Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Caracterización bromatológica y rendimiento de la harina de *Dormitator latifrons* como materia prima para dietas acuícolas

Bromatological characterization and yield of *Dormitator latifrons* meal as a raw material for aquaculture diets

Rivera-Sánchez F. J.[1], Romero-Blandón S. L.[1], Ruiz-Chavarría M. S.[1], Roque-Salinas M. L.[1].

Rivera-Sánchez F. J.
friverasanchez444@gmail.com

Romero-Blandón S. L
sergio.romero121@est.unanleon.edu.ni

Ruiz-Chavarría M. S.
moyssesruiz@gmail.com

Roque-Salinas M. L.
martha.roque@ev.unanleon.edu.ni

*Autor de correspondencia: martha.roque@ev.unanleon.edu.ni

[1] Dirección Específica de Acuícola, Área de Conocimiento en Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua
ISSN-e: 2410-7980
Periodicidad: Semestral
Edición Especial: vol.12, núm.23, 2026
ribcc@ev.unanleon.edu.ni
Fecha de recepción: 20 de Octubre 2025
Fecha de aprobación: 06 de Julio 2026
Fecha de publicación: 05 de Noviembre 2026
URL:https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REBICAMCLI/article/view/1342
DOI: https://doi.org/10.5377/ribcc.v12i23.23957

Copyright © 2026 Rev. iberoam. bioecon. cambio clim. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León), Area de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinarias / Dirección Especifica de Agroecología y Agronegocios / Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Veterinarias. Dirección Académica. Departamento de Investigación. Unidad de publicaciones y eventos cientificos.

Esta obra está bajo una Licencia internacional Creative Commons Atribución NoComercial-compartirigual 4.0

Resumen

Antecedentes: El sector acuícola depende de materias primas importadas para elaborar alimentos balanceados, lo que eleva los costos de producción. Determinar el valor nutricional y el rendimiento productivo de la harina de *popoyote* (*Dormitator latifrons*) obtenida mediante dos métodos de procesamiento, a través de su caracterización bromatológica y la descripción del proceso de elaboración. **Metodología:** La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo en el municipio de Villanueva, Chinandega. Se realizaron dos ensayos de elaboración: uno con pescado entero y otro utilizando únicamente tejido muscular. El proceso incluyó captura, eviscerado, cocción, prensado, secado solar, molienda y análisis bromatológico. **Resultado:** Los resultados evidenciaron que el flujograma permitió identificar y optimizar las etapas críticas del proceso, por otro lado, la harina elaborada con tejido muscular presentó mejores características nutricionales, con un contenido de proteína de 78.06 %, humedad inferior al 12 % y 2.54 % de cenizas. En contraste, la harina obtenida a partir de pescado entero registró 65.05 % de proteína, 7.03 % de humedad y 25.17 % de cenizas. **Conclusión:** El uso de tejido muscular mejora la calidad nutricional de la harina y optimiza el aprovechamiento del recurso, al reducir la presencia de componentes minerales indeseables.

Palabras clave: Nutrición acuícola, alimentación de peces, Eleotridae, harina de pescado.

Abstract

Background: The aquaculture sector relies on imported raw materials for feed production, which increases production costs. This study aimed to determine the nutritional value and productive yield of *popoyote* (*Dormitator latifrons*) meal obtained through two processing methods, by characterizing its proximate properties and describing the production process. **Methodology:** The research was conducted using a descriptive approach in the municipality of Villanueva, Chinandega. Two processing trials were carried out: one using whole fish and the other using only muscle tissue. The process included capture, evisceration, cooking, pressing, sun drying, grinding, and proximate analysis. **Results:** The results showed that the flowchart allowed for the identification and optimization of critical process stages. Furthermore, the meal made with muscle tissue exhibited better nutritional characteristics, with a protein content of 78.06%, moisture content below 12%, and 2.54% ash. In contrast, the fishmeal obtained from whole fish registered 65.05% protein, 7.03% moisture, and 25.17% ash. **Conclusion:** The use of muscle tissue improves the nutritional quality of the fishmeal and optimizes resource utilization by reducing the presence of undesirable mineral components.

