

**Estrategias de enriquecimiento ambiental para reducir estrés y mejorar parámetros productivos en pollos de engorde**

**Environmental enrichment strategies to reduce stress and improve production performance in broiler chickens**

**Estratégias de enriquecimento ambiental para reduzir o estresse e melhorar os parâmetros produtivos em frangos de corte**

Riofrio-Macias Danna Nohemí<sup>1</sup>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López  
[danna.riofrio.41@espam.edu.ec](mailto:danna.riofrio.41@espam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0002-8729-754X>



Zamora-Mendoza Dolores Madeleyde<sup>2</sup>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López  
[dolores.zamora.0220@espam.edu.ec](mailto:dolores.zamora.0220@espam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0005-4619-823X>



Hernández Saltos Yury Corsino<sup>3</sup>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López  
[yshernandez@espam.edu.ec](mailto:yshernandez@espam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-1441-7507>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1489>

**Como citar:**

Riofrio-Macias D, N., Zamora-Mendoza D, M. & Hernández Saltos Y, C. (2026). Estrategias de enriquecimiento ambiental para reducir estrés y mejorar parámetros productivos en pollos de engorde. *Código Científico Revista de Investigación*, 7(1), 977-1000.

**Recibido:** 16/04/2026

**Aceptado:** 06/05/2026

**Publicado:** 30/06/2026

## Resumen

Las condiciones de producción intensiva en la avicultura moderna han incrementado el interés por estrategias de manejo orientadas a mejorar el bienestar y rendimiento productivo de las aves. En este contexto, el estudio se desarrolló con el objetivo de analizar de forma sistemática el efecto de las estrategias de enriquecimiento ambiental sobre los indicadores de estrés y los parámetros productivos en pollos de engorde reportados en la literatura científica. Se desarrolló un estudio no experimental, de enfoque cualitativo y alcance descriptivo, sustentado en los métodos analítico-sintético y documental, con el análisis documental como técnica principal, e instrumentos para la selección y procesamiento de información, tales como el cribado sistemático conforme a PRISMA y una matriz de sistematización de datos. La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos de alto impacto (Scopus, ScienceDirect y SciELO) en idioma inglés y español, con enfoque en la producción de pollos de engorde y las estrategias de enriquecimiento ambiental, la selección de los estudios se ejecutó mediante el cribado de literatura para garantizar la calidad y pertinencia de las investigaciones recabadas. Los resultados muestran que las estrategias de enriquecimiento ambiental mejoran indicadores de bienestar asociados al estrés, incluyendo corticosterona, cortisol, inmovilidad tónica, conductas anómalas y actividad locomotora, mientras que sus efectos sobre el rendimiento productivo se limitaron a variaciones puntuales en crecimiento, eficiencia alimenticia, uniformidad corporal y calidad de carne. Se concluye que el enriquecimiento ambiental constituye una estrategia viable para mejorar el bienestar de los pollos de engorde, sin comprometer el desempeño productivo.

**Palabras clave:** Producciones avícolas, bienestar, rendimiento zootécnico, respuesta fisiológica.

## Abstract

Intensive production conditions in modern poultry farming have increased interest in management strategies aimed at improving the welfare and production performance of poultry. In this context, this study was conducted with the objective of systematically analyzing the effect of environmental enrichment strategies on stress indicators and production parameters in broiler chickens, as reported in the scientific literature. A non-experimental study was conducted, employing a qualitative approach with a descriptive scope, based on analytical-synthetic and documentary methods, with documentary analysis as the primary technique, and tools for information selection and processing, such as systematic screening in accordance with PRISMA and a data systematization matrix. The literature search was conducted in high-impact databases (Scopus, ScienceDirect, and SciELO) in English and Spanish, focusing on broiler production and environmental enrichment strategies; studies were selected through literature screening to ensure the quality and relevance of the collected research. The results show that environmental enrichment strategies improve stress-related welfare indicators, including corticosterone, cortisol, tonic immobility, abnormal behaviors, and locomotor activity, while their effects on production performance were limited to specific variations in growth, feed efficiency, body uniformity, and meat quality. It is concluded that environmental enrichment constitutes a viable strategy for improving the welfare of broiler chickens without compromising production performance.

**Keywords:** Poultry production, welfare, zootechnical performance, physiological response.

## Resumo

As condições de produção intensiva na avicultura moderna têm aumentado o interesse por estratégias de manejo voltadas para melhorar o bem-estar e o rendimento produtivo das aves. Nesse contexto, o estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar sistematicamente o efeito das estratégias de enriquecimento ambiental sobre os indicadores de estresse e os parâmetros produtivos em frangos de corte relatados na literatura científica. Foi desenvolvido um estudo não experimental, de enfoque qualitativo e alcance descritivo, baseado nos métodos analítico-sintético e documental, com a análise documental como técnica principal, e instrumentos para a seleção e processamento de informações, tais como a triagem sistemática de acordo com o PRISMA e uma matriz de sistematização de dados. A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados de alto impacto (Scopus, ScienceDirect e SciELO) nos idiomas inglês e espanhol, com foco na produção de frangos de corte e nas estratégias de enriquecimento ambiental; a seleção dos estudos foi realizada por meio da triagem da literatura para garantir a qualidade e a pertinência das pesquisas coletadas. Os resultados mostram que as estratégias de enriquecimento ambiental melhoram os indicadores de bem-estar associados ao estresse, incluindo corticosterona, cortisol, imobilidade tônica, comportamentos anômalos e atividade locomotora, enquanto seus efeitos sobre o desempenho produtivo limitaram-se a variações pontuais no crescimento, eficiência alimentar, uniformidade corporal e qualidade da carne. Conclui-se que o enriquecimento ambiental constitui uma estratégia viável para melhorar o bem-estar de frangos de corte, sem comprometer o desempenho produtivo.

**Palavras-chave:** Produção avícola, bem-estar, desempenho zootécnico, resposta fisiológica.

## Introducción

La producción intensiva de pollos de engorde ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, esto derivado por la necesidad de satisfacer la demanda global de proteína de origen animal (Islam et al., 2022; Bouzari et al., 2025). Este tipo de producción pecuaria se caracteriza principalmente por la alta densidad de alojamiento y la optimización de parámetros zootécnicos, no obstante, sus condiciones cría suelen generar factores estresantes que afectan negativamente el bienestar animal y, en consecuencia, el rendimiento productivo (Shynkaruk et al., 2023; Sakr et al., 2025).

Bajo estas condiciones, las aves activan mecanismos de respuesta como la liberación de corticosterona, alteraciones en el sistema nervioso autónomo y cambios en la homeostasis, lo que incide negativamente en su función inmunológica y metabólica (Beckford et al., 2020; Tainika et al., 2023). Resultado de esto, el estrés crónico se asocia generalmente con

problemáticas relacionadas con el bienestar y el rendimiento productivo incluyendo dermatitis plantar, daño podal, deterioro de la calidad de la cama, deficiente conversión alimenticia y mayores tasas de mortalidad (Nasr et al., 2021; Shynkaruk et al., 2023; Kim et al., 2024).

