

METODOLOGIA

Coeficientes de digestibilidad de la
harina de hidrolizado de vísceras de Cachamba Blanca
(*Piaractus brachypomus* Cuvier 1818), usada como
fuente de proteína en la alimentación de sus alevinos

Digestibility coefficients by flour of Tambaqui silage
used as a protein source in nursery diets of Tambaqui
(*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818)

JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS¹

DIANA OMAIRA SALAZAR RAMOS²

CESAR ANDRÉS IZQUIERDO ROSERO²

La acuicultura colombiana se constituye en una importante fuente de alimento y en una actividad generadora de ingresos y empleos con un crecimiento superior al 10 % promedio anual, representado por 8,4 toneladas durante el año 2010, llegando a considerarse esta especie como la tercera en programas de seguridad alimentaria y la primera como alternativa para sustitución de cultivos ilícitos en la Amazonia colombiana. CCI (2010). Sin embargo, las investigaciones realizadas en este pez, se han desarrollado fundamentalmente sobre biología, anatomía, hematología, sanidad, ecología, requerimientos nutricionales y reproducción inducida pero existen pocos estudios referentes a nuevas tecnologías alimenticias que garanticen el incremento de las variables productivas (VÁSQUEZ – TORRES 2004) (MURILLO *ET AL.* 2012), Según LÓPEZ–MACÍAS (2014), el alto costo de las materias primas proteicas utilizadas en las dietas para peces y la escasez de harina de pescado en el mercado internacional, justifican

^[1] D.M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D., Profesor Titular, Facultad de Cienc. Pecuarias, Univ. de Nariño. jorgelopezmacias@gmail.com. ^[2] Ingenieros en Producción Acuicola, Universidad de Nariño. Avenida Torobajo 7311449 extensión 239 Pasto Colombia. Email: ipa@udenar.edu.co

la importancia de evaluar estrategias que permitan la inclusión de nuevas fuentes proteicas como es el caso del hidrolizado de vísceras de pescado con el fin de mejorar la rentabilidad de las empresas piscícolas y disminuir los gastos operacionales causados por la disposición sanitaria de subproductos de pescado generados en las plantas de proceso.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se propuso determinar el coeficiente de digestibilidad de la harina de hidrolizado de vísceras de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) en la alimentación de alevinos de la misma especie, mediante el método de digestibilidad indirecto, utilizando como marcador inerte el óxido crómico Cr_2O_3 .

METODOLOGÍA

La investigación se realizó durante un periodo de siete meses comprendidos entre julio de 2011 y enero de 2012, en el municipio de Villa Garzón (Departamento del Putumayo). Se evaluaron 320 alevinos de Cachama Blanca con un peso promedio de $6 \pm 1,15$ g, seleccionados totalmente al azar, ubicando 20 ejemplares en 16 acuarios de digestibilidad, hechos en acrílico de 5 mm de espesor con dimensiones de 1 m de largo, 0,36 m de ancho, 0,55 m de altura. Estos acuarios tienen sobre el piso, una placa inclinada que facilita la recolección de las heces. Los acuarios e implementos de manejo se desinfectaron con sal marina, en dosis de 25 mg/L, por un periodo de 2 días, llenándolos posteriormente con agua sin cloro. Se realizó el monitoreo de temperatura y pH, dos veces al día, con el propósito de mantener las condiciones fisicoquímicas lo mas estable posible. Se realizaron muestreos de peso y talla, al inicio y al final del ensayo, analizando el 40 % de la población de cada unidad experimental, consignando los datos obtenidos en las bases correspondientes.

El hidrolizado se elaboró a partir de 10 Kg de vísceras, a las cuales se les eliminó el tejido graso, contenido gastrointestinal y la vesícula biliar. Una vez limpias se licuaron hasta obtener una pasta homogénea, se llevó a cocción en estufa hasta alcanzar una temperatura de 80°C y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se adicionó ácido sulfúrico de 98 % de pureza, de 1 a 2 %, melaza de 4 a 5 % del volumen total elaborado. El pH del ensilaje de pescado se controló a las 24, 48 y 72 horas después de elaborado, hasta obtener un pH de $3,0 \pm 0,2$, manteniéndose almacenado en plena oscuridad por un período de 20 días. El óxido crómico se incorporó en las dietas experimentales, mediante micro mezclas a razón de 0,5 % del total del alimento requerido en cada tratamiento; igual procedimiento de mezcla se efectuó para la inclusión del porcentaje predeterminado de hidrolizado.

