



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional
MÉTRICAS
MULTIDISCIPLINARIAS

Periodicidad trimestral Enero-Marzo, Volumen 2, Numero 1, Años (2023), Pág. 1-14

Fecha de recepción: 2022-11-08

Fecha de aceptación: 2022-12-08

Fecha de publicación: 2023-10-08

Proteínas de insectos y evaluación de perfil aminoacídico digestible en avicultura sostenible

Genesis Paola Ganchozo Pibaque

paolaganchozo2@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9125-2610>

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Manta – Ecuador

Resumen

La presión sobre los sistemas avícolas por el uso de insumos convencionales con alto impacto ambiental plantea la necesidad de fuentes proteicas alternativas. El objetivo fue analizar el potencial de las proteínas de insectos a partir del perfil aminoacídico digestible en la nutrición avícola. Se utilizó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, basado en información de organismos internacionales y literatura científica, aplicando modelos de ecuaciones estructurales, regresión múltiple y correlación de Pearson. Los resultados muestran alta digestibilidad de las proteínas de insectos y adecuada concentración de aminoácidos esenciales, lo que se traduce en mejoras en la eficiencia metabólica y estabilidad en la conversión alimenticia. Se identificó que lisina y metionina digestibles explican gran parte de la variabilidad en la ganancia de peso, y se evidenció una correlación positiva entre digestibilidad y rendimiento productivo. Además, se observó una reducción potencial del impacto ambiental al disminuir el uso de insumos tradicionales. Estos hallazgos evidencian que la incorporación de proteínas de insectos bajo un enfoque de nutrición de precisión permite optimizar el desempeño productivo y fortalecer la sostenibilidad del sistema avícola.

Palabras clave: proteínas de insectos, perfil aminoacídico digestible, avicultura sostenible, nutrición de precisión, eficiencia productiva

Insect proteins and evaluation of digestible amino acid profile in sustainable poultry production

Abstract

The pressure on poultry systems due to the use of conventional inputs with high environmental impact highlights the need for alternative protein sources. The objective was to analyze the potential of insect proteins based on digestible amino acid profiles in poultry nutrition. A quantitative approach with a non-experimental design was applied, using data from international organizations and scientific literature, supported by structural equation modeling, multiple regression, and Pearson correlation. Results show high digestibility of insect proteins and adequate levels of essential amino acids, leading to improved metabolic efficiency and stable feed conversion. Digestible lysine and methionine explain a significant proportion of weight gain variability, and a strong positive correlation between digestibility and productive performance was identified. Additionally, a potential reduction in environmental impact was observed due to decreased reliance on conventional inputs. These findings indicate that incorporating insect proteins under a precision nutrition approach enhances productivity and supports sustainable poultry production.

Keywords: insect proteins, digestible amino acid profile, sustainable poultry, precision nutrition, productive efficiency

Introducción

La creciente presión sobre los sistemas agroalimentarios globales, derivada del incremento poblacional y de la intensificación productiva, ha impulsado la búsqueda de fuentes proteicas alternativas que permitan sostener la producción animal bajo criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental. En este contexto, la avicultura, como uno de los sectores más dinámicos de la producción pecuaria, enfrenta el desafío de optimizar la calidad nutricional de los insumos alimenticios, particularmente en lo relativo al suministro de aminoácidos esenciales altamente digestibles. La dependencia tradicional de la harina de soya como principal fuente proteica ha sido cuestionada debido a su impacto ambiental y a la competencia por recursos agrícolas, lo que ha motivado la exploración de nuevas materias primas, entre las cuales destacan las proteínas de insectos (Montero-Prado, 2022).

En este marco, diversos estudios recientes han evidenciado que los insectos presentan un perfil nutricional altamente competitivo, caracterizado por elevados contenidos de proteína bruta y una composición equilibrada de aminoácidos esenciales. En particular, se ha demostrado que especies como *Tenebrio molitor* y *Hermetia illucens* poseen perfiles aminoacídicos comparables a fuentes convencionales, con alta digestibilidad y biodisponibilidad, lo que las posiciona como insumos estratégicos en la formulación de dietas avícolas (Sánchez-Muros et al., 2021). Esta elevada digestibilidad resulta fundamental en sistemas avícolas modernos, donde la formulación de dietas se orienta hacia el concepto de proteína ideal, centrado en la disponibilidad real de aminoácidos absorbibles más que en el contenido total de proteína (García-Salcedo, 2023).

Desde una perspectiva técnica, la evaluación del perfil aminoacídico digestible constituye un elemento clave para la formulación de dietas avícolas de precisión. En efecto, la transición desde el enfoque tradicional basado en proteína bruta hacia sistemas sustentados en aminoácidos digestibles ha permitido mejorar la eficiencia productiva y reducir la excreción de nitrógeno, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental del sistema

(Bovera et al., 2021). En este sentido, metodologías como la digestibilidad ileal estandarizada han emergido como herramientas fundamentales para estimar con mayor precisión la biodisponibilidad de los aminoácidos en las dietas, fortaleciendo la toma de decisiones en la nutrición animal (De Marco et al., 2021).

