

EFFECTS OF LEMNA MINOR ON PRODUCTIVE PERFORMANCE AND DIGESTIBILITY IN BROILER CHICKENS: A LITERATURE REVIEWAdrián Alessandro Chicaiza-Guamán¹**E-mail:** achicaiza4588@uta.edu.ec**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0007-5634-4231>Oscar Patricio Núñez-Torres¹**E-mail:** op.nunez@uta.edu.ec**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9593-5850>¹ Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.**Cita sugerida (APA, séptima edición)**Chicaiza-Guamán, A. A., & Núñez-Torres, O. P. (2026). Efectos de Lemna minor sobre indicadores productivos y digestibilidad en pollos de engorde: revisión bibliográfica. *Revista UGC*, 4(4), 129-140.**Fecha de presentación:** 20/07/2026**Fecha de aceptación:** 17/09/2026**Fecha de publicación:** 01/10/2026**RESUMEN**

La investigación tiene como objetivo sintetizar la evidencia científica sobre la composición nutricional de Lemna minor y determinar cómo el nivel de inclusión, la forma de presentación y el procesamiento de su biomasa influyen en el desempeño y el aprovechamiento de nutrientes en pollos de engorde. La búsqueda se realizó en PubMed, ScienceDirect y Google Scholar y se incluyeron 27 publicaciones, de ellas, siete aportaron la evidencia experimental mediante ocho experimentos independientes. La composición de la biomasa mostró una variabilidad entre estudios, atribuible a las condiciones de cultivo, el origen y el procesamiento. Los experimentos de alimentación indicaron que las inclusiones bajas o moderadas de biomasa fresca, seca o en harina pueden mantener un desempeño comparable al de las dietas convencionales y que niveles elevados redujeron el peso final, la ganancia de peso o la eficiencia alimenticia. La evaluación in vivo confirmó el aporte de proteína, aminoácidos, fósforo y energía aprovechables, aunque su utilización varió entre nutrientes y lotes de biomasa. La suplementación enzimática mejoró las respuestas, pero la evidencia sobre biomasa fermentada resultó insuficiente. Se concluye que L. minor representa una alternativa potencial como ingrediente complementario y sustituto parcial de fuentes proteicas convencionales, bajo niveles de inclusión validados.

Palabras clave:

Alternativa, conversión alimenticia, dietas convencionales, digestibilidad.

ABSTRACT

The objective of this study is to synthesize the scientific evidence on the nutritional composition of Lemna minor and to determine how the inclusion level, form of presentation, and processing of its biomass influence performance and nutrient utilization in broiler chickens. The literature search was conducted in PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar, and 27 publications were included; of these, seven provided experimental evidence through eight independent experiments. The composition of the biomass varied across studies, attributable to cultivation conditions, origin, and processing. Feeding trials indicated that low or moderate inclusions of fresh, dry, or meal-form biomass can maintain performance comparable to that of conventional diets, while high levels reduced final weight, weight gain, or feed efficiency. In vivo evaluation confirmed the supply of usable protein, amino acids, phosphorus, and energy, although their utilization varied among nutrients and biomass batches. Enzyme supplementation improved the responses, but the evidence regarding fermented biomass was insufficient. It is concluded that L. minor represents a potential alternative as a complementary ingredient and partial substitute for conventional protein sources, at validated inclusion levels.

Keywords:

Alternative, feed conversion, conventional diets, digestibility.

INTRODUCCIÓN

El elevado costo de los alimentos balanceados y la limitada disponibilidad de las fuentes proteicas utilizadas para estos, como indican Pagua et al. (2021), representan un reto para mantener un sistema de producción sostenible. Actualmente, la producción de productos cárnicos ha mostrado un crecimiento, al igual que la variabilidad de los costos de las principales fuentes de proteína utilizadas como base de los alimentos balanceados, lo que ha impulsado la evaluación de opciones encaminadas a disminuir la dependencia y adoptar nuevas prácticas productivas eficientes y sostenibles. En ese contexto, como explican Bethancourt et al. (2025), las plantas acuáticas han surgido como una de las alternativas con mayor potencial, debido a su capacidad de absorción de nutrientes del medio y de generar biomasa con valores nutritivos importantes en proteínas, minerales y vitaminas, en dependencia de las condiciones y la calidad del agua en la que son cultivadas.

En ese sentido, la lenteja de agua (*Lemna minor*) es una especie vegetal macrófita angiosperma, a la que, como exponen Prada et al. (2024), se le ha reconocido su importancia en la industria de los piensos. Ello ha tenido lugar debido a su capacidad de crecimiento, que permite obtener biomasa en periodos relativamente cortos, lo que puede ser beneficioso para generar un sistema de producción sostenible al aprovechar los recursos disponibles en ambientes acuáticos.

Se debe apuntar que la implementación del uso de la lenteja de agua ha ganado fuerza motivada por su calidad y contenido proteico. Este, según Soñta et al. (2019), puede alcanzar entre 13-48% de proteína, 2-9% de extracto etéreo, 12-28% de fibra y 14-44% de carbohidratos en base seca Asimismo, como explican Bethancourt et al. (2025), en condiciones controladas, puede registrar tasas de crecimiento de 0,355–0,360 g/día en condiciones controladas y de 0,144–0,860 g/día en campo, alcanzando su mayor desarrollo entre los 14 y 28 días posteriores a la inoculación.

A pesar del potencial nutricional de *L. minor*, su aprovechamiento puede verse condicionado por factores relacionados con su composición química y con las condiciones de cultivo. Por esta razón, se han estudiado diferentes estrategias de procesamiento con el fin de mejorar el aprovechamiento de nutrientes con ayuda de microorganismos con capacidad fermentativa (*Bacillus spp.*) que realizan un procedimiento de fermentación en estado sólido (FES). Esto, para Mahoney et al. (2021), permite aprovechar la actividad metabólica de microorganismos capaces de producir enzimas y metabolitos que contribuyen a mejorar el aprovechamiento nutricional del material vegetal. Lo anterior, como resaltan Mahoney et al. (2020), permite considerar el empleo de cepas de *Bacillus spp.* en la fermentación de materias primas vegetales como

una opción potencial para mejorar su aprovechamiento nutricional.

Con base en lo expuesto, la hipótesis formulada en esta revisión se sustenta en que la inclusión de *L. minor* en la alimentación de pollos de engorde influye en los parámetros productivos y en la digestibilidad, y que estos efectos pueden estar condicionados por factores como el nivel de inclusión, la forma de presentación y los procesos de fermentación. En esa línea, el objetivo del estudio es sintetizar la evidencia científica recopilada en relación con el uso de la lenteja de agua (*L. minor*) en las dietas para pollos de engorde. De igual modo, se analizará su composición nutricional y cómo influyen los niveles de inclusión, la forma de presentación y el procesamiento en los parámetros productivos y en la digestibilidad de los nutrientes. De manera específica, se describe la composición química y nutricional para comparar los efectos de este aditivo en los parámetros de peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo de alimento. Se examinarán la digestibilidad y el uso de los nutrientes, considerando la influencia del procesamiento, la suplementación enzimática y la fermentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el trabajo se realizó una revisión bibliográfica estructurada, basada en la literatura científica, sobre el uso de la lenteja de agua (*L. minor*) en la alimentación de pollos de engorde, con énfasis en su composición nutricional, procesamiento, fermentación, digestibilidad y sus efectos sobre los parámetros productivos. Igualmente, su finalidad se sustentó en organizar y sintetizar la información recopilada sobre el uso de *L. minor*. Específicamente en la alimentación de aves, con un enfoque dirigido a los estudios que evaluaron porcentajes y la forma de incluir esta planta en la dieta. También se consideraron publicaciones relacionadas con el procesamiento de la biomasa fermentada, debido a su posible influencia en el aprovechamiento de nutrientes.

