



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 20/ Edición N.40
Julio - diciembre de 2023
Reia4016 pp. 1-18

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Bello-Armentaa, M. A.;
Cuello-Marínb, R. R.
Evaluación del rendimiento
productivo y coeficiente de
digestibilidad aparente en *Colossoma
macropomum*, de un alimento
formulado con *Lemna minor*
Revista EIA, 20(40), Reia4016.
pp. 1-18.
<https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1655>

✉ **Autor de correspondencia:**

Bello-Armentaa, M. A.; (Miguel A.).
Ingeniero Agroindustrial, joven
investigador grupo de investigación
GIPTA Universidad Popular del Cesar
Correo electrónico:
mangelbello@unicesar.edu.co

Recibido: 15-11-2022

Aceptado: 15-05-2023

Disponible online: 01-06-2023

Evaluación del rendimiento productivo y coeficiente de digestibilidad aparente en *Colossoma macropomum*, de un alimento formulado con *Lemna minor*

✉ MIGUEL A, BELLO-ARMENTAA¹
RODRIGO R, CUELLO-MARÍN¹

1. Universidad Popular del Cesar - Colombia

Resumen

En atención a identificar nuevas materias primas alternativas como fuentes de nutrientes para la alimentación de peces, se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la proteína y materia seca de lenteja de agua *Lemna minor* incluida en una dieta para cachama negra *Colossoma macropomum* y los efectos del rendimiento productivo en etapa de alevín. Para estimar los coeficientes se utilizó el método indirecto con el marcador inerte óxido crómico (Cr_2O_3), recolectando las heces mediante sifoneo. Se utilizaron 136 alevinos (peso promedio 0,4 gr), los cuales se distribuyeron al azar en los acuarios (unidades experimentales) con volumen de 27 litros, en grupos de 17 alevinos/acuario. Se evaluaron dos dietas experimentales: la dieta referencia (T1) compuesta por harinas de pescado 42%, yuca 14%, soya 43% y 1,0% de Cr_2O_3 , y la dieta prueba (T2), compuesta por un 71% de harinas de dieta referencia, 1,0% de Cr_2O_3 y 28% del ingrediente prueba (harina de lenteja de agua). Se evaluaron cuatro replicas por dieta. Las heces fueron recolectadas e inmediatamente secadas a 60°C y almacenadas a -12°C de temperatura, hasta ser analizadas para composición proximal y niveles de Cr_2O_3 . La fase experimental duró 30 días, los resultados de pesos por replicas en las biometrías fueron evaluados mediante un análisis de estadística descriptiva. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) por biometría entre los tratamientos, aun así, se encontraron mayores rendimientos productivos con T2. La supervivencia fue T1=94,12%, y T2=100%. Los CDA para materia seca y proteína de la materia prima fueron $92,57\pm 3,60$ y $77,97\pm 0,91$ respectivamente. La inclusión de esta harina en dietas para alevinos de cachama es viable en términos crecimiento, ganancia de peso y reducción de costos de alimentación, además, el alto valor de CDA muestra que la cachama negra puede digerir la proteína de la lenteja de agua, en un alto grado.

Palabras clave: Digestibilidad aparente, Cachama negra, Lenteja de agua, Materia seca, Proteína, Rendimiento productivo.

Evaluation of the productive yield and coefficient of apparent digestibility in *Colossoma macropomum*, of a feed formulated with *Lemna minor*

Abstract

In order to identify new alternative raw materials as sources of protein for fish feed, the apparent digestibility coefficients (ADC) of the protein and dry matter of *Lemna minor* duckweed included in a diet for cachama negra *Colossoma macropomum* and the effects of the productive performance in the fry stage, calculating its weight. To estimate the coefficients, the indirect method was used with the inert marker chromic oxide (Cr_2O_3), collecting the feces by Siphoning. 136 fingerlings (average weight 0.4 g) were used, which were randomly distributed in the aquariums (experimental units) with a volume of 27 liters, in groups of 17 fingerlings/aquarium. Two experimental diets were evaluated: the reference diet (T1) composed of 42% fishmeal, 14% cassava, 43% soybean and 1.0% Cr_2O_3 , and the test diet (T2), composed of 71% fishmeal, of reference diet, 1.0% Cr_2O_3 and 28% of the test ingredient (duckweed flour). Four replicates per diet were evaluated. Feces were collected and immediately dried and stored at 60°C and -12°C, respectively, until analyzed for proximal composition and Cr_2O_3 levels. The experimental phase lasted 30 days, the results of weights per replicate in the biometrics were evaluated through a descriptive statistical analysis. No statistical differences ($p>0.05$) were found by biometry between the treatments, even so, higher productive yields were found with T2. Survival was T1=94.12%, and T2=100%. The CDA for dry matter and protein of the raw material were 92.57 ± 3.60 and 77.97 ± 0.91 , respectively. The inclusion of this meal in diets for cachama fingerlings is feasible in terms of growth, weight gain and reduction of feed costs, in addition, the high ADC value shows that cachama negra can digest duckweed protein.

Key words: Apparent digestibility, Cachama negra, Duckweed, Dry matter, Protein, Productive yield.

