

Artículo original

Proteína alternativa a base de *Eisenia foetida* en la nutrición de pollos criollos

Alternative protein based on *Eisenia foetida* in the nutrition of native chickens

PERCY SEGUNDO HUAUYA PABLO¹
 <https://orcid.org/0000-0002-6765-8574>

LUIS ÁNGEL TELLO VEGA²
 <https://orcid.org/0009-0004-7806-0051>

WILBER SAMUEL QUIJANO PACHECO³
 <https://orcid.org/0000-0001-7889-7928>

Recibido: 13/09/2025
Aceptado: 29/09/2025
Publicado: 01/10/2025

^{1,2}Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú

³Escuela Profesional de Agronomía, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú

E-mail: ¹percy.huauya@unsch.edu.pe, ²luis.tello.22@unsch.edu.pe, ³wilber.quijano@unsch.edu.pe



Resumen

La creciente demanda de fuentes proteicas alternativas para la alimentación animal ha impulsado el interés en la harina de lombriz (HL) como insumo sostenible en avicultura. El presente estudio evaluó el efecto de su inclusión en la dieta de pollos criollos sobre parámetros productivos y económicos. Se aplicaron cuatro tratamientos con niveles entre 0 y 12 % de HL, registrándose el consumo acumulado de alimento, peso vivo, ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad y rentabilidad durante 25 días. Asimismo, se determinó la composición nutricional de la HL mediante análisis proximal. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso vivo, con un incremento progresivo desde 355,51 g hasta 427,86 g. La conversión alimenticia mejoró de 2,40 a 2,08 conforme aumentó el nivel de inclusión, mientras que el consumo de alimento mostró una tendencia ascendente sin diferencias estadísticas. No se registró mortalidad y el emplume fue uniforme. La muestra con 12 % de HL presentó el mejor desempeño productivo. En cuanto a la composición de la harina, se destacó un contenido de proteína de 57,46 %, grasa de 5,33 %, ceniza de 16,11 % y fibra de 0,55 %. Estos hallazgos sugieren que la HL mejora el rendimiento de forma sostenible.

Palabras clave: harina de lombriz; rendimiento productivo; pollos criollos.

Abstract

The growing demand for alternative protein sources in animal feed has increased interest in earthworm meal (EM) as a sustainable input in poultry production. This study evaluated the effect of its inclusion in the diet of native chickens on productive and economic parameters. Four treatments were applied with inclusion levels ranging from 0 to 12 % EM, recording cumulative feed intake, body weight, weight gain, feed conversion ratio, mortality, and profitability over a 25-day period. In addition, the nutritional composition of EM was determined through proximate analysis. The results showed significant differences ($p < 0.05$) in body weight, with a progressive increase from 355.51 g to 427.86 g. Feed conversion improved from 2.40 to 2.08 as the inclusion level increased, while feed intake showed an upward trend without statistical differences. No mortality was recorded and feathering was uniform. The 12% EM treatment presented the best productive performance. Regarding the composition of the meal, protein content was 57.46 %, fat 5.33 %, ash 16.11 %, and fiber 0.55 %. These findings suggest that EM sustainably improves performance in native chickens.

Keywords: earthworm meal; productive performance; creole chickens.



1. Introducción

La producción animal desempeña un papel central en la seguridad alimentaria, al proveer proteínas de alta calidad que contribuyen a cubrir los requerimientos nutricionales de la población. En las últimas décadas, la demanda de productos pecuarios ha mostrado un incremento constante y se prevé que continúe en ascenso debido al crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios en los hábitos de consumo. Entre las especies de mayor importancia destacan los bovinos, porcinos y aves, cuya producción conjunta aporta más del 80 % de la proteína animal consumida a nivel global. No obstante, el consumo excesivo de carne roja y procesada se asocia con efectos adversos para la salud (Liberá et al., 2021; Qian et al., 2020; Wang et al., 2024). En este escenario, la avicultura ocupa una posición estratégica, ya que los pollos de engorde constituyen la principal fuente de carne en el mundo, superando a la porcina desde 2019. Su preferencia obedece a la accesibilidad, la versatilidad culinaria y el valor nutricional que ofrece. La carne de pollo es reconocida por su aporte de proteínas de alto valor biológico, bajo contenido graso y adecuada composición de aminoácidos esenciales. A ello se suma su corto ciclo productivo y la eficiencia en la conversión alimenticia, factores que la convierten en una opción rentable para los productores y confiable para los consumidores (Bist et al., 2024; Dong et al., 2024; Ritchie et al., 2019).

Tradicionalmente, la alimentación de las aves se formula a partir de insumos convencionales como el maíz y la soya, los cuales constituyen la base energética y proteica de los alimentos balanceados. No obstante, estas materias primas presentan limitaciones significativas. Por un lado, su precio se encuentra sujeto a la volatilidad del mercado internacional, lo que incrementa los costos de producción. Por otro lado, genera una presión adicional sobre los sistemas de producción. Como consecuencia, los pequeños y medianos productores enfrentan serias dificultades para mantener la rentabilidad y sostenibilidad de sus unidades productivas. Ante este escenario, la búsqueda de alternativas nutricionales que permitan sustituir parcial o totalmente los insumos convencionales por ingredientes más accesibles y sostenibles se ha convertido en una prioridad (Alshelmani et al., 2021; Siddiqui et al., 2024; Vlaicu et al., 2024). Además, organismos internacionales han planteado la necesidad de transformar los sistemas agropecuarios para alinearlos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente aquellos vinculados a la seguridad alimentaria (ODS 2), producción y consumo responsables (ODS 12) y acción por el clima (ODS 13).

