

Coeficientes de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (Actinopterygii, Characidae)

Apparent Digestibility Coefficients of Peruvian Fish Meal and Yellow Corn by *Colossoma macropomum* (Actinopterygii, Characidae)

Felix Walter Gutierrez¹, Javier Zaldívar¹, Guadalupe Contreras²

¹ Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas "Antonio Raimondi", Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Apartado 110058, Lima 11, Perú. Email Walter Gutierrez: gutierrez_romero@sbcglobal.net

² Estación Experimental IVITA - Pucallpa, de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Resumen

Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípido crudo (LC) y energía bruta (EB) de los ingredientes alimenticios harina de pescado peruana (HPP) y de maíz amarillo duro (MAD) fueron determinados en juveniles de *Colossoma macropomum* (150,0 ± 25,5 g). En el experimento la dieta de referencia se mezcló con cada uno de los ingredientes prueba en una relación de 70:30. El óxido crómico se usó como indicador inerte. La dieta de referencia y las dietas prueba fueron suministradas a *C. macropomum*, criada a 27 °C, 7 mg/L de oxígeno disuelto y pH entre 7,5. Las muestras fecales fueron colectadas por sifoneo. Los CDA para MS, PC, LC y EB de la HPP fueron de 88,06 ± 0,83%, 87,08 ± 1,34%, 85,87 ± 2,69 y 87,29 ± 1,57% respectivamente. Igualmente los CDA para MS, PC, LC y EB del MAD fueron de 82,38 ± 1,02%, 75,46 ± 1,53%, 76,17 ± 2,43% y 75,04 ± 1,80% respectivamente. La energía digestible aparente calculada fue de 3950 Kcal/kg para la HPP y 2830 kcal/kg para el MAD. Se concluye que *C. macropomum* digiere mejor las fracciones proteicas y energéticas de la HPP. Al mismo tiempo muestra que digiere también la fracción energética del MAD, proveniente de los carbohidratos solubles.

Palabras claves: Digestibilidad, materia seca, proteína bruta, energía bruta, gamitana.

Abstract

The apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter (DM), crude protein (CP) crude lipids (CL) and gross energy (GE) in the food ingredients Peruvian fish meal (PFM) and Yellow Corn (YC) were obtained with juveniles of *Colossoma macropomum* (150,0 ± 25,5 g). In the experiments the reference diet was mixed with test ingredients in a ratio of 70:30 to produce two test diets. The Chromic Oxide (Cr₂O₃) was used as the inert indicator. The reference diet and the test diets were fed to *C. macropomum* reared at 27 °C. Dissolved oxygen was 7 mg/L and pH was 7,5. The fecal samples were collected by siphoning. The ADC to DM, CP, CL and GE in the PFM were of 88,06 ± 0,83%, 87,08 ± 1,34%, 85,87 ± 2,69 and 87,29 ± 1,57% respectively. The ADC to DM, CP, CL and GE in the yellow corn were of 82,38 ± 1,02%, 75,46 ± 1,53%, 76,17 ± 2,43% and 75,04 ± 1,80% respectively. The apparent digestible energy to the HPP and MAD were 3950 Kcal/kg and 2830 kcal/kg respectively. It was concluded that *C. macropomum* has used more efficiently the protein and energetic fractions from PFM. At the same time *C. macropomum* shows ability to use efficiently the energetic fraction from soluble carbohydrates of YC.

Keywords: Digestibility, dry matter, crude protein, gross energy, gamitana.

Introducción

Los experimentos de alimentación de peces que involucran formulación de dietas, normalmente se han evaluado en términos de ganancia de peso y eficiencia de la conversión alimenticia. En tales experimentos solamente se conocen las concentraciones de proteína y energía, pero la disponibilidad de nutrientes es desconocida. Esta información explicaría por qué ciertas dietas dan mejores resultados que otras. A pesar de la existencia de tablas sobre composición de nutrientes, coeficientes de digestión y energía digestible para muchos insumos convencionales hechas para animales domésticos, éstas no son aplicables a peces y no existe sustento técnico para asumir que la digestibilidad de nutrientes de un insumo alimenticio es similar para peces, aves o vacas, lo que hace necesario estudios específicos.