Keywords: Aquaculture nutrition, fish feeding, Eleotridae, fish meal.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento sostenido de la acuicultura en Nicaragua responde al incremento de la demanda de productos hidrobiológicos y a su potencial como motor de desarrollo económico y social. No obstante, el sector enfrenta limitaciones estructurales que comprometen su sostenibilidad y competitividad, particularmente la dependencia de materias primas importadas para la formulación de alimentos balanceados, lo que incrementa los costos de producción y reduce la rentabilidad (Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura [INPESCA], 2022). La identificación y aprovechamiento de recursos locales con alto valor nutricional, como *Dormitator latifrons*, constituye una estrategia clave para fortalecer la autosuficiencia productiva y reducir la vulnerabilidad del sector (Larumbe, 2002; López-Huerta et al., 2018).

Entre las alternativas emergentes, el *Dormitator latifrons* ha sido reconocido como una especie con alto potencial productivo debido a su amplia distribución, adaptabilidad a diferentes ambientes y elevado valor nutricional (Vega-Villasante et al., 2021). Estudios recientes han demostrado que esta especie presenta altos niveles de proteína de calidad y un perfil nutricional adecuado tanto en condiciones silvestres como en cautiverio, lo que la posiciona como un recurso estratégico para la elaboración de insumos acuícolas (López-Huerta et al., 2018; Vega-Villasante et al., 2020). López-Huerta et al., (2018) señala que el perfil nutricional del popoyote proveniente de cautiverio es de 82.4 % de proteína cruda, 5.3 % de lípidos y 4.7 % de ceniza, en cambio para los peces silvestres es de 88.3 % de proteína bruta 1.7 % de lípidos y 3.8 % de ceniza.

La composición nutricional de la harina de pescado es un factor determinante en la eficiencia de los sistemas acuícolas, debido a su impacto directo sobre el crecimiento, la conversión alimenticia y la salud de los organismos cultivados (Li et al., 2011).

Este ingrediente se caracteriza por su elevado contenido de proteínas de alta digestibilidad, generalmente superior al 60 %, así como por la presencia de lípidos ricos en ácidos grasos esenciales y un perfil mineral que incluye calcio, fósforo y otros micronutrientes indispensables (Susá, 2011). Sin embargo, su calidad depende en gran medida del equilibrio entre sus componentes. El contenido de humedad, por ejemplo, debe mantenerse por debajo del 12–14 % para evitar el crecimiento microbiano y la proliferación de mohos, mientras que niveles elevados de cenizas pueden reflejar un exceso de material óseo o impurezas, reduciendo la digestibilidad del producto (Midence et al., 2011). Asimismo, el contenido lipídico influye en el valor energético de la harina, aunque en exceso puede favorecer procesos de oxidación y enranciamiento si no se controla adecuadamente (Gatlin et al., 2007).

El proceso de elaboración de harina de pescado comprende una serie de etapas interdependientes que requieren control técnico riguroso para garantizar la calidad e inocuidad del producto final: La primera se evalúan parámetros como frescura, integridad y carga microbiana, factores que inciden directamente en la calidad proteica final (Kaushik et al., 2004). Posteriormente, la cocción cuyo objetivo es coagular las proteínas musculares, liberar el agua y la grasa contenida en los tejidos y reducir la actividad enzimática y microbiana (García, 2021). La etapa de prensado tiene como finalidad separar la fracción sólida de la líquida, reduciendo significativamente el contenido de agua y grasa en el material. Este proceso permite obtener una torta prensada con menor humedad y facilita la recuperación de subproductos como el aceite de pescado (García, 2021). El secado representa una de las fases más críticas del proceso, su objetivo es reducir la humedad hasta niveles seguros, generalmente entre 5 % y 10 % (Elangovan & Shim, 2000), para prevenir el deterioro microbiológico y prolongar la vida útil (Salazar Fernández, 2023).

Una vez seco, el material pasa por la etapa de enfriamiento y molienda. El enfriamiento evita la condensación de humedad y la formación de grumos, mientras que la molienda reduce el tamaño de partícula hasta obtener una granulometría homogénea, generalmente controlada mediante cribas estandarizadas.

Esta uniformidad es esencial para garantizar una adecuada mezcla en la formulación de alimentos balanceados y mejorar la digestibilidad del producto (Morón, 2024).

