

---

## ALIMENTACIÓN DE ALEVINES DE *Colossoma macropomum* CON DIETAS A BASE DE *Erythrina edulis* Y SOYA

---

Marielba Morillo, Tomas Visbal, Leandra Rial, Fernando Ovalles, Pierre Aguirre  
y Ana Luisa Medina

### RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la eficiencia de dos dietas alternativas en la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra), utilizando como fuente proteica *Erythrina edulis* (chachafruto) y *Glycine max* (soya), como sustituto de la harina de pescado, en comparación con una dieta testigo a base de harina de pescado. Las dietas se formularon con un porcentaje teórico de proteína bruta (PB) de 30%. Se seleccionaron alevines de cachama negra con un peso inicial entre 1,88 y 2,08g. La alimentación se hizo ad libitum, durante 10 semanas. Se pudo observar de manera directa (visual) que los peces tuvieron buena aceptación del alimento y gran voracidad, y ningún parámetro

de crecimiento varió significativamente en función del alimento recibido durante las 10 semanas que duró la experiencia. En cuanto a la composición corporal de la cachama negra alimentada con las diferentes dietas, el porcentaje de proteína (en base seca) se encuentra entre 66,03 y 68,75 y no hubo diferencias significativas entre ellas, mientras que el contenido de lípidos (%MS) se encontró entre 11,26 y 16,03% y sí presentó diferencias significativas entre dietas. De acuerdo a los resultados, una sustitución total de la harina de pescado por harina de chachafruto y harina de soya conduciría a buenos resultados para la alimentación de alevines de cachama.

### Introducción

En la actualidad cerca de 300 especies de peces son cultivadas en el mundo para consumo humano; la mayor parte criados con dietas artificiales formuladas para atender

de la forma más precisa y eficiente sus particulares exigencias de nutrientes. La continua expansión y mejoramiento de la producción de esta industria exige permanentes avances relacionados con la formulación y fabrica-

ción de dietas balanceadas de bajo costo y alta eficiencia para promover máximo crecimiento en el menor tiempo posible y niveles mínimos de impacto ambiental (Vásquez-Torres *et al.*, 2002). Además, con el aporte adecuado de

nutrientes para cada estadio fisiológico del pez a fin garantizar una máxima supervivencia.

La cachama negra, *Colossoma macropomum* Cuvier 1818, es una de las principales especies acuícolas de Vene-

---

**PALABRAS CLAVE / Alevines / Alimentación / Cachama Negra / Chachafruto / *Colossoma macropomum* / *Erythrina edulis* / Soya /**

Recibido: 10/06/2012. Modificado: 06/02/2013. Aceptado: 18/02/2013.

**Marielba Morillo.** M.Sc. en Química de Medicamentos y estudiante de Doctorado en Ciencias Medicas Fundamentales, Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela. Dirección: Departamento de Ciencias de Los Alimentos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Sector Campo de Oro, edificio Car-

los Edmundo Salas. Código Postal 5101. Mérida, Venezuela. e-mail: marimorillo@gmail.com

**Tomas Visbal.** M.Sc. en Química de Medicamentos y estudiante de Doctorado en Química de Medicamentos, ULA, Venezuela. e-mail: tomasvisbal34@gmail.com

**Leandra Rial.** TSU Pecuario, ULA-MPPS-INHRR, Venezuela. e-mail: leandrarial@gmail.com

**Fernando Ovalles.** M.Sc. en Análisis Farmacéutico, University of Strathclyde, RU. Doctor en Química Analítica, ULA, Venezuela. Profesor, ULA, Venezuela. e-mail: ovallesd@ula.ve

**Pierre Aguirre.** Doctor en Fisiología y Nutrición. Université de Paris VI, Francia. Ingeniero, INRA, Francia. e-mail: aguirre@st-pee.inra.fr

**Ana Luisa Medina.** Doctor en Ciencias de Alimentos, Université de Bourgogne, Francia. Profesor, ULA, Venezuela. e-mail: analuisa.medina@gmail.com

## FEEDING OF *Colossoma macropomum* ALEVINS WITH *Erythrina edulis* AND SOYBEAN BASED DIETS

Marielba Morillo, Tomas Visbal, Leandra Rial, Fernando Ovalles, Pierre Aguirre and Ana Luisa Medina

### SUMMARY

The current study was carried out with the purpose of determining the efficiency of two alternative diets in the feeding of *Colossoma macropomum* ('cachama negra') alevins, using *Erythrina edulis* ('chachafruto') and soybean as the protein source and as substitute of fishmeal, comparing it with a control diet based on fishmeal. The diets were formulated with a crude protein (CP) theoretical percentage of 30. *C. macropomum* alevins were selected with an initial weight between 1.88 and 2.08g. The feeding was ad libitum during 10 weeks. It was possible to observe directly (visually) that the fish had good acceptance of the food and great voracity, and none of

the growth parameters varied significantly as a function of the food received during the 10 weeks that the experiment lasted. With regard to the body composition of the *C. macropomum* fed with the different diets, the percentage of protein (% of dry matter) was between 66.03 and 68.75, without significant differences between the diets, while the lipid content (% DM) was between 11.26 and 16.03 and showed significant differences between diets. According to the results, a total substitution of fishmeal by *E. edulis* and soybean flour would lead to good results in the feeding of *C. macropomum* alevins.