Oluwagbenga y Fraley (2023); Apalowo et al. (2024) y Ncho et al. (2024) destacan que el estrés en los pollos de engorde representa una limitación significativa para la industria avícola, esto dado a su impacto multidimensional sobre la salud y el comportamiento de las aves.

Este fenómeno se manifiesta a través de cambios biológicos y conductuales, tales como la aparición de comportamientos anormales, así como una disminución en los niveles de actividad locomotora del ave (Sumanu et al., 2022; Kim et al., 2024). Conjuntamente, estas respuestas reflejan un desbalance en la adaptación de las aves al entorno de crianza, con repercusiones directas en su desempeño productivo (Wasti et al., 2020; Mancinelli et al., 2023).

Pese a los avances en genética, nutrición y manejo de los pollos de engorde, estos sistemas de producción intensivos aún presentan limitaciones para garantizar condiciones adecuadas de bienestar en los animales (Hartcher & Lum, 2019; Tainika et al., 2023). La priorización de la eficiencia productiva ha llevado a la implementación de entornos poco complejos, donde las oportunidades para la expresión de comportamientos naturales propios de la especie se encuentran limitadas (Rayner et al., 2020; Kwon et al., 2024), lo que perpetúa la aparición de respuestas adversas y compromete tanto la calidad de vida de las aves, como la sostenibilidad del sistema (Nielsen et al., 2023).

Como respuesta a estas limitaciones, el enriquecimiento ambiental se ha propuesto como una estrategia orientada a mitigar los efectos del sistema intensivo en pollos de engorde (Riber et al., 2017; Jacobs et al., 2022), la cual, según Mellen y MacPhee (2001), Van de Weerd et al. (2009) y Abdallah et al. (2024), implica la modificación del entorno de crianza mediante la incorporación de estímulos físicos, sensoriales y estructurales.

Estas intervenciones favorecen la expresión de comportamientos naturales como la exploración, el forrajeo, el uso de perchas y los baños de arena, y se asocian con una disminución de conductas anormales, incluyendo el picaje, el canibalismo y las lesiones derivadas (Da Silva et al., 2023; Ghani et al., 2025). Además de la inclusión de objetos físicos, el enriquecimiento ambiental también abarca la optimización de factores del entorno como la iluminación, la ventilación, el control térmico y la distribución espacial del galpón (Spieß et al., 2022; Kang et al., 2024; Kang, 2025).

La evidencia expresada sugiere que la mejora de estos elementos no solo reduce la aparición de comportamientos estereotipados y el estrés fisiológico (El-Sabroun et al., 2024), sino que también puede influir positivamente en parámetros productivos como la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la salud general de las aves (Abdallah et al., 2024; Zago et al., 2025).

A pesar de los avances en el manejo de los sistemas de producción de pollos de engorde, la implementación de estrategias de enriquecimiento ambiental ha sido reportada de manera variable entre estudios (El-Sabroun et al., 2024). Si bien existe evidencia que respalda sus beneficios potenciales, los resultados disponibles muestran una marcada heterogeneidad, especialmente en relación con su impacto sobre los parámetros productivos (Jones et al., 2020).

Considerando la variabilidad observada en la evidencia científica, el presente estudio parte de la necesidad de comprender de manera integral la relación entre las estrategias de enriquecimiento ambiental, los indicadores de estrés y los parámetros productivos en pollos de engorde. Por ello, resulta fundamental integrar y analizar críticamente los hallazgos reportados, a fin de sintetizar la evidencia disponible e identificar tendencias generales en la respuesta de las aves a estas intervenciones.

Para los autores Prado-Carpio, E. C., et al. (2025), quienes emiten la siguiente reflexión, “Un objetivo bien formulado debe ser específico, alcanzable y alineado con el nivel

de profundidad exigido por el tipo de producción académica”... En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de las estrategias de enriquecimiento ambiental sobre los indicadores de estrés y los parámetros productivos en pollos de engorde reportados en la literatura científica. En concordancia con el objetivo planteado, se formulan las siguientes hipótesis:

**H0:** Las estrategias de enriquecimiento ambiental no presentan efectos consistentes sobre los indicadores de estrés ni sobre los parámetros productivos en pollos de engorde reportados en la literatura científica.

**H1:** Las estrategias de enriquecimiento ambiental presentan efectos variables sobre los indicadores de estrés y los parámetros productivos en pollos de engorde reportados en la literatura científica.

Asimismo, con el fin de delimitar el alcance del análisis y orientar la revisión de la evidencia disponible, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son las estrategias de enriquecimiento ambiental frecuentemente empleadas en la producción de pollos de engorde? ¿Qué parámetros productivos y de bienestar han sido influenciados por las estrategias de enriquecimiento ambiental?

## **Metodología**

El estudio es de índole no experimental, con un enfoque cualitativo y de alcance descriptivo, se apoyó en el método documental para sustentar la recopilación de información a partir de literatura científica publicada. De la misma manera, se adoptó el método analítico - sintético, para descomponer la información proveniente de los estudios seleccionados y sintetizar la evidencia relacionada con los indicadores de estrés y los parámetros productivos en pollos de engorde.

La técnica principal de investigación fue el análisis documental, complementado con un proceso sistemático de identificación, selección y cribado de literatura científica basado en los lineamientos de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas, lo que permitió estructurar de manera ordenada la búsqueda y depuración de los estudios incluidos.

Debido a la naturaleza cualitativa de la investigación y a la heterogeneidad metodológica de los estudios seleccionados particularmente en relación con los diseños experimentales, variables evaluadas y condiciones de aplicación de las estrategias de enriquecimiento ambiental, no fue pertinente la aplicación de estadística descriptiva o inferencial, ni la realización de un metaanálisis cuantitativo, dado que estas condiciones limitaban la comparabilidad y síntesis estadística de los resultados.

### **Estrategias de búsqueda**

La búsqueda de la literatura se desarrolló a través de bases de datos científicas como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y SciELO, complementada con la revisión de artículos publicados en revistas especializadas en producción avícola. Para la identificación de los estudios, se emplearon palabras clave en español e inglés relacionadas con el tema de investigación, entre ellas: “enriquecimiento ambiental”, “pollos de engorde”, “estrés”, “corticoesterona”, “relación heterófilo/linfocito”, “parámetros productivos”, “ganancia de peso”, “conversión alimenticia”; y sus equivalentes en inglés: “environmental enrichment”, “broiler chickens”, “stress”, “corticosterone”, “heterophil/lymphocyte ratio”, “productive performance”, “weight gain”, “feed conversion ratio”. Estas palabras clave fueron combinadas mediante operadores booleanos (AND, OR) para optimizar la estrategia de búsqueda.