Adicionalmente, el control de puntos críticos de control (PCC) a lo largo del proceso es indispensable para asegurar la inocuidad y calidad del producto final. Entre los PCC más relevantes se encuentran la recepción de la materia prima, el proceso de secado, el almacenamiento y el envasado, debido a su influencia directa en la estabilidad físico-química y microbiológica de la harina (Midence et al., 2011). Asimismo, la evaluación del rendimiento productivo permite determinar la eficiencia del proceso, considerando la relación entre la cantidad de materia prima utilizada y el producto final obtenido, lo cual es clave para evaluar la viabilidad técnica y económica del sistema (Frazatto, 2023). El objetivo de este trabajo fue determinar el valor nutricional y el rendimiento productivo de la harina de popoyote (*Dormitator latifrons*) obtenida mediante dos métodos de procesamiento, a través de su caracterización bromatológica y la descripción del proceso de elaboración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio del estudio

El estudio se desarrolló en el municipio de Villanueva, ubicado en el departamento de Chinandega, Nicaragua, zona caracterizada por actividades agrícolas, ganaderas y pesquera, ya que presenta disponibilidad de recursos hidrobiológicos. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, orientado a caracterizar el proceso de elaboración de harina de pescado a partir de *Dormitator latifrons* y evaluar sus propiedades nutricionales. Este tipo de diseño permite detallar fenómenos sin manipulación de variables, centrándose en la observación sistemática de los procesos y sus resultados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), cabe mencionar que se realizaron dos ensayos con el fin de garantizar que el proceso de elaboración de la harina sea preciso, al mismo tiempo la comparativa de los ensayos permitió identificar la materia prima de mayor contenido proteico, puesto que se varió un ensayo con el pescado entero y el otro con el filete del pescado y la piel.

Dado el carácter técnico del estudio, no se definió una población ni una muestra en términos estadísticos, ya que la unidad de análisis correspondió al proceso productivo de la harina de pescado. Este enfoque es consistente con investigaciones de carácter tecnológico y de desarrollo de productos, donde el interés radica en la validación de procesos y no en la inferencia poblacional (comunicación personal, 13 noviembre 2025).

Toma de datos

Para la recolección de datos se emplearon instrumentos técnicos estandarizados, como lista de verificación, en la cual se identificaron si los procesos y los tiempos de los flujogramas estandarizados aplicaban al popoyote. Se utilizó un flujograma basado en los lineamientos de la norma ISO 9001:2015 para la representación y control de procesos, lo que permitió identificar, organizar y documentar cada una de las etapas productivas, facilitando su análisis y replicabilidad (International Organization for Standardization [ISO], 2015). Asimismo, se aplicaron análisis bromatológicos para determinar la composición nutricional de la harina, incluyendo contenido de proteína cruda, humedad, cenizas y lípidos, siguiendo metodologías reconocidas internacionalmente (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2019).

La captura de los organismos se realizó mediante el uso de trasmallo con un tamaño de ojo de malla de 4 pulgadas, técnica comúnmente empleada en la pesca artesanal por su eficiencia en la captura de especies de tamaño medio.

Autor de correspondencia: martha.roque@ev.unanleon.edu.ni

Posteriormente, se implementó un registro sistemático del peso de la materia prima en tres momentos clave: peso inicial (materia prima fresca), peso posterior al procesamiento intermedio y peso final del producto seco, con el fin de evaluar el rendimiento productivo. El procedimiento comprendió varias etapas secuenciales. Inicialmente, se efectuó la captura, selección y traslado de los organismos, asegurando condiciones adecuadas para preservar la frescura de la materia prima.

Posteriormente, se realizaron operaciones preliminares como sacrificio, eviscerado y lavado, con el objetivo de reducir la carga microbiana y eliminar impurezas. Estas etapas son fundamentales para garantizar la calidad sanitaria del producto final (Cuéllar, 2021)

Elaboración de la harina de pescado a base de popoyote

La fase de procesamiento incluyó cocción, enfriamiento, prensado manual, secado, molienda, empacado y almacenamiento. La cocción permitió la coagulación de proteínas y la liberación de grasa y agua, facilitando su posterior separación, además de reducir la actividad enzimática y microbiana (Tacon & Metian, 2015). El prensado manual contribuyó a la reducción del contenido de humedad y lípidos, favoreciendo la obtención de una fracción sólida más estable y concentrada en nutrientes (Hardy & Tacon, 2002). Por su parte, el secado, realizado mediante exposición solar, tuvo como finalidad disminuir la humedad hasta niveles seguros para evitar el deterioro microbiológico y prolongar la vida útil del producto (Solá-Oriol, 2020). Posteriormente, el producto seco fue sometido a molienda para obtener una granulometría uniforme, adecuada para su incorporación en formulaciones de alimentos balanceados, mejorando su digestibilidad y homogeneidad (National Research Council [NRC], 2011). Finalmente, la harina fue empacada y almacenada bajo condiciones controladas para preservar su calidad físico-química y evitar procesos de oxidación o contaminación (Jay, Loessner, & Golden, 2005).