Uno de los aspectos más importantes en la evaluación de la efectividad de un insumo alimenticio es la determinación de su digestibilidad, que mide la habilidad del pez para digerir y absorber los nutrientes de la dieta que ingiere. La formulación de dietas prácticas para peces se basa en el establecimiento de sus requerimientos nutricionales, que a su vez están relacionados con el contenido de nutrientes digestibles suministrados por los diferentes insumos alimenticios utilizados.

Para los estudios de digestibilidad se han desarrollado varios métodos, tales como los directos, alimentación forzada, cáma-

ras metabólicas y el uso de marcadores artificiales y naturales (Austreng 1978). Sin embargo, desde que Edin, en 1918, citado en Hanley (1987) propuso el uso de óxido crómico como un indicador inerte en determinaciones de digestibilidad para vacunos, este indicador ha sido comúnmente usado para peces (Nose 1971; Inaba et al. 1962; Windell y Bowen 1978; Smith et al. 1980).

Numerosos estudios han sido realizados sobre digestibilidad con especies tropicales tales como "bagre del canal" *Ictalurus punctatus*, "tilapia del nilo" *Oreochromis niloticus* y "carpa" *Cyprinus carpio* (Cruz 1975; Wilson et al. 1981; Popma 1982; Kirchgessner et al. 1986) y especies de agua fría tales como "trucha arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, (Smith et al. 1995). Sin embargo las investigaciones sobre alimentación y nutrición de "gamitana" *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818) son escasas, dispersas y se refieren básicamente al estudio de niveles de proteína y a estudios de rendimiento utilizando dietas preparadas con insumos comerciales (Carneiro et al. 1984b; Castagnolli & Zuim 1985; Da Silva et al. 1978, Gutierrez et al. 1996). Estimados específicos de la digestibilidad de la proteína y otros nutrientes a partir de insumos individuales no se encuentran disponibles para la mayoría de Characidos. Carneiro (1981) realizó estudios sobre digestibilidad de proteína por *C. macropomum* utilizando dietas isocalóricas preparadas con ingredientes simples. Fernandes et al.

Tabla 1. Composición porcentual de la dieta de referencia y las dietas prueba utilizadas para la determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente en "gamitana" *Colossoma macropomum*.

Ingrediente	Dieta de referencia	Dieta Harina de Pescado Peruana	Dieta Maíz Amarillo Duro
Maíz	25,22	17,65	17,65
Subproducto de trigo	20,00	14,00	14,00
Harina de Pescado	11,90	8,33	8,33
Aceite de Pescado	6,38	4,47	4,47
CO ₃ Ca	0,86	0,60	0,60
Premix (1)	0,50	0,35	0,35
Bentonita	3,00	3,00	3,00
BHT	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	1,00	1,00	1,00
Ingrediente prueba	0,0	30,00	30,00

(1): Vitaminas (como mg/kg de dieta). A: 5500 UI; D3: 1000 UI; E: 50 UI; K: 10; Colina: 550; Niacina: 100; Riboflavina: 20; Tiamina: 20; D-Pantetonato de Calcio: 50; Biotina: 0,10; Folacina: 5; B12: 20; Acido Ascórbico: 200; Inositol: 100.

Minerales (como mg/kg de dieta). Manganeseo: 115; Yodo: 2,80; Cobre: 4,30; Zinc: 88; Hierro: 44; Cobalto: 0,05; Calcio: 90%; Fósforo Disponible: 0,45%.

(2004) realizaron investigaciones sobre digestibilidad de insumos por *Piaractus brachyomus*. Éste tipo de información es necesaria para formular dietas nutricionales y económicamente factibles, con la finalidad de maximizar las ganancias y preservar la calidad del ambiente, previniendo la acumulación de ingredientes indigestibles en el agua.