### **Criterios de inclusión y exclusión**

Como criterios de inclusión se consideraron estudios publicados en inglés o español durante los años 2010 - 2026, enfocados en pollos de engorde (*Gallus gallus*), que valoraran intervenciones de enriquecimiento ambiental de tipo físico, sensorial o social. Asimismo, se

incluyeron investigaciones que reportaran al menos un indicador de estrés, ya sea de tipo fisiológico o comportamental, junto con al menos un parámetro productivo, tales como peso corporal, consumo de alimento o conversión alimenticia, de igual manera, se consideraron estudios con diseño experimental que incluyeran grupos control y que estuvieran publicados en revistas científicas indexadas.

Como criterios de exclusión se descartaron estudios realizados en reproductoras o gallinas ponedoras, así como aquellas investigaciones que no evaluaran intervenciones de enriquecimiento ambiental como variable principal, así mismo, se desestimaron estudios de tesis, revisiones narrativas, así como estudios que no presentaran una metodología definida o que estuvieran publicados en idiomas distintos al inglés o español sin disponibilidad de traducción.

### **Cribado y selección de estudios**

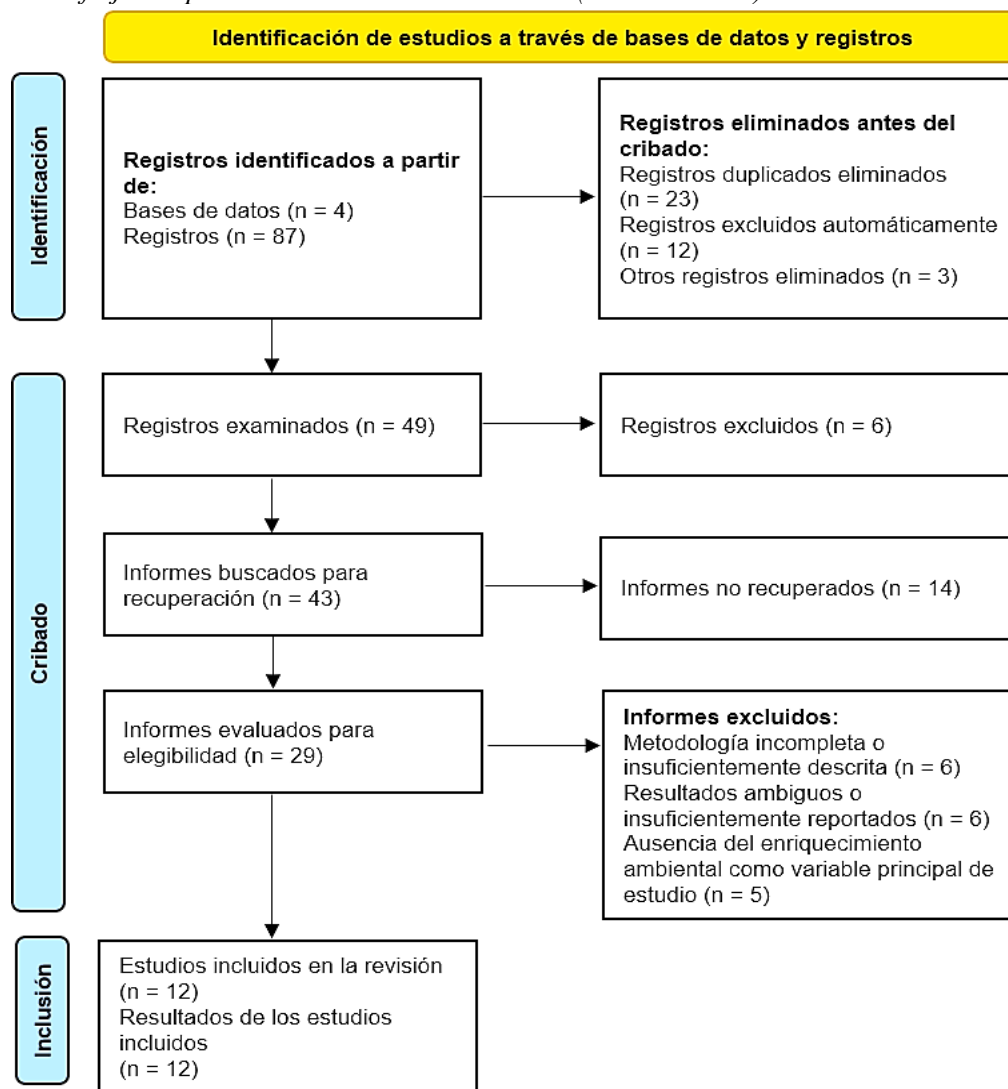
La selección de estudios se desarrolló bajo los lineamientos de la metodología de cribado “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), la cual permitió organizar de manera estructurada las etapas de identificación, cribado y elegibilidad de los estudios.

Se identificaron 87 registros en bases de datos científicas, posteriormente, se eliminaron 23 duplicados, junto con 12 registros excluidos de forma automática y 3 descartados por criterios adicionales previamente definidos, obteniéndose un total de 49 estudios para la fase de cribado. Tras la revisión de títulos y resúmenes, se excluyeron 6 registros por no cumplir con los criterios establecidos, por lo que 43 documentos fueron seleccionados para la evaluación en texto completo, de los cuales 14 no pudieron ser recuperados.

En la fase de elegibilidad, se evaluaron 29 estudios a texto completo, de los cuales 17 fueron excluidos debido a limitaciones en: la descripción metodológica ( $n = 6$ ), inconsistencias o insuficiencia en el reporte de resultados ( $n = 6$ ) y falta de evaluación del enriquecimiento

ambiental como variable principal (n = 5), en consecuencia, un total de 12 estudios fueron incluidos en la revisión sistemática, constituyendo la base para el análisis cualitativo de la evidencia

**Figura 1**  
Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios (PRISMA 2020)



*Nota.* Representación del proceso de selección de estudios, desde la identificación hasta la inclusión final, siguiendo los lineamientos establecidos por PRISMA.

## Resultados

La revisión planteada incluyo estudios publicados entre el 2013 y 2025 (Tabla 1 y 2) enfocados en la investigación del efecto de diferentes estrategias de enriquecimiento ambiental en pollos de engorde (*Gallus gallus domesticus*), las investigaciones analizadas fueron

desarrolladas en diversos países de Europa, Asia, Medio Oriente y América, evidenciando una amplia distribución geográfica de la evidencia disponible. En cuanto a la variabilidad genética de los pollos de engorde, se incluyeron principalmente líneas comerciales de crecimiento rápido, destacándose estirpes como Ross 308, Ross 708, Cobb 500, Cobb Avian 48 y Arbor Acres.

