

Artículo original

## Valoración de dietas a base de *Leucaena leucocephala* (Lam.), *Machaerium sp* y *Glycine max* (Soya) para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (Cachama negra).

Evaluation of diets based on *Leucaena leucocephala* (Lam.), *Machaerium sp* and *Glycine max* (Soya) for the feeding of *Colossoma macropomum* (Cachama negra) alevins.

Visbal Tomas<sup>1</sup>, Morillo Marielba<sup>1</sup>, Rial Leandra<sup>1</sup>, Betancourt Carlos<sup>1</sup>, Medina Ana Luisa<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Ciencia de Los Alimentos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes. 5101, Mérida Venezuela.

Recibido: julio de 2020 –Aceptado: septiembre de 2020

### RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de valorar dos dietas alternativas en la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum*, utilizando como fuentes proteicas *Leucaena leucocephala* (Lam.), *Machaerium sp* y *Glycine max* (soya) como sustituto de la harina de pescado, comparándolo con una dieta testigo. Las dietas se formularon con un porcentaje teórico de proteína bruta de 30%. Los parámetros de crecimiento GPT, GTP%PI, TCE e ICD, no mostraron diferencia significativa entre dietas DLE y DM ( $p>0,05$ ), mientras que IC, EA y CEP mostraron diferencias significativas ( $p<0,05$ ). De acuerdo a los resultados obtenidos, hay razones para pensar que una sustitución total de harina de pescado por harinas de *Leucaena*-soya o *Machaerium*-soya, conduce a resultados conservadores para la alimentación de alevines de *C. macropomum*.

### PALABRAS CLAVE

*Leucaena leucocephala*, *Machaerium sp*, *Glycine max*, *Colossoma macropomum*, alevines, parámetros zootécnicos.

### ABSTRACT

The current study was carried out to evaluate two alternative diets for the feeding of *Colossoma macropomum* alevins using diets based on *Leucaena leucocephala* (Lam.), *Machaerium sp* and *Glycine max*, as the protein source as well as fishmeal substitute and was compared to a control diet. The testing diets were formulated with a crude protein with a theoretical 30% protein. The zootechnical parameters WG, WG%IBW, SGR, DGI did not show significant differences between diets ( $p>0.05$ ), whereas FGR, FE and PER showed significant differences between diets ( $p<0.05$ ). According to the results obtained there are reasons to believe that a total substitution of fishmeal for *Leucaena*-soya or *Machaerium*-soybean lead to moderate results for the feeding of *C. macropomum* alevins.

### KEY WORDS

*Leucaena leucocephala*, *Machaerium sp*, *Glycine max*, *Colossoma macropomum*, alevins, zootechnical parameters.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es uno de los sectores de producción de alimentos que se encuentra bajo presión, debido al crecimiento de la población [1]. Las proyecciones indican el incremento de la producción para satisfacer la mayor demanda de pescado [2].

*Colossoma macropomum*, perteneciente a la clase Actinopterygii, orden Characiformes y familia Characidae, se produce naturalmente en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco [3]. Esta especie presenta características favorables para el cultivo como rusticidad, rápido crecimiento, aceptabilidad de varios alimentos artificiales, alto valor comercial y buena aceptación del consumidor [4], tiene gran importancia económica en América del Sur y Central [5, 6].

Son muchos los estudios que se han realizado para sustituir la harina de pescado presente en los piensos comerciales para peces y así disminuir su costo, favoreciendo de esta forma la producción de *C. macropomum* (cachama negra), ya que el mayor gasto de producción se le atribuye al alimento. En este trabajo de investigación se probaron dos dietas una a base de harinas de *L. leucocephala*-soya y otra a base de harinas de *Machaerium sp.*-soya en la alimentación de alevines. Los efectos de estas dietas experimentales, han sido comparados con una dieta testigo a base de harina de pescado (*Haplosternum littorale*).

De Almeida y cols. (2011) [7] observaron una ganancia de peso de *C. macropomum* de 123-130 g, alimentados con dietas a base de harina de pescado con 30% proteína y 8% lípidos o 35% proteína y 4,9% de lípidos. Morillo y cols. (2013) [8], determinaron que una sustitución total de la harina de pescado por harina de soya-lombriz y de soya-caraota condujeron a buenos resultados en la alimentación de alevines de cachama negra, igualmente estudiaron dietas a base de harina de chachafruto-soya para la alimentación de alevines de cachama negra con buenos resultados [9].

El crecimiento de la cachama negra, está determinado por el porcentaje de proteína en la dieta [10], por tal razón la proteína de la torta de soya se considera un buen sustituto de la proteína de la harina de pescado [11]. Las semillas de

leguminosas son el segundo grupo alimenticio en importancia para humanos y animales después de los cereales y son incluso más ricas en proteína que los cereales [12, 13].

En este estudio se ha sustituido la harina de pescado por una mezcla de harina de *Leucaena-soya* y harina de *Machaerium sp.*-soya, ambas especies vegetales pertenecen a la familia Fabaceae (Leguminosae).

La familia de las Fabaceae o Leguminosae, se encuentra extendida por todo el planeta excluyendo regiones polares y desiertos de temperaturas extremas. Con sus casi 20.000 especies, 750 géneros [14,15], es la tercera mayor familia de plantas angiospermas [16].

Económicamente, las leguminosas representan la segunda familia más importante de las plantas cultivadas después de la familia de las gramíneas o Poaceae que incluye los cereales. Las leguminosas de grano representan el 27% de la producción agrícola mundial y proporcionan el 33% de la proteína de la dieta consumida por los seres humanos, mientras que los pastos y leguminosas forrajeras proporcionan una parte vital de la alimentación animal [17].