Ante este panorama, se han explorado insumos alternativos con mayor disponibilidad y menor impacto ambiental. Entre ellos destaca la vermicultura, sistema que aprovecha residuos orgánicos mediante lombrices para generar abonos y biomasa rica en nutrientes (Edwards y Arancon, 2018). La harina de lombriz sobresale por su alto contenido proteico, así como por su perfil equilibrado de aminoácidos esenciales y minerales de importancia biológica. Además, se enmarca en la economía circular al transformar desechos agroindustriales en un recurso de valor agregado, reduciendo la contaminación y cerrando ciclos productivos (Tedesco et al., 2020). En particular, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) ha mostrado ventajas productivas por su elevada tasa de reproducción, resistencia a la variabilidad de condiciones ambientales y eficiencia en la bioconversión de residuos (Rahman y Hajam, 2024). Este potencial adquiere relevancia en regiones rurales como Ayacucho, donde la avicultura de pequeña escala constituye un pilar económico y social para las familias campesinas. La posibilidad de producir harina de lombriz a partir de residuos locales no solo contribuye a

disminuir la dependencia de insumos costosos como la soya y la harina de pescado, sino que además fortalece la resiliencia de los sistemas agroecológicos y genera oportunidades de valor agregado. En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de la harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en las dietas de pollos criollos mejorados durante la fase inicial, analizando su impacto en indicadores de rendimiento productivo.

2. Metodología

2.1. Materiales y condiciones experimentales

El ensayo se llevó a cabo en un galpón avícola de 30 m² del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), ubicado en la región Ayacucho. Este ambiente, fue acondicionado con 12 jaulas de malla metálica y listones de madera de 1 × 0,80 × 0,45 m (largo, ancho y altura), cada una destinada a 10 pollos, constituyendo así la unidad experimental por repetición. Previamente, el galpón fue desinfectado con yodo al 5 %, cubriéndose el piso con viruta de madera a 10 cm de profundidad, y se instalaron equipos de crianza como equipos de calefacción, bebederos y comederos (Figura 1a).

2.2. Preparación de la harina y formulación de dietas

Para la obtención de la harina de lombriz (HL), se utilizó la especie roja californiana (*Eisenia foetida*), que fue adquirida de la granja Aborganik'z, localizada en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga. Estas lombrices fueron recolectadas mediante el método de captura vertical, colocando jabas con restos vegetales sobre camas de humus, lo que facilitó que los organismos ascendieran en busca de alimento. Posteriormente, se sometieron a un primer lavado manual con abundante agua potable para retirar impurezas, seguido de un proceso de beneficio mediante inmersión en solución salina al 5 % durante 10 min. Se efectuó un segundo lavado con agua potable para eliminar residuos de la salmuera y secreciones gástricas. Además, fueron secadas al sol durante 48 h antes de ser molidas (Figura 1b). La harina obtenida fue sometida a un análisis químico proximal siguiendo las recomendaciones de la AOAC (2019). Con el software MIXIT-2 Plus se formularon cuatro dietas isoproteicas e isoenergéticas con diferentes niveles de sustitución de HL: 0 % (M1, alimento comercial), 4 % (M2), 8 % (M3) y 12 % (M4). Los ingredientes empleados incluyeron maíz amarillo duro, torta de soya, subproductos de trigo, harina de pescado, pasta de algodón, minerales, premix y metionina (Fig). Por último, las raciones se almacenaron en condiciones controladas hasta su suministro.

2.3. Diseño experimental y manejo de las aves

Se emplearon 120 pollos criollos mejorados, distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos con tres repeticiones de 10 aves cada una. Fueron adquiridos de la empresa ISAMISA. Las aves fueron mantenidas durante 25 días con alimentación y agua a libre disposición, aplicándose un plan sanitario estándar que incluyó la vacunación contra Newcastle, Gumboro y bronquitis infecciosa. Asimismo, se registraron los pesos de los pollos y el consumo de alimento cada cinco días en horarios matutinos, siguiendo protocolos de reducción de estrés.