En la Tabla 1, correspondiente a indicadores de estrés, las investigaciones evaluaron principalmente respuestas conductuales, hormonales, inmunológicas y fisiológicas, entre los indicadores más reportados se encuentran la corticosterona sérica, la actividad antioxidante (SOD, MDA), la relación heterófilo/linfocito, la inmovilidad tónica (tonic immobility) y diversas conductas asociadas al estrés como feather pecking, actividad locomotora y exploratoria. Por su parte, la Tabla 2 muestra que los estudios evaluaron principalmente aspectos de carácter productivo, tales como peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia, así como otros indicadores complementarios como eficiencia alimenticia, uniformidad corporal, calidad de carne (retención de agua y características de la pechuga).

De manera general, se detectaron estrategias de enriquecimiento ambiental, físico, sensorial y social, estas incluyeron el uso de perchas, objetos novedosos, plataformas, refugios, estimulación lumínica, estimulación auditiva y contacto humano como principales intervenciones reportadas en los estudios analizados. En conjunto, los estudios incluidos evidencian heterogeneidad en el diseño experimental, tipo de enriquecimiento aplicado, variables evaluadas y líneas genéticas utilizadas.

**Tabla 1.**

*Matriz de sistematización de estudios sobre indicadores de estrés en pollos de engorde.*

Referencia (autor, año)	País	Diseño experimental	Estirpe	Intervención (tipo de enriquecimiento ambiental)	Efecto sobre indicadores de estrés (conductuales, hormonales, inmunológicos y fisiológicos)
Yildirim & Taskin (2017)	Turquía	Completamente aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico mediante la incorporación de perchas, pelotas, espejos y áreas de baño de polvo en el sistema de alojamiento	Reducción de la duración de <i>tonic immobility</i> (inmovilidad tónica) y del número de intentos de inducción; disminución del conteo de leucocitos (WBC). El grupo con pelotas presentó valores más bajos de hematocrito y plaquetas, lo que sugiere una menor activación fisiológica del estrés
Tuğalay et al. (2021)	Turquía	Completamente aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental temprano basado en la provisión de objetos visuales coloridos	Disminución de corticosterona y malondialdehído (MDA) tras estímulo de la hormona ACTH; aumento de la actividad antioxidante (SOD)
Campbell et al. (2023)	EE.UU.	Factorial 2x2 (densidad x complejidad)	Ross 708	Enriquecimiento ambiental estructural mediante perchas, sustratos para baño de polvo y estímulos ocupacionales, nutricionales y sensoriales (objetos de exploración, alimentos enriquecidos y luces láser)	Incremento de IgA plasmática en ambientes complejos, lo que indica menor estrés crónico; reducción de IgA secretoria en alta densidad.
Elsayed et al. (2024)	Egipto	Completamente aleatorizado	Cobb 500	Enriquecimiento ambiental físico mediante la incorporación de pacas de paja, plataformas elevadas y modificación de la disposición de comederos y bebederos	Mayor actividad (acalamiento, aleteo, caminata), menor puntaje de cojera y mejor perfil lipídico (bajo colesterol y LDL)
Meyer et al. (2023)	EE.UU.	Aleatorio al azar	Ross 708	Enriquecimiento ambiental sensorial mediante estimulación con láser	Reducción de la corticosterona sérica hasta en un 21%, junto con una menor incidencia de alteraciones musculares asociadas al estrés como la estriación blanca y una tendencia a menor presencia de cambios estructurales en la pechuga.
Altan et al. (2013)	Turquía	Factorial bidireccional	Ross 308	Enriquecimiento ambiental temprano mediante la provisión de objetos novedosos (pelotas de plástico de colores, botellas de	Menor duración de <i>tonic immobility</i> y mejor respuesta leucocitaria frente a estrés agudo

				plástico, juguetes y espejos)	
Sakr et al. (2025)	Egipto	Completamente aleatorizado	Cobb Avian 48	Modificación de la densidad de alojamiento como factor de entorno productivo	Elevación de cortisol y leucocitos en alta densidad; menor duración de tonic immobility en baja densidad
Kim et al. (2025)	Corea	Bloques aleatorios al azar	Arbor Acres	Enriquecimiento ambiental físico mediante la provisión de bloques de grano	Disminución de corticosterona sérica.
Tamagi et al. (2024)	Malasia	Factorial 3×2	Cobb 500	Enriquecimiento ambiental sensorial y social mediante música clásica, recitación y contacto humano	Reducción de corticosterona con música y recitación; sin cambios en tonic immobility
Akşit et al. (2017)	Turquía	Factorial 2×2 (fuente de luz × perchas)	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico y lumínico mediante el uso de perchas en combinación con diferentes fuentes de iluminación (LED vs fluorescente)	La duración de <i>tonic immobility</i> no se vio afectada por el uso de perchas ni por la fuente de luz. Tampoco hubo diferencias en el puntaje de marcha (gait score), esto indica que las perchas no modificaron el nivel de miedo ni la locomoción bajo las condiciones experimentales.
Al-Nasseri et al. (2025)	Irak	Completamente aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico mediante la provisión de refugios (cajas plásticas oscuras, cestas de mimbre y cajas con paja)	Las cajas de paja y las cestas de mimbre redujeron conductas asociadas al estrés, como el picaje de plumas (feather pecking), y promovieron el baño de polvo (dust bathing) y el acicalamiento (preening). Las cajas plásticas oscuras se asociaron con mayor inquietud, más caminatas y saltos, y mayor incidencia de comportamientos relacionados con ansiedad.

*Nota.* Matriz de sistematización construida a partir de los estudios incluidos en la revisión sistemática, que resume información sobre características metodológicas e indicadores de estrés en pollos de engorde.

El compendio de resultados de la Tabla 1 muestra una tendencia general hacia la modulación positiva sobre los indicadores de estrés en los pollos de engorde, aunque con variabilidad según el tipo de intervención, la estirpe utilizada y las condiciones experimentales. El estudio de Yildirim & Taskin (2017), en pollos Ross 308, reportaron que el enriquecimiento físico mediante perchas, pelotas, espejos y zonas de baño de polvo redujo la duración de la

inmovilidad tónica y los intentos de inducción, además de disminuir el conteo de leucocitos, hematocrito y plaquetas en el grupo con pelotas.

En la misma línea, Altan et al. (2013), también en Ross 308, evidenciaron que el enriquecimiento temprano con objetos como pelotas de plástico de colores, botellas de plástico, juguetes y espejos disminuyó la inmovilidad tónica y mejoró la respuesta leucocitaria frente al estrés agudo, reforzando el efecto modulador de estímulos ambientales tempranos.

Desde el enfoque fisiológico y bioquímico, Tuğalay et al. (2021) observaron que la provisión de objetos visuales coloridos en Ross 308 disminuyó los niveles de corticosterona y malondialdehído tras estimulación con la hormona ACTH, acompañado de un incremento en la actividad antioxidante (SOD), lo que podría incidir en la atenuación del estrés oxidativo. Por su parte, Tamagi et al. (2024) en Cobb 500 reportaron reducción de corticosterona mediante estimulación auditiva y social (música clásica, recitación y contacto humano), sin cambios en inmovilidad tónica, lo que sugiere una respuesta selectiva dependiendo del tipo de estímulo aplicado

En complemento, Meyer et al. (2023) en Ross 708 reportaron un descenso en la corticosterona sérica bajo estimulación láser, junto con menor incidencia de alteraciones musculares asociadas al estrés. Así mismo Kim et al. (2025) en Arbor Acres reportaron disminución de corticosterona sérica con la provisión de bloques de grano como estrategia de enriquecimiento ambiental físico, sin variaciones en la calidad del aire ni en las condiciones del lecho.