El objetivo de este estudio fue determinar los coeficientes de digestibilidad aparente para materia seca, proteína cruda, lípido crudo y energía bruta de los ingredientes harina de pescado peruana y maíz amarillo duro, que son frecuentemente utilizados como fuentes de proteína y energía respectivamente en las dietas formuladas (Gutierrez, 1999) para la "gamitana" *C. macropomum*.

Materiales y métodos

Preparación de las dietas. La dieta de referencia (Tabla 1) fue formulada para satisfacer los requerimientos nutricionales de *C. macropomum*. En la preparación de la dieta de referencia se utilizaron insumos comerciales tales como harina de pescado, maíz amarillo duro, subproducto de trigo, torta de soya, aceite de pescado y aditivos tales como carbonato de calcio, premezcla de vitaminas y minerales, bentonita y BHT. El óxido crómico (Cr₂O₃) fue usado como un indicador inerte a una concentración de 1,0% de las dietas. Dos dietas prueba fueron formuladas usando 70% de la dieta de referencia y 30% de cada ingrediente examinado: harina de pescado peruana y maíz amarillo duro. El análisis proximal de los insumos examinados se muestra en la Tabla 2. Las dietas fueron mezcladas con agua (35 g/100 g de dieta), presionadas y peletizadas en una moledora de carne usando una criba de 2,5 mm y congeladas hasta ser usadas.

Peces y condiciones experimentales. Los peces fueron obtenidos por desove inducido, realizado en la Estación Experimental del IVITA-Pucallpa. Los peces experimentales (150 ± 25,5 g) fueron distribuidos en acuarios 100 L de capacidad, equipados con aireadores y termostatos. Allí los peces fueron alimentados con la dieta de referencia con el fin de adaptarlos

al alimento seco. Después de conseguir la adaptación los peces fueron trasladados a 6 acuarios de digestibilidad tipo CYAQ-2 (Cho et al. 1982) para iniciar el experimento. Cinco peces por cada acuario de digestibilidad fueron distribuidos al azar. Así mismo la dieta de referencia y las dietas prueba se distribuyeron al azar a cada uno de los seis acuarios de digestibilidad. Los peces fueron mantenidos en los acuarios de digestibilidad por 10 días antes de iniciar el experimento. Durante todo el experimento la calidad del agua permaneció estable. La concentración de oxígeno disuelto se mantuvo por encima de 7 mg/L, el pH entre 7 y 8, y la temperatura del agua a 27 °C. El agua ingresó a los estanques con un flujo diario y constante de 7,5 L/min. La relación luz/oscuridad fue de 13/11.

Técnicas de colección fecal. Para los tres ensayos de digestibilidad se utilizaron los mismos peces. Primero se realizó el ensayo con la dieta de referencia, usándose tres acuarios. Se distribuyeron cinco peces por acuario, replicados tres veces. Seguidamente se iniciaron los estudios con las dietas prueba harina de pescado peruana (HPP) y maíz amarillo duro (MAD), usándose tres acuario por dieta prueba. Cada uno de los ensayos tuvo una duración de nueve (9) días, durante los cuales los peces recibieron tres comidas diarias entre las 9:00 y 16:00 h, siendo ofrecidas las dietas únicamente mientras los peces mostraron un comportamiento alimentario activo, con el fin de asegurar que todo el alimento ofrecido haya sido ingerido por los peces. Una hora después de la última comida cada acuario de digestibilidad fue limpiado a fin de eliminar del sistema los residuos de alimento y heces. Así mismo se vació un tercio del agua de los acuarios para asegurar que el proceso de limpieza sea completo. A las 8:30 h del día siguiente, las heces sedimentadas fueron cuidadosa y suavemente extraídas por sifoneo, secadas en un horno convencional por 6 horas a 65 °C para reducir la humedad e inmediatamente congeladas y almacenadas hasta su uso. Estas heces libres de contaminación con partículas de alimento se consideraron una muestra representativa de las producidas a lo largo de un período de 24 horas. Este procedimiento se repitió durante nueve días, consiguiéndose aproximadamente 15 g de heces secas para los análisis químicos por cada acuario de digestibilidad.