## ALIMENTAÇÃO DE ALEVINES DE *Colossoma macropomum* COM DIETAS A BASE DE *Erythrina edulis* E SOJA

Marielba Morillo, Tomas Visbal, Leandra Rial, Fernando Ovalles, Pierre Aguirre e Ana Luisa Medina

### RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de determinar a eficiência de duas dietas alternativas na alimentação de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra), utilizando como fonte protéica *Erythrina edulis* (chachafruto) e *Glycine max* (soja), como substituto da farinha de peixe, em comparação com uma dieta testemunho a base de farinha de peixe. As dietas foram formuladas com uma porcentagem teórica de proteína bruta (PB) de 30%. Selecionaram-se alevines de cachama negra com um peso inicial entre 1,88 e 2,08g. A alimentação foi feita ad libitum, durante 10 semanas. Pode ser observado, de maneira direta (visual), que os peixes tiveram boa aceitação do alimento e grande voracidade, e nenhum pa-

rametro de crescimento variou significativamente em função do alimento recebido durante as 10 semanas que durou a experiência. Quanto a composição corporal da cachama negra alimentada com as diferentes dietas, a porcentagem de proteína (em base seca) se encontra entre 66,03 e 68,75 e não houve diferenças significativas entre elas, enquanto que o conteúdo de lipídios (%MS) se encontra entre 11,26 e 16,03% e sim apresenta diferenças significativas entre dietas. De acordo aos resultados, uma substituição total da farinha de peixe por farinha de chachafruto ou farinha de soja conduziria a bons resultados para a alimentação de alevines de cachama.

zuela y requiere de una dieta que cubra sus requerimientos nutricionales, especialmente de proteína y energía. La proteína es uno de los más importantes nutrientes que afecta el rendimiento piscícola (Gutiérrez *et al.*, 2010), pero a su vez es uno de los componentes más costosos en la dieta (Cho *et al.*, 2005; Craig y McLean, 2005; Miller *et al.*, 2005). Es importante que la proteína sea utilizada para la síntesis del músculo y tejidos, y no para el metabolismo energético, si se quiere rentabilizar la dieta (William *et al.*, 2003; Ozorio *et al.*, 2006).

El nivel de energía en la dieta también es crítico, debido a que altos niveles de energía en la dieta pueden reducir el consumo de alimento y la ingesta de nutrientes necesarios para obtener un buen crecimiento y, por ende,

un excelente rendimiento. Por otro lado, bajos niveles de energía en la dieta pueden causar que la proteína deba ser usada como fuente de energía para satisfacer los requerimientos energéticos para el metabolismo basal de los peces, en lugar de ser usada para el crecimiento. Por lo tanto, la proteína dietaria y los niveles de energía deben estar en un balance adecuado para optimizar la producción piscícola. (Gutiérrez *et al.*, 2010).

Una inadecuada relación entre proteína y energía en la dieta conduce a un aumento de los costos de producción de peces y el deterioro de la calidad del agua resultante del desperdicio del alimento (Lee y Kim, 2005).

Existen numerosos trabajos que describen diferentes fórmulas dietéticas para especies

como *Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum*. No obstante, la información sobre el requerimiento óptimo proteico-energía en dieta para el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) es escasa (Carneiro *et al.*, 1994; Abimorad y Carneiro, 2007). Las formulaciones de referencia se basan en diversos ingredientes, fundamentalmente harinas de pescado, carne, sangre, torta de soja, algodón, palma, harina de maíz, de trigo, mogolla de trigo, aceites diversos, gluten, etc. El uso de estas materias primas en distintas proporciones, dificultan la interpretación y comparación de los resultados y consecuentemente, su aplicación en los procesos de formulación y fabricación de dietas comerciales (Gutiérrez y Vásquez, 2008).

La alimentación de *C. macropomum* con dietas isocaló-

ricas (2,7kcal de ED/g) y concentraciones de proteína de 30, 35 y 40%, respectivamente, no resultaron en diferencias significativas en cuanto a ganancia de peso (Merola y Cantelmo, 1987; Macedo, 1979; Carneiro, 1981). Se ha demostrado que esta especie crece muy bien con alimento para cerdos y carpas (CEPTA, 1987). Además, se encontró que el *P. mesopotamicus* creció adecuadamente con niveles de 25% de proteína y 2600kcal de ED/kg, cuando se utilizaron diferentes proporciones de proteína de origen animal y vegetal (CEPTA, 1987). Vásquez-Torres *et al.* (2002) señalaron que una dieta semipurificada suplementada con macro minerales y vitaminas con un 32,3% de proteína era la adecuada para la nutrición de juveniles de *P. brachypomus* (Cuvier 1818).

Tomando en cuenta la preferencia de *C. macropomum* (cachama negra) por el arroz silvestre *Oryza perennis* (gramínea) en su ambiente natural, fueron diseñados experimentos para evaluar el efecto del polvillo de arroz con 9,1% de proteína cruda, logrando que aumentaran su peso en 0,47g/día (Saint-Paul, 1986).

En el caso del *P. mesopotamicus* los requerimientos de proteína en la dieta para un mejor crecimiento varía entre 260 y 360g·kg<sup>-1</sup>, mientras el nivel de energía dietética depende de la talla del pez (Brenner, 1988; Fernandes *et al.*, 2000; Bicudo *et al.*, 2010). Sin embargo, aunque es controversial, la utilización de proteína para el crecimiento puede ser mejorada sustituyendo parcialmente la proteína dietética por fuentes de energía no proteicas como son lípidos y carbohidratos (Seenappa y Devaraj, 1995; Satpathy *et al.*, 2003; Kim y Lee, 2005; Wang *et al.*, 2005; Ozorio *et al.*, 2006; Mohanta *et al.*, 2007).

Pocas publicaciones hablan sobre los requerimientos de aminoácidos en especies como *P. mesopotamicus*, *C. macropomum*, o su híbrido (*C. macropomum* ♀ x *P. mesopotamicus* ♂) (Muñoz y Carneiro, 2002).

En el presente trabajó se diseñaron dietas utilizando como principal fuente proteica a *Erythrina edulis* (chachafruto) y *Glycine max* (soya). *E. edulis* es una de las 115 especies del género *Erythrina* reportada en el mundo y pertenece a la familia Fabácea. Se encuentra desde Venezuela hasta Bolivia, entre 1000 y 3000m sobre el nivel del mar (Muñoz *et al.*, 1999). Los granos pueden ser utilizados en la alimentación animal (cerdos, aves, pescado) y las hojas son apreciadas como forraje para el ganado, gracias a que tiene un contenido de proteína bruta de 24% (Muñoz *et al.*, 1999).