En Venezuela, la familia Fabaceae o Leguminosae comprende alrededor de 151 géneros y 993 especies, incluyendo nueve endémicas, ampliamente distribuidas en todas las zonas de vida [18, 19, 20]. Pero, en el ámbito regional o local, (ciudad de Mérida), son escasos los estudios sobre la identificación de especies de esta familia [21].

El género *Leucaena* pertenece a la familia Fabaceae y subfamilia Mimosoideae e incluye alrededor de 32 especies entre estas *L. leucocephala* (Lam.) [22]. Se trata de una planta nativa de América Central y la península de Yucatán de México, pero en la actualidad se encuentra presente en la mayoría de áreas tropicales y subtropicales del mundo [23].

*L. leucocephala* (Lam.), es una leguminosa resistente a la sequía y con una gran variedad de usos comparada con otras leguminosas [24]. En la actualidad se emplea con una amplia variedad de propósitos, incluida la reforestación, forraje para animales domésticos, leña, sombra en plantaciones permanentes, producción de pulpa, producción de madera y medicina tradicional y el aceite de las

semillas de *L. leucocephala* para uso en las industrias cosmética y farmacéutica [25].

La harina de hojas de *Leucaena* se ha probado en alimentos para tilapia con resultados variables, su inclusión en la dieta provoca reducción en el crecimiento y baja eficiencia de conversión alimenticia, debido al efecto tóxico del aminoácido libre mimosina y a su deficiencia de aminoácidos sulfurados. Cuando las hojas se remojan durante 48 horas y se seca al sol mejora su calidad nutricional, siendo entonces posible sustituir hasta 25% de la proteína animal sin efectos adversos notables [26,27].

Pereira Junior y cols. (2013) [28], evaluaron el crecimiento de juveniles de *C. macropomum* con dietas a base de harina de *Leucaena*, en diferentes proporciones e indicaron que es posible incluir hasta 24% de harina de *Leucaena* en las dietas para juveniles de cachama negra, sin comprometer las variables de crecimiento estudiadas, aunque el reemplazo no ha representado una reducción en el costo de producción por kilogramo de pescado.

Además, en la medicina popular tradicional se usan diferentes partes de las plantas de *L. leucocephala*. Las hojas son una rica fuente de proteínas y contienen 3% de taninos, caroteno, leucenol y 3 a 4% de glucósidos de flavonol [29]. También se encontró que las hojas contenían un antinutriente, mimosina [30].

El género *Machaerium*, pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae), está ampliamente distribuido desde el sur de México hasta Argentina, con una especie que se extiende por las Antillas y otra por la costa occidental de África [31].

De acuerdo a Rudd (1999) [32], existen cerca de 130 especies en el mundo, unas 35 en Venezuela con 22 en la flora de la Guayana. Winfield y Aymard y cols. (2007) [33], registraron 16 especies para la flora de los Llanos venezolanos, y Aymard y cols. (2007) [34], 28 especies para la flora del Escudo Guayanés distribuidas en Venezuela: Amazonas, Bolívar, Delta Amacuro, como también en Guyana, Surinam y Guayana Francesa.

Meléndez (2009) [35], confirmó que se determinaron 39 especies y 11 variedades distribuidas en todo el territorio venezolano en un rango altitudinal de 0-1800 m.s.n.m. Las especies de *Machaerium* habitan en los Llanos, las selvas de la Guayana y cuencas de la Orinoquia y Amazonia,

región insular caribeña (Isla de Margarita), hasta los bosques subsiempreverdes-ombrófilos submontanos de la Cordillera Andina y Cordillera de la Costa, no llegando a alcanzar los 2000 m de altitud.

Korbut y cols. (2009) [36], reportaron la composición nutricional del *Machaerium sp.*, que tiene un 17% de proteína bruta (PB) y *M. humboldtianum* 34,3% de materia seca y 18,3% de PB [37]. Son pocos los estudios reportados sobre el uso de *Machaerium sp.*, en alimentación animal.

En cuanto a su composición fitoquímica, Díaz y cols. (2013) [38], reportaron en *M. floribundum* la presencia de una procianidina (tanino condensado) en el extracto etanólico de las hojas de la planta y Tahira y cols. (2013) [39], detectaron en los extractos hidroetanólicos de las ramas de *M. eriocarpum* y *M. hirtum*, la presencia de dos derivados de apigenina C-glicosilada, ácido gálico y sacarosa.

El objetivo de este trabajo fue valorar dietas a base de *L. leucocephala*-soya (*Glycine max*) y *Machaerium sp.*-soya, para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material Vegetal:** *L. leucocephala* (Lam.), fue recolectada en el Municipio Alberto Adriani, en Mérida estado Mérida, a 130 m.s.n.m. *Machaerium sp.*, fue recolectado en el Municipio Tovar estado Mérida a 1400 m.s.n.m. Para la formulación de las dietas, se utilizaron las hojas de ambas especies.

**Ensayo Biológico:** La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Acuícola del Departamento de Ciencia de los Alimentos, Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes (ULA), Mérida Edo. Mérida, Venezuela.

**Material biológico:** Los peces fueron criados en la unidad de producción acuícola del Ing. Luis Sivoli, ubicada en el eje Panamericano del estado Mérida. Para este ensayo se utilizaron 360 alevines de cachama, con un tiempo de vida de 35 días después de la eclosión. Fueron distribuidos en 9 peceras (37 x 28 x 49 cm; volumen: 50 L), colocándose 40 alevines por pecera (peso medio

inicial de  $0,22 \pm 0,02$  g). Durante el desarrollo de este trabajo, el manejo y tratamiento de los alevines se realizó cumpliendo con todas las normativas éticas exigidas internacionalmente.