Figura 1
Representación gráfica del procedimiento experimental

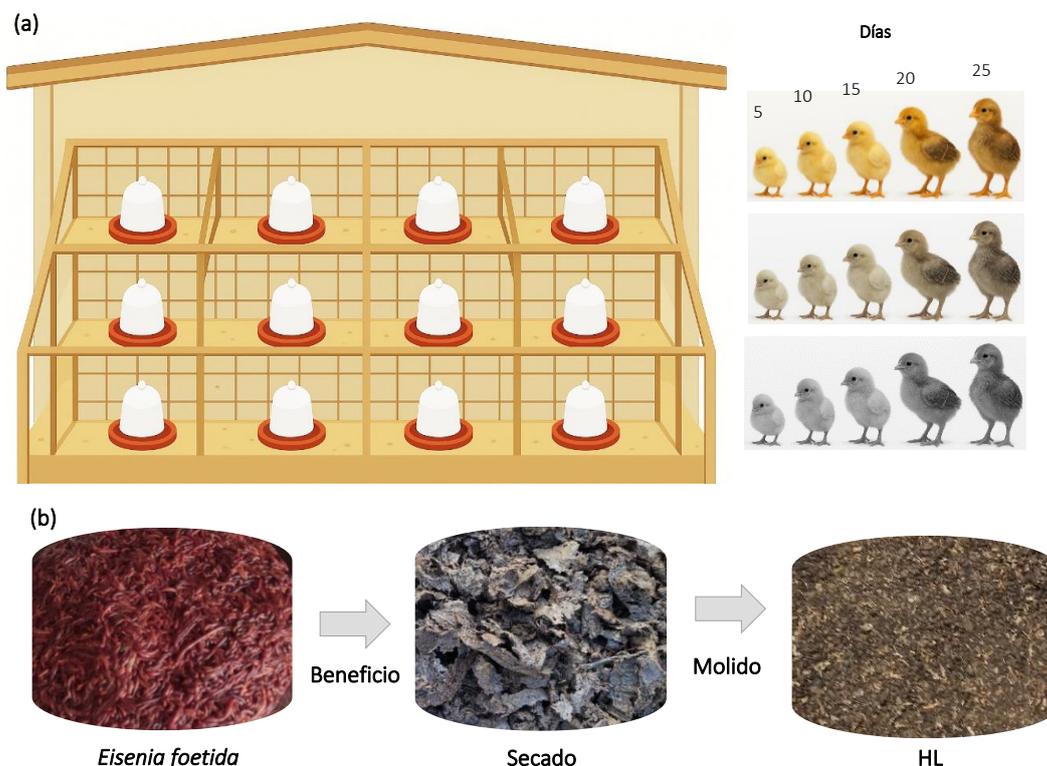


Tabla 1
Formulación de las muestras experimentales

Muestras	Componentes									
	Ma	So	Tri	HP	HL	PA	CC	FC	Sal	Me
M1	55,61	19,85	15,05	5,02	0,00	3,01	0,65	0,51	0,20	0,00
M2	61,10	10,20	15,05	5,01	4,20	3,01	0,65	0,51	0,20	0,00
M3	51,54	6,78	15,14	3,63	8,30	3,03	0,66	0,52	0,23	0,07
M4	58,42	7,25	14,76	3,07	12,10	2,96	0,53	0,50	0,23	0,08

Nota. Las abreviaciones empleadas corresponden a los siguientes ingredientes: Ma = Maíz, So = Torta de soya, Tri = Subproducto de trigo, HP = Harina de pescado, HL = Harina de lombriz, PA = Pasta de algodón, CC = Carbonato de calcio, FC = Fosfato dicálcico, Me = Metionina. La premezcla V-M se mantuvo constante en 0,10 para todas las muestras. Todas las formulaciones sumaron el 100 %.

2.4. Análisis proximales

El análisis proximal de los ingredientes y de las dietas experimentales se llevó a cabo siguiendo los procedimientos estandarizados de la AOAC (2019). Se evaluaron los parámetros de materia seca, humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno. La materia seca y la humedad se determinaron mediante secado en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante, expresándose la humedad como el porcentaje de pérdida de peso y la materia seca como la fracción residual. El contenido de proteína cruda se analizó utilizando el método Kjeldahl, que incluyó la digestión con ácido sulfúrico, la destilación y la titulación; el nitrógeno total obtenido se transformó en proteína empleando el factor de conversión correspondiente. El extracto etéreo se determinó a través de la técnica Soxhlet, empleando éter de petróleo como disolvente y posterior evaporación para cuantificar la fracción lipídica. La fibra cruda se cuantificó después de una digestión secuencial con ácido

sulfúrico al 1,25 % y con hidróxido de sodio al 1,25 %, seguida de calcinación en mufla para obtener el residuo fibroso. El contenido de cenizas se obtuvo mediante incineración de las muestras en una mufla a 550 °C hasta lograr peso constante, lo que permitió cuantificar el total de minerales presentes. Finalmente, el extracto libre de nitrógeno se calculó por diferencia, considerando el resto de fracciones previamente determinadas.

2.5. Parámetros productivos

Los parámetros considerados incluyeron emplume, consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), índice de conversión alimenticia (ICA), mortalidad y análisis económico de las dietas. El CA se calculó a partir de la diferencia entre el peso del alimento suministrado y el residual, normalizado por el número de aves. La GP se obtuvo como la diferencia entre el peso de cada ave cada cinco días y su peso inicial. El ICA se determinó como la relación entre el consumo acumulado de alimento en materia seca y el incremento de peso. Mientras que, la mortalidad se expresó en porcentaje según la relación entre el número de aves muertas y la población inicial. Finalmente, se evaluó la retribución económica de las dietas mediante la diferencia entre ingresos y egresos, considerando el costo de las raciones y los consumos observados.