En ese orden, para favorecer la transparencia del proceso de selección de la literatura, se estructuró un flujo de identificación, selección y clasificación de las publicaciones basado en los principios establecidos por PRISMA 2020. Sin embargo, debido a la naturaleza bibliográfica de esta revisión, su uso se limitó a ser una herramienta de organización y transparencia del proceso de selección, y no a una declaración de que se haya realizado una revisión sistemática o un metaanálisis.

El proceso de recopilación de la información se desarrolló a través de la consulta de artículos científicos sobre *L. minor*, *duckweed*, alimentación y nutrición animal y aviar. Se consideraron publicaciones relacionadas con la composición nutricional de la planta, su uso como ingrediente alimenticio, los parámetros productivos, la digestibilidad, el procesamiento y la fermentación. La revisión de la literatura se llevó a cabo en 3 bases de datos, como

PubMed, ScienceDirect y Google Scholar, considerando publicaciones de 2018 a 2026 en inglés, español y portugués. Se utilizaron como antecedentes dos publicaciones de 1997 y 2005.

Cabe señalar que, entre los términos empleados para la identificación de los documentos se consideraron combinaciones relacionadas con: *L. minor*, *duckweed*, *water lentil*, *poultry*, *broiler*, *chicken*, *animal feed*, *poultry nutrition*, *digestibility*, *growth performance*, *feed conversion*, *fermented duckweed*, *fermentation*, *Bacillus*, junto con la utilización de operadores booleanos como “AND” y “OR”. Dichos términos se combinaron de acuerdo con el tema de interés y se consideraron publicaciones en las que el aporte de información resultara relevante para alguno de los componentes establecidos en el objetivo de la presente revisión.

En la revisión se consideraron como elegibles, aquellas publicaciones que presentan información relacionada con uno o más de los siguientes aspectos, estudios realizados en aves que sean destinadas a la producción de carne, incluyendo pollos de engorde, aves de corral o líneas nativas, investigaciones que evalúen la utilización de la lenteja de agua (*L. minor*) como un ingrediente o componente dentro de la dieta animal, estudios en donde se utilizara lenteja de agua (*L. minor*) en diferentes formas de presentación, incluyendo biomasa fresca, deshidratada, seca, harina o como material sometido a procesos de fermentación, estudios en donde se evalúen indicadores productivos, en relación con el peso corporal, la ganancia de peso, el consumo de alimento, el rendimiento a la canal o la conversión alimenticia. Igualmente, se incluyen, estudios donde se evalúe su digestibilidad o aprovechamiento nutricional, publicaciones relacionadas con el proceso de fermentación y procesamiento, revisiones y publicaciones científicas utilizadas para contextualizar aspectos relacionados con la composición nutricional, forma de cultivo, procesamiento, sostenibilidad y su potencial como una fuente alternativa de alimento.

Se excluyeron artículos que, se enfocaron exclusivamente en especies diferentes de las aves destinadas a producción de carne, cuando los resultados no fueran aplicables al objetivo de la presente revisión, estudios que hablen exclusivamente del cultivo, crecimiento o composición de la lenteja de agua sin evaluar su utilización como alimento o ingrediente en la nutrición animal, estudios que no presenten información relacionada con los parámetros productivos, digestibilidad, composición nutricional, procesamiento o utilización de la lenteja de agua.

Los documentos recopilados fueron sometidos a un proceso de selección y clasificación de acuerdo con su contribución al objetivo de la presente revisión. Para ello se delimitaron cinco categorías principales. Estas fueron la composición y las características nutricionales de la lenteja de agua (*L. minor*); su uso como fuente alternativa de nutrientes; el efecto de la inclusión de *L. minor* sobre los

indicadores productivos; la digestibilidad y el aprovechamiento de nutrientes, al igual que el procesamiento y la fermentación de *L. minor*.

De igual modo, se consideraron los estudios experimentales realizados en aves como evidencia principal para la síntesis del efecto de la inclusión de la lenteja de agua sobre los parámetros productivos y la digestibilidad, se identificaron aproximadamente 17 registros en PubMed, 31 en ScienceDirect y se examinaron los primeros 100 resultados obtenidos en Google Scholar, para un total de 148 registros. Después de eliminar 32 registros duplicados, se examinaron 116 títulos y resúmenes. En esta fase se excluyeron 74 registros por no guardar relación directa con el objetivo de la revisión. Con posterioridad, se analizaron 42 documentos completos, de los que se excluyeron 15. De ellos, cuatro correspondieron a copias o versiones redundantes de un mismo estudio y 11 no cumplieron los criterios temáticos o metodológicos establecidos. Finalmente, se seleccionaron 27 publicaciones para la revisión. De este conjunto, siete publicaciones aportaron la evidencia principal de los Resultados y realizaron ocho experimentos independientes; las 20 publicaciones restantes se utilizaron como evidencia complementaria en la Introducción y la Discusión.

En relación con la heterogeneidad de las publicaciones consideradas en cuanto a la población animal, los niveles de inclusión, las formas de presentación del material vegetal, las condiciones experimentales y las variables evaluadas, los hallazgos se organizaron con base a un análisis narrativo y comparativo.

En esa línea, la síntesis se enfocó principalmente en determinar cómo la inclusión de lenteja de agua (*L. minor*) puede estar relacionada con su comportamiento productivo y la digestión de nutrientes en aves destinadas a la producción de carne. Asimismo, se consideró la influencia potencial de factores como el nivel de inclusión, la forma de presentación y los procesos de procesamiento y de fermentación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La síntesis de los resultados se basó en siete publicaciones experimentales publicadas entre 2019 y 2026. Estas aportaron ocho experimentos independientes. En el caso de autores como Niermeyer et al. (2026); y Zaffer et al. (2021), llevaron a cabo dos ensayos: uno para determinar la digestibilidad y el aprovechamiento nutricional de dos lotes de *L. minor*, y analizar los indicadores productivos de pollos de engorde sometidos a distintos porcentajes de inclusión.

Por otra parte, se ejecutaron cinco experimentos que evaluaron de manera directa los indicadores productivos de pollos de engorde, según Negussie et al. (2026); Niermeyer et al. (2026); Saei et al. (2026); Vargas et al. (2019); y Zaffer et al. (2021). Para su desarrollo, usaron

poblaciones de aves Ross 308, Cobb 500 y pollos de línea genética no especificada. Los ensayos productivos incluyeron entre 64 y 180 aves. El tiempo máximo de crianza varió entre 28 y 45 días, tal como se plasma en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los artículos seleccionados sobre el uso de *L. minor* en la alimentación avícola.