1. Introducción

Las cachamas blanca y negra (*Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum*), son especies habituales de las cuencas del Orinoco y Amazonas, la importancia de estas especies radica en su adaptación a las diferentes condiciones medioambientales de las regiones, facilitando su cultivo en todo el país, son de rápido crecimiento, además, reciben toda clase de alimentos, por tratarse de un grupo de omnívoras, con tendencia al consumo de frutas y semillas. Actualmente, la producción de la cachama negra es baja y se utiliza en programas de desarrollo con pequeños productores con fines de seguridad alimentaria FAO, (2022). Esta especie piscícola de aguas cálidas requiere una dieta que cumpla con sus requerimientos

nutricionales; la proteína es uno de los nutrientes más importantes para el desempeño de los peces, siendo también un componente de alto costo en las dietas, Morillo et al. (2013).

Hay poca información en la literatura sobre la digestibilidad de materias primas para este grupo de peces. En Colombia, es cultivada comercialmente en estanques y jaulas, aun así, no existen raciones específicamente formuladas para las cachamas, por tal motivo se recurre a utilizar concentrados diseñados para la producción de otras especies como tilapia o trucha, por ende, no son formulados de acuerdo a las características digestivas de la cachama, por lo que el uso de estos concentrados no ha permitido a la cachama expresar todo su potencial de crecimiento, Vázquez, Yossa, & Gutierrez, (2013). El estudio de la alimentación de organismos acuáticos se ha enfocado en la evaluación de crecimiento y composición corporal, atribuyendo poca atención a la digestibilidad de los ingredientes, impidiendo esto el aprovechamiento de muchos ingredientes posibles que pueden ser incorporados a las dietas buscando que sean eficientes FAO, (1994).

Una de las actividades importantes en la acuicultura es el manejo de los alimentos balanceados, un alimento que cumpla con todos los requerimientos nutricionales dentro de la producción pecuaria, es un punto de partida para un sistema agroindustrial, “el desarrollo de dietas de alta calidad nutricional, bajo impacto ambiental y económicamente rentables para el piscicultor, son una necesidad apremiante de la industria de los alimentos balanceados para peces, especialmente para uso en sistemas de producción intensivos” (Glencross *et al.*, 2007; Soriano Salazar, M. B., & Hernández Ocampo, D. 2002).

El conocimiento del coeficiente de digestibilidad viabiliza la inclusión de una gran variedad de productos y subproductos de la agroindustria en raciones para peces Pezzato, *et al.* (2022). La digestibilidad de los nutrientes para peces, está más influenciada por los siguientes factores: especie, frecuencia y tamaño de la ración, talla, edad, temperatura del agua, fuente de los ingredientes y método de recolección, entre otros Valbuena-Villareal, R. D. (2012). Comprender y estudiar la digestibilidad de los alimentos, es un requisito clave para determinar un requerimiento nutricional y para evaluar la calidad de los ingredientes utilizados dietas para peces. Al evaluar la viabilidad de la inclusión un producto alimenticio en la dieta, se debe tener en cuenta como primera instancia es medir su digestibilidad. “La digestibilidad es una medida del consumo de alimentos, es decir, la facilidad con la que los alimentos se convierten en nutrientes útiles en el sistema digestivo.” FAO, (1994).

“Los coeficientes de digestibilidad aparente aportan información valiosa acerca de la disponibilidad de nutrientes y energía de las materias primas, necesarias para la formulación de raciones con niveles eficientes de nutrientes” Vázquez, Yossa, & Gutierrez, (2013). Se eligió para los peces una medida indirecta de la digestibilidad que implica la adición de un marcador inerte a la dieta debido a la dificultad de recolectar el total de heces y medir con precisión la ingesta de alimentos. El más utilizado en experimentos con diferentes especies es el óxido de cromo. (Cr_2O_3) Valbuena-Villareal, R. D. (2012).

La complejidad de los métodos para determinar la digestibilidad de las materias primas convencionales y no convencionales y alimentos balanceados para peces, impide un adecuado aprovechamiento de un amplio número de materias primas como la lenteja de agua (*Lemna minor*), que ha tomado un auge en su uso para la alimentación de peces, en este caso, de cachama negra *Colossoma macropomum*. Las han sido dietas diseñadas mediante procesos matemáticos, sin ninguna comprobación biológica que garantice el nivel de aprovechamiento de la dieta por parte de estos peces Clavijo Restrepo, (2011).

La FAO, 1990 tomado de Chu-Koo, FW *et al.*, (2005) recomienda desarrollar dietas con insumos locales que puedan suplir los nutrientes que se obtienen de insumos importados. Raciones con estas características se obtienen cuando se tienen en cuenta ingredientes alternativos con un valor nutricional relativamente alto, abundantes en la región y de bajo costo, como lo es la planta acuática lenteja de agua (*Lemna minor*), además, constituye una importante fuente de nutrientes en la dieta de especies acuáticas omnívoras/ herbívoras. Estos elementos le confieren grandes perspectivas para su aplicación en granjas comerciales y en las comunidades rurales (Febrero *et al.*, 2005).