El flujograma del proceso fue elaborado una vez finalizada la etapa experimental, permitiendo describir detalladamente cada fase y evaluar posibles Puntos Críticos de Control (PCC). El análisis bromatológico se realizó en un laboratorio certificado, garantizando la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos, quienes utilizan los métodos oficiales estandarizados de la AOAC. Este análisis permitió determinar la composición nutricional de la harina, constituyendo un indicador clave de su calidad y potencial de uso en la alimentación acuícola.

Finalmente, el rendimiento productivo se calculó mediante la relación entre el peso inicial de la materia prima y el peso final del producto seco, expresado en porcentaje. Este indicador permitió evaluar la eficiencia del proceso y la viabilidad técnica de la producción de harina de pescado a partir de *Dormitator latifrons*, en concordancia con metodologías empleadas en estudios de procesamiento de subproductos pesqueros (Tacon & Metian, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, el flujograma consolidó el proceso productivo en diferentes momentos, desde la captura de la materia prima hasta la obtención del producto final (Figura 1). En particular, la captura y manipulación inicial de los organismos desempeñan un papel determinante en la conservación de la calidad proteica.



Figura 1: Flujograma de proceso de la elaboración de harina de pescado a partir de popoyote.

La estandarización del proceso de elaboración de harina de pescado mediante un flujograma permitió no solo sistematizar las etapas productivas, sino también optimizar la calidad del producto final en términos nutricionales y de estabilidad. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la calidad de la harina está fuertemente condicionada tanto por la naturaleza de la materia prima como por el control técnico de las etapas de procesamiento, lo cual coincide con lo reportado por Tacon & Metian, (2015) y Hardy & Tacon (2002).

Estudios previos han demostrado que el estrés pre-sacrificio puede inducir cambios bioquímicos, como la degradación de proteínas y la alteración del pH muscular, afectando negativamente la calidad del producto final (Huss, 1995). En este sentido, la recolección de *Dormitator latifrons* en horarios de menor estrés térmico constituye una práctica adecuada que favorece la preservación de sus propiedades nutricionales, realizando así su captura en las primeras horas de la mañana.

Autor de correspondencia: martha.roque@ev.unanleon.edu.ni

Posteriormente, los organismos fueron trasladados al área de procesamiento, en la cual se verifico que no existiera daños considerables en los peces y que influenciaran la calidad de la harina. esta etapa es crítica, ya que la calidad de la materia prima determina en gran medida la calidad del producto final, especialmente en términos microbiológicos y nutricionales (Jay et al., 2005), posteriormente se procedió a realizar el sacrificio de los especímenes, con la finalidad de reducir el contenido hemático susceptible a la oxidación, mejorando así la estabilidad y el color de la harina (Huss, 1995). Las siguientes etapas permitieron eliminar impurezas y reducir la carga microbiana inicial, sometiendo la materia prima a temperaturas de 100°C, luego se realizó el proceso de prensado.

Esta etapa influye directamente en la eficiencia del proceso, ya que una adecuada extracción de líquidos mejora la estabilidad del producto y favorece la recuperación de subproductos como el aceite de pescado (García, 2021). Seguidamente, el secado se realizó mediante un sistema solar durante aproximadamente tres días, hasta alcanzar niveles de humedad adecuados (entre 5 % y 10 %), lo cual es fundamental para prevenir el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil del producto (Bimbo, 1990; Salazar Fernández, 2023).

Desde una perspectiva comparativa, el proceso aplicado en esta investigación se basa en los principios tradicionales de producción de harina de pescado descritos en la literatura, los cuales incluyen cocción, prensado, secado y molienda como etapas esenciales (Tacon & Metian, 2015). No obstante, se realizaron ajustes al flujograma propuesto por Midence et al. (2011), con el objetivo de optimizar la calidad del producto final, particularmente mediante la reducción del contenido de cenizas y calcio. Esta modificación metodológica responde a la necesidad de obtener una harina con mayor valor proteico y mejor digestibilidad, ya que niveles elevados de minerales pueden afectar la eficiencia nutricional en organismos acuáticos (NRC, 2011).