Estudio	Tipo de estudio y unidad experimental	Diseño, tamaño y duración	Presentación o procedimiento	Tratamientos principales	Variables evaluadas
Vargas et al. (2019)	Ensayo de alimentación en pollos de engorde de un día; línea genética y sexo no especificados	DCA; 160 aves; 4 tratamientos; 4 repeticiones de 10 aves; 1–42 días	<i>L. minor</i> fresca o al natural, suministrada en sustitución parcial del alimento balanceado	0, 5, 10 y 15 %	Peso corporal, ganancia de peso, consumo programado y conversión alimenticia
Zaffer et al. (2021)	Ensayo de alimentación en pollos de engorde; línea genética y sexo no especificados	150 aves; 5 tratamientos; 3 repeticiones de 10 aves; distribución experimental al día 8 y crianza hasta las seis semanas	Harina seca de <i>L. minor</i> , con o sin suplementación enzimática	Control; 5 % sin enzimas; 5 % con enzimas; 10 % sin enzimas; 10 % con enzimas	Peso corporal, ganancia de peso, consumo, conversión, consumo de proteína, eficiencia proteica y mortalidad
Okwuosa et al. (2021)	Ensayo de cultivo de <i>L. minor</i> en tanques exteriores	9 tanques; 3 medios de cultivo por triplicado; 50 g iniciales por tanque; 30 días	Biomasa cultivada con diferentes abonos, posteriormente secada al aire, molida y homogeneizada	Excretas de aves, estiércol porcino y estiércol bovino	Producción de biomasa, crecimiento diario y composición proximal
Thongthung et al. (2024)	Estudio de composición y digestibilidad in vitro; sin utilización de aves	Comparación de tres géneros de lenteja de agua y 15 ingredientes alimenticios	<i>Lemna</i> , <i>Wolffia</i> y <i>Spirodela</i> cultivadas en estanques fertilizados, secadas al sol, molidas y tamizadas a 0,5 mm	Comparación entre géneros e ingredientes proteicos, energéticos y fibrosos	Materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra, cenizas, extracto libre de nitrógeno, digestibilidad verdadera y SID de la proteína in vitro
Negussie et al. (2026)	Ensayo de alimentación en pollos Cobb 500 de ambos sexos	DCA; 180 aves experimentales; 4 tratamientos; 3 repeticiones de 15 aves; tratamientos entre los días 10 y 45	Harina secada a la sombra, molida a 2–3 mm y suministrada en dietas en forma de harina	0, 8, 16 y 24 %, en sustitución parcial de harina de soya	Consumo, peso, ganancia, conversión, utilización de nutrientes, supervivencia, canal, índices productivos y rentabilidad
Niermeyer et al. (2026) experimento 1	Ensayo in vivo de digestibilidad en machos Ross 308	48 aves; 3 dietas; 16 aves por dieta; alojamiento individual desde el día 16; recolección de excretas entre los días 21 y 26 y sacrificio al día 26	Lotes secos LM1 y LM2, molidos y pelletizados en dietas con dióxido de titanio como marcador	Dieta basal; 40 % LM1 + 60 % de dieta basal; 25 % LM2 + 75 % de dieta basal	AID y SID de proteína y aminoácidos, digestibilidad del fósforo, AME y AMEn
Niermeyer et al. (2026), experimento 2	Ensayo productivo en machos Ross 308	64 aves; 4 tratamientos; 16 aves por tratamiento; 1–28 días; 9 aves por tratamiento trasladadas a jaulas individuales al día 21	Lote LM3 incorporado en dietas isoenergéticas e isoproteicas formuladas según aminoácidos digestibles	0/0/0; 2,5/5/7,5; 5/7,5/10 y 10/10/10 % durante las fases inicial, crecimiento y final	Peso corporal, ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia
Saei et al. (2026)	Ensayo de alimentación en pollos Ross 308	DCA; 150 aves; 3 tratamientos; 5 repeticiones de 10 aves; 1–42 días	Polvo de la planta completa incorporado en dietas en forma de harina	0, 3 y 4 %	Peso corporal, consumo, conversión, canal, hematología, bioquímica sanguínea, inmunidad y características de la carne.

Notas: DCA: diseño completamente al azar; AID: digestibilidad ileal aparente; SID: digestibilidad ileal estandarizada; AME: energía metabolizable aparente; AMEn: energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno.

Asimismo, los tres experimentos restantes aportaron información específica sobre la digestibilidad o su contenido nutricional. En ese orden, Niermeyer et al. (2026) evaluaron en vivo la digestibilidad ileal, el uso del fósforo y la energía metabolizable en pollos Ross 308. Por su lado Okwuosa et al. (2021) estudiaron lo concerniente al crecimiento y la composición de la biomasa cultivada con distintos abonos orgánicos. En el caso de Thongthung et al. (2024), desarrollaron una comparación en cuanto a la composición y la digestibilidad proteica in vitro de diferentes géneros de lentejas de agua y de otros ingredientes alimenticios. Asimismo, presentaron la biomasa fresca, seca, deshidratada, molida o en polvo de la planta completa. En los experimentos con aves, los tratamientos variaron según la fase de crianza, el nivel de inclusión, el ingrediente sustituido y la adición de suplementación enzimática.

La composición de la biomasa de *L. minor* se determinó en 6 de los 8 estudios incluidos en los resultados. En estos se analizaron los materiales obtenidos bajo diferentes condiciones de cultivo y procesamiento, como el secado al aire, al sol, la deshidratación a la sombra o la molienda de la planta completa. Debido a estas diferencias y al uso de distintas bases de expresión, los resultados se sintetizaron de manera descriptiva, sin calcular valores combinados entre estudios tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición química de *Lemna minor* determinada en los estudios experimentales seleccionados.