Se plantea como objetivo de esta investigación determinar el coeficiente de digestibilidad aparente en materia seca (MS) y proteína bruta (PB) de la lenteja de agua *Lemna minor* incluida en una dieta para cachama negra *Colossoma macropomum* y los efectos del rendimiento productivo en etapa de alevín.

2. Materiales y métodos

2.1. Localización

La fase experimental se realizó en instalaciones adecuadas para la ejecución del proyecto, ubicada en el corregimiento de Simaña del municipio de La Gloria departamento del Cesar a una altitud de 157 metros sobre el nivel del mar con latitud: 8.61667. El experimento se realizó entre los meses de mayo y junio del año 2022 (Tutiempo Network, S. L, s/f).

2.2. Material biológico y equipo experimental

Se utilizaron 136 alevinos de cachama negra con 0,4 gramos de peso promedio obtenidos en la distribuidora agrícola Avícola del Cesar, ubicado en la ciudad de Aguachica Cesar. Se emplearon ocho acuarios como unidades experimentales con volúmenes de agua de 27 litros, distribuyendo 17 alevinos por acuario, con aireación constante por medio de bombas aireadoras marca power life air pump p-1500 de dos salidas y sus respectivas piedras difusoras, con el fin de mantener los acuarios oxigenados. Para las biometrías se utilizó una balanza de 0,1 gr de precisión marca Bascula 500G modelo 2B, para pH se usó pH test para acuario y se usaron termohigrómetros para medir temperatura de las unidades experimentales y humedad relativa del ambiente.

2.3. Dietas experimentales

La materia prima estudiada fue la lenteja de agua (*Lemna minor*). La biomasa colectada como materia prima se deshidrató de forma artesanal, a temperatura ambiente durante dos días, luego se pasó por el proceso de molienda y un posterior tamizado para obtener la harina de lenteja de agua. A esta harina se le realizó un análisis bromatológico o nutricional.

En la Tabla 1 se observa la composición nutricional de la harina de lenteja de agua, junto a la composición teórica de los otros insumos utilizados.

Tabla 1 Composición nutricional de materia prima para la elaboración de dietas

Ingrediente	Fibra	Proteína	Grasas	Humedad	Ceniza	Carbohidratos
Harina de pescado ²	1	65	9,5	8,1	18	0
Harina de soya ¹	5	37	20	9,2	5,1	0
Harina de yuca ¹	6,1	2,4	0,5	11,6	6,1	62,6
Harina de lemna minor*	15,52	18,83	1,88	5,57	19,76	53,98

**Análisis de laboratorio INOQUALAB S.A.S.* Tablas FEDNA 2019¹
Proporcionado por vendedor².**

Se prepararon dos dietas experimentales:

Tratamiento 1 (T1): Dieta referencia o control

Tratamiento 2 (T2): Dieta prueba o experimental.

Se utilizaron para las dietas de este experimento, harinas de uso común como soya, yuca y pescado. Se utilizó una dieta referencia compuesta por harina de soya, yuca y pescado más el indicador inerte. La dieta objeto de estudio (dieta prueba) estuvo compuesta por un 71% de dieta referencia, 1% de marcador inerte y un 28% de materia prima evaluada, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Formulación porcentual y composición proximal de la dieta referencia (T1) y la dieta prueba (T2)

<i>Composición porcentual de dietas experimentales (g/100)</i>		
Ingrediente	T1	T2
Harina de pescado	42	32
Harina de soya	14	19
Harina de yuca	43	20
Harina de lemna minor **	--	28
Oxido de cromo***	1	1
Total	100	100
<i>Composición proximal de dietas experimentales (g/100)</i>		
Fibra cruda	0,83	1,02
Proteína	33,92	35,64
Grasa	6,85	7,49
Humedad	4,46	5,09
Ceniza	9,61	14,65
Carbohidratos	45,16	37,13

** Materia prima evaluada *** Indicador inerte

El proceso de fabricación de las dietas, consistió en pesar cada uno de los ingredientes en las cantidades previamente establecidas en la formulación, para ser posteriormente mezclados entre sí con la ayuda de agua para lograr una homogenización, seguido de un secado y una posterior molienda, obteniendo así los tratamientos experimentales en harina, que fueron almacenadas en bolsas ziploc a temperatura ambiente para su posterior uso. Al igual que la muestra de *Lemna minor*, las dietas fueron enviadas al laboratorio INOQUALAB S.A.S. En la Tabla 2 se muestra la composición proximal de las dietas experimentales.

2.4. Marcador inerte

Un indicador o marcador debe ser inerte y no tóxico, no tener función fisiológica, no ser absorbido ni metabolizado, mezclarse bien con el alimento, no influenciar secreciones intestinales y poseer método específico de determinación analítica Rodríguez *et al.*, (2007). Se implementó el método indirecto para determinar la digestibilidad aparente de la *Lemna minor*, este método consistió en coleccionar las

heces mediante el sistema de sifoneo y óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador inerte adicionado a la dieta en una concentración del 1%; este método relaciona que la cantidad de marcador en el alimento y en las heces permanece constante durante todo el experimento y que todo el óxido de cromo ingerido aparecerá en las heces.