Las 9 peceras contaron con un sistema de recirculación de agua dulce, teniendo entrada y salida individual para cada tanque, con un flujo continuo de 1,40 L/min, un sistema de filtro para la retención de impurezas y un filtro biológico para reducir las concentraciones de nitritos y nitratos.

Los parámetros físico-químicos del agua fueron controlados, la temperatura se mantuvo graduada con un termostato Lifetech Aquarium a  $28,0 \pm 1^\circ\text{C}$ . Semanalmente se determinó la cantidad de nitritos y nitratos, manteniéndose las concentraciones por debajo a 0,02 ppm, para ello se utilizó un Kit marca Aquarium pharmaceuticals (API). En la oxigenación se empleó un sistema de aireación permanente para mantener los niveles de oxígeno disuelto próximos a saturación y su medición se llevó a cabo con un oxímetro Sper Scientific.

La alimentación de los peces se efectuó tres veces al día (en horario comprendido entre las 8 am y 6 pm), *ad libitum*. Cada quince días se pesaba la biomasa y se determinaba el consumo de cada tanque para los análisis posteriores, los peces muertos fueron retirados y pesados, las heces y residuos de alimentos fueron eliminados diariamente por sifoneo.

**Obtención de las materias primas para la formulación de las dietas:** El material vegetal *L. leucocephala* (Lam.) y *Machaerium sp*, fue secado en estufa por 72 horas a  $45^\circ\text{C}$ , y luego molido en un molino de disco manual, marca Corona y se almacenaron en envases herméticos a  $4^\circ\text{C}$ .

**Harina de pez curito (*H. littorale*):** Se pesaron 5 Kg de pescado fresco, los cuales se sometieron a escaldado durante 15 minutos en marmita, se escurrieron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se procedió a separar la carne del caparazón de los peces, se colocó en bandejas de secado y se llevó a una estufa con ventilación forzada marca Shel Lab modelo FX28-2 a  $55^\circ\text{C}$  por 24 horas, posteriormente se molió en una licuadora marca Oster y se pasó por tamices para homogenizar el tamaño de partícula. El rendimiento fue de 12%.

Las harinas de maíz, torta de soya y afrecho de trigo, utilizadas para la formulación de las dietas, se obtuvieron en un mercado de la localidad.

Las mezclas de minerales y vitaminas fueron elaboradas cumpliendo con los requisitos del National Research Council NRC [40].

**Elaboración de las dietas:** Las tres dietas experimentales: DLE harina de leucaena (*L. leucocephala*)-soya; DM harina de *Machaerium sp.*-soya; DCU harina de *Haplosternum littorale* (harina de pez curito, dieta testigo) fueron elaboradas en el Departamento de Ciencia de Los Alimentos, de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, ULA. Las dietas fueron formuladas para obtener un % teórico de proteína de 30 % [9] (Tabla 1).

Previo al suministro de las dietas a los peces, estas fueron trituradas y su granulometría ajustada a través de tamices con diámetros a dos tamaños:  $>0,3$   $<0,5$  y  $>0,5$   $<1$  mm, comenzando la alimentación con el gránulo más pequeño. Las dietas fueron preservadas en envases herméticos, bajo refrigeración a  $4^\circ\text{C}$ , hasta su posterior uso. Cada dieta se ensayó por triplicado ( $n=3$ ). En la Tabla 1, se muestra la formulación de las dietas DLE, DM y DCU.

**TABLA 1**

Formulación de las dietas a ensayar en la alimentación de alevines de *C. macropomum* ( $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ ).

MATERIAS PRIMAS	DIETAS ( $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ )		
	DLE	DM	DCU
Harina de pez curito	0	0	35
Harina de <i>Machaerium sp</i>	0	20	0
Harina de <i>L. leucocephala</i>	28	0	0
Torta de soya	63	68	0
Harina de maíz amarillo	0	0	29
Harina de afrecho de trigo	1	4	29
Aceite vegetal	4	4	3
Premix de vitaminas	0,5	0,5	0,5
Premix de minerales	0,5	0,5	0,5
Ligante (CMC)	3	3	3
<b>Total</b>	100	100	100

DEL: Harina de *Leucaena* (*L. leucocephala*); DM: Harina de *Machaerium sp* y DCU: Harina de Pez curito (*H. littorale*)

**Análisis químico:** Se realizó el análisis proximal de las tres dietas (DLE, DM y DCU), para lo cual se determinó el % de materia seca, proteína,

lípidos y cenizas, siguiendo la metodología descrita por la AOAC [41]. Los resultados se presentaron en g.100 g<sup>-1</sup>. 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 24 horas (hasta peso constante), la pérdida de agua en la muestra se calculó por diferencia de peso. El contenido de proteína se obtuvo mediante la cuantificación de nitrógeno 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 tal fin se empleó el equipo VELD Soxhlet. La determinación del porcentaje de cenizas se realizó por incineración de las muestras en mufla Linberg Blue digital a 600°C, hasta obtener cenizas blancas.

**Parámetros zootécnicos:** Los controles zootécnicos se realizaron cada 15 días, para lo cual se determinaron: peso inicial (PCI) y final (PCF) de los peces, consumo total de alimentos y mortalidad, estos datos permitieron calcular los siguientes parámetros [42].