2.6. Análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, tres repeticiones y diez aves por unidad experimental. Los datos de los parámetros productivos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), y las diferencias entre medias se evaluaron mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

3. Resultados

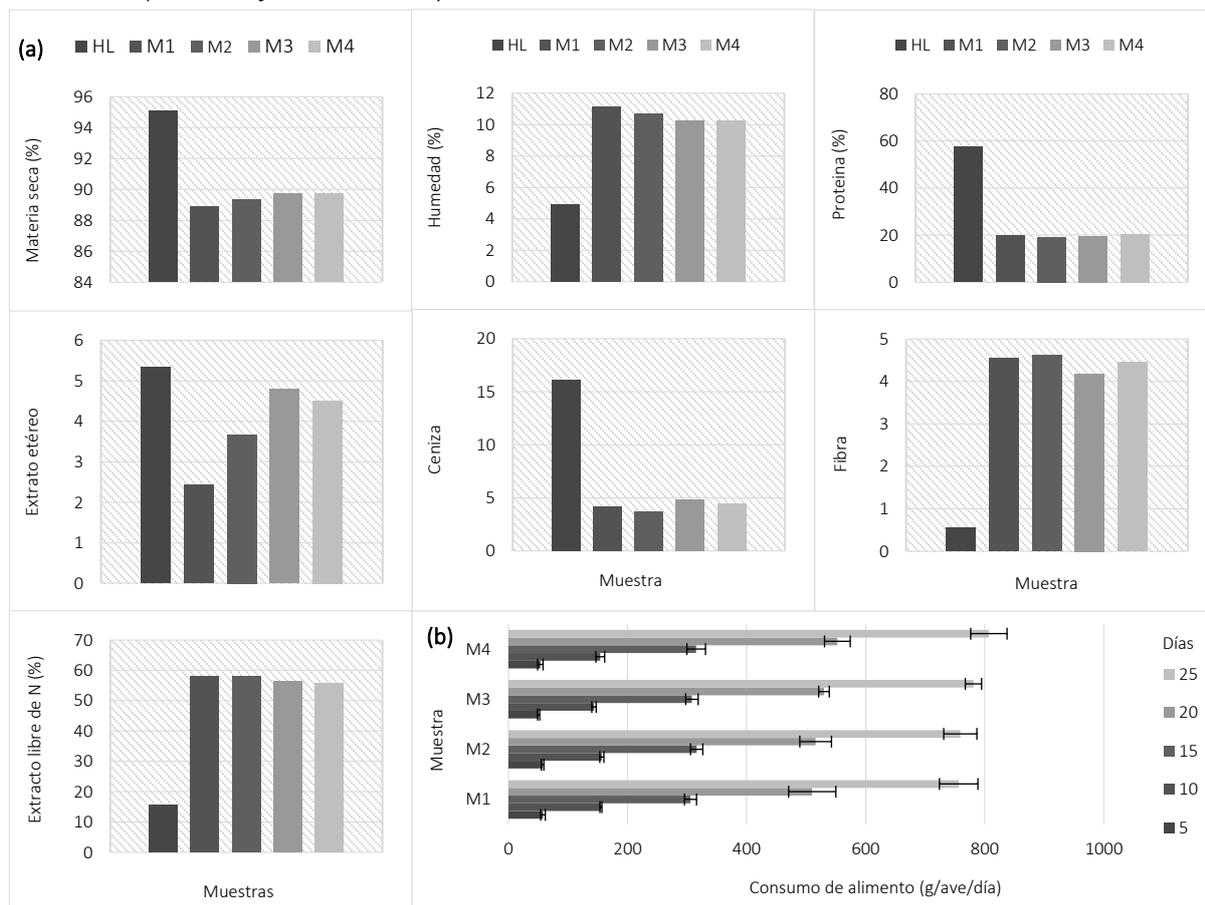
El análisis químico proximal de la harina de lombriz (HL) evidenció un contenido proteico elevado, alcanzando un 57,46 % de proteína bruta, lo que confirma su valor como insumo de alta concentración nutritiva. Además, se determinó un 5,33 % de extracto etéreo, lo cual refleja la presencia de lípidos en proporciones adecuadas para contribuir a la energía de la dieta. El contenido de cenizas fue de 16,11 %, indicando un aporte considerable de minerales. En cuanto a la fibra cruda, el valor obtenido fue de 0,55 %, una proporción baja que favorece la digestibilidad. Finalmente, el nivel de humedad fue de 4,93 %, correspondiente a una materia seca del 95,07 %, lo que garantiza la estabilidad del producto frente al deterioro. Estos resultados demuestran que la harina de *E. foetida* puede incorporarse en formulaciones balanceadas para pollos, aportando proteína de buena calidad junto con un perfil adecuado de nutrientes secundarios. Mientras que en la inclusión de HL en las dietas (M1 al M4) incrementó ligeramente el contenido de proteínas en los tratamientos experimentales, garantizando dietas balanceadas, tal como se aprecia en la Figura 2a.