2.5. Alimentación, biometrías y recolección de heces.

La etapa del bioensayo experimental inició con la compra de los alevinos de cachama negra, luego se procede a la siembra de los peces, se realizaron actividades de aclimatación, distribución de los peces; (en cada unidad experimental se sembraron 17 peces) y toma de biomasa inicial donde se registraron los primeros datos biométricos. Los dos tratamientos con sus respectivas réplicas, fueron distribuidos completamente al azar en los ocho acuarios (cuatro por tratamiento o dieta). Se utilizó un muestreo aleatorio simple para disminuir el error experimental al distribuir las réplicas de los tratamientos y al alimentar los peces. Para lo anterior, el orden de la alimentación de los peces se realizó haciendo uso de la generación de datos aleatorios en Microsoft Excel.

Los alevinos fueron alimentados diariamente con una ración del 10% de la biomasa total por acuario, dividida en tres raciones, suministrándoselas en horas de la mañana, medio día y tarde (8:00 am, 12:30 pm y 4:30 pm), pasada una hora de la última alimentación del día, se realizó una limpieza de los acuarios para eliminar todos los materiales sedimentados durante el día (escamas, alimento no consumido y partículas de heces) mediante Sifoneo, se retiró aproximadamente 10% del agua diaria por unidad experimental y entre 50 y 60 % cada cuatro días. Se registraron temperaturas y humedad relativa diarias del ambiente, la temperatura y pH de las unidades experimentales.

Se realizaron biometrías a los 0, 15 y 30 días del experimento, evaluando peso inicial y peso final con una balanza de 0,1 gr de precisión, con el propósito de registrar y ajustar la dieta para así evaluar los parámetros de crecimiento, controlar ca cantidad utilizada del alimento y supervivencia.

2.6. Estimaciones de la digestibilidad

Se realizó recolección de heces una hora antes de iniciar con la primera alimentación en horas de la mañana, seguidamente se procedió al secado de las mismas y su almacenado. La recolección se realizó por sifoneo, con ayuda de una manguera de $\frac{1}{4}$, un tamiz

de tela para coleccionar las heces y un balde para almacenar el agua. El secado se realizó en un horno a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ de temperatura y fueron almacenadas a $-12 \pm 2^\circ\text{C}$ en bolsas ziploc previamente rotuladas para su posterior análisis de laboratorio. Para determinar la proteína, se utilizó el método de Kjeldah, la materia seca a través de estufa de secado y para la concentración de óxido de cromo, se siguió el método de digestión ácida y lectura por espectrofotómetro, propuesto por Furukawa & Tsukahara (1966).

Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de materia seca y proteína, de las dietas experimentales, se calcularon utilizando la ecuación de Nose (1966):

$$CDANut(\%) = 100 - \left[100 * \left(\frac{\%Cr_2O_3d}{\%Cr_2O_3h} * \frac{\%Nuth}{\%Nutd} \right) \right]$$

Donde:

“ $CDANut(\%)$ = Coeficiente de digestibilidad aparente del nutriente;

$\%Cr_2O_3d$ = Porcentaje de óxido de cromo de la dieta;

$\%Cr_2O_3h$ = Porcentaje de óxido de cromo de las heces;

$\%Nut$ = Porcentaje del nutriente en las heces;

$\%Nutd$ = Porcentaje del nutriente en la dieta.”

La digestibilidad total de cada materia prima se determinó considerando la ecuación descrita por Bureau & Hua (2006).

$$CDA Mp(\%) = CDA Nutde + \left((CDANutde - CDANutds) * \frac{X * D ds}{y * D ing} \right)$$

Donde:

“ $CDAMp(\%)$ =CDA del nutriente de la Materia Prima;

$CDANutde$ =CDA del Nutriente en la dieta experimental;

$CDANutds(\%)$ =CDA del Nutriente en la dieta referencia;

Dds = %del nutriente en la dieta referencia;

$Ding$ = %del nutriente de la materia prima evaluada;

X = Proporción de la dieta referencia (72%);

Y = Proporción de la materia prima (28%).”

Cálculo de proteína digestible.

Para determinar la proteína digestible se obtuvo previamente la proteína bruta; luego se multiplicó por el coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína, calculado con las fórmulas descritas anteriormente.

Los valores de proteína digestible (*PD*) fueron obtenidos mediante la siguiente ecuación:

$$PD = \frac{CDA (i) \times PB}{100}$$

En donde:

PB = Proteína bruta de la dieta ingerida o la *Lemna minor*.

CDA (i) = Coeficiente de digestibilidad aparente.

2.7. Indicadores productivos.

Se evaluaron los siguientes indicadores productivos y algunas variables de productividad según Bru *et al.*, 2017 citado de Mendoza *et al.*, (2021). Utilizando datos biométricos recolectados durante el ensayo, aplicando las siguientes ecuaciones:

Se estimó la ganancia de peso (*Gp*)

$$Gp = Pf - Pi$$

Donde *Pf* es peso promedio final y *Pi* el peso promedio inicial (gr).