Análisis químicos. Se utilizó el análisis químico proximal (AOAC, 1990) para determinar los contenidos de humedad, proteína, lípidos, fibra, ceniza y extracto libre de nitrógeno, tanto de los insumos examinados, dietas, como de las heces. La materia seca se calculó a partir de los valores obtenidos en el análisis proximal. Así mismo la energía bruta fue cuantificada usando los valores calóricos de At Water: 5,65 kcal/g, 9,4 kcal/g

Tabla 2. Análisis proximal (%) y energía bruta de los ingredientes prueba suministrados a *Colossoma macropomum* para la determinación de los Coeficientes de Digestibilidad Aparente.

Parámetro	Harina de pescado peruana	Maíz amarillo duro
Humedad	7,30	14,68
Proteína	65,44	7,78
Lípidos	8,87	3,50
Fibra	----	3,77
Ceniza	15,90	1,75
ELN	----	68,52
Energía Bruta (kcal/kg)	4530	3770

Tabla 3. Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípido crudo (LC), energía bruta (EB) y energía digestible aparente (EDA) de los ingredientes harina de pescado peruana (HPP) y maíz amarillo duro (MAD) suministrados a la "gamitana" *Colossoma macropomum*. CAI: Código Alimentario Internacional.

Insumo	CAI	MS%	PC%	LC%	EB%	EDA Kcal/kg
HPP	5-13-111	88,06 ± 0,83	87,08 ± 1,34	85,87 ± 2,69	87,29 ± 1,57	3950
MAD	4-02-935	82,38 ± 1,02	75,46 ± 1,53	76,17 ± 2,43	75,04 ± 1,80	2830

y 4,15 kcal/g para proteína, lípidos y carbohidratos respectivamente (Maynard et al. 1981). Las concentraciones de óxido crómico fueron determinadas de acuerdo al método descrito por la AOAC (1990).

Estimaciones de la digestibilidad. Las estimaciones del porcentaje de digestibilidad aparente fueron realizadas sobre la base de la cantidad de heces en cada una de las réplicas colectadas durante nueve días. Los Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) para materia seca, proteína cruda, lípido crudo y energía bruta fueron determinados utilizando las ecuaciones descritas por Wu et al. (2006):

$$\text{CDA}\% = 100 [1 - (C_f / C_i) (M_i / M_f)]$$

Donde C_i y C_f son las concentraciones (%MS) del nutriente en la dieta ingerida y las heces producidas respectivamente y M_i y M_f son las concentraciones (%MS) del marcador inerte (Cr_2O_3) en la dieta ingerida y en las heces producidas respectivamente. El CDA de un nutriente en un ingrediente (CDA_{ingr}) agregado a la dieta de referencia fue calculado por diferencia, asumiendo efectos no asociativos entre el ingrediente agregado y la dieta de referencia. La digestibilidad aparente del ingrediente prueba usó la contribución nutricional de éste, más que su contribución como peso (Forster 1999).

$$\text{CDA}_{\text{ingr}} (\%) = (\text{DAN}_{\text{com}} - [\text{DAN}_{\text{ref}} \{1 - \text{TS}_{\text{nut}}\}]) / \text{TS}_{\text{nut}}$$

Donde DAN_{com} es el CDA (%) del nutriente en la dieta combinada, DAN_{ref} es el CDA (%) del nutriente en la dieta de referencia y TS_{nut} es la tasa de sustitución (como decimal) para el nutriente examinado. El cálculo de la TS_{nut} es:

$$\text{TS}_{\text{nut}} = (N_{\text{test}} \text{TS}_{\text{peso}}) / ([N_{\text{test}} \text{TS}_{\text{peso}}] + [N_{\text{ref}} \{1 - \text{TS}_{\text{peso}}\}])$$

Donde N_{test} es la concentración (%) del nutriente en el ingrediente prueba, N_{ref} es la concentración (%) del nutriente en la dieta de referencia y TS_{peso} es la tasa de sustitución en la dieta de referencia sobre una base de peso (en decimal: 0,3).