Los resultados sugieren que el uso exclusivo de tejido muscular en el procesamiento incrementa la precisión en la determinación del valor nutricional, al minimizar la interferencia de estructuras óseas y otros tejidos ricos en minerales. Esto coincide con lo reportado por López-Huerta et al. (2018), quienes destacan que la composición química del Dormitator latifrons varía significativamente en función de la fracción anatómica analizada. Por tanto, la selección de materia prima influye directamente en la calidad de la harina obtenida, favoreciendo una interpretación más precisa de los resultados y una mayor reproducibilidad experimental.

En conjunto, la implementación de un flujograma adaptado a las características de la especie y a las condiciones locales de procesamiento permitió optimizar la eficiencia del proceso y mejorar la calidad nutricional del producto final, lo cual representa un avance significativo en el desarrollo de alternativas sostenibles para la alimentación acuícola.

Las variaciones observadas en la (Tabla 1), sobre la composición bromatológica de la harina de pescado evidencia una influencia directa del tipo de materia prima utilizada sobre la calidad nutricional del producto final. En el presente estudio, el primer ensayo, elaborado con pescado entero, presentó un contenido proteico de 65,05 %, mientras que el segundo ensayo, basado exclusivamente en tejido muscular, alcanzó un 78,06 %, lo que representa un incremento de 13,01 %. Esta diferencia es consistente con lo reportado en la literatura, donde se establece que la inclusión de estructuras no musculares, como huesos y vísceras, tiende a diluir el contenido proteico debido al incremento en fracciones minerales (cenizas) y componentes no proteicos (NRC, 2011; Tacon & Metian, 2015).

Tabla 1. Análisis bromatológico a la harina de pescado a partir de popoyote

Parámetro	Primer Ensayo (Entero) (%)	Segundo Ensayo (Tejido muscular) (%)	Diferencia	Observación clave
Humedad	7,03	10,32	↑ 3,29	Mayor humedad en el segundo ensayo
Proteína (6.25)	65,05	78,06	↑ 13,01	Incremento significativo de proteína
Grasas	1,80	2,54	↑ 0,74	Ligeramente mayor contenido graso
Ceniza	25,17	6,76	↓ 18,41	Disminución notable de minerales totales
Carbohidratos	0,95	2,32	↑ 1,37	Aumento leve
Fibra cruda	0,16	0,05	↓ 0,11	Disminución ligera
Calcio	14,55	3,00	↓ 11,55	Reducción considerable
Fósforo	4,51	1,19	↓ 3,32	Reducción considerable
Energía (kcal/100 g)	280,20	344,38	↑ 64,18	Mayor aporte energético

En este sentido, López-Huerta et al. (2018) reportaron valores de proteína de 88,3 % en ejemplares silvestres de *Dormitator latifrons* y 82,4 % en individuos cultivados, lo que sugiere que los resultados obtenidos en el presente estudio, particularmente en el segundo ensayo, se encuentran dentro de un rango esperado para harinas de alta calidad. No obstante, la ligera diferencia con respecto a dichos valores puede atribuirse a factores como el método de procesamiento, el contenido residual de humedad y la inclusión parcial de otros tejidos durante la elaboración.

En relación con el contenido de lípidos, se observó un incremento de 1,80 % en la harina de pescado entero a 2,54 % en la harina elaborada con tejido muscular. Este comportamiento puede explicarse por la mayor concentración de lípidos en el tejido muscular en comparación con otras estructuras corporales, así como por una menor pérdida de grasas durante el procesamiento (Hardy & Tacon, 2002). De manera similar, el ligero aumento en el contenido de carbohidratos (de 0,95 % a 2,32 %) podría estar asociado a variaciones en compuestos nitrogenados no proteicos o a la concentración relativa de nutrientes tras la reducción de otros componentes.

Uno de los aspectos más relevantes del análisis corresponde al contenido de cenizas, el cual alcanzó un valor de 25,17 % en el primer ensayo, considerado elevado en términos de calidad nutricional. Altos niveles de cenizas suelen estar asociados con la presencia de material óseo, lo que puede afectar negativamente la digestibilidad y la eficiencia de conversión alimenticia en organismos acuáticos (NRC, 2011).

En cambio, la harina obtenida a partir de tejido muscular presentó una reducción significativa de este componente, lo que sugiere una mejora en su valor biológico y potencial de aprovechamiento.