Ganancia de peso total:

$$GPT = PCF - PCI$$

Ganancia de peso en % de peso inicial:

$$GP\%PI = GPT \times 100 / (PCI \times (\text{días} - 1))$$

Índice de consumo:

$$IC = (\text{Consumo. \%MS}) / GPT$$

Tasa de crecimiento específica:

$$TCE = \frac{\log(\text{Peso medio final}) - \log(\text{Peso medio inicial})}{(\text{días} - 1)} \times 100$$

Eficiencia alimenticia:

$$EA = \text{Peso ganado (g)} / \text{alimento ingerido (g)}$$

Índice de crecimiento diario:

$$ICD = \frac{100 \times ((PCF)^{1/3} - (PCI)^{1/3})}{\text{duración (días)}}$$

Coefficiente de eficiencia proteica:

$$CEP = GPT / \text{Proteína cruda ingerida}$$

Peso corporal medio:

$$PCM = (PCI + PCF) / 2$$

Consumo (día) [43]:

$$CONS = \text{g de alimento por tanque} / \text{N}^\circ \text{ de peces}$$

% Sobrevivencia [43]:

$$\% \text{ sobrev} = 100 \times (\text{N}^\circ \text{ inicial} - \text{N}^\circ \text{ final}) / \text{N}^\circ \text{ inicial}$$

**Análisis estadísticos:** Todos los datos obtenidos, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) simple, con test Student de Newman Keuls, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI, versión 16.1.17.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Análisis químico nutricional de las materias primas y las dietas.

En la Tabla 2 se muestra el análisis químico nutricional de las materias primas en base a materia seca (g.100 g<sup>-1</sup> MS), usadas para la formulación de las dietas para la alimentación de alevines de *C. macropomum* (cachama negra) y en la Tabla 3, la composición química de las dietas formuladas para la alimentación de alevines de *C. macropomum* (cachama negra) (g.100 g<sup>-1</sup> MS), se observaron diferencias significativas entre resultados (p<0,05).

**Parámetros de crecimiento:** En la Tabla 4, se presentan los resultados del crecimiento de los alevines de cachama negra, encontrando diferencias significativas entre los mismos en función del alimento recibido (p<0,05)

La valorización de fuentes proteicas como las harinas de *Leucaena*, *Machaerium sp* y soya para la alimentación de alevines de *C. macropomum* (cachama negra), es de gran importancia dado que no hay ningún reporte donde se hayan utilizado mezclas de estas materias primas como sustitutos de la harina de pescado en la alimentación de alevines de cachama negra. Además, en este estudio se pudo observar de manera directa (visual), que los peces mostraron una buena aceptación del alimento y gran voracidad. La tasa de supervivencia fue de 100%. Es decir, no se observó mortalidad relacionada con la composición de las dietas (Tabla 4).

**TABLA 2**

Composición química de las materias primas usadas para la formulación de las dietas en la alimentación de alevines de *C. macropomum* (g.100 g<sup>-1</sup> MS).

Análisis proximal (% MS)	Materias primas					
	HLE	HM	HCU	HS	HMA	HAT
MS (g.100 g <sup>-1</sup> )	93,9 ± 0,01	96,7 ± 0,07	94,9 ± 0,20	89,5 ± 0,07	90,1 ± 0,02	89,1 ± 0,01
Proteínas (g.100 g <sup>-1</sup> )	23,0 ± 0,56	18,9 ± 0,09	71,7 ± 0,20	42,2 ± 0,29	6,6 ± 0,37	18,1 ± 0,25
Lípidos (g.100 g <sup>-1</sup> )	2,9 ± 0,02	0,6 ± 0,00	16,8 ± 0,12	2,5 ± 0,02	0,8 ± 0,0	3,7 ± 0,04
Cenizas (g.100 g <sup>-1</sup> )	5,4 ± 0,01	4,5 ± 0,07	7,8 ± 0,06	6,2 ± 0,03	0,3 ± 0,03	5,5 ± 0,26
ELN (g.100 g <sup>-1</sup> )	68,7 ± 0,57	76,0 ± 0,16	3,7 ± 0,26	49,1 ± 0,31	92,3 ± 0,48	72,7 ± 0,06

HLE: Harina de *Leucaena*; HM: Harina de *Machaerium sp*; HCU: Harina de pez curito; HS: Harina de soja; HMA: Harina de maíz amarillo; HAT: Harina de afrecho de trigo

**TABLA 3**

Composición química de las dietas formuladas para la alimentación de alevines de *C. macropomum* (g.100 g<sup>-1</sup> MS).

Composición química	Dietas		
	DLE	DM	DCU
Materia seca (g.100 g <sup>-1</sup> )	95,8 <sup>a</sup> ± 0,02	95,5 <sup>b</sup> ± 0,01	95,7 <sup>a</sup> ± 0,07
Proteínas (g.100 g <sup>-1</sup> MS)	31,4 <sup>b</sup> ± 0,10	32,5 <sup>a</sup> ± 0,23	32,5 <sup>a</sup> ± 0,35
Lípidos (g.100 g <sup>-1</sup> MS)	6,8 <sup>c</sup> ± 0,02	6,9 <sup>b</sup> ± 0,01	8,6 <sup>a</sup> ± 0,03
Cenizas (g.100 g <sup>-1</sup> MS)	7,6 <sup>a</sup> ± 0,02	6,4 <sup>b</sup> ± 0,04	6,0 <sup>c</sup> ± 0,11
ENN (g.100 g <sup>-1</sup> MS)	54,2 <sup>a</sup> ± 0,08	54,2 <sup>a</sup> ± 0,17	52,9 <sup>b</sup> ± 0,35
<sup>1</sup> Energía digerible (cal.100 g <sup>-1</sup> )	376,5	376,5	393,1
<sup>2</sup> Relación ED/PB	12,0	11,6	12,1

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en los valores indican diferencias significativas (p<0,05)

Dietas DLE: Harina de *Leucaena (L. leucocephala)*; DM: Harina de *Machaerium sp*; DCU: Harina de pez curito (*H. littorale*).