También cabe mencionar que la semilla de soya es considerada una fuente importante de proteína vegetal para la alimentación animal, por ser una excelente fuente de proteínas y vitaminas (Bressani y Elias, 1980). Es la proteína

TABLA I  
FORMULACIÓN Y COMPOSICIÓN PROXIMAL  
DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES  
Y LA DIETA TESTIGO

Materias primas <sup>1</sup>	Dieta MM01	Dieta MM02	Dieta MM03 (testigo)
Torta de soya	40	30	0
Harina de chachafruto	40	50	0
Harina de maíz amarillo	0	0	27
Harina de Pescado	0	0	38
Afrecho de trigo	8	8	8
Aceite de Soya	6	6	6
Almidón gelatinizado	0	0	15
Pre mezcla de vitaminas	1	1	1
Pre mezcla de minerales	1	1	1
Ligante (CMC) <sup>2</sup>	4	4	4
Total	100	100	100
Análisis proximal			
MS (g/100g)	91,6	92,5	93,1
Proteína cruda (g/100 MS)	28,9	31,2	32,5
Lípido crudo (g/100g MS)	6,8	6,7	10,9
Cenizas (g/100g MS)	6,3	6,6	8,5
Energía digestible (cal/100g) <sup>3</sup>	430	412,1	423,4
Relacion ED/PB <sup>4</sup>	14,9	13,2	13,0

<sup>1</sup> Otros ingredientes: Premezcla de vitaminas (1%) componentes por kg: cloruro de colina 200g; vitamina E 10g; vitamina C 20g; acetato de vitamina A 500000 UI/g 1g; vitamina D<sub>3</sub> a 100000UI/g 2,5g; vitamina B<sub>3</sub> o PP (ácido nicotínico) 1g; vitamina B<sub>5</sub> 2g; vitamina B<sub>1</sub> 0,1g; vitamina B<sub>2</sub> 0,4g; Vitamina B<sub>6</sub> 0,3g; vitamina B<sub>9</sub> 0,1g; concentrado de vitamina B<sub>12</sub> 1g; vitamina B<sub>8</sub> 1g; meso-inositol 30g; celulosa 729,6g. Premezcla de minerales, componentes por kg: fosfato bicálcico 500g; carbonato de Ca 212g; cloruro de Na 40g; hidróxido de Mg 124g; sulfato de Fe 20g; sulfato de Zn 4g; sulfato de Mg 3g; sulfato de Cu 3g; sulfato de Co 0,02g; yoduro de K 0,04g; selenito de Na 0,03g; fluoruro de Na 1g (NRC, 1993).

<sup>2</sup> CMC: carboximetilcelulosa (ligante).

<sup>3</sup> ED calculada tomando como base los valores fisiológicos estándar de energía digestible para peces: proteínas 4,54; lípidos 8,6 y carbohidratos 3,58 (De Silva y Anderson, 1995).

<sup>4</sup> Relación teórica estimada a partir de niveles de energía digestible (ED) calculada y proteína bruta (PB) formulada.

vegetal más abundante y con uno de los mejores perfiles de aminoácidos para cubrir los requerimientos nutricionales de peces, por lo que se han hecho múltiples estudios para evaluar su eficiencia en dietas para peces (NRC, 1993; Lim *et al.*, 1998).

El objetivo de este trabajo fue ensayar la eficiencia de dos dietas alternativas utilizando como fuente proteica *Erythrina edulis* (chachafruto) y *Glycine max* (soya), como sustituto de la harina de pescado en la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra).

#### Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de nutrición acuícola del Departamento de Ciencias de los Alimentos,

Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela. Fueron utilizados animales machos y hembras obtenidos de la estación piscícola de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), Venezuela, con un tiempo de vida de 60 días después de la eclosión.

#### Material biológico

Como material biológico se emplearon 450 especímenes de cachama negra (*C. macropomum*) distribuidos en nueve tanques de capacidad de 50 litros, a razón de 50 peces por tanque. El peso promedio de los alevines varió entre 1,88 y 2,08g.

Se ensayaron tres dietas (MM01, MM02 y MM03), cada una por triplicado. Los

tanques fueron seleccionados en forma aleatoria y se le asignó la dieta. La alimentación se hizo *ad libitum*, alimentando tres veces al día durante 10 semanas. Se empleó un sistema de recirculación de agua con flujo continuo (1,40 l/min) y aireación permanente para conservar los niveles de oxígeno próximos a saturación. El agua fue reciclada utilizando un sistema central con un filtro biológico para remover partículas en suspensión y reducir la concentración de amonio, nitrito y nitratos. Las condiciones se mantuvieron similares al ambiente natural; la temperatura del agua se graduó con un termostato Lifetech Aquarium a 28 ±1°C, el pH se midió semanalmente y se mantuvo a 7,4 ±0,2 y la concentración de nitratos y nitritos fue <0,02ppm. La determinación de nitritos y nitratos se realizó una vez por semana utilizando el Kit marca Aquarium Pharmaceuticals (API), e igualmente se midió el contenido de oxígeno, utilizando un oxímetro Sper Scientific. Los peces fueron pesados cada 15 días y se determinó el consumo de alimento en ese periodo.

#### Dietas

Las dietas fueron formuladas para tener un 30% de proteína (Tabla I) tomando como referencia a Vásquez-Torres *et al.* (2002). Las mezclas, tanto de minerales como de vitaminas, fueron suministradas por el INRA Saint Pée Sur Nivelles, Francia, cumpliendo con los requisitos de NRC (1993). El chachafruto *E. edulis* se cosechó en el jardín botánico de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la ULA; su harina se obtuvo por secado a 55°C durante 6h con molienda posterior, y se almacenó en envase hermético a 5°C. Por otro lado, se utilizaron insumos de calidad (afrecho, harina de maíz amarillo y harina de soya) obtenidos en el mercado principal de la localidad de Mérida, Venezuela. A la harina de

TABLA II  
CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN LA DIETAS A BASE DE *E. edulis* Y SOYA,  
UTILIZADAS PARA ALIMENTAR A ALEVINES DE *C. macropomum*