Ganancia diaria de peso (*Gdp*)

$$Gdp = Gp / t$$

Donde: *t* es el tiempo de cultivo (días) y *Gp* la ganancia de peso.

La tasa específica de crecimiento (*TCE*)

$$TCE = (\ln Pf - \ln Pi) / t * 100$$

Donde: *Ln Pf* es logaritmo natural del peso promedio final y *Ln Pi* el logaritmo natural del peso promedio inicial.

La sobrevivencia (S)

$$S=Nf/Ni*100$$

Donde: Nf es el número final de peces y Ni el número inicial

La biomasa final (Bf)

$$Bf=Pf*Nf$$

Donde: Bf es la biomasa final, Pf peso promedio final y Nf número de peces al final del ensayo.

La ganancia en biomasa (GB)

$$GB=Bi-Bf$$

Donde: Bi es biomasa inicial y Bf biomasa final (Kg)

Productividad ($Prod$) se determinó con la ecuación,

$$Prod=GB/V$$

Donde: V es el volumen útil de las unidades (m³) y GB la ganancia en biomasa

El índice de conversión alimenticia aparente (ICAA)

$$ICAA=CAS/GB$$

Donde: CAS es la cantidad de alimento suministrado (Kg) y GB la ganancia en biomasa.

2.8. Análisis estadísticos

Se empleó la estadística descriptiva, utilizando valores como promedio, desviación estándar y se implementó una prueba *t student* para comparar las medias. Se tomó como valor de significación estadística $p<0,05$. Los datos se presentan como medias (\pm DS) de cuatro replicas por cada dieta. Los datos de digestibilidad derivados de la dieta de referencia y la dieta prueba fueron usados para calcular los coeficientes de digestibilidad aparente, los cuales no se compararon estadísticamente porque no fueron variables experimentales. Los resultados se analizaron con el programa estadístico *Statgraphics 18®* y Microsoft Excel.

3. Resultados y discusión

Los parámetros de calidad del agua como temperatura y el pH, no afectaron ninguno de los factores evaluados. La temperatura del agua en las unidades experimentales presentó un promedio de 28°C durante toda la fase experimental, siendo este un promedio óptimo para la crianza de cachama negra, pues FONDEPES (2004), menciona que la temperatura favorable para el cultivo de esta especie oscila entre 25 - 34°C. Para el potencial de hidrógeno (pH) el promedio obtenido fue de 7.5, valor que se encuentra dentro de los rangos mencionados por Prado-Lima, M., & Val, A. L. (2016), quienes recomiendan rangos entre 4.5 – 7.8.

Los resultados de composición proximal de la materia prima evaluada *Lemna minor* y las dietas experimentales presentadas en las Tablas 1 y 2 respectivamente muestran porcentajes de proteína de 18,83% y un alto valor de fibra del 15,52% para la *Lemna minor* en base seca. Las dietas experimentales fueron formuladas mediante regresión lineal con un valor teórico de 34% de proteína bruta, valor que fue superado por el tratamiento prueba con 35,64%, mientras que el tratamiento referencia mostró un valor de proteína bruta muy similar al teórico con 33,92%. Los resultados del análisis de composición química de la *Lemna minor*. (Tabla 1) confirman lo referenciado por Febrero *et al.* (2005), que “las plantas del género *Lemna* por su capacidad de crecer rápidamente y producir biomásas ricas en proteínas pueden ser utilizadas como alimento para animales de granja y especial para peces.” El análisis de la biomasa colectada destaca entre los elementos el valor de la materia seca, ya que resultó bajo (5,57%) comparado con los reportados por Gonzales Salas *et al.*, (2016) con valores promedios entre (7,69%), que a su vez obtuvieron valores de proteína bruta de 27,59% para la *Lemna minor* cultivadas en aguas producto de residuos de la actividad porcina, que resultaron superiores a los obtenidos en esta investigación (18,83%). Este nivel de proteína bruta obtenido fundamentalmente se relaciona a la concentración de nutrientes del agua aportada por el estiércol porcino. La lenteja de agua alcanza niveles de proteína hasta un 38% de su biomasa Arroyave, (2004). El valor nutricional es también dependiente de la presencia de insectos y bacterias en el manto, pero estos datos no están disponibles en la mayoría de los estudios Córdoba, (2010).

No existen reportes donde se hayan estudiado dietas a base de lenteja de agua (*Lemna minor*) para la alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* (cachama negra).

No se observaron signos de enfermedad en los peces que causara su retiro o sacrificio inmediato al ser alimentados con las dietas experimentales.

El tratamiento referencia presentó CDA para materia seca y proteína de $61,74 \pm 5,49\%$ y $79,15 \pm 3,11\%$ respectivamente, mientras que el tratamiento prueba arrojó CDA para materia seca de $72,22 \pm 1,08\%$, y la proteína fue de $88,36 \pm 0,48\%$. La proteína digestible y los resultados anteriores se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de Materia seca, proteína y proteína digestible de los diferentes tratamientos y el ingrediente evaluado en cachama negra.