<sup>1</sup>ED calculado tomando como base los valores fisiológicos estándar de energía digerible para peces: proteínas 4,54; lípidos 8,6 y carbohidratos 3,58 (Morillo, 2014). <sup>2</sup>Relación teórica estimada a partir de niveles de Energía Digerible (ED) calculada y Proteína bruta (PB) formulada.

**TABLA 4**

Resultados de crecimiento de los alevines de *C. macropomum* alimentados con dietas experimentales durante 30 días.

Datos Zootécnicos	Dietas		
	DLE	DM	DCU
PMI (g)	0,230 <sup>a</sup> ± 0,01	0,190 <sup>b</sup> ± 0,01	0,205 <sup>ab</sup> ± 0,01
PMF (g)	1,13 <sup>b</sup> ± 0,09	1,02 <sup>b</sup> ± 0,08	2,38 <sup>a</sup> ± 0,1
GTP (g)	34,75 <sup>b</sup> ± 1,77	33,3 <sup>b</sup> ± 2,1	90,1 <sup>a</sup> ± 0,8
GTP %PI	390,3 <sup>b</sup> ± 7,5	426,8 <sup>b</sup> ± 4,0	1048,1 <sup>a</sup> ± 24,6
IC	1,60 <sup>c</sup> ± 0,11	1,30 <sup>b</sup> ± 0,11	0,91 <sup>a</sup> ± 0,01
EA	0,63 <sup>c</sup> ± 0,01	0,77 <sup>b</sup> ± 0,04	1,11 <sup>a</sup> ± 0,01
TCE (%)	3,88 <sup>b</sup> ± 0,03	4,05 <sup>b</sup> ± 0,02	5,96 <sup>a</sup> ± 0,05
ICD (%)	1,05 <sup>b</sup> ± 0,04	1,04 <sup>b</sup> ± 0,03	1,82 <sup>a</sup> ± 0,04
CEP (PER)	1,32 <sup>c</sup> ± 0,05	2,17 <sup>b</sup> ± 0,15	3,95 <sup>a</sup> ± 0,01
CONS (g)	103,75 <sup>a</sup> ± 1,20	60,50 <sup>c</sup> ± 0,28	88,3 <sup>b</sup> ± 1,13
% Sobrevivencia	100	100	100

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en los valores indican diferencias significativas (p<0,05)

Dietas DLE: Harina de *Leucaena (L. leucocephala)*; DM: Harina de *Machaerium sp*; DCU: Harina de pez curito (*H. littorale*). PMI= Peso medio inicial; PMF= Peso medio final; GTP= Ganancia total de peso; GP%PI= Ganancia total de peso en % de peso inicial; IC= Índice de consumo; EA= Eficacia alimenticia; TCE= Tasa de crecimiento específico; ICD= Índice de crecimiento diario; CEP= Coeficiente de eficiencia proteica; CONS= Consumo.

La energía digestible teórica (ED) de las dietas (Tabla 3) se encontró entre 376,5 y 393,1 (cal.100 g-1), presentando la dieta DCU (dieta testigo) un valor superior, se puede suponer que altos niveles de energía en la dieta pueden reducir el consumo total de alimento [44], se podría presumir que es por esta razón, los peces alimentados con la dieta DCU (ED mayor), evidenciaron un consumo menor que la DLE, no obstante, esto no se cumplió para la dieta DM, donde el consumo fue menor que en la dieta DCU (Tabla 4).

El criterio más sencillo para evaluar el crecimiento del pez, es la ganancia de peso total (GPT), pero los indicadores más utilizados para determinar cuándo una dieta es mejor que otra, en función del contenido de nutrientes son: la tasa de crecimiento específico (TCE), ganancia de peso por porcentaje de peso inicial (GP%PI) y el coeficiente de eficiencia proteica (CEP). Para medir la eficacia de las dietas, se utilizó el índice de consumo (IC) [8].

Los resultados de ganancia de peso total (GPT) (Tabla 4), indican que, en los alevines de cachama negra, alimentados con las dietas DLE, DM y DCU, se observó variación del crecimiento, encontrándose los valores más cercanos entre la dieta DLE y DM (34,75 y 33,3 g) respectivamente, y en la dieta DCU este valor fue muy superior (90,1 g).

Morillo y cols. (2013) [8], valoraron dietas en alevines de cachama negra, utilizando como fuentes proteicas harinas de lombriz (*Eisenia foetida*), soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*) con un porcentaje teórico de proteína bruta de 32 %. De acuerdo a los resultados que obtuvieron, pudieron concluir que una sustitución total de la harina de pescado por harina de soya-lombriz, y de soya-caraota condujeron a buenos parámetros de crecimiento de los alevines.

De igual forma, Morillo y cols. (2013) [9], determinaron la eficiencia de tres dietas con un % teórico de proteína de 30 %, como alternativas en la alimentación para alevines de cachama negra, utilizando como fuente proteica *Erythrina edulis* (chachafruto) y *Glycine max* (soya), como sustituto de la harina de pescado, de acuerdo a lo observado, una sustitución total de la harina de pescado por harina de chachafruto y harina de soya condujo a

buenos resultados para la alimentación de los peces.