El consumo acumulado de alimento en materia seca (Figura 2b) fue registrado cada cinco días a lo largo de los 25 días de la fase experimental. Se observó un incremento progresivo en todos los tratamientos, lo que corresponde al crecimiento natural de los pollos y al aumento de sus requerimientos energéticos y proteicos conforme avanzó la edad. Al término del ensayo, la muestra sin inclusión de HL alcanzó un consumo de 756,20 g por ave. Por su parte, los tratamientos con niveles de inclusión crecientes mostraron consumos mayores: 758,95 g para M2, 781,04 g para M3 y 806,94 g para M4. Estos valores, aunque no mostraron diferencias



estadísticas significativas entre tratamientos ($p = 0,158$; $CV = 3,53 \%$), reflejan una tendencia de mayor aceptación del alimento a medida que aumentó la proporción de HL en la dieta. La barra de consumo registrada mostró que la ingesta diaria se intensificó a partir de la segunda semana, alcanzando su punto más alto hacia el día 25 del ensayo.

Figura 2
Niveles de porcentaje nutricional y consumo voluntario de alimento



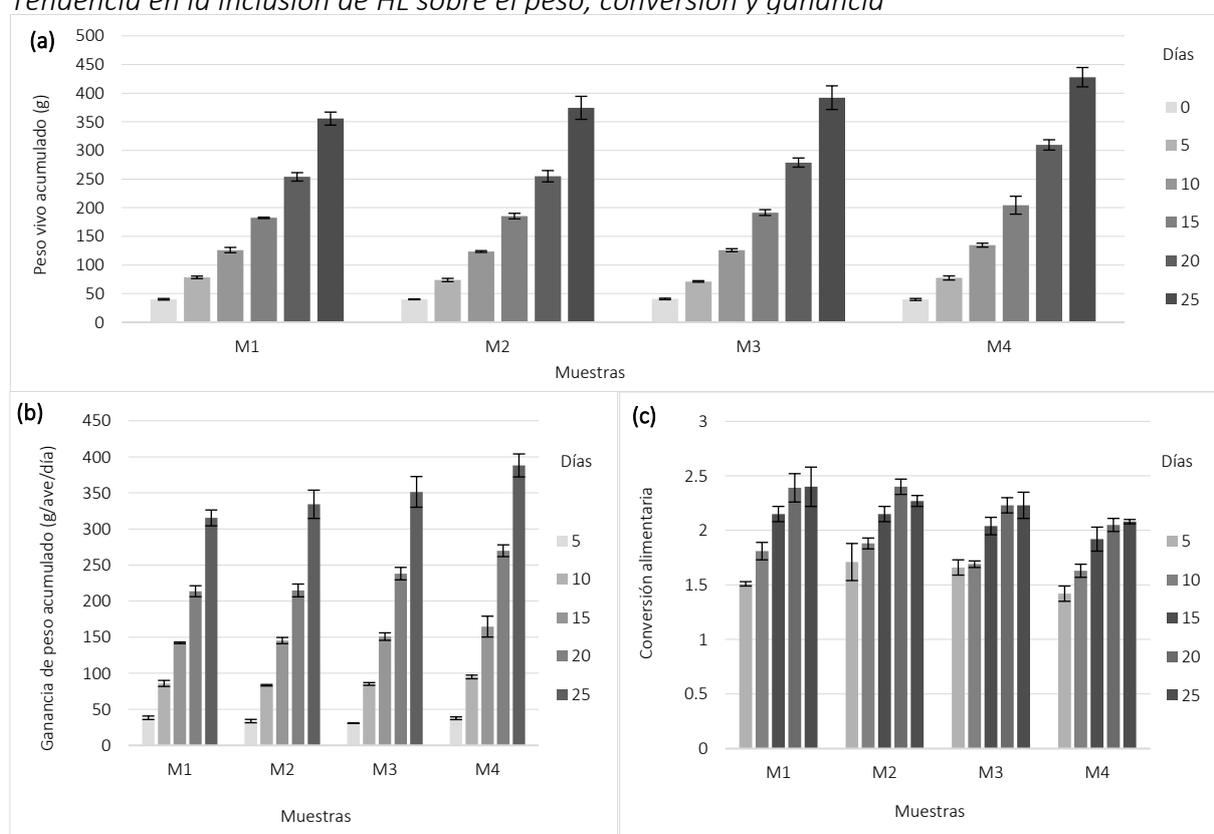
Nota. HL hace referencia a la harina de lombriz. (a) Composición proximal. (b) Consumo de alimento acumulado.

Al inicio de la investigación, las aves presentaron un peso promedio uniforme cercano a los 40 g, lo que indica que la población experimental partió de condiciones homogéneas. A medida que avanzó el ensayo, se evidenciaron diferencias significativas entre las muestras ($p=0,005$; $CV=4,96 \%$), observándose que a mayor inclusión de HL, el peso final tendió a incrementarse. Al culminar el día 25, el grupo control registró un peso promedio de 355,51 g, mientras que los grupos suplementados alcanzaron valores superiores: 374,33 g en la muestra con 4 % de inclusión, 392,10 g con 8 % y 427,86 g con 12 % (Figura 3a). En relación con la ganancia de peso acumulada, se observó que el incremento diario presentó un patrón ascendente en todas las muestras. Al finalizar el periodo experimental, la ganancia de peso en el control fue de 315,35 g, mientras que las muestras con inclusión de HL mostraron resultados más altos: 334,23 g (M2), 351,40 g (M3) y 388,09 g (M4). La tendencia reflejó un comportamiento lineal y progresivo, evidenciando que las aves alimentadas con dietas enriquecidas con harina de lombriz tuvieron un desarrollo más eficiente (Figura 3b).