Estudio y presentación de la biomasa	Base de expresión	Composición química informada
Okwuosa et al. (2021), biomasa cultivada con excretas avícolas y secada al aire	Porcentaje; media ± EE	Proteína cruda: 7,50 ± 1,13; humedad: 9,89 ± 1,12; cenizas: 13,14 ± 0,17; fibra cruda: 12,24 ± 0,82; grasa: 2,24 ± 0,05; carbohidratos calculados: 55,00 ± 0,33
Okwuosa et al. (2021), biomasa cultivada con estiércol porcino y secada al aire	Porcentaje; media ± EE	Proteína cruda: 10,18 ± 0,79; humedad: 7,53 ± 0,81; cenizas: 11,75 ± 1,08; fibra cruda: 10,52 ± 1,12; grasa: 1,95 ± 0,97; carbohidratos calculados: 58,07 ± 1,12
Okwuosa et al. (2021), biomasa cultivada con estiércol bovino y secada al aire	Porcentaje; media ± EE	Proteína cruda: 9,55 ± 0,34; humedad: 8,15 ± 0,31; cenizas: 13,95 ± 0,90; fibra cruda: 11,78 ± 0,30; grasa: 2,58 ± 1,03; carbohidratos calculados: 54,00 ± 0,80
Zaffer et al. (2021), harina seca	Porcentaje; media ± EE	Materia seca: 89,85 ± 1,25; humedad: 10,15 ± 0,48; proteína cruda: 20,33 ± 0,65; extracto etéreo: 3,10 ± 0,12; fibra cruda: 18,06 ± 0,86; cenizas totales: 30,35 ± 0,58; cenizas insolubles en ácido: 7,00 ± 0,24; ELN: 18,52 ± 0,28; calcio: 2,80 ± 0,08; fósforo: 1,10 ± 0,06; fitatos: 0,93 ± 0,02; EM estimada: 1660,77 kcal/kg
Thongthung et al. (2024), biomasa secada al sol, molida y tamizada	g/kg MS; media ± DE	Materia seca: 914,79 ± 0,79; proteína cruda: 367,81 ± 3,58; extracto etéreo: 52,47 ± 2,80; fibra cruda: 109,11 ± 7,18; cenizas: 142,06 ± 5,26; ELN: 328,74 ± 0,66
Negussie et al. (2026), harina secada a la sombra y molida	Porcentaje, base fresca	Materia seca: 87,49; humedad: 12,51; proteína cruda: 31,93; lípidos crudos: 1,88; fibra cruda: 9,64; cenizas: 16,64; ELN calculado: 27,41; EM estimada: 2316 kcal/kg
Niermeyer et al. (2026), lote LM1 seco y molido	g/kg de biomasa tal como se ofreció	Materia seca: 932; cenizas: 167; proteína cruda: 201; extracto etéreo: 26; fibra cruda: 144; almidón: 10; FDN: 339; FDA: 222; lignina detergente ácida: 23; calcio: 19,9; fósforo total: 10,7; fósforo fítico: 0,09; fitato: 0,33; taninos: 2,70
Niermeyer et al. (2026), lote LM3 seco y molido	g/kg de biomasa tal como se ofreció	Materia seca: 950; cenizas: 185; proteína cruda: 331; extracto etéreo: 54; fibra cruda: 96; azúcares totales: 10; almidón: 21; FDN: 369; FDA: 184; lignina detergente ácida: 26; calcio: 13,6; fósforo total: 16,0; fósforo fítico: 0,17; fitato: 0,59
Saei et al. (2026), polvo de la planta completa	Unidades comunicadas originalmente	Humedad y materia volátil: 3,83 %; proteína cruda: 104,70 g/kg; extracto etéreo: 12,50 g/kg; almidón: 9,60 g/kg; azúcares: 10,60 g/kg; esteroides totales: 332,65 mg/kg; tocoferoles totales: 1299,62 ppm; α-tocoferol: 1116,42 ppm; γ-tocoferol: 119,91 ppm; δ-tocoferol: 63,29 ppm; campesterol: 3,34 %; colesterol: 1,50 %; estigmasterol: 22,46 %; β-sitosterol: 60,19 %; Δ5-avenasterol: 4,53 %; Δ7-avenasterol: 5,65 %; Δ7-estigmastanol: 2,60 %

Nota: abreviaturas: EE: error estándar; DE: desviación estándar; MS: materia seca; ELN: extracto libre de nitrógeno; EM: energía metabolizable; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida. Los valores se conservaron en las unidades, las bases de expresión y las medidas de variabilidad utilizadas originalmente en cada artículo.

Por otro lado, la naturaleza de las determinaciones presentó diferencias, las que se manifestaron en cuanto a la materia seca, la proteína bruta, el extracto etéreo, la fibra y las cenizas, las que fueron analizadas de forma directa a través de

procedimientos de laboratorio. Por el contrario, los carbohidratos informados por Okwuosa et al. (2021) y el extracto libre de nitrógeno presentado por Negussie et al. (2026); y Zaffer (2021); al igual que la AMEn presentada por Saei et al. (2026) fueron estimados mediante ecuaciones y no determinados en ensayos de metabolismo.

Asimismo, entre los materiales analizados, la proteína bruta presentó una variación considerable. Específicamente, las mayores presentaciones corresponden a la biomasa analizada por Thongthung et al. (2024), al lote LM3 de Niermeyer et al. (2026) y a la harina empleada por Negussie et al. (2026). Por otro lado, las muestras cultivadas con abonos orgánicos por Okwuosa et al. (2021) y el polvo de la planta completa empleado por Saei et al. (2026) presentaron concentraciones más bajas.

De igual modo, la fracción fibrosa y la fracción mineral presentaron resultados heterogéneos. En el caso de Niermeyer et al. (2026), realizaron la caracterización más amplia de la fibra al evaluar la lignina detergente ácida, la fibra bruta y la fibra detergente neutra. Igualmente, cuantificaron el calcio, el fósforo total, el fósforo fítico y el fitato. También, Zaffer et al. (2021) evaluaron los niveles de calcio, fósforo y fitatos, mientras que los demás estudios presentaron una caracterización mineral menos detallada.

Por otra parte, Saei et al. (2026) aplicaron el análisis de la biomasa mediante la cuantificación de fitoesteroles y tocoferoles. Entre los esteroides identificados predominó el β -sitosterol, mientras que el α -tocoferol constituyó la principal fracción del contenido total de tocoferoles.

Los cinco estudios desarrollados en pollos de engorde evaluaron los efectos de *L. minor* en relación con el peso corporal, la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Efecto del nivel de inclusión y la forma de presentación de Lemna minor sobre los parámetros productivos de pollos de engorde.

Estudio y tratamiento	Peso corporal final (g/ave)	Ganancia de peso acumulada (g/ave)	Consumo de alimento (g/ave)	Conversión alimenticia
Negussie et al. (2026)				
0 % de harina	1905,2	1645,1	3750	2,28
8 % de harina	1950,7	1691,5	4100	2,42
16 % de harina	1924,8	1665,5	4158	2,50
24 % de harina	1910,2	1655,4	4200	2,54
Vargas et al. (2019)				
Control, 0 % de biomasa fresca	2248,3	NR	3833,76 ¹	1,7
5 % de biomasa fresca	2100,5	NR	3833,76 ¹	1,8
10 % de biomasa fresca	1934,0	NR	3833,76 ¹	2,2
15 % de biomasa fresca	1848,3	NR	3833,76 ¹	2,3
Zaffer et al. (2021)				
Control	1889,67 $\pm$ 13,28	1750,12 $\pm$ 13,19	3050,13 $\pm$ 14,01	1,74 $\pm$ 0,01
5 % de harina sin enzimas	1831,67 $\pm$ 3,51	1693,11 $\pm$ 3,51	3017,11 $\pm$ 10,58	1,78 $\pm$ 0,01
5 % de harina con enzimas	1878,65 $\pm$ 2,02	1740,34 $\pm$ 2,18	3040,33 $\pm$ 3,66	1,74 $\pm$ 0,01
10 % de harina sin enzimas	1728,63 $\pm$ 2,60	1590,83 $\pm$ 3,89	2943,17 $\pm$ 8,54	1,85 $\pm$ 0,01
10 % de harina con enzimas	1798,31 $\pm$ 1,76	1660,69 $\pm$ 2,02	2961,66 $\pm$ 4,84	1,78 $\pm$ 0,04
Niermeyer et al. (2026), experimento 2				
0/0/0 % ²	1827 $\pm$ 170	NR	167 $\pm$ 18 ³	1,67 $\pm$ 0,08 ³
2,5/5/7,5 % ²	1891 $\pm$ 187	NR	179 $\pm$ 19 ³	1,62 $\pm$ 0,15 ³
5/7,5/10 % ²	1911 $\pm$ 154	NR	169 $\pm$ 17 ³	1,66 $\pm$ 0,10 ³
10/10/10 % ²	1897 $\pm$ 147	NR	177 $\pm$ 8 ³	1,58 $\pm$ 0,07 ³
Saei et al. (2026)				
Control, 0 % de polvo	2758,40	NR	4027,86	1,461
3 % de polvo	2697,98	NR	3978,02	1,475
4 % de polvo	2578,05	NR	3848,40	1,492

Nota: abreviatura: NR: no reportado como resultado acumulado del periodo completo.