Aminoácidos	Composición de aminoácidos g.kg <sup>-1</sup>				Valores de referencia	
	MM01	MM02	MM03	Harina de chachafruto	<sup>1</sup> Torta de soya	<sup>2</sup> Requerimientos para juveniles de pacú
Arginina*	27,2 ±0,07	31,7 ±0,18	28,7 ±0,10	13,3 ±0,25	75,7	12,4
Histidina*	9,9 ±0,86	8,7 ±0,59	10,7 ±0,79	8,8 ±0,10	26,5	4,7
Isoleucina*	21,7 ±0,02	27,2 ±0,10	25,9 ±0,04	14,1 ±0,03	45,3	7,8
Leucina*	34,2 ±0,01	41,5 ±0,17	42,0 ±0,04	23,0 ±0,03	77,9	15,6
Lisina*	26,3 ±0,25	31,3 ±0,02	38,4 ±0,03	19,2 ±0,13	65,1	17,7
Metionina*	1,1 ±0,04	4,3 ±0,03	10,7 ±0,15	2,7 ±0,004	12,7	4,1
Fenilalanina*	19,8 ±0,01	24,7 ±0,09	21,2 ±0,07	12,2 ±0,01	49,5	8,0
Triptófano*	nd	nd	nd	nd	14,2	-
Valina*	21,7 ±0,21	28,8 ±0,39	27,9 ±0,17	18,5 ±0,04	45,0	8,6
Tirosina**	20,1 ±0,04	27,9 ±0,03	28,6 ±0,04	14,2 ±0,06	35,0	6,3
Treonina	15,1 ±0,12	16,7 ±0,02	4,6 ±0,02	9,0 ±0,06	39,7	9,0
Ácido aspártico	46,2±0,04	42,3 ±0,03	35,7 ±0,02	31,7 ±0,23	-	-
Serina	16,2±1,02	21,5 ±0,07	nd	11,4 ±0,04	-	-
Ácido glutámico	71,4±0,37	82,4 ±1,19	65,5±1,9	41,3 ±0,23	-	-
Glicina	15,0 ±0,26	21,8 ±0,06	25,9 ±2,07	12,1 ±0,06	-	-
Alanina	17,0±0,01	16,6±0,14	12,8 ±0,11	11,8 ±0,01	-	-

Concentración de aminoácidos (media ±SD, n= 2), nd: valor no determinado

\*AA esenciales en peces

\*\*AA semi-esencial

No se determinó la concentración de cistina.

<sup>1</sup>Valores de AA en muestras que fueron extraídas con solventes (Vásquez-Torres, 2004)

<sup>2</sup>Perfil de aminoácidos esenciales estimados para pacú (Abimorad *et al.*, 2010)

soya usada se le extrajo los lípidos con hexano y se secó en estufa MEMMERT a 40°C.

Se empleó carboximetilcelulosa como agente aglutinante no nutritivo. Todas las dietas fueron similares en cuanto a textura, tamaño de partícula y calidad de los ingredientes utilizados. La granulometría de las dietas se adaptó para la alimentación de los alevines a través de tamices a dos tamaños (0,5 y 1mm) y se comenzó a alimentar con gránulos de 0,5mm de diámetro.

#### Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal de las dietas y al final del ensayo se analizó la composición de la carcasa de los peces. A las tres dietas (MM01, MM02 y MM03; Tabla I) se les determinó materia seca, porcentajes de proteína y lípidos, y cenizas, empleando la metodología descrita por la AOAC (2000). Para la determinación de materia seca se empleó el método

de desecación en estufa, para lo cual se utilizó una estufa MEMMERT a 103 ±1°C durante 24h (hasta peso constante) y se calculó la pérdida de agua en la muestra por diferencia de peso. El contenido de proteína se obtuvo mediante la cuantificación de N<sub>2</sub> total por el método Kjeldahl, utilizando un dispositivo de auto-análisis Kjeltac 2300, después de someter la muestra a digestión en caliente con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. Para el análisis de lípidos totales se empleó el método soxhlet, para lo que se empleó el equipo VELP Soxhlet. La determinación del porcentaje de cenizas se realizó por incineración de las muestras en mufla marca Linberg Blue digital a 600°C hasta obtener cenizas blancas.

#### Determinación del perfil de aminoácidos

Se realizó la hidrólisis de las muestras de las dietas (MM01, MM02, MM03 y ha-

rina de chachafruto) con HCl 6M, durante 24h a ebullición constante (107-109°C), después de inhibir la oxidación de las mismas utilizando una purga de N<sub>2</sub> durante 2min (Cohen y Michaud, 1993).

La derivatización de las muestras y del estándar (Albumin bovina fracción V, N° 17-8022 (96-99%, remanente globulinas) de Sigma Chemical. Se llevó a cabo empleando el Kit AccQFluor, constituido por AQC diluido en acetonitrilo y disolución tampón de borato sódico 0,2mM a pH 8,8 (Waters. Milford, MA, EEUU).

El equipo de cromatografía (HPLC) empleado fue el Finnigan Surveyor Plus de Thermo-Fischer, que incluye bomba cuaternaria con desgasificador incorporado, muestreador de múltiple capacidad automático, inyector automático de toma variable (5-25µl), horno integrado al automuestreador, calefactor integrado con el portacolumna y detector de fluorescencia de la misma marca comercial. El siste-

ma de adquisición y procesamiento de datos mediante el software ChromQuest, versión 4.2 fue de la misma marca.

Se usó la columna Nova-Pak C18, 4µm; 3,9×150mm (Waters. Milford, MA, EEUU). La detección se llevó a cabo por fluorescencia (excitación 250nm y emisión 395nm). El volumen de inyección fue 10µl. Se empleó un gradiente ternario modificado y adaptado a la respuesta del sistema cromatográfico.