La conversión alimenticia, medida como la relación entre el consumo acumulado y la ganancia de peso, mostró variaciones a lo largo de los 25 días de estudio. En los primeros días, los valores fueron más bajos debido a la rapidez del crecimiento inicial, aumentando de forma gradual conforme avanzó el ensayo. Al término del periodo, la muestra control presentó un índice de conversión de 2,40, mientras que las muestras suplementadas con HL evidenciaron valores más favorables: 2,27 para M2, 2,23 para M3 y 2,08 para M4 (Figura 3c). El análisis estadístico indicó que las diferencias fueron significativas, confirmando que la mayor inclusión de este insumo mejoró la eficiencia alimenticia. Estos resultados muestran que las aves alimentadas con harina de lombriz requirieron menos alimento para producir la misma cantidad de carne, optimizando así el rendimiento productivo (ANOVA, $p=0,05$; Tukey, $p<0,05$).

Figura 3

Tendencia en la inclusión de HL sobre el peso, conversión y ganancia



Durante toda la fase experimental no se registraron muertes en ninguno de los grupos, lo que indica que la inclusión de HL en las dietas no generó efectos adversos sobre la salud de los pollos criollos. El emplume de las aves se desarrolló de forma uniforme, iniciando desde los primeros días con la sustitución del plumón por plumas en alas y cola, y avanzando progresivamente hacia el dorso, cuello y cabeza. Al finalizar el ensayo, se observó que las aves presentaron un emplume completo y homogéneo, sin diferencias visibles entre los distintos niveles de inclusión. Esto demuestra que los aminoácidos contenidos en las dietas fueron suficientes para cubrir los requerimientos necesarios para el desarrollo de la cobertura plumosa (Aviagen, 2018). El análisis de los costos de alimentación evidenció que, si bien el incremento de la inclusión de HL elevó ligeramente el costo por ave, la rentabilidad global fue favorable. La muestra control M1 registró un costo de 1,50 soles por ave, mientras que las muestras suplementadas alcanzaron 1,45 soles (M2), 1,50 soles (M3) y 1,59 soles (M4). No obstante, los



ingresos generados por el mayor peso vivo compensaron estos gastos adicionales. La retribución económica obtenida fue del 100 % en el grupo control, mientras que en las muestras suplementadas se registraron valores superiores: 108,67 % para M2, 114,32 % para M3 y 125,97 % para M4. Esto refleja que la incorporación de HL en la dieta de pollos criollos es no solo viable desde el punto de vista zootécnico, sino también rentable desde la perspectiva económica.

4. Discusión

El análisis químico proximal de la harina de *Eisenia foetida* reveló un contenido proteico de 57,46 %, valor que concuerda con lo reportado por Suárez et al. (2016), quienes encontraron 57 % en lombrices secadas al sol, y con García et al. (2009), que registraron 57,29 % en harina elaborada a partir de lombrices alimentadas con estiércol vacuno. Estas similitudes se relacionan con el hecho de que en este estudio también se emplearon lombrices criadas bajo condiciones similares, lo que refuerza la confiabilidad del dato. Además, el contenido de grasa (5,33 %) fue semejante al descrito por Suárez et al. (2016) (5,99). De manera concordante, Novodworski et al. (2023) destacan que la harina de lombriz (HL) y otros insectos contienen proteínas de alta digestibilidad y un perfil de aminoácidos equilibrado, lo que permite sustituir parcialmente ingredientes convencionales en las dietas de aves sin comprometer su desempeño productivo. En relación con el consumo de alimento, los pollos mostraron una tendencia creciente, alcanzando los mayores valores en el grupo con 12 % de inclusión (806,94 g). Este comportamiento contrasta con los hallazgos de Bahadori et al. (2017), quienes observaron una reducción del consumo en pollos broiler alimentados con HL, atribuida a la baja palatabilidad. Nalunga et al. (2021) reportaron que el consumo de alimento en pollos de engorde no mostró diferencias significativas al sustituir harina de pescado por harina de lombriz, aunque observaron una ligera preferencia por la dieta control, lo que evidencia que la aceptación depende también de la especie de lombriz y del manejo poscosecha. Estos resultados coinciden con estudios de Taye et al. (2024) que señalan que el uso de *E. foetida* en bajas proporciones mantiene la aceptabilidad de las dietas y no afecta el consumo voluntario de alimento, reforzando su viabilidad como insumo alternativo.

El peso vivo y la ganancia de peso mostraron diferencias significativas. El grupo con 12 % alcanzó un peso promedio de 427,86 g, superior al control (355,51 g). Este hallazgo coincide con lo descrito por Sosa (2013) y Díaz et al. (2009), quien encontró que a mayor inclusión proteica en el alimento balanceado, mayor es la digestión y absorción de nutrientes. Sin embargo, Bahadori et al. (2017) y Nalunga et al. (2021) no registraron diferencias significativas en sus ensayos con pollos de engorde, lo que indica que la respuesta al insumo puede variar según la especie aviar, el nivel de inclusión y la compatibilidad con otros ingredientes. De forma complementaria, Julendra et al. (2010) han reportado que la inclusión de harina de lombriz mejora no solo la ganancia de peso, sino también parámetros morfológicos intestinales, como la altura de las vellosidades y la digestibilidad de la proteína, lo que explica un aprovechamiento más eficiente de los nutrientes. En cuanto al índice de conversión alimenticia, se requirió menor cantidad de alimento para generar un kilogramo de carne, lo que se traduce en eficiencia productiva. Bahadori et al. (2017) también reportaron mejores índices de conversión con mayores niveles de inclusión, alcanzando un valor de 1,54 a los 28 días, aunque este resultado fue superior al obtenido en este estudio. En cambio, Muñoz (2015) observó una mejor conversión con el tratamiento control, atribuyendo el resultado a la disminución de la eficiencia