Los ejemplares se alimentaron a saciedad dos veces al día (9 am y 3

pm) y las heces se recolectaron dos horas después de la ingestión del balanceado, almacenándolas en frascos plásticos a una temperatura ambiental promedio de 5°C y el período de recolección se extendió hasta obtener 50 g de heces frescas por tratamiento. Se prepararon cuatro dietas experimentales isonitrogenadas e isoenergéticas de 40 % de proteína y 4000 Kcal/Kg de energía bruta. Las dietas se elaboraron con distintas materias primas animales y vegetales, adicionadas con premezcla vitamínica y mineral y aceite de pescado como fuente de ácidos grasos indispensable de las series Omega 3 y 6, Se efectuó el análisis bromatológico al ensilaje de pescado, materias primas, dietas y heces, de acuerdo con el protocolo de Weende, adaptado por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño, determinando humedad, extracto etéreo, ceniza, extracto no nitrogenado, fibra, proteína, energía bruta, minerales y cantidad de óxido crómico (LÓPEZ-MACÍAS 2014) .

Los ejemplares se distribuyeron en un Diseño Completamente al Azar, conformado por cuatro tratamientos, cuatro réplicas y 20 alevinos por unidad experimental para un total de 320 peces, distribuidos de la siguiente forma:

T0: Balanceado con 0% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama.

T1: Balanceado con 10% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama.

T2: Balanceado con 20% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama.

T3: Balanceado con 30% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama.

Se estudiaron las variables coeficiente de digestibilidad, energía digestible, Coeficiente de Utilización Energética (CUE), Incremento de peso y conversión alimenticia, mediante análisis de varianza para establecer diferencias entre tratamientos y prueba de Tukey para definir el mejor tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La digestibilidad de la proteína bruta en los distintos tratamientos fue respectivamente de 91,08 % (T1), 90,94 % (T3), 90,42 % (T2) y 90,01 % (T0) ($p < 0.005$). El coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo (EE) fue de 95,41 % (T0), 95,30 % (T1), 91,06 % (T3) y 88,72 % (T2) ($p < 0.05$) y el coeficiente de digestibilidad de extracto no nitrogenado (ENN) registró valores de 88,86 % (T0), 86,49 % (T2), 86,10 % (T3) y 85,51 % (T1) ($p < 0,05$). Los Coeficientes de Utilización Energética (CUE) fueron de 86,02 % (T3), 86,01 % (T0), 84, 87 % (T2) y 84,59,% (T1) (Tabla 1).

Tabla 1. Consumo de alimento (g) promedio de alevinos de Cachama Blanca (*P. brachypomus*) con cuatro niveles de inclusión de harina de hidrolizado de vísceras de Cachama Blanca (H. V. C. B).

	T0	T1	T2	T3
RÉPLICA	(0% H.H.V.C.B)	(10% H.H.V.C.B)	(20% H.H.V.C.B)	(30% H.H.V.C.B)
	(g)	(g)	(g)	(g)
1	51,04	56,16	48,98	58,36
2	45,54	57,15	50,63	59,42
3	41,38	55,79	46,07	59,34
4	43,76	57,18	46,86	59,88
TOTAL	181,72	226,28	192,54	237,00

LÓPEZ-MACÍAS (2014) comprobó que la digestibilidad de proteína y el Coeficiente de Utilización energética (CUE) gales o superiores al 75 % son adecuados en dietas artificiales para peces tropicales, levantados en condiciones de cautiverio. Los coeficientes de digestibilidad registrados en esta investigación para proteína, extracto etéreo (E.E), extracto no nitrogenado (E.N.N) y CUE, fueron superiores al 85 %, lo que demuestra el nivel de asimilación de las dietas experimentales, teniendo en cuenta que peces frugívoros como la cachama blanca, metabolizan mejor los carbohidratos presentes en la dieta en comparación con otras especies ícticas, como lo demuestra el ensayo realizado por DELGADO Y LÓPEZ (2005) en peces carnívoros quienes establecieron digestibilidad para E.N.N de 78 %.

La digestibilidad de la proteína es mayor a la reportada por Vidoiti (2010) et al, que fue de 81 %, en *Piaractus mesopotamicus* lo cual según LÓPEZ-MACÍAS (2014), se debe a la calidad nutricional del hidrolizado. El mismo autor sostiene que los coeficientes de digestibilidad de proteína obtenidos en T1, T2 y T3, corroboran la capacidad de la cachama para asimilar dietas con ensilaje de vísceras, teniendo en cuenta que este producto aporta moléculas nitrogenadas, provenientes de la acción del ácido que se adiciona al hidrolizado y su efecto de ruptura de las proteínas, generando cadenas polipeptídicas de diferente longitud y aminoácidos libres, estos últimos pueden ser absorbidos por el epitelio simple cilíndrico del intestino anterior.