Desde el contexto inmunológico, Campbell et al. (2023) en Ross 708 reportaron incremento de IgA plasmática en sistemas de alojamiento con enriquecimiento estructural del ambiente en comparación con sistemas de baja complejidad, mientras que la mayor densidad de alojamiento se asoció con reducción de IgA secretora, evidenciando variaciones en la

respuesta inmunológica en función de la complejidad estructural del entorno y la densidad de crianza.

Desde una perspectiva conductual y de bienestar, Elsayed et al. (2024) en Cobb 500 evidenciaron mayor actividad locomotora, menor cojera y mejoras fisiológicas asociadas al perfil lipídico bajo enriquecimiento físico con paja, plataformas y reorganización de recursos. Asimismo, Al-Nasseri et al. (2025) en Ross 308 reportaron que refugios como cajas de paja y cestas de mimbre redujeron conductas de estrés como el picoteo de plumas (feather pecking) y promovieron comportamientos naturales como el baño de polvo (dust bathing) y el acicalamiento (preening), mientras que cajas plásticas oscuras se asociaron a mayor inquietud y conductas relacionadas con ansiedad.

Por otro lado, Sakr et al. (2025) demostraron que la densidad de alojamiento incide directamente en la respuesta al estrés, observando elevación de cortisol y leucocitos en alta densidad, mientras que la baja densidad de alojamiento redujo la inmovilidad tónica, evidenciando que factores ambientales estructurales pueden modular la respuesta fisiológica independientemente del enriquecimiento. Finalmente, Akşit et al. (2017) no observaron efectos del uso de perchas ni del tipo de iluminación sobre la inmovilidad tónica o el gait score, indicando que ciertos enriquecimientos pueden no generar cambios en indicadores de miedo o locomoción bajo condiciones específicas.

**Tabla 2.**

*Matriz de sistematización de estudios sobre indicadores productivos en pollos de engorde*

Referencia (autor, año)	País	Diseño experimental	Estirpe	Intervención (tipo de enriquecimiento ambiental)	Efecto sobre parámetros productivos
Yildirim & Taskin (2017)	Turquía	Completamente aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico mediante la incorporación de perchas, pelotas, espejos y áreas de baño de polvo en el sistema de alojamiento	No se observaron diferencias significativas en el peso corporal final, órganos linfoides ni temperatura rectal. Se evidenció mejora en la locomoción, particularmente en el grupo con perchas

Spieß et al. (2022)	Alemania	Completamente aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico mediante la incorporación de perchas y plataformas	Peso corporal ligeramente mayor a día 28; sin cambios en conversión alimenticia
Tuğalay et al. (2021)	Turquía	Completamente aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental temprano basado en la provisión de objetos visuales coloridos	No se observaron diferencias en crecimiento, aunque sí mejor adaptación fisiológica
Campbell et al. (2023)	EE.UU.	Factorial 2x2	Ross 708	Enriquecimiento ambiental estructural mediante ambientes complejos	No se observaron efectos negativos en crecimiento
Elsayed et al. (2024)	Egipto	Completamente aleatorizado	Cobb 500	Enriquecimiento ambiental físico mediante la incorporación de pacas de paja, plataformas y modificación de la disposición de recursos	Sin diferencias en peso ni consumo; ligera ventaja con plataformas en semanas intermedias
Meyer et al. (2023)	EE.UU.	Aleatorio al azar	Ross 708	Enriquecimiento ambiental sensorial mediante estimulación con láser	Mejora en calidad de carne (agua retenida, mayor ancho de pechuga); sin afectar peso ni FCR
Altan et al. (2013)	Turquía	Factorial bidireccional	Ross 308	Enriquecimiento ambiental temprano mediante la provisión de objetos novedosos	Sin diferencias en peso ni consumo; mayor peso relativo de la bursa de Fabricio
Sakr et al. (2025)	Egipto	Completamente aleatorizado	Cobb Avian 48	Modificación de la densidad de alojamiento como factor de entorno productivo	Menor peso y ganancia diaria en alta densidad; mayor eficiencia en baja densidad
Kim et al. (2025)	Corea	Bloques aleatorios al azar	Arbor Acres	Enriquecimiento ambiental físico mediante la provisión de bloques de grano	Sin diferencias en productividad; mayor uniformidad corporal
Tamagi et al. (2024)	Malasia	Factorial 3x2	Cobb 500	Enriquecimiento ambiental sensorial y social mediante estimulación auditiva y contacto humano	Incremento de peso en música clásica temprana; sin cambios en FCR
Akşit et al. (2017)	Turquía	Factorial 2x2 (fuente de luz x perchas)	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico y lumínico mediante el uso de perchas en combinación con diferentes fuentes de iluminación (LED vs fluorescente)	La iluminación LED mejoró la conversión alimenticia y la resistencia de la tibia. El uso de perchas no afectó el peso final ni la ganancia de peso, pero aumentó la rojez y amarillez de la carne de pechuga, lo que refleja mayor actividad física.

Al-Nasseri et al. (2025)	Irak	Completament e aleatorizado	Ross 308	Enriquecimiento ambiental físico mediante la provisión de refugios (cajas plásticas oscuras, cestas de mimbre y cajas con paja)	No se observaron diferencias significativas en el peso corporal, consumo de alimento ni conversión alimenticia entre tratamientos. El efecto productivo fue mínimo, aunque las cajas de paja y cestas de mimbre favorecieron un comportamiento más estable sin comprometer el rendimiento.
--------------------------	------	-----------------------------	----------	---	--

*Nota:* Matriz de sistematización construida a partir de los estudios incluidos en la revisión sistemática, que resume información sobre características metodológicas y parámetros productivos en pollos de engorde.

Por otro lado, los estudios incluidos en la revisión (Tabla 2) de parámetros productivos, muestran una repuesta heterogénea a partir de la implementación de estrategias de enriquecimiento ambiental en pollos de engorde, estos evaluaron principalmente en variables como peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia y parámetros complementarios de calidad de canal.

Múltiples estudios no reportaron variaciones en los parámetros productivos principales, entre ellos, Yildirim & Taskin (2017) no observaron diferencias significativas en el peso corporal final, órganos linfoides ni temperatura rectal en la estirpe Ross 308 bajo enriquecimiento físico, en la misma línea, Tuğalay et al. (2021) reportaron ausencia de cambios en el crecimiento bajo enriquecimiento visual temprano, mientras que Campbell et al. (2023), señalaron que la implementación de ambientes con distinta complejidad estructural no afectó el crecimiento de pollos Ross 708.