#### Parámetros zootécnicos y retenciones

Se realizaron controles zootécnicos cada 15 días, para lo cual se determinaron: peso inicial y peso final de los peces, consumo total de alimentos y mortalidad. Estos datos permitieron calcular (Guillaume *et al.*, 1999) i. ganancia de peso total (GPT= peso corporal final - peso corporal inicial; ii. ganancia de peso en % de peso inicial (GP%PI= GPT×100/(PCI/N° de días); iii. índice de consumo (IC= consumo en %MS/GPT); iv. tasa de crecimiento específica: TCE=log (peso medio final)-log (Peso medio inicial) x100/(días-1) v. eficiencia alimenticia (EA= ganancia de peso en g/alimento ingerido en g); vi. índice de crecimiento diario (ICD= 100((PCF)<sup>1/3</sup> - (PCI)<sup>1/3</sup>)/duración en días); vii. coeficiente de eficiencia proteica (CEP= GPT/proteína cruda ingerida); viii. peso corporal medio (PCM= (PCI+PCF)/2); ix. retención (R= ((PCF × composición final del pez)-(PCI × composición inicial del pez))/(CONS × composición del alimento) × 100); y x. porcentaje de sobrevivencia (% sobrevivencia= 100 × ((N° inicial - N° final)/N° inicial)); López *et al.*, 2004)

#### Análisis estadístico

Cada muestra se analizó por triplicado y a todos los resultados se les realizó un análisis de varianza ANOVA de una sola vía con test de Newman Keuls, utilizando el Programa SigmaStat.

## Resultados y Discusión

No existen reportes donde se hayan estudiado dietas a base de chachafruto y soya para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra). Se observó que los peces presentaron una alta voracidad y aceptación del alimento; el porcentaje de supervivencia fue entre 88,7 y 98% (Tabla III). Durante el inicio del ensayo se produjo un problema con el suministro eléctrico a los tanques de experimentación, situación que produjo la muerte de algunos peces, pero luego de subsanado este problema, no se observó más mortalidad.

En la Tabla I se presenta la formulación y composición proximal de las dietas MM01, MM02 y MM03. Éstas tienen un %PB entre 28,9 y 32,5%, de lípidos entre 6,7 y 10,9%, la energía digestible (ED) teórica se encuentran entre 412,1 y 430cal/100g y la relación ED/PB entre 13 y 14,9cal/g PB. Los valores de %PB y ED/PB de las dietas en estudio coinciden con los valores aportados por otros investigadores como óptimos para el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y la cachama blanca (*P. brachyopomus*). Según Carneiro (1983) dietas con una relación ED/PB de 13,9kcal/g PB son ideales para el pacú, sin embargo Gutiérrez *et al.* (1996) afirmaron que una relación ED/PB de 9,0 y 29,8% PB eran adecuados para juveniles de cachama blanca.

Por otro lado, Vásquez-Torres *et al.* (2002) lograron un crecimiento óptimo en juveniles de cachama blanca utilizando dietas con 32%PB y por encima de este nivel proteico observaron que el crecimiento disminuyó significativamente.

Pezzato *et al.* (2000) señalaron que alevines de Piauçu (*Leporinus macrocephalus*) presentaron el mejor crecimiento con 28%PB y 2,8kcal ED/g PB. Igualmente, Macedo *et al.* (1996) observaron mejores resultados de ganancia de peso y crecimiento

TABLA III  
CRECIMIENTO DE *C. macropomum* DESPUÉS DE LA ALIMENTACIÓN CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES DURANTE 10 SEMANAS

Alimento	MM01	MM02	MM03
PCI (g)	2,08 ±0,3	1,94 ±0,2	1,88 ±0,1
PCF (g)	9,03 ±1,7	8,59 ±1,0	8,59 ±0,5
GPT(g)	301,65 ±34,4	316,19 ±35,8	328,73 ±24,7
GP%PI	332,5 ±24,9	342,6 ±43,7	358,6 ±36,3
TCE (%)	2,15 ±0,1	2,18 ±0,2	2,24 ±0,1
ICD (%)	1,18 ±0,1	1,17 ±0,1	1,20 ±0,1
IC	1,32 ±0,15	1,29 ±0,16	1,15 ±0,08
F Eff	0,76 ±0,1	0,78 ±0,1	0,87 ±0,1
CEP	2,64 ±0,3	2,49 ±0,3	2,67 ±0,2
% SBRV	88,7 ±16,2	95,6 ±3,1	98 ±0,0

Parámetros zootécnicos (media ±SD, n=3). Los resultados no son significativamente diferentes (p>0,05). PCF: peso corporal final; PCI: peso corporal inicial; GP%PI: ganancia de peso en porcentaje de peso inicial; TCE: tasa de crecimiento específico; ICD: índice de crecimiento diario; IC: índice de consumo; F Eff: eficiencia alimenticia; CEP: coeficiente de eficacia proteica; % SBRV: % de sobrevivencia.

to en cachama negra alimentados con dietas con un 23%PB y 3200kcal·kg<sup>-1</sup>.

Cabe señalar que, al igual que los vertebrados y algunos invertebrados, los peces son incapaces de sintetizar algunos aminoácidos. Estos deben ser aportados en la alimentación, ya que una disminución en los aminoácidos esenciales conlleva de forma inmediata a una interrupción del crecimiento, seguido de una disminución del peso corporal del pez (Guillaume *et al.*, 1999; Berge *et al.*, 2002). En la Tabla II se presentan los resultados del contenido de aminoácidos de las dietas MM01, MM02, la dieta testigo MM03, harina de chachafruto y torta de soya.

Los valores de lisina se encuentran entre 26,3 y 31,3g·kg<sup>-1</sup>, respectivamente, en las dietas MM01 y MM02, y un poco por encima (38,4g·kg<sup>-1</sup>) en la dieta testigo MM03. Este contenido es su-

perior a los requerimientos reportados para el pacú, de 17,7g·kg<sup>-1</sup> (Abimorad *et al.*, 2010) y superior al valor reportado para la carpa común, de 19,0g·kg<sup>-1</sup> (Zhou *et al.*, 2008). Se podría asegurar que las dietas formuladas tienen un contenido alto de lisina, por lo que debería cubrir los requerimientos de los alevines de *C. macropomum*.

Según Abimorad *et al.* (2010) y Dabrowski *et al.* (2007), los niveles de lisina se consideran indispensable para el pacú, porque influyen directamente sobre su crecimiento, además de que se considera que una deficiencia de este aminoácido puede inducir erosión en la aleta caudal en los peces de agua dulce (Guillaume *et al.*, 1999).