Los coeficientes de utilización energética son semejantes a los

obtenidos por LLANES *et al.* (2012) quienes evaluaron ensilados biológicos en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* sp.), registrando valores de 85,1 a 86,28 %. Sin embargo, los coeficientes de esta investigación, son mejores a los calculados por BOSCOLO (2012) *et al.* de 48,52 %. De acuerdo con CHO (1987), la diferencia presentada entre los datos obtenidos por otros autores y los de este experimento, se debe que las especies omnívoras como la Cachama son más eficientes en la utilización energética con relación a los peces carnívoros y filtradores.

La relación Calcio:Fósforo de acuerdo con LÓPEZ-MACÍAS (2014), se encuentran dentro de los requerimientos de especies ícticas de aguas cálidas, establecidos en un rango de 0,7:1,6 %. La biodisponibilidad de Calcio y Fósforo son superiores a los reportados por LLANES *ET AL.* (2012) quienes determinaron en ensilado con aditivo químico y biológico, valores de Fósforo de 56,1 % a 65,1 % y Calcio de 41,40 % a 51,55 %. De acuerdo con GARCÍA Y SANZ (1987) los resultados obtenidos en este estudio se deben a que la especie íctica fue cultivada a temperatura óptima efectiva, lo cual mejora la asimilación de Calcio. Con relación al Fósforo, Steffens citado por SOLER-JARAMILLO (1986), estableció que la carpa y la Cachama absorben más del 90 % del Fósforo de la dieta, considerando que la asimilación de este mineral ocurre en los primeros tramos del intestino.

El análisis bromatológico, comprueban las condiciones isonitrogenadas e isoenergéticas de las dietas experimentales (Tabla 2) y el beneficio de incorporar hidrolizados de vísceras de pescado por el excelente valor biológico, perfil de aminoácidos, aportes suficientes de lisina, metionina, triptófano, arginina, adecuadas cantidades de macrominerales, elementos traza, vitaminas, coeficientes de digestibilidad aceptables y el aporte de los denominados factores inespecíficos de crecimiento LOPEZ-MACÍAS (2014) Por tanto, las dietas evaluadas cumplen con los requerimientos nutricionales de la cachama que se reflejan en mejores incrementos de peso y conversiones alimenticias.

Tabla 2. Análisis proximal de dietas experimentales

DIETA	Proteína %	Extracto Etéreo %	Fibra %	E.N.N %	Cenizas %	Energía Bruta Kcal/100g	Óxido Crómico %
T0	43,0	6,11	3,65	34,0	13,2	450	0,47
T1	41,3	5,11	1,39	40,6	11,6	441	0,59
T2	40,7	5,96	1,47	42,2	9,73	458	0,57
T3	42,3	7,39	0,99	40,3	9,06	487	0,56

Las dietas experimentales no presentaron alteraciones fisicoquímicas ni organolépticas durante el almacenamiento con, estabilidad promedio en el agua de dos minutos y registraron adecuado consumo de alimento, corroborando lo indicado por JARAMILLO (1986) quien manifiesta que la ingesta de alimento artificial, depende de la calidad y disponibilidad del mismo.

Los incrementos de peso calculados fueron de 3,04 g (T2), 3,02 g (T1), 2,9 g (T0) y 2,46 g (T3) con respecto a la biomasa total, se determinó valores de 181,82 g (T1), 169,93 g (T3), 159,76 g (T2) y 156,37 g (T0) ($p > 0,05$). Se obtuvo una conversión alimenticia promedio de 1,03 (T3), 1,34 (T1) 1,40 (T2) y 1,59 (T0). La tasa de sobrevivencia fue de 98,33 % (T1), 92,5 % (T3), 90 % (T2) y 88,75 % (T0) ($p < 0,05$). La prueba de Tukey establece al T1 como el mejor tratamiento, considerando las anteriores variables zootécnica ($p < 0,005$).

El mayor incremento de peso diario (IPC) se observó en el T1 (0,21 g), este valor es similar a los calculados por LLANES *ET AL.* (2012) al evaluar alimento semihúmedo con inclusión de hidrolizado químico y biológico, en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con valores de 0,17 a 0,22 g/día. De acuerdo con LÓPEZ-MACÍAS (2014), el crecimiento se presenta cuando los procesos anabólicos exceden a los de renovación, restauración y mantenimiento de los tejidos.