En la misma línea, Elsayed et al. (2024) no registraron diferencias en peso ni consumo de alimento en pollos Cobb 500, mientras que Kim et al. (2025) no reportaron cambios en el peso corporal, consumo y conversión alimenticia la línea genética Arbor Acres. De igual forma, Al-Nasseri et al. (2025) en Ross 308 no presentaron variaciones en los principales indicadores productivos bajo el uso de refugios.

En contraste, algunos estudios reportaron variaciones específicas en determinados parámetros productivos. Spieß et al. (2022) observaron un ligero incremento del peso corporal de pollos Ross 308 a los 28 días sin cambios en la conversión alimenticia. Meyer et al. (2023) no evidenciaron variaciones en peso ni en conversión, pero reportaron cambios en la calidad de carne, como mayor retención de agua y ancho de pechuga. Altan et al. (2013) registraron un incremento en el peso relativo de la Bursa de Fabricio sin modificaciones en peso ni consumo.

Por su parte, Sakr et al. (2025) evidenciaron variaciones asociadas a la densidad de alojamiento, con menor peso y ganancia diaria en alta densidad y mayor eficiencia en baja densidad. Tamagi et al. (2024) también reportaron incremento de peso en etapas tempranas bajo estimulación auditiva, sin cambios en conversión alimenticia. Finalmente, Akşit et al. (2017) observaron mejoras en la conversión alimenticia y resistencia ósea bajo iluminación LED, además de variaciones en características de la carne, sin afectar el peso final.

### **Discusión**

En compendio, los resultados muestran que el uso de las estrategias de enriquecimiento ambiental en pollos de engorde incide de forma positiva en la modulación de los indicadores de estrés, sin comprometer de manera sistemática los parámetros productivos (Bach et al., 2019; Jacobs et al., 2022; Elsayed et al., 2024; Guinebretière et al., 2025). Esta tendencia sugiere que estas modificaciones al entorno actúan principalmente sobre mecanismos conductuales y fisiológicos asociados al bienestar, más que sobre el rendimiento zootécnico directo (Marchewka et al., 2022; Yigitturk et al., 2025).

En correspondencia con los indicadores de estrés, diversos estudios reportaron disminuciones en variables hormonales y conductuales, incluyendo la reducción de corticosterona (Tuğalay et al., 2021; Meyer et al., 2023; Kim et al., 2025; Tamagi et al., 2024), la disminución de la duración de la inmovilidad tónica (Yildirim & Taskin, 2017; Altan et al.,

2013; Sakr et al., 2025) y la reducción de comportamientos anómalos como el picoteo de plumas (Al-Nasseri et al., 2025).

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Guinebretière et al. (2025), Vasdal et al. (2018) y Abdallah et al. (2024), quienes señalan que la incorporación de estímulos ambientales, ya sean físicos, sensoriales o sociales, favorece la adaptación del ave al entorno productivo, reflejada en respuestas fisiológicas y conductuales más estables frente a condiciones potencialmente estresantes.

No obstante, la magnitud de los efectos de estas estrategias no fue homogénea, esto principalmente por la variabilidad de las condiciones experimentales, el tipo de enriquecimiento aplicado, la edad de implementación y la estirpe genética, donde líneas comerciales como Ross 308, Ross 708, Cobb 500 y Arbor Acres pueden presentar diferencias en su sensibilidad al entorno, lo que condiciona la respuesta tanto conductual como fisiológica (Attia et al., 2017; Juiputta et al., 2023).

Por otro lado, la mayoría de los estudios analizados evidenciaron que la implementación de enriquecimiento ambiental no produjo efectos significativos sobre los parámetros productivos de los pollos de engorde, y esto es concordante con lo planteado por Elsayed et al. (2024) y Ghani et al. (2025), quienes sostienen que la mejora en bienestar animal no implica necesariamente una pérdida de eficiencia productiva.

No obstante, la ausencia de efectos consistentes sobre los indicadores productivos no excluye la posibilidad de que determinadas estrategias de enriquecimiento ambiental modulen estos componentes. Algunos de los estudios revisados reportaron variaciones específicas, como mejoras en calidad de carne (Meyer et al., 2023), uniformidad corporal (Kim et al., 2025), eficiencia alimenticia (Akşit et al., 2017) o incrementos puntuales en peso corporal durante el periodo de engorde (Spieß et al., 2022; Tamagi et al., 2024).

Los efectos reportados sugieren que la eficacia de las estrategias de enriquecimiento ambiental no presenta un comportamiento homogéneo, sino a una interacción compleja entre determinantes biológicos y de manejo experimental, Esto permite inferir que la variabilidad reportada en la literatura refleja más bien diferencias en la interacción de cada estrategia con el sistema productivo que inconsistencias inherentes al enriquecimiento ambiental como tal.

## **Conclusión**

**H1: Las estrategias de enriquecimiento ambiental presentan efectos variables sobre los indicadores de estrés y los parámetros productivos en pollos de engorde reportados en la literatura científica.** La evidencia analizada confirma la hipótesis planteada, al demostrar que el enriquecimiento ambiental reduce de manera variable diversos indicadores de estrés fisiológico, hormonal y conductual, mientras que los parámetros productivos se mantienen mayoritariamente estables, con ciertos efectos positivos dependientes del tipo de intervención y de las condiciones de manejo.

¿Cuáles son las estrategias de enriquecimiento ambiental frecuentemente empleadas en la producción de pollos de engorde? Las estrategias de enriquecimiento ambiental más frecuentes en los estudios analizados corresponden a intervenciones físicas, sensoriales y sociales, destacándose el uso de perchas, plataformas, objetos manipulables, bloques de grano, refugios, estimulación lumínica, estímulos auditivos y contacto humano.

¿Qué parámetros productivos y de bienestar han sido influenciados por las estrategias de enriquecimiento ambiental? Las estrategias de enriquecimiento ambiental influyeron principalmente sobre indicadores de estrés (corticosterona, cortisol, inmovilidad tónica, conductas anómalas y actividad locomotora), mientras que sus efectos sobre los parámetros productivos (peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia y variables

complementarias de calidad y uniformidad) fueron limitados y variables según las condiciones experimentales.

En relación al objetivo de investigación, el análisis bibliográfico permitió establecer que el efecto del enriquecimiento ambiental en sistemas de producción de pollos de engorde está condicionado por la interacción entre la estrategia aplicada, el contexto de manejo y las características del sistema productivo, evidenciando una respuesta diversa en la magnitud de sus beneficios sobre bienestar de las aves y su desempeño productivo.