digestiva con el paso del tiempo y a la naturaleza de los ingredientes empleados en las dietas experimentales. En línea con lo encontrado, Chashmidaria et al. (2021) evidenciaron que la suplementación con HL y vermi-humus no solo mejoró la conversión alimenticia, sino que también incrementó la respuesta inmune y redujo la carga bacteriana intestinal, lo que indica beneficios adicionales más allá de la eficiencia productiva.

En lo referente a la mortalidad, la ausencia de decesos en todas las muestras confirma la inocuidad de la harina. Argueta (2013) reportó una mortalidad de 5,5 % en su ensayo, aunque atribuida a síndrome ascítico y no al uso de harina de lombriz, lo que refuerza la idea de que este ingrediente no representa un factor de riesgo para la salud de las aves. Por otro lado, el emplume se desarrolló de manera homogénea en todos los grupos, evidenciando que las dietas cumplieron los requerimientos de aminoácidos esenciales como la metionina, indispensable para un buen desarrollo del plumaje. Además, Chashmidaria et al. (2021) confirman que la inclusión de HL no compromete la salud de las aves, e incluso puede fortalecer la inmunidad y mejorar el bienestar. Finalmente, el análisis económico evidenció que, a pesar de que el mayor nivel de inclusión incrementó ligeramente el costo de alimentación (1,59 soles por ave), también generó la mayor retribución económica (125,97 %). Este hallazgo contrasta con lo señalado por Argueta (2013), quien reportó retribuciones negativas debido a la baja conversión obtenida en sus aves. Asimismo, Zephania et al. (2024) resaltan que la rentabilidad puede incrementarse si se optimizan los sustratos de cría de las lombrices, dado que estos afectan directamente la composición de la harina y, por ende, su valor nutricional y costo de producción.

5. Conclusiones

La harina de *Eisenia foetida* se presenta como una alternativa proteica de alto valor para la alimentación de pollos criollos, gracias a su adecuado perfil nutricional caracterizado por un elevado contenido de proteína y minerales. Su inclusión en las dietas permitió mejorar el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, sin afectar el emplume ni la supervivencia, lo que demuestra su inocuidad y su potencial para fortalecer la eficiencia productiva de manera segura.

La incorporación de este insumo hasta un nivel del 12 % en las raciones resultó no solo inocua y productivamente favorable, sino también económicamente rentable, al generar mayores retribuciones en comparación con la dieta control. Por tanto, se evidencia como una alternativa sostenible y viable para diversificar las fuentes proteicas en la avicultura, siempre que se optimicen las condiciones de cría de lombrices, su procesamiento y los niveles de inclusión en la formulación de dietas.

Contribución de los autores

P. S. Huauya: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, redacción- revisión y edición. **L. Á. Tello:** Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, software, visualización, redacción- revisión y edición. **W. S. Quijano:** Análisis formal, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, redacción del borrador original.



Conflictos de interés

Los autores manifiestan que no tienen conflictos de interés con respecto a esta publicación.

6. Referencias Bibliográficas

- Alshelmani, M., A. Abdalla, E., Kaka, U., y Abdul Basit, M. (2021). Nontraditional feedstuffs as an alternative in poultry feed. En A. Kumar. (Eds.). *Advances in Poultry Nutrition Research* (pp. 1-14). IntechOpen.
- AOAC (2019). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International*. 21.^a edición, AOAC, Washington DC.
- Argueta, A. B. (2013). *Uso de harina de coqueta roja (Eisenia foetida) como suplemento proteico en dietas para pollos de engorde* [Trabajo de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/2226>
- Aviagen. (2018). *Manual de manejo del pollo de engorde Arbor Acres*. <https://goo.su/HzeNG7m>
- Bahadori, Z., Esmailzadeh, L., Karimi-Torshizi, M. A., Seidavi, A., Olivares, J., Rojas, S., Salem, A. Z. M., Khusro, A., y López, S. (2017). The effect of earthworm (*Eisenia foetida*) meal with vermi-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens. *Livestock Science*, 202, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.010>
- Bist, R. B., Bist, K., Poudel, S., Subedi, D., Yang, X., Paneru, B., Mani, S., Wang, D., y Chai, L. (2024). Sustainable poultry farming practices: a critical review of current strategies and future prospects. *Poultry Science*, 103(12), 104295. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104295>
- Chashmidari, Y., Esmailzadeh, L., Karimi-Torshizi, M.-A., Seidavi, A., da Silva Araujo, C. S., y Araujo, L. F. (2021). Feed supplementation with vermi-humus and earthworm (*Eisenia foetida*) powder on broiler productivity. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1054–1062. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2021.1932615>
- Díaz, D., Juárez, E., Maffei, M., Morón, O., González, L., y Morales, J. (2009). Alimentación de codornices de engorde (*Coturnix coturnix japonica*) a base de harina de lombriz en dos niveles proteicos. *Agricultura Andina*, 17, 3–18. <http://www.saber,ula,ve/handle/123456789/32305>
- Dong, S., Li, L., Hao, F., Fang, Z., Zhong, R., Wu, J., y Fang, X. (2024). Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. *Poultry Science*, 103(2), 103287. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103287>
- Edwards, C. A., y Arancon, N. Q. (2022). The Use of Earthworms in Organic Waste Management and Vermiculture. In *Biology and Ecology of Earthworms* (pp. 467–527). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74943-3_14
- García, D. E., Cova, L. J., Castro, A. R., Medina, M. G., y Palma, J. R. (2009). Efecto del sustrato alimenticio en la composición química y el valor nutritivo de la harina de la lombriz roja (*Eisenia spp.*). *Revista Científica*, 19, 55–62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911638009>