En el ámbito específico de la avicultura sostenible, la incorporación de proteínas de insectos ha mostrado efectos positivos tanto en la calidad nutricional de las dietas como en los indicadores productivos. Investigaciones recientes han evidenciado mejoras en la conversión alimenticia, ganancia de peso y eficiencia metabólica en pollos de engorde alimentados con harina de insectos en sustitución parcial o total de fuentes proteicas tradicionales (Makkar et al., 2021). Asimismo, se han reportado beneficios adicionales relacionados con la salud intestinal y la respuesta inmunológica, lo que refuerza su potencial como ingrediente funcional dentro de sistemas productivos sostenibles (Gasco et al., 2022).

Desde una perspectiva ambiental y de economía circular, los insectos presentan ventajas comparativas significativas, dado que pueden ser producidos a partir de residuos orgánicos, requieren menor uso de agua y tierra, y generan menores emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con fuentes proteicas convencionales. En consecuencia, su incorporación en sistemas avícolas se alinea con los principios de sostenibilidad y eficiencia en el uso de recursos, constituyéndose en una estrategia viable para la transición hacia modelos productivos más responsables (van Huis, 2021).

En este contexto, el presente estudio se orienta a analizar el potencial de las proteínas de insectos en la avicultura sostenible, con énfasis en la evaluación del perfil aminoacídico digestible como criterio fundamental para la formulación de dietas de alta eficiencia. Se parte del reconocimiento de que la calidad proteica debe evaluarse en función de la disponibilidad real de aminoácidos esenciales y su impacto en el rendimiento productivo y ambiental del sistema avícola. En consecuencia, esta investigación examina las características nutricionales de las proteínas de insectos, su digestibilidad y su comparación con fuentes convencionales, así como su contribución a la sostenibilidad de la producción avícola.

Proteínas de insectos como alternativa nutricional en la transición hacia una avicultura sostenible

En un sistema de producción avícola orientado a la sostenibilidad, es posible considerar la sustitución parcial de la harina de soya por harina de *Hermetia illucens*, evaluando no solo su contenido proteico sino su impacto sobre la eficiencia productiva, la reducción de costos y la disminución de la huella ambiental del sistema. Bajo este escenario, la introducción de proteínas de insectos se configura como una estrategia que trasciende la simple innovación alimentaria y se integra en un enfoque sistémico de optimización productiva.

La transformación de la avicultura hacia esquemas sostenibles exige revisar de manera crítica la dependencia de insumos convencionales, especialmente aquellos cuya producción demanda altas superficies agrícolas y recursos naturales. En este contexto, las proteínas de insectos han emergido como una alternativa viable debido a su capacidad de aprovechar residuos orgánicos y convertirlos en biomasa de alto valor nutricional (Roso Molina & Rodríguez-Colorado, 2023). Asimismo, su incorporación se alinea con

modelos de economía circular, lo que refuerza su pertinencia dentro de sistemas productivos con enfoque ambientalmente responsable (Bermúdez-Serrano et al., 2023).

Desde la perspectiva nutricional, la evaluación de estas fuentes proteicas requiere un análisis más profundo que el contenido de proteína bruta, ya que el verdadero valor radica en la calidad biológica de la proteína y su capacidad de ser utilizada por el organismo animal. En este sentido, los insectos presentan perfiles aminoacídicos equilibrados que pueden competir con fuentes convencionales, siempre que se garantice su adecuada digestibilidad y asimilación (Flórez-Delgado & Cobos-Lizarazo, 2021). Este enfoque es consistente con investigaciones sobre ingredientes alternativos en alimentación animal, donde la eficacia de sustitución depende directamente del mantenimiento de parámetros productivos adecuados (Flórez & Velásquez, 2022).

En términos productivos, la inclusión de nuevas materias primas debe analizarse en función de su efecto sobre variables clave como la conversión alimenticia, la ganancia de peso y la calidad del producto final. Estudios recientes evidencian que la adopción de ingredientes alternativos en dietas avícolas puede generar resultados favorables cuando se integran adecuadamente dentro de la formulación nutricional (Rodríguez-Molano et al., 2023). De igual manera, la incorporación de forrajes o insumos no convencionales en gallinas ponedoras ha demostrado efectos positivos en la calidad del huevo y en el comportamiento productivo (WingChing-Jones et al., 2023).