A pesar de lo expuesto, se manifestaron diferencias en cuanto a la presentación de la biomasa, en los niveles de inclusión, en la duración de los ensayos y en la forma de registrar las variables. Por esta razón, los resultados fueron comparados mediante una síntesis narrativa, con el afán de no combinar estadísticamente las medias. En el caso de Negussie et al. (2026), se identificaron diferencias entre tratamientos en el peso final, la ganancia acumulada, el consumo y la conversión alimenticia. Asimismo, la dieta con 8% de harina de *L. minor* presentó el mayor peso final y la mayor ganancia de peso durante todo el periodo. La inclusión del 16% mantuvo una respuesta intermedia, mientras que el nivel del 24% no superó al del control. En cuanto al peso final y la ganancia, presentaron respuestas cuadráticas en función del nivel de inclusión.

Asimismo, el consumo presentó un aumento lineal, que estuvo acompañado de un deterioro lineal de la conversión. Además, la supervivencia no se vio afectada por los tratamientos. Al respecto, Vargas et al. (2019) evidenciaron que el nivel de 5 % de biomasa fresca produjo resultados numéricamente más semejantes a los del grupo control que los de las inclusiones de 10 y 15 %. Sin embargo, el ANOVA no demostró una diferencia en el peso corporal. Cabe mencionar que, en cuanto al consumo, no se evaluó como ingesta voluntaria, ya que se suministró una cantidad programada e idéntica de alimento a todos los grupos. De igual forma, este artículo presentó dos resultados incompatibles para la conversión alimenticia: el primer análisis indicó ausencia de diferencias (P = 0,638), mientras que el segundo indicó P = 0,000. Por esta razón, las diferencias en la conversión se consideraron únicamente descriptivas.

En ese sentido, Zaffer et al. (2021) observaron diferencias en el peso final, la ganancia acumulada, el consumo y

la conversión alimenticia. El grupo de control y la dieta con 5% de harina más enzimas presentaron los mejores resultados estadísticos en peso final y en ganancia. En cambio, la dieta con un 10% de enzimas presentó un menor crecimiento y una conversión acumulada más alta. La adición de enzimas mejoró el desempeño de las dietas con harina de *L. minor*, especialmente a un nivel del 5%. Se debe resaltar que los autores antes referidos, no proporcionaron valores de P exactos, por lo que se decidió mantener el nivel de significancia informado originalmente. En cuanto a la mortalidad, alcanzó el 3,3% en todos los tratamientos, excepto en el grupo con un 5% más de enzimas, en el que no se registraron muertes.

Con relación al experimento 2 de Niermeyer et al. (2026), la inclusión de *L. minor* y el nivel constante de inclusión del 10% no modificaron el peso corporal al día 28 (P = 0,589). Tampoco se detectaron diferencias en el consumo ni en la conversión alimenticia. Estas variables se registraron exclusivamente en los días 22 y 28, por lo que no representan el periodo completo de la crianza. Por su lado, Saei et al. (2026) indicaron que los valores relativos a la ingesta de alimento, al peso final y a la conversión alimenticia se mantuvieron sin cambios significativos. Sin embargo, demostraron una reducción lineal del consumo y del peso final a medida que aumentaba la inclusión de *L.minor*. Entre los días 12 y 21, se evidenciaron diferencias importantes en cuanto al consumo y a la ganancia de peso entre el grupo de control y las dietas suplementadas. Por su parte, la conversión no presentó una tendencia lineal significativa. Los resultados in vivo se obtuvieron del experimento 1 de Niermeyer et al. (2026), en el que se compararon dos lotes de *L. minor* mediante dietas de sustitución como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína bruta, los aminoácidos y el fósforo en dos lotes de *Lemna minor* evaluados in vivo en pollos de engorde.

Nutriente	AID de LM1 (%)	AID de LM2 (%)	SID de LM1 (%)	SID de LM2 (%)
Fósforo	78,3 ± 4,3	90,1 ± 2,8	ND	ND
Proteína cruda	68,7 ± 5,0	73,3 ± 3,7	74,0 ± 5,0	76,8 ± 3,7
Metionina	71,9 ± 4,2	83,3 ± 3,8	75,1 ± 4,2	85,6 ± 3,8
Cisteína	36,5 ± 7,1	40,9 ± 5,8	53,9 ± 7,1	48,3 ± 5,8
Lisina	76,6 ± 6,1	84,5 ± 5,3	79,9 ± 6,1	86,8 ± 5,3
Treonina	65,8 ± 6,4	78,5 ± 4,6	72,8 ± 6,4	83,4 ± 4,6
Triptófano	75,3 ± 4,2	91,1 ± 4,5	78,0 ± 4,2	93,2 ± 4,5
Valina	71,0 ± 5,6	81,7 ± 4,0	75,7 ± 5,6	84,7 ± 4,0
Isoleucina	81,4 ± 4,7	87,7 ± 3,5	85,4 ± 4,7	90,3 ± 3,5
Leucina	83,8 ± 4,8	85,9 ± 4,0	87,3 ± 4,8	88,2 ± 4,0
Histidina	81,6 ± 6,3	72,9 ± 3,4	86,2 ± 6,3	75,8 ± 3,4
Arginina	84,2 ± 6,3	92,0 ± 2,9	87,6 ± 6,3	93,9 ± 2,9
Fenilalanina	81,1 ± 5,5	81,2 ± 4,6	84,7 ± 5,5	83,6 ± 4,6
Tirosina	93,0 ± 9,6	92,5 ± 3,8	98,4 ± 9,6	96,0 ± 3,8

Glicina	64,8 ± 4,6	68,0 ± 2,8	69,3 ± 4,6	70,8 ± 2,8
Serina	67,0 ± 7,1	71,5 ± 5,1	73,7 ± 7,1	75,9 ± 5,1
Prolina	73,2 ± 8,1	67,6 ± 4,3	79,3 ± 8,1	71,6 ± 4,3
Alanina	73,2 ± 4,9	79,0 ± 4,2	76,5 ± 4,9	81,3 ± 4,2
Ácido aspártico	77,6 ± 4,2	86,0 ± 2,4	80,9 ± 4,2	87,9 ± 2,4
ácido glutámico	78,3 ± 6,3	82,3 ± 5,7	82,8 ± 6,3	85,3 ± 5,7

Nota: Abreviaturas: AID: digestibilidad ileal aparente; SID: digestibilidad ileal estandarizada; DE: desviación estándar; ND: no determinado. Los valores corresponden a la media ± DE; n = 4 muestras agrupadas por tratamiento, cada una constituida por la digesta de 4 aves.