- ISAMISA (2020). *Manual de crianza de pollo criollo ISAMISA mejorado*. Grupo Isamisa, Perú.
- Julendra, H., Zuprizal, y Supadmo. (2010, del 19 al 22 de octubre). The effect of using earthworm (*Lumbricus rubellus*) meal additives as growth promoters on protein digestibility and performance of intestinal villa [conferencia]. *The 5th International Seminar on Tropical Animal Production Community Empowerment and Tropical Animal Industry*, Yogyakarta, Indonesia. <https://journal.ugm.ac.id/istaproceeding/article/view/30414>
- Libera, J., Iłowiecka, K., y Stasiak, D. (2021). Consumption of processed red meat and its impact on human health: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(12), 6115–6123. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15270>
- Muñoz, J. (2015). *Lombriz roja californiana (Eisenia foetida (Savigny)) en concentrados artesanales y su efecto en los parámetros productivos de pollos de engorde* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/1e78b84f-0dc6-488f-84b6-b3938294bfb0>
- Nalunga, A., Komakech, A. J., Jjagwe, J., Magala, H., y Lederer, J. (2021). Growth characteristics and meat quality of broiler chickens fed earthworm meal from *Eudrilus eugeniae* as a protein source. *Livestock Science*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104394>
- Novodworski, J., Castilha, L. D., y Silva, A. A. (2023). Insect meal in poultry feed: a potential protein source. *Acta scientiarum. Animal sciences*, 45, e60317. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v45i1.60317>
- Qian, F., Riddle, M. C., Wylie-Rosett, J., y Hu, F. B. (2020). Red and processed meats and health risks: How strong is the evidence? *Diabetes Care*, 43(2), 265–271. <https://doi.org/10.2337/dci19-0063>
- Rahman, M., y Hajam, Y. A. (2024). Selection and evaluation of optimal medium for *Eisenia foetida* in sustainable waste recycling. *Discover Animals*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s44338-024-00021-2>
- Ritchie, H., Rosado, P., y Roser, M. (2019). Meat and Dairy Production. OurWorldinData. <https://ourworldindata.org/meat-production>
- Siddiqui, S. A., Elsheikh, W., Ucak, İ., Hasan, M., Perlita, Z. C., & Yudhistira, B. (2024). Replacement of soy by mealworms for livestock feed - A comparative review between soy and mealworms considering environmental aspects. *Environment Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04874-1>
- Sosa, H. R. (2013). *Evaluación de la calidad nutricional de la harina de lombriz (Eisenia Foetida) para la alimentación de cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20500,12894/1821>
- Suárez, L., Barrera, R., y Forero, A. (2016). Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria (C&TA)*, 17(1), 55–71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449946031006>
- Taye, S., Tesfaye, E., Edea, C., & Alewi, M. (2024). Effect of earthworm (*Eisenia foetida*) supplementation on production performance of layer chickens. *International Journal of Animal Science and Technology*, 8(1), 8-13. <https://doi.org/10.11648/ijast.20240801.12>



- Tedesco, D. E. A., Castrica, M., Tava, A., Panseri, S., y Balzaretto, C. M. (2020). From a food safety prospective: The role of earthworms as food and feed in assuring food security and in valuing food waste. *Insects*, 11(5), 293. <https://doi.org/10.3390/insects11050293>
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., y Oancea, A. G. (2024). Sustainable poultry feeding strategies for achieving Zero Hunger and enhancing food quality. *Agriculture*, 14(10), 1811. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101811>
- Wang, D. D., Li, Y., Nguyen, X.-M., Ho, Y.-L., Hu, F. B., Willett, W. C., Wilson, P. W., Cho, K., Gaziano, J. M., Djoussé, L., & Million Veteran Program. (2024). Red meat intake and the risk of cardiovascular diseases: A prospective cohort study in the Million Veteran Program. *The Journal of Nutrition*, 154(3), 886–895. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.12.051>
- Zephania, M., Munubi, R., y Mwandya, A. (2024). Organic manure as rearing substrates for red worms (*Eisenia fetida*): Effects on chemical composition and growth performance. *Agriculture Forestry and Fisheries*, 13(4), 106–115. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20241304.12>