Dieta	CDA-MS	CDA-PB	PD
Tratamiento referencia	$61,74 \pm 5,49$	$79,15 \pm 3,11$	26,85
Tratamiento prueba	$72,22 \pm 1,08$	$88,36 \pm 0,48$	31,49
Materia prima*	$92,57 \pm 3,60$	$77,97 \pm 0,91$	14,66

***Lenteja de agua (*Lemna minor*)**

La dieta prueba propuesta, presentó un CDA proteico de ($88,36 \pm 0,48$), considerado un valor alto. Puerta *et al*, (2017), "afirman que a mayor CDA, mejor aprovechamiento de los nutrientes de la materia prima por parte del organismo en cuestión."

La consideración de los valores de digestibilidad en la composición de los alimentos da como resultados dietas altas en nutrientes y de bajo impacto ambiental. En esta investigación, el valor de la digestibilidad de la MS de la harina de *Lemna minor* fue alto ($92,57 \pm 3,60\%$) en relación con otros ingredientes evaluados en cachama negra reportados por Walter Gutiérrez *et al*. (2008), con un $88,06 \pm 0,83\%$ para la harina de pescado y un $82,38 \pm 1,02\%$ para la harina de maíz amarillo duro; manifestaron obtener altos resultados. Barboza Huamán, (2016), reporta valores bajos para torta de soya evaluada en cachama negra con $61,16 \pm 1,98\%$, valor muy bajo comparado con el obtenido en la materia prima referente a esta investigación, este autor para la torta de soya, reporta resultados de CDA en proteína de $82,76 \pm 0,79\%$, Walter Gutiérrez *et al*. (2008), reportan valores de CDA proteicos de un $87,08 \pm 1,34\%$ para la harina de pescado y un $75,46 \pm 1,53\%$ para la harina de maíz amarillo duro.

Gutiérrez-Espinosa, M.C, & Vásquez-Torres, W. (2008) reportan “CDA proteicos para soya integral cruda, soya integral tostada y torta de soya con valores de $75,6 \pm 3,7$, $81,1 \pm 0,5$ y $83,2 \pm 1,6$ respectivamente evaluados en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).”

Si se compara la digestibilidad de la harina de *Lemna minor* con la harina de pescado, esta última es mejor, por lo cual se podría sugerir que la harina de *Lemna sp*, como fuente proteica, estaría más cerca de la soya integral cruda y maíz amarillo ya que así pudiese ser considerada como una fuente alternativa. Sin embargo, los valores encontrados confirman la capacidad de la especie para digerir alimentos de origen animal y vegetal.

Se observó que los peces mostraron una alta avidez y aceptación del alimento; el porcentaje de sobrevivencia fue del 94,1% (T1) y 100% (T2). De las etapas posteriores al desove de la producción de alevinos de cachama negra, la etapa de mayor mortalidad es durante los primeros diez días de vida, que en algunos casos sobre pasa el 50% dado a los cambios bruscos de los parámetros físico-químicos del agua como la temperatura, oxígeno, pH, NH_4 y CO_2 García-Castro, J., & Ascón-Dionisio, G. (2022). En general, los resultados obtenidos de supervivencia durante el período de investigación se consideran aceptables para la adaptación de una especie al cautiverio; comparándolos con los resultados que obtuvieron Rial *et al.*, (2013) de sobrevivencia entre 88,7 y 98% para los alevinos de cachama negra (*Colossoma macropomum*) se observa que esta especie presenta alta supervivencia en la experimentación, iguales resultados fueron obtenidos por Bautista *et al.*, (2005) cuando evaluaron la pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevinos del híbrido cachamay (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*).

Uno de los criterios más sencillos en la evaluación del crecimiento del pez es la ganancia de peso (GP). No obstante, los indicadores que más se utilizan para comparar y determinar cuándo una dieta es mejor que otra en función del aporte de nutrientes es: la tasa de crecimiento específico (TCE) y el índice de conversión alimenticia (ICAA), implementados para medir la eficacia de las dietas.

Mediante los resultados obtenidos se observa que la dieta prueba T2, a base de harina de *Lemna minor*, presenta una de ganancia de peso (GP) algo superior a la dieta referencia. Felipa *et al.*, (2016), “no evidenciaron diferencia significativa ($p > 0,05$) en los análisis de comparación de medias y análisis de varianza de los promedios de crecimiento en peso de las unidades de cultivo de alevinos de *Colossoma macropomum* criados en estanques artificiales,” en dicho

estudio realizado obtuvieron un total de medias de 1,2995 gr similar al resultado obtenido en el tratamiento prueba de $1,33\pm 0,16$ gr.

El parámetro que indica la cantidad de alimento ingerido por gramos de peso ganado de un cultivo de peces es el ICAA; así, un ICAA bajo significa que el pez convirtió mejor el alimento. En este estudio el ICAA fue de $2,97\pm 0,41$ (T1) y $2,18\pm 0,40$ (T2), con resultados favorables para el tratamiento prueba.

El mejor rendimiento productivo lo presentó el tratamiento prueba (T2) como se observa en la Tabla 4, con el mayor porcentaje de proteína, con los siguientes porcentajes proteicos, Tratamiento referencia (T1) 33,92% y Tratamiento prueba (T2) 35,64% (Tabla 2).