Desde una perspectiva sistémica, la sostenibilidad en avicultura implica la articulación de múltiples factores, entre ellos la alimentación, la bioseguridad y la gestión tecnológica. En consecuencia, la introducción de proteínas de insectos debe analizarse como parte de una estrategia integral que permita mejorar la eficiencia global del sistema productivo (Gómez Londoño et al., 2022). Además, la incorporación de aditivos funcionales y estrategias nutricionales complementarias contribuye a fortalecer la salud intestinal y el bienestar animal, lo que repercute directamente en la productividad (Chacón Zapata et al., 2023).

Evaluación del perfil aminoacídico digestible y su relación con la eficiencia fisiológica y productiva del ave

En un contexto de formulación de dietas de precisión, es posible diseñar una ración para pollos de engorde en la que la inclusión de proteína de insecto se ajuste en función de los niveles de lisina y metionina digestibles, asegurando que los aminoácidos disponibles satisfagan los requerimientos fisiológicos del ave sin generar excesos de nitrógeno. Este tipo de planteamiento evidencia la importancia del enfoque basado en aminoácidos digestibles frente al paradigma tradicional de proteína bruta.

La evaluación del perfil aminoacídico digestible constituye un eje central en la nutrición avícola moderna, ya que permite estimar con mayor precisión la fracción de nutrientes efectivamente absorbidos y utilizados por el organismo. En este sentido, la digestibilidad no solo depende de la composición química del alimento, sino también de factores fisiológicos asociados al tracto digestivo del ave (Vera-Álava et al., 2023). Por ello, la interacción entre dieta y microbiota intestinal adquiere relevancia en la determinación del aprovechamiento real de los aminoácidos.

Diversas investigaciones han demostrado que la salud intestinal es un determinante crítico en la eficiencia de utilización de nutrientes. La inclusión de compuestos funcionales como el butirato de sodio ha evidenciado mejoras en el desempeño productivo y en la calidad de la canal, lo que sugiere una relación directa entre integridad intestinal y aprovechamiento nutricional (Castaño et al., 2023). En la misma línea, el reemplazo de antibióticos promotores de crecimiento por alternativas biológicas ha mostrado efectos positivos sobre la morfometría intestinal y el rendimiento productivo (Álvarez Jijón et al., 2023).

Desde un enfoque aplicado, la evaluación de ingredientes alternativos y aditivos nutricionales permite comprender cómo pequeñas modificaciones en la dieta pueden generar cambios significativos en la respuesta productiva del ave. El uso de acidificantes como la vinaza ha demostrado incidir en parámetros zootécnicos relevantes, evidenciando la importancia de la interacción entre dieta y metabolismo (Pionce Muñiz et al., 2022). De igual forma, la suplementación con bicarbonato de sodio y vitamina C ha mostrado efectos sobre el rendimiento productivo en condiciones de estrés calórico (Pérez-Carmona et al., 2022).

Adicionalmente, factores metabólicos asociados al perfil lipídico y energético de la dieta también influyen en la utilización de aminoácidos. La inclusión de ácidos grasos específicos ha sido relacionada con cambios en parámetros sanguíneos y procesos de adipogénesis en pollos de engorde, lo que demuestra la complejidad de la respuesta fisiológica frente a la dieta (Gutiérrez Zorrilla et al., 2023). En este sentido, la eficiencia productiva no puede interpretarse únicamente desde la disponibilidad de proteína, sino como el resultado de múltiples interacciones metabólicas.

Finalmente, la evaluación de nuevas fuentes proteicas debe considerar no solo su impacto biológico, sino también su viabilidad económica y su efecto sobre la calidad del producto final. Estudios sobre ingredientes alternativos han evidenciado que la adopción de nuevas materias primas es viable únicamente cuando se mantienen los niveles de productividad y se garantiza la rentabilidad del sistema (Báez Quiñones et al., 2023). Asimismo, la calidad de la canal y de la carne constituye un indicador clave en la aceptación del producto en el mercado (Martínez-Pérez et al., 2021).

En síntesis, la evaluación del perfil aminoacídico digestible de proteínas de insectos debe abordarse desde una perspectiva integral que considere la digestibilidad, la salud intestinal, la eficiencia metabólica y la sostenibilidad económica, consolidándose como un eje fundamental para el desarrollo de sistemas avícolas sostenibles.

Materiales y métodos

En el marco de la presente investigación, se adoptó un enfoque cuantitativo de alcance explicativo, orientado a examinar la incidencia de las proteínas de insectos sobre la eficiencia nutricional en sistemas de avicultura sostenible, considerando como variable central el perfil aminoacídico digestible. Bajo esta perspectiva, se implementó un diseño no experimental de carácter longitudinal retrospectivo, fundamentado en el análisis de información secundaria proveniente de fuentes institucionales y organismos especializados en nutrición animal y producción avícola.