Vásquez-Torres (2002) [45], afirmó que el crecimiento en *C. macropomum*, aumentó proporcionalmente hasta un valor de 32% de proteína, por encima de este nivel el crecimiento disminuyó significativamente, en este estudio el porcentaje de proteína de las dietas se encontró entre 31,4 y 32, 5%.

En cuanto a los valores de tasa de crecimiento específico (TCE), que es el valor que caracteriza el crecimiento del pez (Tabla 4), los mejores resultados se observaron en los peces alimentados con la dieta DCU (dieta testigo) y los mismos se encuentran entre 3,88 y 5,96, respectivamente. Las dietas DLE y DM, mostraron valores de TCE muy cercanos e inferiores a los reportados por Morillo y cols. (2013) [8], quienes encontraron TCE entre 6,07 y 7,43, siendo los valores de las dietas alternativas con harina de lombriz-harina de soya y harina de caraotas-harina de soya, superiores a la dieta testigo. Morillo y cols. (2013) [9], determinaron que en alevines de cachama negra alimentados con dietas a base de chachafruto y soya, estos valores se encontraban entre 2,15 y 2,24, y los mismos eran similares a los de la dieta testigo a base de harina de pescado.

Van der Mer y cols. (1997) [46], alimentaron alevines de cachama negra, utilizando dietas a base de soya (35% PB) y harina de pescado (31,5 % PB), mostrando una TCE de 4,5%, para la dieta a base de harina de pescado y 3,9% con la dieta a base de harina de soya.

La GP%PI de los peces alimentados con DLE y DM (390,3 y 426,8%) respectivamente, resultaron inferiores a la de los peces alimentados con la dieta DCU (Tabla 4). Morillo y cols. (2013) [8], reportaron valores de GP%PI de 990, para alevines de cachama negra, alimentados con dietas a base de harina de lombriz de tierra-soya y 971,2 para los alimentados con dietas a base de caraotas-soya, por un periodo de 32 días, y para alevines de cachama negra alimentados con dietas a base de chachafruto y soya con % PB entre 28,9 y 31, 2, GP%PI entre 332,5 y 342,6, alimentados por un periodo de 10 semanas [9].

En esta experiencia la GP%PI, fue superior con dietas con un contenido de % PB de 32,5 como es el caso de DCU (dieta testigo), seguida por DM que

tenía un %PB igual. Esto indica que hubo un crecimiento rápido de los alevines durante el tiempo que se alimentaron con las dietas en estudio, se puede deducir el buen aprovechamiento por parte del pez de los nutrientes en las dietas. Sin embargo, la mejor respuesta la mostraron con la dieta DCU.

Para caracterizar la utilización de proteínas se recurrió a criterios como el CEP, que corresponde a la cantidad de proteína de la dieta que fue convertida en peso corporal. En las dietas utilizadas en esta investigación, estos valores se encuentran entre 1,32 y 3,95 (Tabla 4), estos resultados fueron similares a los reportados por Morillo y cols. (2013) [8], para dieta a base de harina de lombriz-soya (3,08); dieta a base de harina de caraota-soya (2,42) y dieta testigo (2,8). Los mismos investigadores [9] en otro estudio, con dietas a base de chachafruto y soya, para la alimentación de alevines de cachama negra, encontraron el CEP entre 2,49 y 2,67; en este estudio el valor que más se acerca a estos resultados es el aportado por DM (2,17). Los valores encontrados por Vásquez-Torres y cols. (2002) [45], para juveniles de cachama blanca alimentados con dietas al 32,3% PB, mostraron un CEP de 2,39.

En cuanto a la eficacia de las dietas, el IC es uno de los parámetros más utilizado, puesto que relaciona el consumo de la dieta con la ganancia de peso del pez. Los valores de IC de los peces alimentados con las dietas DLE y DM, mostraron diferencias ( $p < 0,05$ ), no se observó que hubo buena conversión del alimento por parte del pez, en comparación con la dieta DCU; a pesar de esto, no ocurrieron pérdidas significativas en el suministro del alimento a los mismos (Tabla 4).

En cuanto al consumo (g) (Tabla 4), el valor menor se observó en los peces alimentados con DM, mientras que el mayor se evidenció en los peces alimentados con DLE, es probable que, la presencia de mimosina, que es un factor antinutricional, que se encuentra entre 2-10 % de MS en la hoja y en un 2-5 % de MS en la semilla de *L. leucocephala* [47], sea la responsable del alto valor de IC y el peor resultado en la tasa de crecimiento específico, de los alevines alimentados con DLE (Tabla 4).

También se pudo observar que la GPT fue similar en los peces alimentados con DLE y DM,

mientras que la GP%PI, fue mayor en los peces alimentados con DM sin diferencias significativas entre dietas ( $p < 0,05$ ). La misma situación se observó en el valor del CEP ( $p > 0,05$ ), no obstante, los parámetros de crecimiento arrojaron mejores resultados para los peces alimentados con DCU (dieta testigo). Si comparamos las dos dietas a base de proteína vegetal, podemos decir que la dieta a base de harina de *Machaerim sp* y harina de soya (DM) fue la que reveló mejores resultados.

Se ha comprobado que el proceso de remojo y posterior secado al sol, conlleva a una disminución del contenido de mimosina, haciendo que la *Leucaena* sea menos tóxica [26,27]. Sin embargo, en este estudio la elaboración de la harina de *Leucaena* incluyó el secado a 45°C, pero sin el proceso previo de remojo, lo que pudo haber influido, en el resultado obtenido en cuanto al crecimiento de los alevines de cachama negra, alimentados con la dieta DLE.