### Referencias Bibliográficas

- Abdallah, N., Kursun, K., & Baylan, M. (2024). Environmental Enrichment/Improvement: Effect on performance of commercial broiler strains. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 26(3). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2023-1894>
- Akşit, M., Yardim, Z. K., & Yalcin, S. (2017). Environmental enrichment influences on broiler performance and meat quality: Effect of light source and providing perches. *Archiv Für Geflügelkunde*, 81, 1–10. <https://doi.org/10.1399/eps.2017.182>
- Al-Nasseri, A., Al-Samrai, M., Khalaf, T., & Aljumaily, K. (2025). Effect of different types of environmental enrichment on some behavioral and production indicators of broilers. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 25(1), 153–162. <https://doi.org/10.25130/tjas.25.1.12>
- Altan, Ö., Şeremet, Ç., & Bayraktar, H. (2013). The effects of early environmental enrichment on performance, fear and physiological responses to acute stress of broiler. *Archiv Für Geflügelkunde*, 77(1), 23–28. [https://doi.org/10.1016/s0003-9098\(25\)01485-7](https://doi.org/10.1016/s0003-9098(25)01485-7)
- Apalowo, O., Ekunseitan, D., & Fasina, Y. (2024). Impact of heat stress on broiler chicken production. *Poultry*, 3(2), 107–128. <https://doi.org/10.3390/poultry3020010>
- Attia, Y., Al-Harhi, M., & Elnaggar, A. (2017). Productive, physiological and immunological responses of two broiler strains fed different dietary regimens and exposed to heat stress. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 686–697. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2017.1416961>
- Bach, M., Tahamtani, F., Pedersen, I., & Riber, A. (2019). Effects of environmental complexity on behaviour in fast-growing broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 219, 104840. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104840>
- Beckford, R., Ellestad, L., Proszkowiec, M., Farley, L., Brady, K., Angel, R., Liu, H., & Porter, T. (2020). Effects of heat stress on performance, blood chemistry, and hypothalamic and pituitary mRNA expression in broiler chickens. *Poultry Science*, 99(12), 6317–6325. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.052>

- Bouzari, O., Zhandi, M., & Hussaini, S. (2025). Worldwide researches on broiler breeders: A 25-year bibliometric review. *Poultry Science*, *104*(11), 105771. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105771>
- Campbell, A., Anderson, M., & Jacobs, L. (2023). Measuring chronic stress in broiler chickens: Effects of environmental complexity and stocking density on Immunoglobulin-A Levels. *Animals*, *13*(13), 2058. <https://doi.org/10.3390/ani13132058>
- Da Silva, M., De Lima, I., Jacinto, A., Filho, M., De Oliveira, A., Santos, I., Mota, F., Caldara, F., & Jacobs, L. (2023). Providing environmental enrichments can reduce subclinical spondylolisthesis prevalence without affecting performance in broiler chickens. *PLoS ONE*, *18*(4), e0284087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284087>
- El-Sabrou, K., Landolfi, S., & Ciani, F. (2024). Feed additives and enrichment materials to reduce chicken stress, maximize productivity, and improve welfare. *Veterinary World*, *17*(9), 2044–2052. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.2044-2052>
- Elsayed, R., Mohammed, A. S., Abou, A., Abou, U., Darwish, R., & Fouda, M. (2024). Effects of different types of environmental enrichment on behaviour, performance, welfare, carcass characteristics and lipid profile of broiler chickens. *Mansoura Veterinary Medical Journal*, *25*(1). <https://doi.org/10.35943/2682-2512.1225>
- Elsayed, R., Mohammed, A., Abou, A., Abou, U., Darwish, R., & Fouda, M. (2024). Effects of different types of environmental enrichment on behaviour, performance, welfare, carcass characteristics and lipid profile of broiler chickens. *Mansoura Veterinary Medical Journal*, *25*(1). <https://doi.org/10.35943/2682-2512.1225>
- Ghani, A., Mehmood, S., Hussnain, F., & Saima. (2025). Effects of different environmental enrichment tools to improve behavior, welfare, and growth performance of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production*, *57*(2), 33. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04292-z>
- Guinebrière, M., Guyard, M., Mocz, F., Calandreau, L., Scheubel, A., Moysan, J., Chemaly, M., Keita, A., & Warin, L. (2025). Structuring and enriching the rearing environment in conventional broiler chicken production: effects on behavioral indicators, emotional states, and cecal microbiota composition. *Poultry Science*, *104*(11), 105663. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105663>
- Hartcher, K., & Lum, H. (2019). Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World S Poultry Science Journal*, *76*(1), 154–167. <https://doi.org/10.1080/00439339.2019.1680025>
- Islam, K., Aktar, J., & Islam, S. (2022). Broiler industry and global nutrition security. *International Academic Journal of Nutrition and Food Sciences*, *03*(02), 1–5. <https://doi.org/10.47310/iajnfs.2022.v03i02.003>
- Jacobs, L., Blatchford, R., De Jong, I., Erasmus, M., Levengood, M., Newberry, R., Regmi, P., Riber, A., & Weimer, S. (2022). Enhancing their quality of life: environmental enrichment for poultry. *Poultry Science*, *102*(1), 102233.

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102233>

- Jones, P., Tahamtani, F., Pedersen, I., Niemi, J., & Riber, A. (2020). The productivity and financial impacts of eight types of environmental enrichment for broiler chickens. *Animals*, *10*(3), 378. <https://doi.org/10.3390/ani10030378>
- Juiputta, J., Chankitisakul, V., & Boonkum, W. (2023). Appropriate genetic approaches for heat tolerance and maintaining good productivity in tropical poultry production: a review. *Veterinary Sciences*, *10*(10), 591. <https://doi.org/10.3390/vetsci10100591>
- Kang, S. W. (2025). Effectual environmental enrichments for commercial broiler chickens. *Animals*, *15*(19), 2829. <https://doi.org/10.3390/ani15192829>
- Kang, S., Christensen, K., Kidd, M., Jr, & Orłowski, S. (2024). Effects of environmental enrichments on welfare and hepatic metabolic regulation of broiler chickens. *Animals*, *14*(4), 557. <https://doi.org/10.3390/ani14040557>
- Kim, C., Kim, K., Chun, J., Lim, S., & Jeon, J. (2024). Animal welfare indicators and stress response of broiler chickens raised at low and high stocking density. *Journal of Animal Science and Technology*, *67*(5), 1126–1138. <https://doi.org/10.5187/jast.2024.e64>
- Kim, C., Lee, W., Son, J., Jeon, J., Lim, S., & Kim, S. (2025). Effects of providing enrichment to broilers in an animal welfare environment on productivity, litter moisture, gas concentration (CO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub>), animal welfare indicators, and stress level concentration. *Agriculture*, *15*(2), 182. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020182>
- Kwon, B., Park, J., Kim, D., & Lee, K. (2024). Assessment of Welfare Problems in Broilers: Focus on Musculoskeletal Problems Associated with Their Rapid Growth. *Animals*, *14*(7), 1116. <https://doi.org/10.3390/ani14071116>
- Mancinelli, A., Baldi, G., Soglia, F., Mattioli, S., Sirri, F., Petracchi, M., Castellini, C., & Zampiga, M. (2023). Impact of chronic heat stress on behavior, oxidative status and meat quality traits of fast-growing broiler chickens. *Frontiers in Physiology*, *14*, 1242094. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1242094>
- Marchewka, J., Sztandarski, P., Solka, M., Louton, H., Rath, K., Vogt, L., Rauch, E., Ruijter, D., De Jong, I. C., & Horbańczuk, J. O. (2022). Linking key husbandry factors to the intrinsic quality of broiler meat. *Poultry Science*, *102*(2), 102384. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102384>
- Mellen, J., & MacPhee, M. (2001). Philosophy of environmental enrichment: Past, present, and future. *Zoo Biology*, *20*(3), 211–226. <https://doi.org/10.1002/zoo.1021>
- Meyer, M., Johnson, A., & Bobeck, E. (2023). Breast muscle white striping and serum corticosterone reduced in broilers exposed to laser environmental enrichment. *Poultry Science*, *102*(4), 102559. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102559>
- Nasr, M., Alkhedaide, A., Ramadan, A., Hafez, A., & Hussein, M. (2021). Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science*, *100*(11), 101442.