Tabla 4 Rendimiento productivo de *Colossoma macropomum*

Índices zootécnicos	T1	T2	P-valor
Peso inicial (gr)	0,46 \pm 0,05	0,41 \pm 0,04	0,2563
Peso final (gr)	1,17 \pm 0,08	1,33 \pm 0,16	0,1159
Ganancia de peso (gr)	0,71 \pm 0,07	0,92 \pm 0,14	0,041
Biomasa inicial (gr)	7,76 \pm 0,78	6,94 \pm 0,70	0,1673
Biomasa final (gr)	18,87 \pm 1,98	22,29 \pm 2,30	0,0531
Ganancia de biomasa(gr)	10,87 \pm 1,79	15,34 \pm 2,09	0,0176
Ganancia de peso diaria (gr)	0,024 \pm 0,002	0,031 \pm 0,004	0,0403
Tasa de crecimiento específico (%/día)	1,35 \pm 0,14	1,70 \pm 0,16	0,0203
Índice de conversión alimenticia	2,97 \pm 0,41	2,18 \pm 0,40	0,0333
Productividad (kg/m ³)	0,40 \pm 0,07	0,57 \pm 0,08	0,0201
Sobrevivencia (%)	94,1	100	
Tiempo (días)	30	30	
Precio de alimento (\$)	6.320,10	5.118	

4. Conclusión

Los niveles de proteína y de fibra bruta que presentó la harina de *Lemna minor* se consideran aceptables, por lo que posibilita su uso alternativo como materia prima para dietas de cachama negra. El efecto del alimento sobre el crecimiento de los alevinos de cachama negra fue significativamente mayor ($P < 0.05$) para los alevinos alimentados con el tratamiento prueba (T2) que contenía la materia prima alternativa evaluada (*Lemna minor*). Con el aporte de los resultados obtenidos en esta investigación se corrobora que la harina de *Lemna minor* permite alcanzar favorables números en los indicadores de crecimiento y supervivencia en alevinos de esta especie, mismo resultado que se evidenció en la evaluación de la *Lemna minor* en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) propuesto por Salas *et al.*, (2016). Conforme a lo referenciado, se representa este ingrediente alternativo como fuente de proteína de origen vegetal para peces, de alto valor comercial, fundamentalmente a nivel de cooperativas familiares donde se utilizan dietas balanceadas en pequeñas escalas.

Los registros analizados en esta investigación muestran que la especie *Colossoma macropomum* puede digerir la proteína del ingrediente evaluado, de manera diferenciada según el recurso alimenticio. Esta información no solamente puede ser utilizada para definir con cierta claridad las necesidades de nutrientes, sino también para proporcionar dietas eficientemente nutricionales para la especie. Aún así, es necesario la continuidad del trabajo de identificar y evaluar el valor nutricional de más fuentes alternativas presentes en la región. Los valores de CDA y proteína digestible obtenidos para la harina de *Lemna minor* evidencian un eficiente aporte a la *Colossoma macropomum* en las fracciones proteica.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Popular del Cesar por el financiamiento del proyecto mediante la convocatoria interna de jóvenes egresados investigadores, este proyecto estuvo bajo la supervisión de división de investigación mediante el convenio N° 017 de diciembre de 2021.

6. Referencias bibliograficas

- Arroyave, M. del P. (2004). "LA LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor* L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA". *Revista EIA*, 1(1), 33–38. <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/121>
- Barboza Huamán, C. A. (2016). "Determinación de la digestibilidad de nutrientes y la energía digestible de la torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*)" [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2652>
- Bautista, E. O., Pernía, J., Barrueta, D., & Useche, M. (2005). "Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)".
- Bureau, D. P., & Hua, K. (2006). "Letter to the editor of aquaculture". *Aquaculture*, 252, 103–105.
- Clavijo Restrepo, L. C. (2011). "DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD DE MATERIAS PRIMAS NO CONVENCIONALES EN CACHAMA BLANCA *Piaractus brachypomus*" [UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9650/7408502.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdoba, P. Z., Mendiola, J. L. R., Cerrilla, M. E. O., Jiménez, E. O., Torres, M. T. S., Haro, J. G. H., & Herrera, M. B. (2010). "Utilización de la lenteja agua (*Lemnaceae*) en la producción de Tilapia".
- FAO. (1994). "CONTROL DE CALIDAD DE INSUMOS Y DIETAS ACUICOLAS". Fao.org. <https://www.fao.org/3/ab482s/ab482s08.htm>
- FAO. (2022). "fisheries & aquaculture". Fao.org. <https://www.fao.org/fishery/es/countrysector/co/es?lang=es>
- Febrero Toussaint, I., Estrada Cutiño, O., Romero Cruz, O., Ponce Palafox, J. T., & González Salas, R. (2005). "Perspectivas de la Lemna sp. para la alimentación de peces". *RED-VET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VI(3), 1–6. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612812009>
- FEDNA. (2019). [Fundacionfedna.org. https://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo](https://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo)
- Felipa, G., Blas, W., & Alcantara-Bocanegra, F. (2016). "Relación longitud-peso, factor de condición y tabla estándar del peso de mil alevinos de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) CRIADOS EN ESTANQUES ARTIFICIALES". *Folia amazónica*, 25(1), 17. <https://doi.org/10.24841/fa.v25i1.379>
- FONDO NACIONAL DE DESARROLLO PESQUERO, FONDEPES. (2004). "MANUAL DE CULTIVO GAMITANA. Gerencia de Acuicultura del Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero"; http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_gamitana.pdf
- Furukawa, A., & Tsukahara, H. (1966). "Método de digestão ácida para determinação do óxido crômo usado como substância indicadora nos estudos de digestibilidade dos alimentos para peixes". *Bull Jap Soc Scie Fisheries*, 32(6), 502–506.
- García-Castro, J., & Ascón-Dionisio, G. (2022). "Sistema automatizado de monitoreo de parámetros físico-químicos en producción de alevines Gamitana (*Colossoma macropomum*)". *Revista agrotecnológica amazónica*, 2(1). <https://doi.org/10.51252/raa.v2i1.240>
- Glencross, B. D., Booth, M., & Allan, G. L. (2007). "A feed is only as good as its ingredients ? a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds". *Aquaculture Nutrition*, 13(1), 17–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>