Otro aminoácido indispensable para el crecimiento del pez es la arginina. En las dietas estudiadas estos valores se encuentran entre 27,2 y 31,7g·kg<sup>-1</sup>,

superior a los requerimientos para juveniles de pacú, de 12,4g·kg<sup>-1</sup> (Abimorad *et al.*, 2010).

Asimismo la histidina es otro aminoácido esencial que interviene en la formación de la estructura terciaria de las proteínas. En las dietas en estudio se encuentran entre 8,7 y 10,7g·kg<sup>-1</sup> (Tabla II), contenido que está por encima de la necesidad de este aminoácido para juveniles de pacú, de 4,7g·kg<sup>-1</sup> (Abimorad *et al.*, 2010).

El resto de aminoácidos esenciales (Tabla II) cumple con los requerimientos reportados por Abimorad *et al.* (2010), para juveniles de pacú, especie comparable con la cachama negra.

En la Tabla III, se presentan los resultados del crecimiento del *C. macropomum* después de ser alimentados con diferentes dietas experimentales durante 68 días. Los resultados se presentan como media ±desviación estándar (n= 3) y no son significativamente diferentes (p>0,05).

El criterio más sencillo para evaluar el crecimiento del pez es la ganancia de peso total (GPT). Sin embargo, los indicadores más utilizados para determinar cuando una dieta es mejor que otra en función del contenido de nutrientes son la tasa de crecimiento específico (TCE), la ganancia de peso por porcentaje de peso inicial (GP%PI) y el coeficiente de eficiencia proteica (CEP), así como el índice de consumo (IC) para medir la eficacia de las dietas.

Los resultados obtenidos indican que los alevines de cachama negra alimentados con la dieta testigo MM03, a base de harina de pescado, presenta un valor de ganancia de peso total (GPT) ligeramente superior a las dietas MM01 y MM02 (harina de chachafruto y soya, en diferentes proporciones). Sin embargo, las diferencias entre los tres resultados no son significativas (p>0,05).

El contenido de lípidos en las tres dietas se

TABLA IV  
COMPOSICIÓN CORPORAL DE *C. macropomum* ALIMENTADOS CON DIETAS EXPERIMENTALES POR 10 SEMANAS

	Inicial	Dieta MM01	Dieta MM02	Dieta MM03
Matéria seca (%)	93,21 ±0,5	95,06 ±1,3	90,95 ±1,4	91,42 ±0,4
Proteína (%MS)	77,58 ±0,5	66,03 ±1,27	68,75 ±1,79	66,81 ±0,95
Lípidos (% MS)	7,96 ±0,3	16,03 ±0,9 a	11,26 ±0,5 b	11,85 ±0,5 b
Cenizas (% MS)	14,0 ±0,4	12,8 ±0,3	12,1 ±0,4	13,2 ±0,7

Composición corporal (media ±SD, n= 3). Los resultados no son significativamente diferentes (p>0,05), a excepción del % de lípidos que presenta valores significativamente diferentes (p<0,05). Letras diferentes indican las diferencias significativas. Los datos se presentan corregidos por % de materia seca.

encuentra entre 6,7 y 10,9% (Tabla I). Sin embargo, esta diferencia en el contenido de lípidos aparentemente no afectó el crecimiento de los peces, pero sí pudo influir en el contenido de lípidos en la carcasa de los peces alimentados con las tres dietas, como se aprecia en la Tabla IV ( $p < 0,05$ ). Se han reportado estudios donde peces alimentados con dietas similares en contenido proteico pero con diferentes niveles de lípidos, no afectaron el crecimiento de los mismos (De Silva *et al.*, 1991).

En los peces alimentados con las tres dietas experimentales los valores de tasa de crecimiento específico (TCE), que es el valor que caracteriza el crecimiento del pez, se encuentran entre 2,15 y 2,24 ( $p > 0,05$ ), muy similares a los valores encontrados por Vásquez-Torres *et al.* (2002) para juveniles de cachama blanca alimentados con dietas al 28,0 y 30,5%PB que obtuvieron TCE entre 2,05 y 2,16 respectivamente.

Una disminución de la tasa de crecimiento observada con niveles de proteína por encima de los exigidos para una máxima ganancia de peso se puede deber a una reducción de la energía disponible para el crecimiento (Cantelmo, 1993). Por otro lado, el desequilibrio entre niveles de proteína-energía y la ganancia de peso comúnmente observados en peces omnívoros cultivados para uso comercial en etapa de crecimiento están por el orden de 0,4g/día para bagre de canal, 0,5g/día para la carpa común y el pacú y 0,6g/día para *Brycon* sp. y la tilapia nilótica (NRC, 1993).

Los valores de ganancia de peso en porcentaje de peso inicial (GP%PI) para las tres dietas estudiadas, se encuentran entre 332,5 y 358,6%, valores que no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Vásquez-Torres *et al.* (2002) reportaron valores de 270% en juveniles de cachama blanca alimentados con una dieta de 57,8%PB. En la presente experiencia la GP%PI fue superior a lo repor-

TABLA V  
RETENCIÓN DE PROTEÍNA Y LÍPIDOS EN *C. macropomum*  
ALIMENTADOS CON DIETAS EXPERIMENTALES  
DURANTE 10 SEMANAS

	Dieta MM01	Dieta MM02	Dieta MM03
Retenciones (% ingerido)			
Materia seca (MS)	69,7 ±1,4	69,8 ±1,6	74,3 ±3,1
Proteínas	149,5 ±9,2	147,5 ±2,2	145,1 ±4,3
Lípidos	214,5 ±6,2 a	155,2 ±4,3 b	107,5 ±3,3 c
N <sub>2</sub> ganado (mg·kg <sup>-1</sup> ABW/día)	1621 ±169,2	1741,06 ±110,1	1640,89 ±125,5
Grasa ganada (g·kg <sup>-1</sup> ABW/día)	4,79 ±0,20 a	3,42 ±0,07 b	3,54 ±0,11 b

Letras diferentes indican que los valores son significativamente diferente ( $p < 0,05$ ).  
ABW: *average body weight* (peso corporal promedio).

tado por Vásquez-Torres *et al.* (2002) con dietas con un porcentaje inferior de PB, lo que podría indicar que las dietas se encontraban en un nivel proteico óptimo para lograr el mayor crecimiento de los alevines de cachama negra. Se puede destacar que el uso de dietas con porcentaje de proteína muy alto no da buenos resultados en el crecimiento de los peces y, además, tienen la desventaja de costos muy elevados y contaminación del agua por el exceso de residuos nitrogenados.