Fuente: Niermeyer et al. (2026).

En el caso del lote LM1 se incorporó al 40% en una dieta compuesta por 60% de dieta basal, mientras que el LM2 se incluyó al 25% en una dieta compuesta por 75% de dieta basal. Se determinó la digestibilidad ileal al día 26 y los resultados se expresan como media ± DE.

En el caso de la AID de la proteína bruta, no difirió entre lotes, al igual que la SID. Por el contrario, la AID del fósforo fue mayor en LM2. El artículo no presentó un valor de SID para el fósforo.

En cuanto a la respuesta de los aminoácidos, varió según el lote de biomasa. LM2 presentó una AID superior para metionina, treonina, triptófano, valina y ácido aspártico. Se debe apuntar que este indicador se mantuvo luego de corregir las pérdidas endógenas, teniendo en cuenta que los valores de SID para los mismos aminoácidos también fueron mayores en LM2: metionina, treonina, triptófano, valina y ácido aspártico.

Por su parte, la respuesta de la histidina fue diferente: SID fue menor en LM2, aunque la diferencia en AID no alcanzó significancia estadística. Se debe resaltar que los valores de cisteína fueron los más bajos de todos los aminoácidos evaluados, sin diferencias entre lotes para AID ni para SID. La digestibilidad de la lisina, isoleucina, leucina, arginina, fenilalanina, tirosina, glicina, serina, prolina, alanina y ácido glutámico tampoco varió entre las dietas.

Cabe mencionar que, sobre el aprovechamiento energético, Niermeyer et al. (2026) determinaron la energía metabolizable aparente (AME) y la energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (AMEn) de los lotes LM1 y LM2, cuyos resultados se exponen en la tabla 5. En ella se muestra que la energía metabolizable, los contenidos de AME y AMEn no variaron entre LM1 y LM2. Los tamaños efectivos de muestra fueron diferentes entre los lotes: cinco aves en LM1 y seis en LM2.

Tabla 5. Energía metabolizable aparente y corregida por nitrógeno de los lotes LM1 y LM2 de *Lemna minor* evaluados in vivo en pollos de engorde.

Variable	LM1	LM2
AME (MJ/kg, base fresca)	6,70 ± 0,41	7,05 ± 0,86
AMEn (MJ/kg, base fresca)	6,02 ± 0,39	6,13 ± 0,73

Nota: abreviaturas, AME: energía metabolizable aparente; AMEn: energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno. Los valores corresponden a la media ± DE. La determinación se realizó entre los días 21 y 26.

Fuente: Niermeyer et al. (2026).

Los estudios seleccionados evaluaron dos estrategias relacionadas con el aprovechamiento de *L. minor*: la suplementación enzimática de dietas que contenían harina seca y el uso de la biomasa como sustrato para la fermentación en estado sólido. En el caso de Zaffer et al. (2021) evaluaron la harina de *L. minor* con y sin suplementación enzimática. Se compararon dos dietas con 5 y 10% de harina de *L. minor*. En ambas, la adición de enzimas estuvo asociada con un peso final y una ganancia acumulada mayores que en las dietas que contenían la misma cantidad de *L. minor* sin enzimas. El índice de conversión alimenticia en los tratamientos suplementados, igualmente, fue menor ($P \leq 0,05$).

Por otro lado, la respuesta más cercana al grupo de control se observó con 5% de harina y enzimas, tratamiento que compartió los grupos estadísticos superiores en el peso final, la ganancia acumulada y la conversión alimenticia. En la dieta con inclusión del 10%, la suplementación mejoró el desempeño en comparación con la dieta sin enzimas, aunque el peso final permaneció por debajo del del grupo control. Cabe resaltar que el consumo acumulado no mostró una mejoría significativa que permitiera atribuirlo a las enzimas en cada dieta con sus respectivos niveles de inclusión. No se explicaron la composición ni la dosis de la preparación enzimática utilizada; por ello, los resultados únicamente nos permiten establecer que la suplementación enzimática estuvo relacionada con una mejor respuesta productiva.

Los resultados evidencian que *L. minor* puede incluirse de forma parcial en la dieta de pollos de engorde, aunque su respuesta de carácter nutricional y productiva no siempre resulte igual. Estos factores están relacionados con la calidad de la biomasa, la cantidad utilizada, la forma en que se presenta, el ingrediente que reemplaza y el tipo de procesamiento. Los estudios en líneas comerciales indican que usar cantidades bajas o moderadas mantiene un rendimiento similar al de las dietas convencionales, pero cantidades mayores pueden dar resultados menos predecibles como lo han aseverado autores como Negussie et al. (2026); Niermeyer et al. (2026); Saei et al. (2026); Vargas et al. (2019); y Zaffer et al. (2021). Por lo que, se recomienda ajustar su uso atendiendo a las características del material disponible, en vez de aplicar un nivel fijo de inclusión.

Igualmente, una de las razones de esta variabilidad es que la composición de *L. minor* está sujeta estrictamente al ambiente en el que crece. Asimismo, la cantidad de nitrógeno y fósforo disponibles puede modificar la acumulación de proteínas, lípidos y carbohidratos. Además, como lo han afirmado Devlamynck et al. (2021); Okwuosa et al. (2021); Stadlander et al. (2023); Ullah et al. (2022), los niveles concentrados de nutrientes presentes en el agua influyen en la producción de biomasa y en su contenido mineral. Los resultados demostraron diferencias analíticas entre biomásas cultivadas en distintos medios, aunque no fueron estadísticamente significativas. Por esta razón, la composición reportada en el estudio no debe aplicarse automáticamente a materiales producidos bajo otras condiciones.

Cabe apuntar que la cantidad de proteína bruta por sí sola no refleja el valor proteico real en las aves. Al respecto, Demann et al. (2023); y Niermeyer et al. (2026) observaron diferencias en el aprovechamiento de la proteína, del fósforo y de los aminoácidos entre distintos lotes de *Lemnaceae*. Esto significa que materiales con niveles similares de proteína pueden dar respuestas diferentes si varían en su perfil o en la digestibilidad de los aminoácidos.

Se debe resaltar que el nivel de inclusión es necesariamente importante cuando *L. minor* reemplaza ingredientes proteicos convencionales. En ese orden, Islam et al. (1997) registraron un deterioro progresivo al aumentar la proporción de lenteja de agua en una estrategia de sustitución completa de la harina de pescado. Por otro lado, Demann et al. (2022) evaluaron el valor nutricional de la lenteja de agua como fuente proteica para pollos de engorde, con especial atención a la digestibilidad de la proteína bruta, los aminoácidos y el fósforo. Sus resultados aportan elementos relevantes para valorar esta materia prima no solo a partir de su nivel de incorporación en la dieta, sino también considerando la disponibilidad y el aprovechamiento de sus nutrientes. En este sentido, la utilización de *L. minor* debe analizarse en función de su

composición nutricional y digestibilidad, aspectos determinantes para establecer su verdadero potencial como fuente alternativa de proteína en la alimentación de pollos de engorde.