Autor de correspondencia: martha.roque@ev.unanleon.edu.ni

En cuanto a la humedad, ambos ensayos presentaron valores inferiores al 12 %, lo cual es considerado adecuado para garantizar la estabilidad del producto y prevenir el crecimiento microbiano (Midence et al., 2011). Sin embargo, se observó que la harina obtenida del tejido muscular presentó una textura más seca, lo que podría estar relacionado con una mayor eficiencia en el proceso de secado o con diferencias en la capacidad de retención de agua entre tejidos. Factores como la temperatura de cocción, el tiempo de secado, las condiciones de almacenamiento y el enfriamiento previo al envasado pueden influir significativamente en estas características (Jay et al., 2005).

Por el contrario, el contenido de calcio, cercano al 3 % en el segundo ensayo, se mantuvo dentro de los límites recomendados para harinas de pescado destinadas a la alimentación animal, lo que refuerza la idoneidad del producto obtenido. Asimismo, los bajos niveles de fibra (0,16 % a 0,05 %) y el reducido contenido de carbohidratos son consistentes con la composición típica de harinas de origen animal, caracterizadas por su alta densidad proteica y baja fracción estructural (Tacon & Metian, 2015).

Los resultados obtenidos respaldan que el uso exclusivo de tejido muscular mejora significativamente la calidad nutricional de la harina de pescado, particularmente en términos de contenido proteico y reducción de cenizas. No obstante, esta mejora en la calidad puede implicar una reducción en el rendimiento volumétrico del proceso, lo cual plantea un balance entre calidad y eficiencia productiva que debe ser considerado en escalas industriales.

El rendimiento en la producción de harina de pescado constituye un indicador clave de eficiencia técnica y económica, ya que refleja la relación entre la cantidad de materia prima utilizada y el producto final obtenido. En la tabla N 2, se refleja el rendimiento de la materia prima en ambos ensayos, en el primer procesamiento, realizado con pescado entero (*Dormitator latifrons*), partió de 28 lb de materia prima y alcanzó un rendimiento del 12,5 %. En contraste, el segundo procesamiento, basado exclusivamente en tejido muscular, utilizó 16,5 lb de filete proveniente de 50 lb de pescado capturado, obteniendo un rendimiento del 5 % respecto al total inicial. Estas diferencias evidencian el impacto del tipo de materia prima sobre la eficiencia del proceso y la calidad del producto final.

Tabla 2. Rendimiento de la materia prima en la producción de harina de pescado a partir de popoyote.

Métodos	Peso Inicial (Lb)	Merma (Lb)	Tejido muscular (Lb)	Harina producida (Lb)	Rendimiento (%)
Método 1 (Entero)	28	24	-	3.5	12.50%
Método 2 (Tejido muscular)	50	41	16.5	2.5	5%

La disminución del rendimiento en ambos métodos puede atribuirse a las pérdidas inherentes al procesamiento, incluyendo la eliminación de cabeza, vísceras, escamas y estructuras óseas, así como la reducción de humedad durante las etapas de cocción y secado. Diversos estudios han señalado que el contenido de agua en el pescado fresco puede oscilar entre 60 % y 80 %, lo que explica la significativa reducción de peso durante su transformación en harina (Tacon & Metian, 2015). Asimismo, la eliminación de fracciones no comestibles representa una pérdida inevitable de masa, aunque necesaria para mejorar la calidad del producto.

El rendimiento obtenido en el primer ensayo (12,5 %) se encuentra por debajo de los valores reportados en sistemas industriales, donde se alcanzan rendimientos cercanos al 20–25 % dependiendo de la especie y del nivel de tecnificación del proceso (Bimbo, 1990; Cuéllar, 2021). Esta diferencia puede explicarse por el carácter artesanal del proceso empleado en este estudio, particularmente por el uso de prensado manual y secado solar, los cuales presentan menor eficiencia en la extracción de agua y grasa en comparación con tecnologías industriales como prensas mecánicas y secadores rotatorios (Hardy & Tacon, 2002).

En el caso del segundo ensayo, el rendimiento del 5 % resulta considerablemente inferior; sin embargo, este valor debe interpretarse en función del criterio metodológico aplicado. A diferencia del primer método, en este caso se excluyeron desde el inicio las fracciones no comestibles, utilizando únicamente tejido muscular como materia prima. Esta decisión reduce el rendimiento físico total, pero incrementa la concentración relativa de nutrientes, especialmente proteína, lo cual coincide con lo reportado por el NRC, (2011), que establece que la inclusión de estructuras óseas aumenta el contenido de cenizas y disminuye la densidad proteica de la harina.