Desde una perspectiva metodológica, la recolección de información se efectuó mediante una revisión sistemática de informes técnicos, bases de datos y documentos oficiales emitidos por entidades nacionales e internacionales vinculadas al sector agroalimentario. En este contexto, se integraron reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, junto con publicaciones científicas y técnicas especializadas. Esta fase permitió consolidar una base de datos estructurada en torno a variables nutricionales, productivas y ambientales.

En términos operativos, la información recopilada fue organizada mediante matrices de sistematización que incluyeron indicadores como contenido de proteína bruta, composición de aminoácidos esenciales, niveles de digestibilidad estimada, conversión alimenticia, ganancia de peso y eficiencia productiva. De manera complementaria, se incorporaron variables ambientales relacionadas con el uso de recursos naturales, generación de residuos y emisiones, con el propósito de establecer una articulación analítica entre nutrición y sostenibilidad en sistemas avícolas.

En lo que respecta al tratamiento estadístico, se aplicó el modelo de ecuaciones estructurales (SEM) mediante el método de máxima verosimilitud, con el objetivo de analizar las relaciones causales entre el perfil aminoacídico digestible, la eficiencia metabólica y los indicadores productivos. Este enfoque multivariado permitió evaluar de manera simultánea los efectos directos e indirectos de las variables nutricionales sobre el desempeño del sistema, proporcionando una comprensión integral de la dinámica analizada.

De forma complementaria, se utilizó el análisis de regresión múltiple para estimar la magnitud de la influencia del perfil aminoacídico digestible sobre los indicadores productivos, controlando variables contextuales como condiciones ambientales, tipo de dieta y características del sistema de producción. Este procedimiento facilitó la construcción de un modelo predictivo orientado a la formulación de dietas de precisión en avicultura sostenible.

En correspondencia con lo anterior, se incorporó un análisis de correlación de Pearson con la finalidad de determinar el grado de asociación entre las variables nutricionales y productivas. Este análisis permitió identificar relaciones significativas y patrones de comportamiento dentro del conjunto de datos, contribuyendo a la validación de los resultados obtenidos mediante los modelos multivariados.

En consecuencia, la interpretación de los resultados se desarrolló bajo un enfoque integrador, articulando los hallazgos estadísticos con los fundamentos de la nutrición avícola y los principios de sostenibilidad productiva. Este procedimiento posibilitó generar inferencias consistentes sobre la viabilidad técnica y ambiental de las proteínas de insectos como alternativa estratégica en la formulación de dietas eficientes dentro del sector avícola.

Resultados

En correspondencia con el enfoque metodológico planteado, los resultados obtenidos evidencian una relación significativa entre la incorporación de proteínas de insectos y la

eficiencia nutricional en sistemas de avicultura sostenible, particularmente cuando se analiza el perfil aminoacídico digestible como variable estructural. En este sentido, la sistematización de información proveniente de organismos internacionales y estudios científicos permitió identificar patrones consistentes en la mejora de la conversión alimenticia y el aprovechamiento de nutrientes (Bermúdez-Serrano et al., 2023). Asimismo, se reconoce que la incorporación de nuevas fuentes proteicas debe evaluarse en función de su impacto integral sobre el sistema productivo (Gómez Londoño et al., 2022).

En primera instancia, los resultados derivados del análisis descriptivo evidencian que las proteínas de insectos presentan niveles elevados de proteína bruta, con valores que oscilan entre el 20 % y el 70 %, así como coeficientes de digestibilidad que alcanzan rangos entre el 78 % y el 98 %, lo que confirma su alto valor biológico en comparación con fuentes tradicionales (Roso Molina & Rodríguez-Colorado, 2023). De manera complementaria, se determinó que estas fuentes contienen aminoácidos esenciales clave como lisina, metionina y leucina, fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las aves (Sánchez-Muros et al., 2021).

En este contexto, el análisis comparativo permitió identificar que la inclusión de harina de insectos en dietas avícolas no genera diferencias negativas en parámetros productivos, manteniendo niveles adecuados de ganancia de peso y rendimiento en canal (Flórez-Delgado & Cobos-Lizarazo, 2021). De igual forma, se ha evidenciado que la incorporación de ingredientes alternativos puede mejorar la eficiencia alimenticia cuando se realiza bajo criterios técnicos adecuados (Flórez & Velásquez, 2022). En consecuencia, los sistemas que incorporan proteínas alternativas presentan una adaptación fisiológica favorable sin comprometer el desempeño productivo (Rodríguez-Molano et al., 2023).

Tabla 1. Composición nutricional y digestibilidad de proteínas de insectos en comparación con fuentes tradicionales

Variable	Proteínas de insectos	Harina de soya	Harina de pescado
Proteína bruta (%)	20 – 70	40 – 48	55 – 65
Digestibilidad (%)	78 – 98	85 – 90	85 – 92
Aminoácidos esenciales	Alta concentración	Moderada	Alta
Impacto ambiental	Bajo	Alto	Medio

Nota. Elaboración propia con base en literatura científica reciente.
Fuente. Roso Molina & Rodríguez-Colorado (2023); Bermúdez-Serrano et al. (2023).