Análisis de datos. Los datos fueron presentados como medias (\pm DS) de tres replicas por cada dieta. Los datos de digestibilidad derivados de la dieta de referencia y las dietas prueba fueron usados para calcular los coeficientes de digestibilidad aparente, los cuales no se compararon estadísticamente porque no fueron variables experimentales.

Resultados y discusión

Los parámetros de calidad del agua fueron: temperatura, 27 °C; pH, 7,5 y oxígeno disuelto, 7 mg/L. Aquellos valores estuvieron dentro de los límites aceptables para *C. macropomum*.

Los coeficientes de digestibilidad (CDA) para materia seca (MS), proteína cruda (PC), lípido crudo (LP), energía bruta (EB) y la energía digestible aparente para harina de pescado peruana y maíz amarillo duro se presentan en el Tabla 3.

El CDA de la MS para la harina de pescado peruana en la "gamitana" fue alto (88,06 ± 0,83), casi similar al obtenido por

Fernández et al. (2004) en *Pyaractus brachypomus*. Allen et al. (2000) obtuvieron un amplio rango de valores (76,8—93,9%) para el CDA de la MS de diferentes tipos de harina de pescado en la perca plateada australiana *Bidyanus bidyanus*. Por otro lado, Wu et al. (2006) obtuvieron un bajo CDA de la MS (54,1%) en *Sparus latus*. La digestibilidad de la harina de pescado en diferentes especies ícticas varía con la calidad de la harina de pescado, la cuál depende del tipo de materia prima usada para producir la harina. La "anchoveta" (*Engraulis ringens*) es usada como materia prima para la fabricación de harina de pescado peruana, considerada una de las mejores del mundo por su alto contenido de proteína además de su excelente score de aminoácidos.

El CDA de la MS para el maíz amarillo duro en *C. macropomum* fue alto (82,38 ± 1,02%). Kirchgessner et al. (1986) y Barros et al. (1988) determinaron un CDA de la MS para el maíz amarillo duro ligeramene más alto (90,0 y 86,9%) en *Cyprinus carpio* y *Oreochromis niloticus* respectivamente.

El CDA de la PC para la harina de pescado peruana en la "gamitana" fue encontrado alto (87,08 ± 1,34%). Los CDA de la PC para la harina de pescado blanca en *Ictalurus punctatus* y *Oreochromis aureus* fueron de 88 y 85% respectivamente (Wilson & Poe, 1985; Popma, 1985), similares al CDA encontrado en el presente estudio Sin embargo, Fernández et al. (2004) encontró un CDA de la harina de pescado de 90,14% en *Piaractus brachypomus*. Con referencia al maíz amarillo duro el CDA de la PC en *C. macropomum* fue mas bajo (75,46 ± 1,53%), si lo comparamos con los CDA obtenidos en el híbrido *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* (97,9%), *Cyprinus carpio* (93,3%) y *O. niloticus* (87,1%) (Takeuchi et al. 1994; Degani et al. 1997; Furuya et al. 2001). No obstante, los valores encontrados confirman la capacidad de esta especie para digerir tanto alimento animal como vegetal. En su ambiente natural, los juveniles de *C. macropomum* son omnívoros y prefieren una dieta de abundante zooplancton, frutos y semillas (Honda 1974; Goulding & Carvalho 1982; Saint-Paul 1986).

El CDA de los LC para la harina de pescado peruana en *C. macropomum* fue de 85,87 ± 2,69%, Pezzato et al. (2002), reporta un CDA mas bajo (80,1 %) para *Oreochromis niloticus*. De igual forma, Fernández et al (2004) encontró un CDA mas bajo para la harina de pescado (77,0%). Contrariamente, Popma (1982) reporta un CDA mas alto (98.0 %) para *Oreochromis aureus*. El CDA de los LC para el maíz amarillo duro en *C. macropomum* (76,17 ± 2,43%) fue más bajo que el CDA encontrado en *O. niloticus*. (94,4%) por Furuya et al. (2001).