Asimismo, al aumentar la cantidad de biomasa, la mayor proporción de fibra y cenizas puede reducir la densidad de nutrientes aprovechables. Los componentes estructurales también pueden limitar el acceso de las enzimas digestivas a las proteínas y otros nutrientes intracelulares. Además, pueden presentarse variaciones en la palatabilidad, el volumen del alimento, la energía y el equilibrio de aminoácidos. Estos mecanismos son nutricionalmente posibles y han sido descritos por Salian et al (2026); Soñta (2019); Takács et al. (2025). Sin embargo, no se midieron de manera uniforme en los experimentos evaluados. Por esta razón, no se puede atribuir una respuesta productiva desfavorable a un solo componente de la planta.

Por otra parte, estudios realizados en aves nativas y de crianza libre muestran, según Paguia et al. (2022a), que ciertos niveles de inclusión pueden dar respuestas aceptables o favorables. Sin embargo, estas observaciones no pueden aplicarse directamente a los *broilers* comerciales. Cabe mencionar que factores como la genética, la velocidad de crecimiento, los requerimientos nutricionales, la duración del ciclo productivo y el sistema de crianza son capaces de alterar la tolerancia a ingredientes fibrosos o de menor densidad energética. De igual manera, la lenteja de agua fresca en patos, como afirman Khanum et al. (2005), favorece su aprovechamiento en otras especies aviares, pero no permite asumir que la digestibilidad sea la misma en pollos.

Por su parte, la forma de presentación y su procesamiento influyen en el valor nutricional de la biomasa. Esta, de forma fresca, cuenta con un alto contenido de agua, lo que dificulta compararla directamente con las harinas secas y controlar su consumo con base en materia seca. Aunque Vergara & Conde (2023) evidenciaron que es posible suministrarla fresca, la falta de precisión en las cantidades administradas dificulta la interpretación de los resultados. Además que el secado y la molienda facilitan el almacenamiento, la formulación y la mezcla, sin embargo, sus efectos dependen de la temperatura, tiempo del tratamiento y el tamaño de la partícula

En esa línea, la suplementación enzimática y la fermentación son estrategias para aumentar la disponibilidad de nutrientes. Al respecto, Zaffer et al. (2021) sugieren que el procesamiento puede cambiar la respuesta de las aves, aunque los beneficios no fueron iguales en todas las variables. La eficiencia de las enzimas depende de los sustratos presentes en la biomasa y no siempre corrige problemas relacionados con el equilibrio energético o de aminoácidos.

En cuanto a la fermentación, Paguia et al. (2022b) observaron una respuesta favorable al dar harina fermentada

de *L. minor* a aves de crianza libre. Sin embargo, el estudio no describió en detalle las transformaciones químicas durante el proceso, por lo que no es posible identificar si la respuesta se debió a una mayor disponibilidad de nutrientes, a la reducción de compuestos limitantes o a la actividad microbiana. Sobre ello, Mahoney et al. (2021) corroboraron que la *Lemna minor* puede utilizarse como sustrato para la fermentación en estado sólido con *Bacillus spp.*

De igual modo, Li et al. (2024) aportan evidencia indirecta en cuanto a que una dieta fermentada con una mezcla de microorganismos, incluyendo especies de *Bacillus*, puede cambiar la morfología intestinal, la microbiota y el metabolismo de los patos. Estos mecanismos podrían ayudar a explicar los posibles efectos de los alimentos fermentados en las aves. De igual manera, Mahoney et al. (2020) demostraron que un subproducto de la soja puede utilizarse como sustrato para la fermentación en estado sólido con cepas de *Bacillus spp.*, aunque en estos estudios el material fermentado no fue *L. minor*. Estos estudios respaldan la capacidad de las cepas probióticas para desarrollarse en materias primas vegetales.

CONCLUSIONES

La literatura analizada indica que *Lemna minor* posee potencial nutricional para incorporarse a la alimentación de pollos de engorde, debido a su perfil nutricional. Se demuestra con base a los estudios examinados que la digestibilidad de la proteína, los aminoácidos, el fósforo y la energía varió entre nutrientes y biomásas, por lo que su valoración no debe basarse únicamente en el contenido de proteína cruda. Asimismo, aunque el secado y otros tratamientos pueden facilitar su conservación y uso, la evidencia directa sobre la fermentación y el procesamiento en líneas comerciales sigue siendo limitada.

En virtud de lo analizado, *L. minor* representa una opción potencial como ingrediente complementario y sustituto parcial de fuentes proteicas convencionales en sistemas de producción avícola, especialmente cuando hay disponibilidad local de biomasa. No obstante, su aplicación comercial requiere producción higiénicamente controlada, composición nutricional estable, procesamiento adecuado y niveles de inclusión previamente validados, además de estudios económicos, sanitarios y productivos en condiciones locales que confirmen su rentabilidad, inocuidad y disponibilidad continua.

REFERENCIAS

Bethancourt, H., Viuda, M., Lucas, R., Borrás, F., & Fernández, J. (2025). Explorando las aplicaciones de *Lemna minor* en la alimentación animal: Una revisión asistida por inteligencia artificial. *Applied Sciences*, 15(12), 6732. <https://doi.org/10.3390/app15126732>

Demann, J., Petersen, F., Dusel, G., Bog, M., Devlamynck, R., Ulbrich, A., Ols, H. W., & Westendarp, H. (2022). Nutritional Value of Duckweed as Protein Feed for Broiler Chickens-Digestibility of Crude Protein, Amino Acids and Phosphorus. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(1), 130. <https://doi.org/10.3390/ani13010130>

Demann, J., Petersen, F., Dusel, G., Bog, M., Devlamynck, R., Ulbrich, A., Ols, H.-W., & Westendarp, H. (2023). Nutritional value of duckweed as protein feed for broiler chickens—Digestibility of crude protein, amino acids and phosphorus. *Animals*, 13(1), 130. <https://doi.org/10.3390/ani13010130>

Devlamynck, R., de Souza, M., Leenknecht, J., Jaxsens, L., Eeckhout, M., & Meers, E. (2021). Cultivo de *Lemna minor* para el tratamiento de estiércol porcino y el aporte de micronutrientes para la alimentación animal. *Plants*, 10(6), 1124. <https://doi.org/10.3390/plants10061124>

Islam, K. M., Shahjalal, M., Tareque, A. M., & Howlider, M. A. (1997). Sustitución completa de la harina de pescado de la dieta por lenteja de agua y harina de soja sobre el rendimiento de pollos de engorde. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 10(6), 629–634. <https://ko-reascience.kr/article/JAKO199723443160262.pdf>

Khanum, J., Chwalibog, A., & Huque, K. S. (2005). Estudio sobre la digestibilidad y los sistemas de alimentación de la lenteja de agua en patos en crecimiento. *Live-stock Research for Rural Development*, 17(5), Article 50. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd17/5/khan17050.htm>