Para caracterizar la utilización de proteínas se recurrió a criterios como el CEP, que se corresponde a la cantidad de proteína de la dieta que fue convertida en peso corporal y cuyo valor está relacionado con la ganancia de biomasa. En el presente trabajo el CEP se encuentra entre 2,49 y 2,67 ( $p > 0,05$ ) valores muy similares a los reportados por Vásquez-Torres *et al.* (2002) para cachama blanca alimentada con dieta con 32,3% PB, que muestran un coeficiente de eficiencia proteica (CEP) de 2,39.

En cuanto al estudio de la eficacia de las dietas, el índice de consumo (IC) es uno de los parámetros más utilizado. Éste relaciona el consumo de la dieta con la ganancia de peso del pez. Los valores de IC en las tres dietas (Tabla III) se encuentran entre 1,15 y 1,32 y no muestran diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ). Estos valores de IC indican que hubo buena conversión del alimento por parte del pez, sin que hayan ocurrido pérdidas del alimento durante el suministro de las dietas a los peces.

En la Tabla IV se presenta la

composición proximal de la carcasa de los peces (AOAC, 2000). Ésta se determinó al inicio del ensayo sobre una muestra de peces representativa y al final del experimento en la totalidad de peces por tanque por cada dieta. El valor en porcentaje de proteína de la carcasa de los alevines de cachama negra no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), pero en el contenido de lípidos, que está entre 11,26 y 16,03%, los valores son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Los peces alimentados con la dieta MM01 presentaron un contenido de lípidos superior, lo que puede estar relacionado con el hecho de que esta dieta tiene mayor energía digestible y un contenido proteico inferior (Tabla I). Dietas con un contenido energético alto tienen un efecto de disminución en la retención de proteínas en los peces, debido al remplazo de las proteínas por lípidos; es decir, producen un aumento de la concentración de lípidos en el músculo (Kim *et al.*, 2004; González *et al.*, 2005).

Los resultados de retenciones de proteínas, lípidos y nitrógeno ganado en alevines de cachama negra alimentados con diferentes dietas experimentales se presentan en la Tabla V. Los mismos se presentan como media ±desviación estándar ( $n = 3$ ). Los resultados de retención de proteínas no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), mientras que los resultados de retención de lípidos si son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). En el presente estudio se evidencia que tanto el contenido de lípi-

dos en la carcasa de los peces (Tabla IV) como la retenciones de los mismos en los peces alimentados con la dieta MM01 se encuentran aumentados.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, destacando que no se observaron diferencias significativas en cuanto al

crecimiento de los peces con las diferentes dietas, se puede afirmar que una sustitución total de la harina de pescado por harina de chachafuto y harina de soya conduciría a buenos resultados para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo de a) Proyectos del FONACIT: G.2008001102 y G.2005000869; b) Proyectos del CDCH-TA, FA-434-08-03-ED, FA-492-11-08-A y FA-511-12-08-B; c) Estación Piscícola de la Universidad del Táchira (UNET); d) Laboratorio de Ciencias de los Alimentos de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA; e) INRA Saint Pée Sur Nivelles, Francia; y f) Laboratorio de Inmuno Diagnóstico, del Instituto de Inmunología Clínica (IDIC), IAHULA.

## REFERENCIAS

- Abimorad EG, Carneiro DJ (2007) Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles-fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. *Aquacult. Nutr.* 13: 1-9.
- Abimorad EG, Favero GC, Squassoni GH, Carneiro D (2010) Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquacult. Nutr.* 16: 370-377.
- AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*, 17<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Berge GE, Sveier H, Lied E (2002) Effects of feeding Atlantic salmon (*Salmo salar* L) imbalanced