Desde una perspectiva comparativa, los resultados evidencian una relación inversa entre rendimiento físico y calidad nutricional, mientras el primer método presenta un mayor aprovechamiento en términos de peso, el segundo ofrece una harina de mayor calidad, con un contenido proteico superior (78,06 %) y menor proporción de cenizas. Este comportamiento ha sido documentado en estudios previos, donde se señala que la eliminación de componentes estructurales, aunque reduce el rendimiento, mejora la digestibilidad y el valor biológico del producto (Tacon & Metian, 2015; López-Huerta et al., 2018).

A pesar de los bajos rendimientos obtenidos, especialmente en el segundo método, los resultados destacan el potencial del *Dormitator latifrons* como materia prima para la producción de harina de pescado de alta calidad. En este sentido, la elección del método de procesamiento dependerá del objetivo productivo: maximizar el volumen de producción o priorizar la calidad nutricional del producto. Desde una perspectiva de sostenibilidad y valor agregado, la producción de harinas con alta concentración proteica puede resultar más rentable en mercados especializados, particularmente en la formulación de alimentos balanceados para acuicultura intensiva (Gatlin et al., 2007).

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la optimización del proceso de elaboración de harina de pescado a partir de *Dormitator latifrons* constituye una estrategia técnicamente viable para mejorar la calidad nutricional del producto final y fortalecer la sostenibilidad del sector acuícola. En particular, la reestructuración metodológica basada en la estandarización del proceso mediante un flujograma permitió identificar, controlar y optimizar las etapas críticas de producción, garantizando condiciones adecuadas de inocuidad, estabilidad y calidad del producto, en concordancia con los principios de gestión de calidad en sistemas productivos alimentarios .

Razón por la cual, el flujograma diseñado facilitó la identificación de puntos críticos de control asociados principalmente a la calidad de la materia prima, el manejo térmico durante la cocción y las condiciones de secado, molienda y almacenamiento, siendo estos elementos determinantes en la conservación del valor nutricional y la estabilidad microbiológica de la harina, tal como ha sido ampliamente documentado en la literatura científica.

Por tanto, la harina de *Dormitator latifrons* obtenida a partir de tejido muscular se perfila como una fuente proteica alternativa con alto potencial para la industria acuícola, contribuyendo a la reducción de la dependencia de insumos importados y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria. Este enfoque se alinea con las tendencias actuales orientadas al aprovechamiento sostenible de recursos locales y al desarrollo de sistemas productivos más resilientes.

Se recomienda, para futuras investigaciones, evaluar la digestibilidad in vivo, el desempeño productivo en especies cultivadas y la viabilidad económica a escala industrial, con el fin de consolidar el uso de *Dormitator latifrons* como insumo estratégico en la alimentación acuícola.

En cambio, el análisis bromatológico evidenció la existencia de una relación inversa entre rendimiento productivo y calidad nutricional, donde la selección de la materia prima representa un factor determinante. Mientras que el procesamiento de pescado entero favorece la eficiencia en términos de volumen, el uso de tejido muscular permite obtener una harina de mayor calidad, más adecuada para aplicaciones en la formulación de alimentos balanceados de alto valor nutricional.

Autor de correspondencia: martha.roque@ev.unanleon.edu.ni

Por tanto, la harina de *Dormitator latifrons* obtenida a partir de tejido muscular se perfila como una fuente proteica alternativa con alto potencial para la industria acuícola, contribuyendo a la reducción de la dependencia de insumos importados y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria. Este enfoque se alinea con las tendencias actuales orientadas al aprovechamiento sostenible de recursos locales y al desarrollo de sistemas productivos más resilientes.

Se recomienda, para futuras investigaciones, evaluar la digestibilidad in vivo, el desempeño productivo en especies cultivadas y la viabilidad económica a escala industrial, con el fin de consolidar el uso de *Dormitator latifrons* como insumo estratégico en la alimentación acuícola.

Declaraciones

Fondos: Esta investigación fue autofinanciada.

Conflicto de intereses: Los autores no revelaron conflictos de intereses.

Cumplimiento de estándares éticos: No se realizó ningún experimento con animales mayores o personas.

Contribuciones de Autores: Todos los autores contribuyeron en: conceptualización, metodología, redacción, análisis de datos, borrador original, redacción, revisión y edición. Disponibilidad de datos: Los conjuntos de datos están disponibles a través del autor correspondiente previa solicitud razonable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official methods of analysis* (21st ed.). AOAC International.