En cuanto a la conversión alimenticia se obtuvieron valores semejantes a los calculados por Llanes *ET AL.* (2012) de 1,24 a 1,36 en alevinos de tilapia nilótica (*O. niloticus*). La sobrevivencia obtenida en la investigación según HARDY (1980) refleja un porcentaje normal para ensayos acuícolas. Las condiciones fisicoquímicas del agua se mantuvieron en rangos adecuados para esta especie (GUTIÉRREZ *ET AL.* 2012)

AGRADECIMIENTOS — A todo el personal académico y administrativo del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño por el apoyo recibido.

RESUMEN

Se evaluaron los coeficientes de digestibilidad de dietas elaboradas con ensilaje de vísceras de pescado, utilizado como fuente proteica animal, en niveles de inclusión del 10 al 30 %, durante la etapa de alevinaje de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Se analizaron 320 animales en acuarios de digestibilidad de 27 litros, con 20 ejemplares por acuario, el hidrolizado de pescado se logró con ácido sulfúrico de 98 % pureza y melaza, con tiempo de maduración de 20 días. Los coeficientes de digestibilidad se calcularon por el método indirecto, usando óxido crómico al 0,5 % como marcador inerte y la recolección de las heces se extendió hasta obtener 5 g de materia seca por réplica. El peso promedio

de los peces fue de $6 \pm 1,15$ g, distribuidos en un Diseño Completamente al azar, conformado por 4 tratamientos y 4 réplicas de la siguiente forma:

T0: Balanceado con 0 % de ensilaje de pescado.

T1: Balanceado con 10 % de ensilaje de pescado.

T2: Balanceado con 20 % de ensilaje de pescado.

T3: Balanceado con 30 % de ensilaje de pescado.

Se determinó la digestibilidad, coeficiente de utilización energética, Incremento de peso y conversión alimenticia de las distintas dietas experimentales, mediante análisis de varianza para establecer diferencias entre tratamientos y prueba de Tukey para definir el mejor tratamiento. Los valores de digestibilidad fueron de 90 % para proteína, 90 % para extracto etéreo (E.E.), 85 % extracto no nitrogenado (E.N.N) y Coeficiente de Utilización Energética (CUE) de 80 %. El estudio concluye que el T1 con 10 % de inclusión de ensilaje de pescado, es el mejor en términos estadísticos para el crecimiento de cachama blanca.

PALABRAS CLAVES: digestibilidad; óxido crómico; hidrolizado de pescado; incremento de peso; conversión alimenticia

RESUMO

Coeficientes de digestibilidade feitas de silagem de vísceras de peixe, utilizados como fonte de proteína animal, em níveis de inclusão de 10 a 30% durante a fase de creche foram avaliados para alevinos de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). 320 animais foram analisados em aquários digestibilidade 27 litros, com 20 peixes. Silagem de peixes preparado com ácido sulfúrico de 98 % de pureza e melado, com prazo de vencimento de 20 dias. Os coeficientes de digestibilidade foram calculados pelo método indireto, utilizando 0,5 % de óxido crômico como marcador e fezes coleção inerte foi prorrogado até 5 g de matéria seca por repetição. O peso médio dos peixes foi de $6 \pm 1,15$ g, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e quatro repetições, como segue:

T0: Equilibrado, com 0 % de silagem de peixe

T1: Equilibrado, com 10 % de silagem de peixe.

T2: equilibrado, com 20 % de silagem de peixe.

T3: Equilibrado, com 30 % de silagem de peixe.

Digestibilidade, Coeficiente de Utilização de Energia (CUE), ganho de peso e conversão alimentar de diferentes dietas experimentais foi determinada por análise de variância para estabelecer diferenças entre tratamentos e teste de Tukey para determinar o melhor tratamento. Os valores de digestibilidade foram de 90 % de proteínas, 90 % de extrato etéreo (EE), 85 % de extrato livre de nitrogênio (ENN) e Coeficiente de

Utilização de Energia (CUE) 80 %. O estudo conclui que o T1 com 10% de inclusão de silagem de peixe é estatisticamente o melhor para o crescimento de Pacu-Prata.