- levels of lysine and arginine. *Aquacult. Nutr.* 8: 239-248.
- Bicudo AJA, Sado RY, Cyrino JEP (2010) Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. *Aquaculture* 16: 213-222.
- Brenner M (1988) *Determinação da Exigência de Proteína do Pacu, Colossoma mitrei* (Berg, 1895). Thesis. Universidade Federal de Viçosa. Brazil. 87 pp.
- Bressani R, Elias LG (1980) Nutritional value of legume crops for humans and animals. In Summerfield RJ, Bunting AH (Eds.) *Advances in Legume Science*. Royal Botanic Gardens London, UK. pp. 135-155.
- Cantelmo OA (1993) *Níveis de Proteína e Energia em Dietas para o Crescimento do Pacu Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Thesis. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. 54 pp.
- Carneiro DJ (1981) Digestibilidade proteica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, Pisces) *Ann. 2º Simp. Bras. Aquicult. e 2º Ene. Nac. Ranicult.* Brasília. pp. 788-800.
- Carneiro DJ (1983) Níveis de proteína e energia na alimentação do Pacu *Colossoma mitrei* (Berg, 1895) In López OYM, Vásquez TW, Wills FA (2004) Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann, 1912). *Orinoquia* 8: 64-76.
- Carneiro DJ, Rantin, FT, Dias, TCR, Malheiros, EB (1994) Interactions between temperature and dietary levels of protein and energy in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). The effects on growth and body composition. *Aquaculture* 124: 127-131.
- CEPTA (1987) *Síntese dos Trabalhos Realizados com Espécies do Gênero Colossoma*. Centro de Pesquisa e Treinamento em Acuicultura. Pirassununga, SP, Brasil. 37 pp.
- Cho SH, Lee SM, Lee SM, Lee JH (2005) Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L) reared under optimum salinity and temperature conditions. *Aquacult. Nutr.* 11: 235-240.
- Cohen SA, Michaud DP (1993) Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidylcarbamate, and its application for the analysis of hydrolyzate amino acids via high-performance liquid chromatography. *Anal. Biochem.* 211: 279-287.
- Craig SR, McLean E (2005) The organic movement: a role for NuProR as an alternative protein source. In Jacques K, Lyons TP (Eds.) *Nutritional Biotechnology in the Food and Feed Industry*. Nottingham University Press. Nottingham, UK. pp. 286-293.
- Dabrowski K, Arslan M, Terjesen BF, Zhang Y (2007) The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: Is there a sensing of deficiency and neural signaling present in fish? *Aquaculture* 268: 136-142.
- De Silva SS, Gunasekera RM, Shim KF (1991) Interaction of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia, evidence of protein sparing. *Aquaculture* 95: 305-318.
- De Silva SS, Anderson TA (1995) *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman & Hall. London, UK. 319 pp.
- Fernandes JBK, Carneiro DJ, Sakomura NK (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. Bras. Zootecn.* 29: 646-653.
- González S, Craig SR, McLean E, Schwarz MH, Flick GJ (2005) Dietary protein requirement of southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. *J. Appl. Aquacult.* 17: 37-50.
- Guillaume J, Kaushik S, Bergot P, Métailler R (1999) *Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés*. INRA/INFREMER. Paris, France. 489 pp.
- Gutiérrez W, Zaldivar J, Deza S, Rebaza M (1996) Determinación de los requerimientos de proteína y energía en juveniles de paco, *Piaractus brachyomus* (Pisces Characidae). *Fol. Amaz.* 8: 35-45.
- Gutiérrez-Espinosa MC, Vásquez-Torres W (2008) Digestibilidad de Glicine max L, Soya, en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachyomus* Cuvier 1818. *Orinoquia*. 12: 141-148.
- Gutiérrez FW, Quispe M, Valenzuela L, Contreras G, Zaldivar J (2010) Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas. *Rev. Peru. Biol.* 17: 219-223.
- Kim K, Wang X, Choi S, Park G, Bai SC (2004) Evaluation of optimum dietary protein to energy ratio in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquacult. Res.* 35: 250-255.
- Kim LO, Lee SM (2005) Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudagrus fulvidraco*. *Aquaculture* 243: 323-329.
- Lee SM, Kim KD (2005) Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult. Nutr.* 11: 435-442.
- Lim C, Klesius PH, Higgs DA (1998) Substitution of canola-meal for soybean-meal in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus*. *J. World Aquacult. Soc.* 29: 161-168.
- López OYM, Vásquez TW, Wills FA (2004) Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann, 1912). *Orinoquia* 8: 64-76.
- Macedo-Viegas EM (1979) *Necessidade Proteica na Nutricao do Tambaqui Colossoma macropomum Cuvier 1818* (Pisces Characidae). Thesis. Universidade Estadual Paulista Jabocatibal, Brazil. 71 pp.
- Macedo-Viegas EM, Castagnolli N, Carneiro DJ (1996). Níveis de proteína bruta em dietas para o crescimento do Tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818 (Pisces, Characidae). *UNIMAR* 18: 321-333
- Merola N, Cantelmo OA (1987) Growth, feed conversion, and mortality of cage reared "tambaqui", *Colossoma macropomum*, fed various dietary feeding regimes and protein levels. *Aquaculture* 66: 223-233.
- Miller CL, Davis DA, Phelps RP (2005) The effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile and sub-adult red snapper, *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860). *Aquacult. Res.* 36: 52-60.
- Mohanta KN, Mohanty SN, Jena JK (2007) Protein-sparing effect of carbohydrate in silver barb, *Puntius gonionotus* fry. *Aquacult Nutr.* 13: 311-317.
- Muñoz-Florez JE, Leterme P, Barretera N (1999) *Erythrina edulis*, an andean giant bean for human consumption. *Grain Legum.* 23: 26-27.
- Muñoz-Ramírez AP, Carneiro DJ (2002) Lysine and methionine supplementation in diets with low protein level for the initial growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg). *Acta Sci.* 24: 909-916.
- NRC (1993) *Nutrient Requirements of Warm Water Fishes and Shellfishes*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, USA. 115 pp.
- Ozorio ROA, Valente LMP, Pousa-Ferreira P, Oliva-Teles A (2006) Growth performance and body composition of white sea bream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. *Aquacult. Res.* 37: 255-263.
- Pezzato LE, Barrios MM, Pezzato AC, Miranda EC, Quintero PLG, Furuya WM (2000) Relación energía: proteína en la nutrición de alevinos de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). In López OYM, Vásquez TW, Wills FA (2004) Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann, 1912). *Orinoquia* 8: 64-76.
- Saint-Paul U (1986) Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture* 54: 205-240.
- Satpathy BB, Mukherjee D, Ray AK (2003) Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed conversion and body composition in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquacult. Nutr.* 9: 17-24.
- Seenappa D, Devaraj KV (1995) Effect of different levels of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilization and body carcass composition of fingerlings of *Catla catla* (Ham). *Aquaculture* 129: 243-249.
- Vásquez-Torres W, Pereira-Filho M, Arias-Castellanos JA (2002) Estudos para composição de uma dieta referência semipurificada para avaliação de exigências nutricionais em juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachyomus* (Cuvier, 1818). *Rev. Brasil. Zootecn.* 31: 283-292.
- Vásquez-Torres W (2004) *Princípios de Nutrição Aplicada al Cultivo de Peces*. Juan XXIII / Instituto de Acuicultura Universidad de los Llanos. Colombia. 101 pp.
- Wang Y, Liu YJ, Tian LX, Du ZY, Wang JT, Wang S, Xiao WP (2005) Effects of dietary carbohydrate level on growth and body composition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquacult. Res.* 36: 1408-1414.
- Williams KC, Barlow CG, Rodgers L, Hockings I, Agcopra C, Ruscoe I (2003) Asian seabass larvae calcarifer perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. *Aquaculture* 225: 191-206.
- Zhou XQ, Zhao CR, Jiang J, Feng L, Liu Y (2008) Dietary lysine requirement of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var Jian). *Aquacult. Nutr.* 14: 381-386.