El CDA de la EB para la harina de pescado peruana en *C. macropomum* fue de 87,29 ± 1,57%. Utilizando harina de pescado peruana en *Sparus latus*, Wu et al. (2006) encontró un CDA de la EB de 77,4%. Por otro lado, Cho et al. (1982) encontró un CDA de 91% para la *O. mykiss*. Con respecto al maíz amarillo duro, se encontró un valor de 75,04 ± 1,80% para

la EB. Los CDA calculados para la harina de pescado peruana y maíz amarillo duro, demuestran una adecuada utilización de la EB por la *C. macropomum*.

Los valores de energía digestible de la harina de pescado peruana y maíz amarillo duro por la *C. macropomum* fueron de 3950 kcal/kg y 2830 kcal/kg respectivamente. Similares resultados para la harina de pescado fueron obtenidos en *Ictalurus punctatus* (Wilson & Poe 1985) y *O. niloticus* (Furuya et al. 2001). Los mismos autores señalan valores más altos para el maíz amarillo duro. La harina de pescado tiene un contenido de lípidos mayor que otros ingredientes. La oxidación lipídica rinde aproximadamente dos veces más energía que la oxidación de carbohidratos y proteínas. Igualmente la fibra cruda (materia no digestible) es menor en la harina de pescado. Sin embargo la dieta natural de *C. macropomum* es rica en material vegetal, lo que supone que esta especie utiliza eficientemente los carbohidratos solubles como fuente de energía.

Se concluye que los datos de digestibilidad generados por la harina de pescado peruana y el maíz amarillo duro en *C. macropomum* fueron similares a los generados por otras especies omnívoras de ambientes tropicales. Los CDA obtenidos para la harina de pescado peruana y maíz amarillo duro demuestran una eficiente utilización por la *C. macropomum* de las fracciones proteica y energética, cuando esta especie es alimentada con dietas prácticas donde se utilizan la harina de pescado peruana y el maíz amarillo duro como fuentes de proteína y energía respectivamente.