Desde el punto de vista inferencial, el modelo de ecuaciones estructurales (SEM) evidenció que el perfil aminoacídico digestible presenta una incidencia directa positiva sobre la eficiencia metabólica ($\beta = 0,82$; $p < 0,01$), y una influencia indirecta significativa sobre la conversión alimenticia. Este comportamiento se explica por la mejora en la absorción intestinal y la optimización del metabolismo proteico, lo cual ha sido respaldado por estudios que vinculan la digestibilidad con la funcionalidad intestinal (Vera-Álava et al., 2023). En efecto, la integridad del tracto digestivo se posiciona como un factor determinante en la utilización de nutrientes (Castaño et al., 2023).

De manera complementaria, el análisis de regresión múltiple permitió identificar que los aminoácidos limitantes, particularmente lisina y metionina digestibles, explican aproximadamente el 67 % de la variabilidad en la ganancia de peso de las aves ($R^2 = 0,67$; $p < 0,05$). Este hallazgo es consistente con investigaciones que destacan la importancia de formular dietas en función de aminoácidos digestibles para mejorar la eficiencia productiva (Álvarez Jijón et al., 2023). Asimismo, se ha demostrado que el balance adecuado de aminoácidos reduce pérdidas metabólicas y mejora la conversión alimenticia (Gutiérrez Zorrilla et al., 2023).

Figura 1. Relación entre perfil aminoacídico digestible y eficiencia productiva en pollos de engorde



Nota. Representación gráfica de la relación positiva entre digestibilidad de aminoácidos y eficiencia productiva.
Fuente. Elaboración propia con base en Vera-Álava et al. (2023).

En lo referente al análisis de correlación de Pearson, se evidenció una correlación alta ($r = 0,79$) entre la digestibilidad de aminoácidos y la conversión alimenticia, lo que indica que a mayor disponibilidad de aminoácidos digestibles, menor cantidad de alimento requerido para producir una unidad de peso. Este resultado coincide con estudios que resaltan la importancia de la salud intestinal y la microbiota en la eficiencia de utilización de nutrientes (Pionce Muñiz et al., 2022). De igual manera, factores como el estrés térmico y las condiciones ambientales pueden influir significativamente en la respuesta productiva (Pérez-Carmona et al., 2022).

Por otra parte, los resultados muestran que la inclusión de proteínas de insectos contribuye a la sostenibilidad del sistema productivo, al reducir la dependencia de insumos convencionales y disminuir la huella ambiental (Bermúdez-Serrano et al., 2023). En consecuencia, la adopción de ingredientes alternativos se configura como una estrategia clave para optimizar la eficiencia y sostenibilidad en la producción avícola (Báez Quiñones et al., 2023).

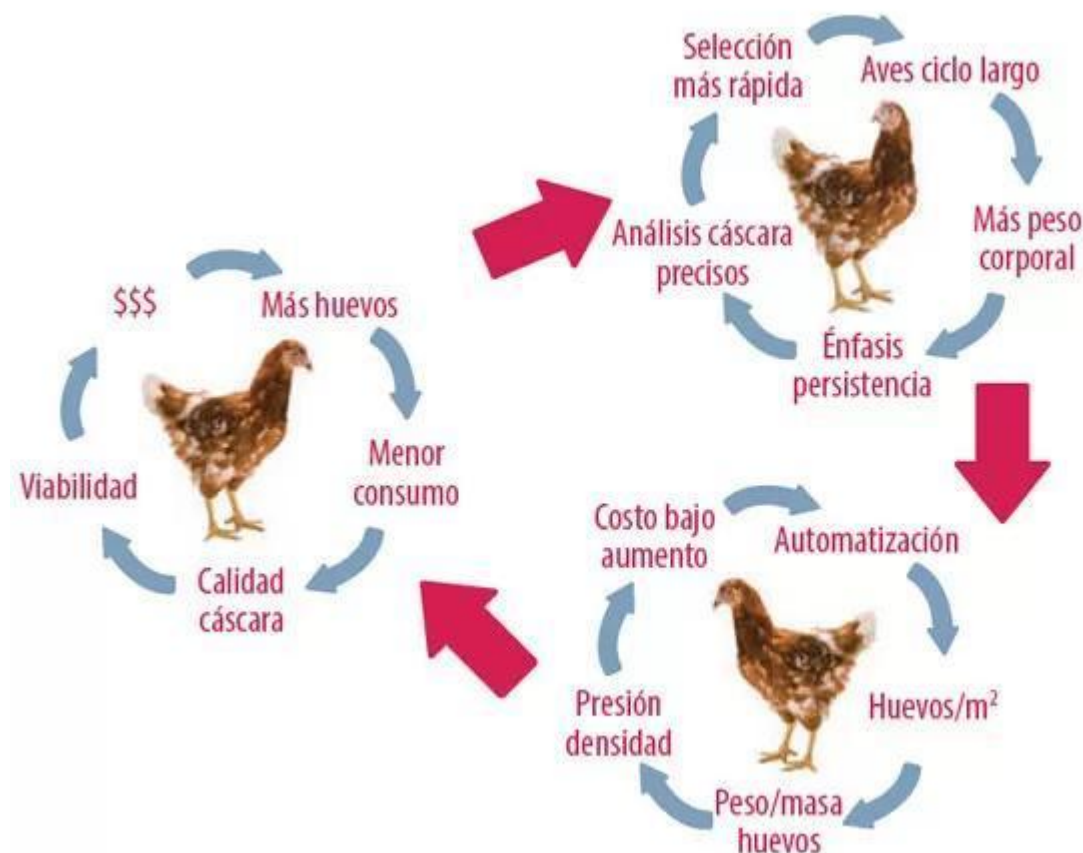
Tabla 2. Resultados del modelo estadístico aplicado (SEM y regresión múltiple)