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101442>

- Ncho, C., Berdos, J., Gupta, V., Rahman, A., Mekonnen, K., & Bakhsh, A. (2024). Abiotic stressors in poultry production: A comprehensive review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 109(1), 30–50. <https://doi.org/10.1111/jpn.14032>
- Nielsen, S., Alvarez, J., Bicout, D., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J. A., Garin, B., Rojas, J., G., Schmidt, C., Herskin, M., Chueca, M., Padalino, B., Pasquali, P., Roberts, H., Spoolder, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., . . . Michel, V. (2023). Welfare of broilers on farm. *EFSA Journal*, 21(2), e07788. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7788>
- Oluwagbenga, E., & Fraley, G. (2023). Heat stress and poultry production: a comprehensive review. *Poultry Science*, 102(12), 103141. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103141>
- Prado-Carpio, E. C., Pinargote-Pinargote, H. M., Serrano-Valdiviezo, M. P., Minaya-Macías, M.M., & Navarrete-Almeida, M. S. (2025). Guía para la escritura académica y la divulgación de conocimientos. Editorial Erevna Ciencia Ediciones, Ecuador. <https://doi.org/10.70171/dwjsjb71>
- Rayner, A., Newberry, R., Vas, J., & Mullan, S. (2020). Slow-growing broilers are healthier and express more behavioural indicators of positive welfare. *Scientific Reports*, 10(1), 15151. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72198-x>
- Riber, A., Van De Weerd, H., De Jong, I., & Steinfeldt, S. (2017). Review of environmental enrichment for broiler chickens. *Poultry Science*, 97(2), 378–396. <https://doi.org/10.3382/ps/pex344>
- Sakr, A., Abouelnaga, F., Ateya, I., Hashem, A., Wahed, N., Rehan, I., Elnagar, A., Zigo, F., Siedoi, I., Kamel, A., & El-Emam, H. (2025). Growth performance, behavior, gene expression, carcass characteristics, stress indicators, and economical parameters of avian 48 broiler chickens raised under three different stocking density. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1517142. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1517142>
- Shynkaruk, T., Long, K., LeBlanc, C., & Schwean-Lardner, K. (2023). Impact of stocking density on the welfare and productivity of broiler chickens reared to 34 d of age. *The Journal of Applied Poultry Research*, 32(2), 100344. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100344>
- Spieß, F., Reckels, B., Wahab, A., Ahmed, M., Sürrie, C., Auerbach, M., Rautenschlein, S., Distl, O., Hartung, J., & Visscher, C. (2022). The influence of different types of environmental enrichment on the performance and welfare of broiler chickens and the possibilities of Real-Time monitoring via a Farmer-Assistant system. *Sustainability*, 14(9), 5727. <https://doi.org/10.3390/su14095727>
- Spieß, F., Reckels, B., Wahab, A., Ahmed, M., Sürrie, C., Auerbach, M., Rautenschlein, S., Distl, O., Hartung, J., & Visscher, C. (2022). The influence of different types of environmental enrichment on the performance and welfare of broiler chickens and the possibilities of Real-Time monitoring via a Farmer-Assistant system. *Sustainability*, 14(9), 5727. <https://doi.org/10.3390/su14095727>

- Sumanu, V. O., Naidoo, V., Oosthuizen, M., & Chamunorwa, J. (2022). Adverse effects of heat stress during summer on broiler chickens production and antioxidant mitigating effects. *International Journal of Biometeorology*, 66(12), 2379–2393. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02372-5>
- Tainika, B., Şekeroğlu, A., Akyol, A., & Ng'ang'a, Z. W. (2023). Welfare issues in broiler chickens: overview. *World S Poultry Science Journal*, 79(2), 285–329. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2175343>
- Tamagi, M., Idrus, Z., Farjam, A. S., Awad, E., & Hussein, A. (2024). Effects of auditory enrichment and regular human contact on stress response, underlying fearfulness, and growth performance in broiler chickens. *Archiv Für Geflügelkunde*, 88, 1–10. <https://doi.org/10.1399/eps.2024.399>
- Tuğalay, Ş., Bayraktar, H., & Genç, N. (2021). Effects of ACTH and acute heat stress on oxidative stress in an early environmentally enriched broilers. *Hayvansal Üretim*, 62(2), 93–98. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.834785>
- Van De Weerd, H., Keatinge, R., & Roderick, S. (2009). A review of key health-related welfare issues in organic poultry production. *World S Poultry Science Journal*, 65(4), 649–684. <https://doi.org/10.1017/s0043933909000464>
- Vasdál, G., Vas, J., Newberry, R., & Moe, R. (2018). Effects of environmental enrichment on activity and lameness in commercial broiler production. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 22(2), 197–205. <https://doi.org/10.1080/10888705.2018.1456339>
- Wasti, S., Sah, N., & Mishra, B. (2020). Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. *Animals*, 10(8), 1266. <https://doi.org/10.3390/ani10081266>
- Yigittürk, S., De Jong, I. C., Boeren, S., Alewijn, M., Barbut, S., Fogliano, V., & Erasmus, S. W. (2025). Postmortem muscle proteomics reveals breed specific responses to environmental enrichment and broiler meat quality. *Npj Science of Food*, 9(1), 161. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00530-8>
- Yildirim, M., & Taskin, A. (2017). The effects of Environmental Enrichment on Some Physiological and Behavioral Parameters of Broiler Chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 19(2), 355–362. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0402>
- Zago, C., Signor, A., Dias, E., Venturini, T., Borquis, R., & De Alencar, I. (2025). Environmental enrichment using low walls and perches improves broiler welfare, without compromising productivity. *Scientia Agropecuaria*, 28(2), 179–188. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2025.015>