Li, Z., Li, C., Lin, F., Yan, L., Wu, H., Zhou, H., Guo, Q., Lin, B., Xie, B., Xu, Y., Lin, Z., Liu, W., & Huang, Y. (2024). Duck compound probiotics fermented diet alters the growth performance by shaping the gut morphology, microbiota and metabolism. *Poultry Science*, 103(6), 103647. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103647>

Mahoney, R., Weeks, R., Huang, Q., Dai, W., Cao, Y., Liu, G., Guo, Y., Chistyakov, V. A., Ermakov, A. M., Rudoy, D., Bren, A., Popov, I., & Chikindas, M. L. (2021). Fermented duckweed as a potential feed additive with poultry beneficial bacilli probiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 13, 1425–1432. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09794-4>

Mahoney, R., Weeks, R., Zheng, T., Huang, Q., Dai, W., Cao, Y., Liu, G., Guo, Y., Chistyakov, V., & Chikindas, M. L. (2020). Evaluación de un subproducto industrial de la soja para el desarrollo potencial de un aditivo probiótico para piensos animales con especies de *Bacillus*. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(3), 1173–1178. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09619-5>

- Negussie, H., Kechero, Y., Tadele, Y., & Bashe, A. (2026). *Efectos de la sustitución parcial de harina de soja por harina de Lemna minor en dietas para pollos de engorde Cobb 500 sobre el crecimiento, las características de la canal y la rentabilidad* [Preprint]. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-8934710/v1>
- Niermeyer, J., Demann, J., Petersen, F., Dusel, G., Devlamynck, R., Ulbrich, A., Ols, H.-W., & Westendarp, H. (2026). Digestibility, energy value, and performance of *Lemna minor* as a novel protein source in broiler chicken diets. *Poultry*, 5(2), 24. <https://doi.org/10.3390/poultry5020024>
- Okwuosa, O., Eyo, J., & Amadi-Ibiam, C. (2021). Growth and nutritional profile of duckweed (*Lemna minor*) cultured with different organic manure. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 8(12), 7–11. <https://doi.org/10.17148/IAR-JSET.2021.81202>
- Pagua, H., Pagua, R., Pinsel, J., Zaballa, S., Abuan, A., & Corpuz, M. (2022). Effect of adding different levels of duckweed (*Lemna minor* Linn.) in the diet on live body weight, hematological traits and production cost of free-range chickens, *Gallus domesticus* Linn. (Black Australorp × Barred Plymouth Rock). *Applied Science*, 4(2), 16–23. <https://doi.org/10.30560/as.v4n2p16>
- Pagua, H., Pinsel, J., Pagua, R., Abuan, A., Zabala, S., Corpuz, M., & Rodis, G. (2022). Valor alimenticio de la harina fermentada de lenteja de agua (*Lemna minor* Linn.) como componente proteico vegetal en dietas formuladas para pollos de corral (*Gallus gallus domesticus* Linn.). *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 10(1), 16–20. <https://doi.org/10.18178/joaat.10.1.16-20>
- Prada, O. J. (2024). Lenteja de agua (*Lemna minor*): Potencial alimentario y ambiental. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 401–424. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i2.6107>
- Saei, S., Seidavi, A., & Nosrati, M. (2026). Dietary effects of duckweed on performance, carcass characteristics, hematology, immunity, sensory traits, and fatty acid profile of meat in broilers. *Scientific Reports*, 16, 10405. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-41286-9>
- Salian, A., Dhanorkar, M., Tongaonkar, S., Dey, D., Ali, S., Kumar, P., & Singh, P. (2026). Lemnáceas como suplemento alimenticio para aves de corral: Revisión del potencial nutricional y económico para la sostenibilidad alimentaria a largo plazo. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 17, 94. <https://doi.org/10.1186/s40104-026-01415-w>
- Soñta, M. R. (2019). Uso de la lenteja de agua (*Lemna L.*) en la producción ganadera y acuícola sostenible: Una revisión. *Annals of Animal Science*, 19(2), 257–271. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0048>
- Stadtlander, T., Schmidtke, A., Baki, C., & Leiber, F. (2023). Producción de lenteja de agua con estiércol de pollo diluido. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33(1), 128–138. <https://doi.org/10.22358/jafs/169431/2023>
- Takács, K., Végh, R., Mednyánszky, Z., Haddad, J., Allaf, K., Du, M., . . . Dalmadi, I. (2025). Nuevos conocimientos sobre la lenteja de agua como fuente alternativa de alimentos y piensos: Componentes clave y posibles soluciones tecnológicas para aumentar su digestibilidad y bioaccesibilidad. *Applied Sciences*, 15(2), 884. <https://doi.org/10.3390/app15020884>
- Thongthung, H., Chungopast, S., Petchpoung, K., & Kaewtapee, C. (2024). Composición química y digestibilidad proteica *in vitro* de la lenteja de agua y los ingredientes para alimentación animal. *Trends in Sciences*, 21(11), Article 8324. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8324>
- Ullah, H., Gul, B., Khan, H., Akhtar, N., Rehman, K., & Zeb, U. (2022). Efecto del nitrógeno y el fósforo del medio de cultivo sobre la composición nutricional de *Lemna minor* (un alimento alternativo para peces y aves de corral). *BMC Plant Biology*, 22, Article 229. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03600-1>
- Vargas, O., Bustamante, J., Alvarez, C., Sánchez, Á., González, V., Oliverio, N., Díaz, A., Carlos, A., & Quinche, S. (2019). Índices productivos en pollos broiler alimentados con diferentes niveles de lenteja de agua (*Lemna minor*) fresca como reemplazo. *IOSR Journal of Engineering*, 9(8), 1–6. https://iosrjen.org/Papers/vol9_issue8/Series-1/A0908010106.pdf
- Vergara, J., & Conde, E. (2023). Evaluación de la lenteja de agua fresca (*Lemna minor*) como alimento alternativo sostenible para pollos de engorde: Implicaciones para la producción avícola. *Himal-us: Revista de Investigación Multidisciplinaria de la Universidad Estatal de Guimaras*, 15(1), 1–27. <https://journals.gsu.edu.ph/himal-us/article/view/239/216>
- Zaffer, B., Sheikh, I. U., Bandy, M. T., Adil, S., Ahmed, H. A., Khan, A. S., . . . Mirza, U. (2021). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de lenteja de agua (*Lemna minor*) en el rendimiento de pollos de engorde. *Indian Journal of Animal Research*, 55(10), 1200–1205. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4201>

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de los autores:

Adrián Alessandro Chicaiza-Guamán, Oscar Patricio Núñez-Torres: Concepción y diseño del estudio, adquisición de datos, análisis e interpretación, redacción del

manuscrito, revisión crítica del contenido, análisis estadístico, supervisión general del estudio.

Declaración ética:

El estudio, de carácter bibliográfico, se desarrolló respetando los principios éticos y de integridad científica. No involucró intervención directa en seres humanos ni animales, ya que se basó exclusivamente en el análisis de publicaciones científicas previamente disponibles. Por su naturaleza, no requirió consentimiento informado ni aprobación de un comité de ética.