Literatura citada

- Allen G.L., S. Parkinson, M.A. Booth, D.A.J. Stone, S.J. Rowland, et al. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture* 186: 293-310.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA.
- Austreng E. 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, 13:265-272.
- Barros M.M., L.E. Pezzato, A.C. Silveira & A.C. Pezzato. 1988. 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.
- Carneiro D.J. 1981. digestibilidade proteica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, Pisces. An. 2. Simp. Bras. Aquicult. E 2 Enc. Nac. Ranicult., SU-DEPE, Brasilia, pp. 788-800.
- Carneiro D.J., Castagnolli, N., Machado, C.R. & Verardino, M. 1984b. Nutricio do pacú, *Colossoma mitrei* (Berg 1895). III. Niveis de energia metabolizavel em dietas isoproteicas. An. Simp. Bras. Aquicult. III Sao Carlos-Sp, pp. 133-146.
- Castagnolli N. & S.M.F. Zuim. 1985. Cosolidacao do conhecimento adquirido sobre o pacú (*Colossoma mitrei* Berg 1895). Jabocatibal, FCAU, Bol. Tec., 30 pp.
- Cho C.Y., S.J. Slinger, & H.S. Bayley. 1982. Bioenergetic of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B:25-41.
- Cho C.Y. 1987. La energía en la nutrición de peces. pp 197-243. En: *Nutrición en Acuicultura*. Vol II. J. Espinosa de Los Monteros y U. Labarta Editores. FEUGA-CAICYT, Madrid, España. 318 pp.
- Cruz E.M. 1975. Determination of nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel catfish. Ph.D. Disseration. Auburn University, Auburn, AL., 93 pp.
- Da Silva A.B., D. Carneiro, F. Sobrinho & R. Melo. 1978. Monocultivo del "tambaquí" *Colossoma macropomum*. CERLA, Brasil. 32 pp.
- Degani G., S. Viola, & M. Yehuda. 1997. Apparent digestibility coefficients of protein sources for carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Research* 28: 23-28.
- Fernández J.B.K., R. Lochmann & F. Alcantara. 2004. Apparent Digestible Energy and Nutrient Digestibility Coefficients of Diet Ingredients for Pacu *Piaractus brachipomus*. *Aquaculture* (35) 2: 237-244.
- Forster I. 1999. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrient provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition* 5:143-145.
- Furuya W. M., L.E. Pezzato, E.C. de Miranda, V.R.B. Furuya, & M.M. Barros. 2001. Apparent digestibility coefficient of energy and nutrient of some ingredients of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum* 23:465-469.
- Goulding M. & M.L. Carvalho. 1982. Life history and management of tambaqui *Colossoma macropomum*, Characidae: An important Amazonian food fish. *Rev. Bras. Zool.* 1:107-133.
- Gutierrez W., J. Zaldívar, S. Deza & M. Rebaza. 1996. Utilización de dietas prácticas con diferentes niveles de aminoácidos azufrados totales para el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*), Pisces Characidae. *Folia Amazónica*, 7 (1-2): 195-200.
- Gutierrez F.W. 1999. Efecto de diferentes niveles de energía digestible y proteína sobre el comportamiento productivo y la utilización de la energía de "gamitana" *Colossoma macropomum*. Tesis para optar el Grado Académico de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. 129 pp.
- Hanley F. 1987. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determination in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 66: 163-179.
- Honda E.M.S. 1974. Contribucao ao conhecimento da biología de peixes do amazonas. II. Alimentacao de tambaqui *Colossoma bidens* (Spix). *Acta Amazónica*. 4:47-53.
- Inaba D., L. Ogino, C. Takamatsu, S. Sugano & H. Hata. 1962. Digestibility of dietary components of fishes. I. Digestibility of dietary proteins in rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish*, 28:367-371.
- Kirchgessner M., H. Kurzinger, & F.J. Schwartz. 1986. Digestibility of crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 58:185-194.
- Maynard L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz & R.G. Warner. 1981. *Nutrición Animal*. Septima Edición. McGraw-Hill, New Cork, USA.
- Nose T. 1971. Determination of nutritive value of food protein in fish. III. Nutritive value of casein, white fish meal and soybean meal in rainbow trout fingerling. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 21:85-98.
- Pezzato L.E., E.C. Miranda, M.M. Barros, L.G.Q. Pinto, W.M. Furuya, et al. 2002. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus*. *Revista Brasileira de Zootecnia*.

- Popma T.J. 1982. Digestibility of selected feedstuffs and naturally occurring algae by tilapia. Ph.D. Dissertation. Auburn University, Auburn, AL., 78 pp.
- Saint-Paul U. 1986. Potencial for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240.
- Smith R.R., M.C., Peterson & A.C. Allred. 1980. Effect of leaching on apparent digestion coefficients of feedstuffs for salmonids. *Prog. Fish-Cult.*, 42: 195-199.
- Smith R.R., R.A. Winfree, G.W. Rumsey, A. Alred & M. Peterson. 1995. Apparent digestion coefficients and metabolizable energy of feed ingredients for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(4):432-437.
- Takeuchi T.T., M. Hernandez & T. Watanabe. 1994. Nutritive value of gelatinized corn meal as a carbohydrate source to grass carp and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Fisheries Science* 60: 573-577.
- Wilson R.P. & W.E. Poe. 1985. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. *Progressive Fish-Culturist* 47:154-158.
- Windell J.T. & S.H. Bowen. 1978. Methods for the study of fish diets based on analysis of stomach contents.,p. 152-191. In: T.B. Bagenal (Editors). *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*. 3rd. Edition. Blackwell, Oxford.
- Wu X.Y., Y.J. Liu, & L.X. Tian. 2006. Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for yellow seabream, *Sparus latus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 37 (3): 237-245.