## CONCLUSIONES

En esta investigación se verificó, que hubo buena aceptación de las dietas a base de harina de *Leucaena*-soya y harina de *Machaerium*-soya por parte de los peces, mostrando una supervivencia del 100% para todos los tratamientos.

En cuanto a los parámetros de crecimiento obtenidos en los peces alimentados con las dietas DLE y DM; GTP, GTP%PI, TCE, ICD, no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), mientras que IC, EA y CEP, mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), observándose mejores resultados en el crecimiento de los alevines de cachama negra alimentados con la dieta DM.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo de investigación agradecen al Proyecto 2013002019 del Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (FONACIT); Al Proyecto FA-603-18-07-B del CDCHTA; Al Ing. Luis Sivoli, por haber donado el material biológico que se utilizó en esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] The State of World Fisheries and Aquaculture. Meeting the Sustainable Development Goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome; 2018.
- [2] Perspectivas Agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), FAO, Roma. pp. 1–54. [Página Web] 2006 [acceso: 19 de febrero de 2020]. Disponible en: [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en)
- [3] Gomes LC, Simões LN, Araújo-Lima CARM. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto B, Gomes LC. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 2da ed. Santa Maria, Brasil: Editora da UFSM; 2010.
- [4] Saccol EMH, Toni C, Pês TS, Ourique GM, Gressler LT, Silva LVF, Mourão RHV, Oliveira RB, Baldisserotto B, Pavanato MA. Anaesthetic and antioxidant effects of *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. and *Curcuma longa* L. essential oils on tambaqui (*Colossoma macropomum*). Aquac. Res. 2017; 48: 2012–2031.
- [5] Araujo-Lima C, Goulding M. So Fruitful a Fish. Ecology, Conservation, and Aquaculture of the Amazon's Tambaqui. New York, NY, USA. Columbia University Press; 1997.
- [6] Marcon JL, Wilhelm Filho D. Antioxidant processes of the wild tambaqui, *Colossoma macropomum* (Osteichthyes, Serrasalmidade) from the Amazon. Comparative Biochemistry and Physiology. 1999; C 123: 257–263.
- [7] De Almeida LC, Avilez IM, Honorato CA, Hori TSF, Moraes G. Growth and metabolic responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed different levels of protein and lipid. Aquacult Nutr. 2011; 17: E253-E262.
- [8] Morillo M, Visbal T, Altuve D, Ovalles F, Medina A. Valoración de dietas para alevines de *Colossoma macropomum* utilizando como fuentes proteicas harinas: de lombriz (*Eisenia foetida*), soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*). Rev Chil Nutr. 2013; 40(2): 148-154.
- [9] Morillo M, Visbal T, Rial L, Ovalles F, Aguirre P, Medina AL. Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soya. Interciencia. 2013; 38:1-7.
- [10] Van der Meer MB, Machiels MAM, Verdegem MCJ. The effect of dietary protein level on growth protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier), Aquacult Res. 1995; 26:901-9.
- [11] Van der Meer MB, Verdegem MCJ. Comparison of amino acid profiles of feeds and fish as a quick method for selection of feed ingredients: a case study for *Colossoma macropomum* (Cuvier), Aquacult Res. 1996; 27: 487-95.
- [12] Bressani R, Elias LG. Nutritional value of legume crops for humans and animals. In: Summerfield RJ, Bunting AH. (Eds) Advances in Legume Science Royal Botanic Gardens, London, U. K. 1980.
- [13] Todorov NA. Cereals pulses and oilseeds. Livest Prod Sci. 1988; 19: 47-95.
- [14] Lewis GP, Schrire BD, Mackinder BA, Rico L, Clark R. A linear sequence of legume genera set in a phylogenetic context a tool for collections management and taxon sampling. South African Journal of Botany. 2013. 89: 76–84.
- [15] Bruneau A, Doyle JJ, Herendeen P, Hughes C E, Kenicer G, Lewis G, Mackinder B, Pennington, R T, Sanderson MJ, Wojciechowski MF, Koenen E Legume Phylogeny Working Group (LPWG). Legume phylogeny and classification in the 21st century: progress, prospects and lessons for other species rich clades. Taxon. 2013; 62(2): 217–248.
- [16] Llamas F, Acedo C. Las Leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de los usos y de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. Ambio Ciencias, 14, 5-18: Revista de divulgación científica editada por la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León; 2016.
- [17] Koenen EJM, de Vos JM, Atchison GW, Simon MF, Schrire BD, de Souza ER, de Queiroz, LP, Hughes CE. Exploring The Tempo of Species Diversification in Legumes. 2013; 89: 19-30.