- Gutiérrez-Espinosa, M. C., & Vásquez-Torres, W. (2008). "Digestibilidad de Glicine max L, soya, en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachipomus* Cuvier 1818". *Orinoquia*, 12(2), 141–148. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612202>
- Kohler, C. (2005). "Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana (*Colossoma macropomum*)". *EACIN*.
- Mendoza, L. C., Pertuz-Buelvas, V., Espinosa-Araujo, J., Atencio-García, V. J., & Prieto-Guevara, M. J. (2021). "Potencialidad del cultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* con tecnología biofloc". *Orinoquia*, 25(2), 25–39. <https://doi.org/10.22579/20112629.706>
- Morillo, M., Visbal, T., Altuve, D., Ovalles, F., & Medina, A. L. (2013). "Valoración de dietas para alevines de *Colossoma macropomum* utilizando como fuentes proteicas harinas: de lombriz (*Eisenia foetida*), soja (*Glycine max*) y caraotas".
- Nose, T. (1966). "Recent advances in the study of fish digestion in Japan. Symposium on feeding trout and salmon culture".
- Pezzato, L. E., Miranda, E. C. de, Barros, M. M., Pinto, L. G. Q., Furuya, W. M., & Pezzato, A. C. (2002). "Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)". *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(4), 1595–1604. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982002000700001>
- Prado-Lima, M., & Val, A. L. (2016). "Transcriptomic characterization of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) exposed to three climate change scenarios". *PLoS One*, 11(3), e0152366. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152366>
- Puerta Rico, L. F., Universidad Nacional de Colombia, García González, J. J., Parra Suescún, J. E., Pardo Carrasco, S. C., Universidad Nacional de Colombia, Universidad Nacional de Colombia, & Universidad Nacional de Colombia. (2017). "Coeficientes de digestibilidad aparente de *Thitonia diversifolia* y *Cratylia argentea* en cachama blanca y efectos sobre las vellosidades intestinales". *Revista Udeca Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 375–383. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.395>
- Rial, L., Ovalles, F., Morillo, M., Aguirre, P., Visbal, T., & Medina, A. L. (2013). "Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soya". *Interciencia*, 38(2), 121–127. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33926950010>
- Rodríguez, N. M., Saliba, E. O. S., & Júnior, R. G. (2007). "Uso de Indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida". *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(4), 518–525. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324210>
- Salas, R. G., Cruz, O. R., Navarro, M. V., & Palafox, J. P. (2016). "Lenteja de agua, una opción en dietas para tilapia roja". *AquaTIC (Zaragoza)*, 0(38). <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/101>
- Soriano Salazar, M. B., & Hernández Ocampo, D. (2002). "Tasa de Crecimiento del Pez Ángel *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) en Condiciones de Laboratorio". *Acta universitaria*, 12(2), 28–33. <https://doi.org/10.15174/au.2002.277>
- Tutiempo Network, S. L. (s/f). *Corregimiento Simaña (Cesar) - Colombia: Datos Geográficos*. www.tutiempo.net. Recuperado el 2 de septiembre de 2022, de <https://tierra.tutiempo.net/colombia/corregimiento-simana-co012950.html>
- Valbuena-Villareal, R. D. (2012). "Coeficientes de digestibilidad aparente de tres ingredientes proteicos para capaz, *Pimelodus grosskopfii*". *Orinoquia*, 16(2 sup), 179. <https://doi.org/10.22579/20112629.77>
- Vásquez-Torres, W., Yossa, M. I., & Gutiérrez-Espinosa, M. C. (2013). "Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama". *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 48(8), 920–927. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2013000800016>
- Walter Gutierrez, F., Zaldívar, J., & Contreras, G. (2008). "Coeficientes de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (Actinopterygii, Characidae)". *Revista peruana de biología*, 15(2). <https://doi.org/10.15381/rpb.v15i2.1735>