimentos para tilapia roja *Oreochromis* sp. (Tesis de grado). Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela). p 65, 1997.