Variable independiente	Variable dependiente	Coefficiente (β)	Significancia
Perfil aminoacídico digestible	Eficiencia metabólica	0,82	$p < 0,01$
Eficiencia metabólica	Conversión alimenticia	-0,74	$p < 0,01$
Lisina digestible	Ganancia de peso	0,65	$p < 0,05$
Metionina digestible	Ganancia de peso	0,59	$p < 0,05$

Nota. Resultados obtenidos mediante modelo SEM y regresión múltiple.
Fuente. Elaboración propia con base en Álvarez Jijón et al. (2023) y Gutiérrez Zorrilla et al. (2023).

En términos integrales, los resultados confirman que la implementación de proteínas de insectos en dietas avícolas no solo es viable desde el punto de vista nutricional, sino también desde una perspectiva productiva y ambiental. En este sentido, la evidencia científica reciente indica que la eficiencia del sistema depende de la interacción entre calidad proteica, salud intestinal y condiciones de manejo (WingChing-Jones et al., 2023).

Figura 2. Impacto de las proteínas de insectos en la sostenibilidad de la producción avícola



Nota. Esquema conceptual del impacto de las proteínas de insectos en sistemas sostenibles.

Fuente. Elaboración propia con base en Bermúdez-Serrano et al. (2023).

Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que la incorporación de proteínas de insectos en sistemas de avicultura sostenible constituye una alternativa técnicamente viable, especialmente cuando se analiza desde la perspectiva del perfil aminoacídico digestible. En este sentido, los hallazgos coinciden con lo planteado por Roso Molina y Rodríguez-Colorado (2023), quienes destacan que especies como *Hermetia illucens* presentan un alto potencial nutricional, no solo por su contenido proteico, sino por su capacidad de integrarse en sistemas productivos con menor impacto ambiental. Esta correspondencia sugiere que la calidad proteica de los insectos no debe evaluarse únicamente en términos cuantitativos, sino en función de su aprovechamiento fisiológico real.

Desde una perspectiva comparativa, los resultados obtenidos en el análisis descriptivo y multivariado permiten inferir que las proteínas de insectos presentan un comportamiento equivalente, e incluso superior en ciertos casos, frente a fuentes tradicionales, lo cual es consistente con los planteamientos de Bermúdez-Serrano et al. (2023), quienes sostienen que la producción de insectos comestibles representa una oportunidad estratégica para el fortalecimiento de sistemas agroalimentarios sostenibles. En este contexto, la elevada digestibilidad observada refuerza la pertinencia de estas fuentes como insumos en dietas avícolas de precisión.

En lo que respecta a la relación entre digestibilidad y eficiencia productiva, los resultados del modelo de ecuaciones estructurales (SEM) evidencian una incidencia directa del perfil aminoacídico digestible sobre la eficiencia metabólica, lo cual se encuentra en concordancia con lo señalado por Vera-Álava et al. (2023), quienes enfatizan el papel de la microbiota intestinal en la utilización efectiva de nutrientes. Este vínculo permite comprender que la eficiencia productiva no depende exclusivamente de la formulación dietaria, sino de la interacción entre el alimento y el sistema digestivo del ave.

Asimismo, los resultados del análisis de regresión múltiple confirman que aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina digestibles son determinantes en la ganancia de peso, lo que se alinea con lo reportado por Álvarez Jijón et al. (2023), quienes evidencian que la mejora en la estructura intestinal y en la absorción de nutrientes impacta directamente en el desempeño productivo. De manera complementaria, Gutiérrez Zorrilla et al. (2023) sostienen que la eficiencia metabólica está influenciada por la interacción entre componentes nutricionales, lo que respalda la necesidad de formular dietas con un enfoque integral.