PALAVRAS CHAVE: digestibilidade; aquário; óxido crômico; hidrolisado de peixe; conversão alimentar

SUMMARY

Digestibility coefficients of experimental diets, made from fish viscera silage, used as an animal protein source, at inclusion levels of 10 to 30 % were evaluated, during the growing phase of alevines of silver tambaqui (*Piaractus brachypomus*). Three hundred twenty animals were analyzed in aquariums of digestibility of 27 liters, with 20 fish per aquarium. The fish silage was prepared with sulfuric acid of 98 % of purity and molasses, during a maturity time of 20 days. The digestibility coefficients were calculated by the indirect method using 0,5 % chromic oxide as an inert marker and collecting feces until 5 g of dry matter per replicate. The average fish weight was $6 \pm 1,15$ g, distributed in a completely randomized design, made up of 4 treatments and 4 replicates in the following way:

T0: Balanced feed with 0 % of fish silage.

T1: Balanced with 10 % of fish silage.

T2: Balanced with 20 % of fish silage.

T3: Balanced with 30 % of fish silage.

Digestibility, energy utilization ratio, weight gain and feed conversion of different experimental diets was determined by ANOVA to establish differences between treatments and Tukey test to determine the best treatment. Digestibility values were: 90 % for protein, 90 % for fat, 85 % for carbohydrate and coefficient of energy utilization (CEU), of 80%. From the statistical point of view, the treatment 1 with 10 % of fish silage, was the best for growing of fingerlings of silver pacu (*Piaractus brachypomus*).

KEYWORDS: digestibility; chromic oxide; fish silage; weight gain; feed conversion

BIBLIOGRAFIA

- BOSCOLO, W; C. HAYASCHI; F. MEURER; A. FEIDEN & R. A. BOMBARDELLI. 2012. Digestibilidade Aparente da Energia e Proteína das Farinhas de Resíduo da Filetagem da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da Corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e Farinha Integral do Camarão Canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). [em línea] Brasil. [citado 16 feb.,

- 2012]. <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v33n1/a02v33n1.pdf>>.
- CHO, Y. 1987. *La energía en la nutrición de los peces. Nutrición en acuicultura II. Comisión asesora de investigación científica y técnica*. CAICYT. Madrid, España. Universidad labarta editores. 300 pp.
- VASQUEZ-TORRES, W. 2004. *Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia*. Memorias II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio, pp. 71-73.
- CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL CCI. 2010. *Resultados encuesta nacional piscícola 2010 B*. [en línea] Bogotá, Colombia. Reportes de oferta agropecuaria. Sistema de información de la oferta agropecuaria [citado 12 ene., 2012] < http://www.cci.org.co/oferta/encuesta_piscicola_2010B.pdf>
- DELGADO, M. Y. & Y. LOPEZ. 2005. *Coeficiente de digestibilidad real de dietas de levante elaboradas con harina de vísceras de pescado en la alimentación de Mojarra Patiana (Cichlasoma ornatum Regan, 1905) mediante el método de oxido crómico y cámaras metabólicas*. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuicola. Nariño, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. p. 48.
- GARCIA M. & R. SANZ, 1987. *Nutrición en Acuicultura I. Absorción intestinal en peces*. CAICYT. 123 pp.
- GUTIERREZ, F. W. A.; J. R. ZALDÍVAR & G. CONTRERAS. 2012. *Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de gamitana (Colossoma macropomum)*. Perú [13 Feb., 2012] <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200005&lng=es&nrm=iso>
- HARDY, R. 1980. *Fish feed formulation. Fish feed technology. United Nations Development Programme. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). Roma*.
- JARAMILLO, D. 1986. *Alimentación de peces. Centro de investigación piscícola*. Universidad de Caldas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Caldas, Manizales. 99 pp.
- LÓPEZ-MACÍAS, J. 2014. *Nutrición y Alimentación Piscícola*, Editorial Universidad de Nariño, 1ª edición, Pasto, Colombia, 348 pp.
- LLANES, J.; A. BÓRQUEZ; J. TOLEDO & J. M. L. DE LA VEGA. 2012. *Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (Oreochromis mossambicus x O. niloticus)*. Centro de Preparación Acuicola Mampostón. La Habana, Cuba. [16 feb., 2012] <<http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v28n4/art06.pdf>>

- LLANES, J. ET AL. 2012. *Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (Oreochromis mossambicus x O. niloticus)*. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 28 abr., 2012] <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090726.pf>>.
- MURILLO, R.; S. GUEVARA & A. ORTIZ. 2012. Evaluación de dos dietas con proteína de origen vegetal en alimentación de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando ingredientes de la región del Ariari. [en línea] Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. [14 ene., 2012]. < http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/memorias_validas/pdfs/Murillo.pdf >
- SOLER-JARAMILLO, M. 1996. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogota, Colombia. 46 pp.
- VIDIOTI, R. et al. 2010. Acid and Fermented Silage Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coefficient of Crude Protein for Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). [16 feb., 2010] < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00478.x/abstract>>.