- [18] Lamoza SR, Duno De Stefano W, Meier R, Riina F, Stauffer G, Aymard O, Huber R. Ortiz. Libro rojo de la flora venezolana. Provita - Fundación Polar - Fundación Instituto Botánico de Venezuela - Conservación Internacional. Caracas, Venezuela; 2003.
- [19] Lleyton S, Ruiz-Zapata T. Leguminosae de un bosque estacional, La Trilla, Parque Nacional "Henri Pittier", estado Aragua, Venezuela. *Ernstia*. 2006; 16: 81-94.
- [20] Hokche O, Berry P, Huber O. Nuevo Catálogo de la flora vascular de Venezuela. Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Caracas, Venezuela. 2008
- [21] Rodríguez AS y Gámez ALE. Clave vegetativa para la identificación de árboles de la familia Fabaceae de la ciudad de Mérida, Venezuela. *Pittieria*. 2010; 34: 89-111.
- [22] Pandey VC, Kumar A. *Leucaena leucocephala*: an underutilized plant for pulp and paper production. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2013; 60: 1165– 1171.
- [23] Lim TK. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 2, Fruits. Springer, New York; 2012.
- [24] Lim C, Dominy WG. Substitución de harina comercial de soya por soya integral en dietas para camarón, *Penaeus vannamei*. Memorias del Primer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos Para Acuicultura. Nuevo León. México; 1993.
- [25] Nehdi IA, Sbihi H, Tan CP, Al-Resayes SI. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit seed oil: Characterization and uses. *Industrial Crops and Products*. 2014; 52: 582-587.
- [26] Jackson AJ, Capper BS, Matty AJ. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *S. mossambicus*. *Aquaculture*. 1982; 27: 97-109.
- [27] Wee KL, Wang SS. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture* 1987; 62: 97-108.
- [28] Pereira Junior G, Pereira Filho M, Roubach R, Barbosa P de S, Shimoda E. *Leucaena* leaf flour (*Leucaena leucocephala* Lam. of wit) as a protein source for juveniles of tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). *Acta Amazonica*. 2013; 43(2): 227-234.
- [29] Lowry JB, Cook N, Wilson RD. Flavonol glycoside distribution in cultivars and hybrids of *Leucaena leucocephala*. *J. Sci. Food Agric.* 1984; 35: 401–407.
- [30] Soedarjo M, Borthakur D. Simple procedures to remove mimosine from young leaves, pods and seeds of *Leucaena leucocephala* used as food. *Int. J. Food Sci. Technol.* 1996; 31: 97–103.
- [31] Rudd V. The genus *Machaerium* (Leguminosae) in Mexico. *Bol. Soc. Bot. Mexico*. 1977; 37: 119-146.
- [32] Rudd V. *Machaerium*. In: Flora of the Venezuelan Guayana. Vol. 5: Eriocaulaceae Lentibulariaceae. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis: Berry PK, Yatskievych & B. Holst, eds; 1999.
- [33] Winfield R, Aymard G. Fabaceae. In: Catálogo ilustrado y anotado de las plantas vasculares de Los Llanos de Venezuela. FUDENA, FUNDACIÓN POLAR, FIBV: Duno R, G. Aymard, O. Huber, eds; 2007.
- [34] Aymard G, Berry P, Cowan R, Cuello N, Delgado AP, Fantz R, Maxwell K, Redden V, Rudd M, Sousa DW. Leguminosae-Faboideae. In: Checklist of the plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolívar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana). *Contr. U.S. Natl. Herb.* 2007; 55: 346-365.
- [35] Meléndez P. Sinopsis del género *Machaerium* pers. (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergiaceae) en Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 2009; 32 (2): 363-416.
- [36] Korb N, Ojeda A, Muñoz D. Evaluación del perfil bromatológico y de algunos parámetros físicos del follaje de plantas leñosas consumidas por vacunos en silvopastoreo en un bosque seco tropical semideciduo. *Zootecnia Trop.* 2009; 27(1): 65-72.
- [37] Ojeda A, Obispo N, Canelones CE, Muñoz D. Selección de especies leñosas por vacunos en silvopastoreo de un bosque semideciduo en

Venezuela. Archivos de Zootecnia. 2012; 61(235): 357.

[38] Díaz L, Rojas VJ, Pérez A, Medina A, Martí-Mestres G. Análisis preliminar de la composición química del extracto etanólico de *Machaerium floribundum* Benth (Fabaceae) y su relación con la actividad antioxidante. Memorias Congreso SILAE XXII, Costa Rica; 2013.

[39] Tahira LS, Tangerina M, Sartori AL, Hiruma-Lima CA, Vilegas W, Sannomiya M. Análise por ESI-MS de extratos de *Machaerium*. Memorias Congreso SILAE XXII, Costa Rica; 2013.

[40] Nutrient Requirements of Warm Water Fishes and Shellfishes. National Research Council (NRC). National Academy Press, Washington, DC, USA. NRC; 1993.

[41] Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 17th ed. Gaithersburg M.D, USA, 2000.

[42] Guillaume J, Kaushik S, Bergot P, Metailler R. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. París, France: INRA/INFREMER; 1999.

[43] López OYM, Vásquez TW, Wills FA. Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann, 1912), Orinoquia. 2004; 8: 64-76.

[44] Gutiérrez FW, Quispe M, Valenzuela L, Contreras G, Zaldívar J. Utilización de la proteína

dietaria por alevinos de la gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas, Rev Peru Biol. 2010; 17: 219-23

[45] Vásquez-Torres W, Pereira Filho M, Arias-Castellanos JA. Estudos para composição de uma dieta referência semipurificada para avaliação de exigências nutricionais em juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). Rev Brasil Zootecn. 2002; 31:283-92.

[46] Van der Meer MB, Faber R, Zamora JE, Verdegem MCJ. Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossoma macropomum* (cuvier), Aquacult Res. 1997; 28:391-403.

[47] Ospina-Daza L, Buitrago-Guillen ME, Vargas-Sánchez JE. Identificación y degradación de mimosina, un compuesto tóxico en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Pastos y Forrajes. 2017; 40(4): 257-264.

**Visbal Tomas**, Orcid ID: 0000-0003-1644-2228

**Morillo Marielba**, Orcid ID: 0000-0002-6048-0590

**Rial Leandra**, Orcid ID: 0000-0002-1899-6921

**Betancourt Carlos**, Orcid ID: 0000-0002-8359-8508

**Medina Ana Luisa**, Orcid ID: 0000-0002-9628-7127