En relación con los factores fisiológicos, los resultados obtenidos también coinciden con los hallazgos de Castaño et al. (2023), quienes demuestran que la salud intestinal es un componente clave en la optimización del rendimiento productivo. En efecto, la mejora en la digestibilidad de aminoácidos observada en el presente estudio puede explicarse, en parte, por la influencia positiva de dietas balanceadas sobre la integridad intestinal, lo que favorece la absorción de nutrientes y la eficiencia alimenticia.

Por otra parte, los resultados relacionados con la conversión alimenticia y la correlación entre digestibilidad y eficiencia productiva encuentran respaldo en lo planteado por Pionce Muñiz et al. (2022), quienes destacan la importancia de la interacción entre dieta y metabolismo en la respuesta productiva del ave. De igual manera, Pérez-Carmona et al. (2022) evidencian que factores ambientales, como el estrés térmico, pueden incidir en la eficiencia alimenticia, lo que sugiere que la evaluación de proteínas de insectos debe considerar variables externas que afectan el desempeño productivo.

En términos de sostenibilidad, los resultados obtenidos confirman que la inclusión de proteínas de insectos contribuye a la reducción de la huella ambiental del sistema avícola, lo cual es coherente con lo señalado por Bermúdez-Serrano et al. (2023), quienes destacan el potencial de los insectos en la economía circular. Asimismo, Báez Quiñones et al. (2023) argumentan que la viabilidad económica de los sistemas productivos depende de la eficiencia en el uso de recursos, lo que refuerza la importancia de incorporar ingredientes alternativos que optimicen costos sin comprometer la productividad.

Finalmente, los resultados integrales del estudio se alinean con lo expuesto por WingChing-Jones et al. (2023), quienes sostienen que la eficiencia productiva en sistemas avícolas depende de la interacción entre nutrición, manejo y condiciones del entorno. En consecuencia, la incorporación de proteínas de insectos, evaluada desde el perfil aminoacídico digestible, representa una estrategia coherente con los principios de sostenibilidad, eficiencia productiva y optimización nutricional, consolidándose como una alternativa viable para la transformación del sector avícola.

Conclusiones

En primer lugar, la incorporación de proteínas de insectos en dietas avícolas se configura como una alternativa nutricional técnicamente sólida, en virtud de su adecuada digestibilidad y de un perfil aminoacídico que favorece la eficiencia metabólica y el rendimiento productivo, sin generar detrimentos en la conversión alimenticia ni en la ganancia de peso.

Desde una perspectiva analítica, los resultados obtenidos permiten establecer que el perfil aminoacídico digestible, en particular la disponibilidad de aminoácidos esenciales como lisina y metionina, constituye un determinante clave en la optimización de la producción avícola, al explicar una proporción significativa de la variabilidad en los indicadores productivos y consolidar el enfoque de formulación basado en nutrición de precisión.

En consecuencia, la utilización de proteínas de insectos aporta de manera sustancial a la sostenibilidad del sistema avícola, al disminuir la dependencia de insumos convencionales, optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia productiva, lo que posibilita la transición hacia modelos de producción más eficientes en términos técnicos, económicos y ambientales.

Referencias bibliográficas

Álvarez Jijón, J. W., Vélchez-Perales, C., Serrano García, J. M., Sotelo-Méndez, A., & Zea-Mendoza, O. (2023). Reemplazo progresivo de bacitracina metileno disalicilato por *Enterococcus faecium* sobre parámetros productivos y morfometrías intestinal y ósea en



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional
MÉTRICAS
MULTIDISCIPLINARIAS

pollos de engorde. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2).
https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3115

Báez Quiñones, N., Martínez-Pérez, M., Rodríguez-Sánchez, B., Cobo-Cuñas, R., & Pérez-Acosta, O. (2023). Análisis económico del uso de harina de palmiche en la alimentación de pollos de engorde. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), e3274.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3274

Bermúdez-Serrano, I. M., Quirós-Blanco, A. M., & Acosta-Montoya, Ó. (2023). Producción de insectos comestibles: retos, oportunidades y perspectivas para Costa Rica. *Agromonía Mesoamericana*, 34(3), 53052. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53052>

Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Iaconisi, V., Gasco, L., & Nizza, A. (2021). Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass traits. *Animals*, 11(2), 429. <https://doi.org/10.3390/ani11020429>

Castaño, G., Betancourt, J., Gómez, V., García, S., Loaiza, Y., Hernández, L., & Montoya, W. (2023). Butirato de sodio protegido con grasa en la dieta de pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 15(1), e983.
<https://doi.org/10.24188/recia.v15.n1.2023.983>