Bimbo, A. P. (1990). Fish meal and oil: Current uses. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 67*(12), 980–984. https://doi.org/10.1007/BF02541857

Cuéllar, J. (2021). Procesos en la fabricación de la harina de pescado. *Revista de Información Veterinaria, Medicina y Zootecnia*. https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/fishmeal-manufacturing-processes/

Elangovan, A., & Shim, K. F. (2000). The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile fish. *Aquaculture, 189*(1–2), 133–144. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00365-3

Frazato, B. (2023). *Materia prima de producción: Cómo se gestiona*. CPCON. https://www.grupocpcon.com/es-mx/materia-prima-de-produccion-como-gestionar/

García, A. (2021). *Propuesta de utilización de harina de pescado para fortificar alimentos de consumo popular altos en carbohidratos* [Master's thesis or Doctoral dissertation]. ITCA-FEPADE. https://www.itca.edu.sv

Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E. J., Stone, D., Wilson, R., & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research, 38*(6), 551–579. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x

Hardy, R. W., & Tacon, A. G. J. (2002). Fish meal: Historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies. In R. R. Stickney & J. P. McVey (Eds.), *Responsible marine aquaculture* (pp. 311–325). CABI Publishing.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO. https://www.fao.org/3/v7180e/v7180e00.htm

Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura (INPESCA). (2022, June 16). *Así avanza la industria pesquera y acuícola en Nicaragua*. https://www.inpesca.gob.ni

International Organization for Standardization (ISO). (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements*.https://www.iso.org/standard/62085.html

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed.). Springer.

Kaushik, S. J., Covès, D., Dutt, G., & Blanc, D. (2004). Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, Dicentrarchus labrax. *Aquaculture, 230*(1–4), 391–404.https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00422-8 Larumbe, E. (2002). Algunos aspectos biológicos de los popoyotes (*Dormitator latifrons*) en cautiverio. *Panorama Acuícola*, 24–25. https://seafood.media/panoramacuicola/noticias/noticia%203.htm

Li, M. H., Robinson, E. H., Bosworth, B. G., Oberle, D. F., & Lucas, P. M. (2011). Use of alternative protein sources in aquaculture diets. *North American Journal of Aquaculture, 73*(2), 153–158. https://books.google.com.ni/books?id=gQG9EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

López-Huerta, J. M., Vega-Villasante, F., Viana, M. T., Carrillo-Farnés, O., & Badillo-Zapata, D. (2018). First report of nutritional quality of the native fish *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) (Perciformes: Eleotridae). *Latin American Journal of Aquatic Research, 46*(4), 849–854. https://doi.org/10.3856/vol46-issue4-fulltext-24

López-Huerta, J. M., Vega-Villasante, F., Viana, M. T., Carrillo-Farnés, O., & Badillo-Zapata, D. (2018). First report of nutritional quality of the native fish *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) (Perciformes: Eleotridae). *Latin American Journal of Aquatic Research, 46*(4), 849–854. https://doi.org/10.3856/vol46-issue4-fulltext-24

Midence, K., Padilla, K., & Páiz, T. (2011). *Aprovechamiento tecnológico de la sardina (Clupea pilchardus) y subproductos marinos mediante la elaboración de harina de pescado* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León. http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5135

Morón, I. (2024). *Proceso productivo de harina de pescado* [Trabajo de titulación]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bac3af44-7be5-4ec6-ad40-8ea4d483b436/content

National Research Council (NRC). (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039

Salazar Fernández C. (2023). *Conservación del pescado mediante secado, salado y ahumado* [Trabajo de titulación]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f94b102d-7625-463a-983c-733d4f119b13/content

Solá-Oriol D. (2020). *Harina de pescado*. https://www.3tres3.com/latam/articulos/harina-de-pescado_12448/

Susá, J. (2011). *Aplicación de sinergia de agentes orgánicos en la inhibición de carga microbiana en la harina de pescado para exportación* [Trabajo de titulación]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. https://core.ac.uk/download/12409025.pdf

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 23*(1), 1–10. https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209

Vega-Villasante, F., et al. (2020). Meat protein quality of *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae): Arguments for use by rural communities. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 7*(1), e2172. https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2172

Vega-Villasante, F., Guerrero-Galván, J. T., Ponce-Palafox, J., Zapata, A., & Musin, G. E. (2021). Biology and use of the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): State of the art review. *Latin American Journal of Aquatic Research, 49*(3).https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2021000300391

Autor de correspondencia: martha.roque@ev.unanleon.edu.ni