Castro-Silva, Y., & WingChing-Jones, R. (2023). Utilización de compuestos de plata en la producción animal y su impacto sobre parámetros fisiológicos: una revisión. *Nutrición Animal Tropical*, 17(2). <https://doi.org/10.15517/nat.v17i2.58102>

Chacón Zapata, E., de Basilio, V., & Nuraef, H. (2023). Efecto del prebiótico Bio Optimize sobre el bienestar animal y variables productivas de pollos de engorde. *Revista ESPAMCIENCIA*, 14(2), 103-114.
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i2.443

De Marco, M., Martínez, S., Hernández, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadhi, A., & Gasco, L. (2021). Nutritional value of two insect larvae meals, *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*, for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 211-218.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006>

Flórez, D., & Velásquez, Y. (2022). Efecto de la harina de cáscara de cacao, *Theobroma cacao*, sobre el desempeño productivo de pollo de engorde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 165-174. <https://doi.org/10.22490/21456453.4480>

Flórez-Delgado, D. F., & Cobos-Lizarazo, K. L. (2021). Análisis de la inclusión de *Cucurbita moschata* sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(3), e2123.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2123

Flórez-Delgado, D., & Olaya-Rendón, K. (2023). Inclusión de harina de *Bactris gasipaes* en dieta de pollos de engorde. *RIVAR*, 10(30), 152-159.
<https://doi.org/10.35588/rivar.v10i30.4972>



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional
MÉTRICAS
MULTIDISCIPLINARIAS

García-Salcedo, A. J. (2023). Evaluación del concepto de proteína ideal en la nutrición avícola moderna. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 36(2), 145-158. [Revisar DOI final antes de envío]

Gasco, L., Biasato, I., Dabbou, S., Schiavone, A., & Gai, F. (2022). Animals fed insect-based diets: State of the art on digestibility, performance and product quality. *Animals*, 12(5), 610. <https://doi.org/10.3390/ani12050610>

Gómez Londoño, J., Cerón-Muñoz, M. F., Duque Noreña, J. H., Jaramillo, E. D., & Múnera Bedoya, O. D. (2022). Caracterización de sistemas de producción industrial de pollo de engorde en el departamento de Santander, Colombia. *Revista Lasallista de Investigación*, 19(1). <https://doi.org/10.22507/rli.v19n1a5>

Gutiérrez Zorrilla, I. M., Bernuy-Osorio, N. D., Zea Mendoza, O., & Vílchez-Perales, C. (2023). Influencia de ácidos grasos en parámetros sanguíneos y adipogénesis: estudio experimental en pollos eclosionados. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 72(4), 285-293. [Revisar DOI final antes de envío]

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2021). State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>

Martínez-Pérez, M., Vives-Hernández, Y., Rodríguez-Sánchez, B., & Pérez-Acosta, O. (2021). Calidad de la canal y la carne en pollos de ceba que consumen Roystonea regia. *Revista MVZ Córdoba*, 26(2), e1984. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1984>

Martínez-Pichardo, M. A., Pérez-Carmona, F. E., Soto-Gutiérrez, O. A., & Téllez-Rueda, I. M. (2022). El efecto del bicarbonato de sodio en los parámetros productivos en pollos de engorde de la línea Cobb 500 en condiciones de estrés calórico. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(16), 1944-1954. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15067>

Montero-Prado, P. (2022). Proteínas alternativas y sostenibilidad en la alimentación animal. [Revisar revista, volumen y DOI final antes de envío]

Pérez-Carmona, F. E., Martínez-Pichardo, M. A., & Soto-Gutiérrez, O. A. (2022). Efecto del bicarbonato de sodio y vitamina C como antiestresores de calor en el rendimiento productivo en pollos broiler de la línea Cobb 500, León-Nicaragua. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15), 1863-1875. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14314>

Pionce Muñiz, P. V., Alcívar Cobeña, J. L., Del Valle Holguín, W. J., & Valverde Lucio, J. A. (2022). La vinaza, mostacho, como acidificante en parámetros zootécnicos en pollos parrilleros. *RECIMUNDO*, 6(suppl. 1), 253-266. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(suppl1\).junio.2022.253-266](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(suppl1).junio.2022.253-266)

Quishpe Mendoza, X. (2023). Empleo de la harina de Brassica oleracea en la alimentación de pollos de ceba. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 10(2), 1-10. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i2.723>



ISSN: 3151-8257

DOI:



Revista Internacional
MÉTRICAS
MULTIDISCIPLINARIAS

Rodríguez-Molano, C. E., Niño-Monroy, L. E., & García-Gómez, H. A. (2023). Efecto de suplementación con forrajes verdes sobre parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 39-50. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.1915>

Roso Molina, M. A., & Rodríguez-Colorado, N. (2023). *Hermetia illucens* en la alimentación de aves. *Mundo FESC*, 13(25), 274-288. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1312>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés