

**Informe Pasantía Práctica Profesional Granja Avícola
San Francisco**

Laura Yeraldin Clavijo Amaris

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado, Decimo Semestre

Tutor. Lady Katherine Serrano Mujica
MVZ, MSc, DSc.

Junio/2025

Nota de autor:

La correspondencia relacionada con este documento deberá ser enviada a:

laura.clavijo@unipamplona.edu.co

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este camino, han sido muchas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de grado. Por lo tanto, quiero expresar mi sincero agradecimiento por su total compañía, y apoyo constante. En primer lugar, extendiendo un especial agradecimiento a mi tutora, Lady Serrano, por su guía comprometida, su paciencia y su valiosa orientación durante todo el proceso. Su exigencia académica, dedicación y experiencia fueron fundamentales tanto para el desarrollo de este proyecto como para mi formación profesional.

Asimismo, agradezco al Programa de Medicina Veterinaria de la Universidad de Pamplona por ofrecerme una formación académica rigurosa, integral y con un profundo sentido humano. Cada clase, cada práctica y cada docente dejaron una marca significativa en mi formación, brindándome las herramientas necesarias para asumir con responsabilidad y preparación los desafíos de la vida profesional.

A todos quienes, de una u otra forma, hicieron parte de este proceso, gracias por su aporte y por acompañarme en esta etapa tan importante de mi vida.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la salud para seguir adelante incluso cuando creí que no podía lograrlo. Gracias por iluminar mi camino, por darme paz en medio de las tormentas y por poner en mi vida a personas maravillosas que me han sostenido en este proceso. A mis padres, Robinson Clavijo y Laidis Amaris, por ser mi mayor ejemplo de amor, esfuerzo y perseverancia. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y por estar siempre ahí, con palabras de aliento y abrazos sinceros en los momentos difíciles. A mi hermanito, Andrés Clavijo, quien con su ternura y alegría ha sido una fuente constante de motivación, tu sola existencia me inspira a ser mejor cada día. A mi pareja, por su paciencia infinita, su comprensión y su compañía incondicional durante todo este proceso, gracias por sostenerme en silencio cuando más lo necesitaba. A mi amiga Stephania, por ser mi mano derecha, por no soltarme nunca y por demostrarme que la verdadera amistad se siente en el alma. A mis fieles compañeros Rocky y Morita, quienes con sus miradas y cariño sin palabras lograron arrancarme sonrisas incluso en los días más pesados. A toda mi familia, por su apoyo constante, por cada palabra de ánimo, cada gesto de amor y cada oración dedicada a mi bienestar. Este paso que doy es también un reflejo del amor y respaldo que siempre me han brindado, este logro no es solo mío sino de ustedes que con su amor y compañía lograron ayudarme a cumplir este sueño.

Con todo mi amor y profundo agradecimiento para ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
INFORME	7
Descripción del sitio de práctica empresarial de la granja Avícola Producción de pollo de engorde, Granja San Francisco – Vereda Juan Frío.....	7
Actividades por desarrollar durante la estancia de pasantía empresarial	8
Efectos del Manejo de la Ventilación y la Calidad del Aire en el Consumo de Alimento en Pollos de Engorde. Una revisión sistemática de 2020 a 2024	9
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
Pregunta problema	13
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	13
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVOS	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
MARCO TEÓRICO.....	19
Producción avícola intensiva en Colombia	19
Ventilación y regulación ambiental	19
Calidad del aire y su efecto sobre el consumo	20
Relación entre ambiente y comportamiento alimenticio.....	20
Bienestar animal y sostenibilidad	21
MATERIAL Y MÉTODO	21
Enfoque general	21
Estrategias de búsqueda	22
Diseño metodológico	23
Proceso de selección y análisis	23
Recolección y organización de la información	24
RESULTADOS.....	24
País de realización del estudio.	26
Línea genética usada en los estudios.....	27
Método de ventilación usado en los estudios.....	28
Diseño experimental	28
Principales resultados de los estudios	29
Resultados por objetivo específicos	34
DISCUSIÓN	35

Calidad del aire y gases contaminantes en galpones colombianos	36
Ventilación mecánica y tecnologías de control ambiental	37
Temperatura, humedad y estrés térmico	37
Impacto en desempeño productivo	38
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	40
GLOSARIO	42
ANEXO	45
REFERENCIAS.....	46
LITERATURA CONSULTADA PARA LA REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Granja Avícola San Francisco	8
Figura 2 Granja Avícola la Alcancía	8
Figura 3 Flujograma prisma.....	24
Figura 4 Revistas de los artículos de estudio	25
Figura 5 Procedencia de la revista de los estudios.....	25
Figura 6 Año de publicación de los estudios.	26
Figura 7 Procedencia de los estudios	27
Figura 8 Línea genética de los animales en estudio.....	27
Figura 9 Método de ventilación de los estudios	28
Figura 10 Diseño experimental de los estudios	29

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de elegibilidad.....	22
Tabla 2 Factores ambientales y su impacto en el consumo y desempeño productivo en pollos de engorde en Colombia.	39

ANEXO

Anexo 1 Carta aval.	45
---------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La proteína de origen animal es esencial para la nutrición humana. Colombia no es la excepción y cuenta con una gran industria alrededor de esta especie, ofreciendo productos de alta calidad y que contribuyen a la economía familiar por sus precios bajos. Con todo, en ese contexto se requieren altas capacidades profesionales para realizar funciones clave como la implementación de programas sanitarios, el aseguramiento del bienestar animal, el diseño de medidas de bioseguridad y el monitoreo continuo del proceso productivo. Esta intervención garantiza la calidad e inocuidad de los alimentos derivados del pollo de engorde, respondiendo a la creciente demanda de la población y contribuyendo a evitar el desabastecimiento de productos básicos. La práctica empresarial que se llevó a cabo tuvo como objetivo desarrollar competencias profesionales en el área de la medicina veterinaria mediante la participación activa durante seis meses en las actividades productivas, sanitarias y de manejo animal en la Granja Avícola San Francisco, con un enfoque integral en la producción avícola y el seguimiento del bienestar animal; apoyar la supervisión sanitaria de aves de engorde, controlar parámetros de bioseguridad, calidad del alimento, condiciones ambientales y protocolos de vacunación.

INFORME

Descripción del sitio de práctica empresarial de la granja Avícola Producción de pollo de engorde, Granja San Francisco – Vereda Juan Frío

La Granja San Francisco, ubicada en la vereda Juan Frío, en el municipio de Villa del Rosario, Norte de Santander, se encuentra a una altitud de 440 m.s.n.m. y experimenta temperaturas que oscilan entre 20 y 36°C en las horas más calurosas, con una humedad relativa entre el 36 y el 84%. Situada en una zona agropecuaria productiva, esta granja se especializa en la producción de pollo de engorde.

En cuanto a la infraestructura de producción avícola, la Granja San Francisco está enfocada principalmente en el pollo de engorde de línea genética Ross AP 308. Cuenta con cuatro galpones orientados de este - oeste, lo cual permite mantener diferentes lotes y ciclos continuos de producción. La granja pertenece al Médico Veterinario Zootecnista Nelson Francisco Rincón Gómez y está compuesta por dos posesiones: San Francisco (Figura 1) y la Alcancía (Figura 2). La granja Alcancía alberga una población de 11.000 aves (5.500 pollas y 5.500 pollos) y cuenta también con cuatro galpones, dos de estos galpones están orientados en dirección norte - sur, lo que puede afectar la producción debido a la exposición solar; sin embargo, la presencia de árboles proporciona sombra a las aves, mitigando parcialmente este impacto. Los otros dos galpones están correctamente orientados de este - oeste para maximizar la eficiencia de producción.

Figura 1*Granja Avícola San Francisco***Figura 2***Granja Avícola la Alcancía*

Nota. Fotografía tomada de Google earth, (2025). **Nota.** Fotografía tomada de Google earth, (2025).

Actividades por desarrollar durante la estancia de pasantía empresarial

La pasantía profesional se realizó durante un período de seis meses en la Granja Avícola San Francisco, donde se llevaron a cabo diversas actividades durante jornadas diurnas. Entre las tareas realizadas, se incluyeron las siguientes, realización de exámenes clínicos en grupos poblacionales de pollos de engorde, apoyo en necropsias dirigidas al sistema u órgano afectado, con el objetivo de obtener una interpretación rápida, supervisión de los procesos operativos relacionados con la llegada de pollos de engorde, búsqueda e interpretación de datos y registros en las carpetas de cada grupo de aves, específicamente en cuanto a ajustes en la ración alimenticia y la relación entre machos y hembras, envío de la información de inventarios, mortalidad y otros registros de la granja, realización de labores de limpieza y desinfección en las instalaciones de la granja, alistamiento de galpones, supervisión del pesaje semanal de los pollos, registrando los datos de peso para analizar las variaciones y el peso promedio de cada lote. Asimismo, se llevaron a cabo otras funciones inherentes al cargo y/o asignadas por el encargado técnico de la producción.

Efectos del Manejo de la Ventilación y la Calidad del Aire en el Consumo de Alimento en Pollos de Engorde. Una revisión sistemática de 2020 a 2024

RESUMEN

Para establecer cuáles tecnologías y dispositivos, relacionados al manejo de ventilación y la calidad del aire, permiten que haya una mayor expresión de la capacidad genotípica de pollos de engorde, se realizó una revisión sistemática de literatura en cuatro bases de datos, usando las siguientes palabras claves y sus respectivos booleanos "BROILER CHICKEN" AND VENTILATION AND AMMONIA AND "HEAT STRESS" AND NOT (hen). Se obtuvieron 97 registros que luego de ser sometidos a los criterios de elegibilidad bajo metodología PRISMA, se llegó a nueve registros que amplificaron el número ***n*** a 12.494, donde se observó en los resultados cómo la ventilación forzada provee un mejor bienestar a los animales en lo que refiere a la calidad del aire y promueve mejores resultados en cuanto a parámetros productivos.

Palabras claves: Amoniaco; Calidad del aire; Costos; Estrés por calor; Productividad

ABSTRACT

To establish which technologies and devices, in relation to ventilation management and air quality, allow a greater expression of the genotypic capacity of broiler chickens, a systematic literature review was carried out in four databases, using the following keywords and their respective boolean terms: "BROILER CHICKEN" AND VENTILATION AND AMMONIA AND "HEAT STRESS" AND NOT (hen). 97 records were obtained that, after being subjected to the eligibility criteria under the PRISMA methodology, resulted in nine records that amplified the number ***n*** to 12,494, where the results showed how forced ventilation provides better animal welfare in relation to air quality and promotes better results in terms of productive parameters.

Keywords: Air quality; Ammonia; Costs; Heat stress; Productivity.

INTRODUCCIÓN

La producción avícola, especialmente la de pollos de engorde, representa una de las actividades pecuarias más importantes y dinámicas en Colombia, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria y a la economía nacional. Según la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (2023), el sector avícola nacional es un pilar fundamental para la provisión de proteína animal, con un crecimiento sostenido que refleja la importancia económica y social del sector. Sin embargo, la avicultura moderna enfrenta el reto de maximizar la productividad sin afectar el bienestar animal, lo cual requiere un manejo ambiental eficiente en los galpones, especialmente en términos de ventilación y calidad del aire. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (2024), el control ambiental dentro de los galpones es crítico para evitar pérdidas productivas y mantener el bienestar de las aves.

La ventilación adecuada es fundamental para controlar la temperatura, la humedad y la concentración de amoníaco, que afectan directamente el consumo de alimento y el

desempeño productivo de los pollos de engorde. La Federación Nacional de Avicultores Colombia (FENAVI, 2023) destaca en su guía ambiental para el subsector avícola la importancia de mantener una buena ventilación en los galpones para controlar los niveles de amoníaco y otros gases, lo cual es esencial para evitar pérdidas y mantener el bienestar de las aves. Diversos estudios han demostrado que un microclima deficiente, caracterizado por la acumulación de gases nocivos y mala circulación del aire, puede alterar el comportamiento de las aves y aumentar la susceptibilidad a enfermedades respiratorias (Miles et al., 2004; Suresh et al., 2022).

Por el contrario, la implementación de sistemas de ventilación mecánica y estrategias de manejo ambiental, como la ventilación cruzada y el control climático automatizado, ha evidenciado mejorar el bienestar de las aves, incrementar su consumo alimenticio y optimizar la conversión alimenticia. De igual manera, Pérez (2023) menciona que el uso de sensores tipo IoT (dispositivos tipo Internet de las Cosas, del inglés *Internet of Things*) para el monitoreo climático permite ajustes en tiempo real que optimizan el ambiente interno y favorecen el crecimiento y la eficiencia alimenticia. Daniel et al. (2024) reportan que el uso de algoritmos avanzados de control de ventilación permite optimizar el microclima en galpones comerciales de pollos de engorde, logrando una reducción de la temperatura interna de 1,5 a 2°C durante el día, lo que disminuye significativamente el estrés térmico y reduce la mortalidad en un 16,5%, con mejoras evidentes en la productividad.

En el contexto colombiano, el uso de estas tecnologías y prácticas adecuadas ha contribuido a mejorar indicadores productivos como el ciclo de engorde, el peso al sacrificio y la eficiencia alimenticia, reflejando avances importantes en la sostenibilidad y competitividad del sector (FENAVI, 2023; ICA, 2022), pero sobre todo en términos de seguridad alimentaria.

El presente trabajo tiene como finalidad analizar y sintetizar la evidencia científica reciente sobre el manejo de la ventilación y la calidad del aire en galpones de pollos de engorde. Se pretende comprender cómo las condiciones ambientales influyen en el consumo de alimento y el desempeño productivo, y aportar bases técnicas que orienten prácticas de manejo más eficientes, sostenibles y respetuosas con el bienestar animal.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La avicultura moderna se enfrenta al desafío de mantener altos niveles de productividad sin comprometer el bienestar animal ni la sostenibilidad ambiental para asegurar la alimentación de una población en crecimiento. Dentro de los múltiples factores que influyen en el desempeño productivo de los pollos de engorde, el manejo de la ventilación y la calidad del aire en los galpones ha demostrado tener un impacto determinante sobre el consumo de alimento, la salud respiratoria y la eficiencia de conversión alimenticia (Miles et al., 2004; López et al., 2022).

En los sistemas intensivos de producción avícola, la acumulación de gases como el amoníaco (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) y compuestos volátiles derivados de la descomposición de la cama, junto con condiciones de ventilación inadecuadas, pueden generar un ambiente hostil que afecta el comportamiento en la ingesta de alimento y el crecimiento de las aves (Suresh et al., 2022). Se ha reportado que exposiciones prolongadas a niveles elevados de amoníaco deterioran la mucosa respiratoria, disminuyen el consumo voluntario de alimento y reducen significativamente la ganancia de peso corporal (Miles et al., 2004; Xin et al., 2009).

A pesar de los avances tecnológicos en sistemas de ventilación mecánica y automatización del monitoreo ambiental, en muchas regiones productoras aún se observa una subestimación del impacto que las condiciones microambientales tienen sobre la productividad (Ali et al., 2022). Autores como Zhang y colaboradores (2021) evidenciaron en

sus estudios que el comportamiento alimentario de los pollos de engorde varía de forma significativa bajo distintos niveles de temperatura y humedad, lo que implica la necesidad de establecer estrategias de manejo más precisas y basadas en evidencia científica.

Esta problemática se ve agravada por la escasez de estudios integradores que analicen en conjunto los efectos del manejo de la ventilación y la calidad del aire sobre el consumo de alimento en pollos de engorde. Aunque existen investigaciones aisladas sobre cada uno de estos aspectos, resulta fundamental realizar una revisión sistemática que permita sintetizar el conocimiento disponible, identificar vacíos de conocimiento en la literatura científica y proponer lineamientos técnicos que optimicen el bienestar animal y la eficiencia productiva en la avicultura.

Pregunta problema

¿Cómo influyen el manejo de la ventilación y la calidad del aire en los galpones sobre el consumo de alimento y el desempeño productivo de los pollos de engorde?

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El estudio de la influencia de las condiciones ambientales en la producción avícola tiene una larga trayectoria, evolucionando junto con el desarrollo de sistemas intensivos de cría. Desde mediados del siglo XX, con el auge de la avicultura comercial, comenzaron a identificarse los efectos adversos de la mala ventilación en la salud y productividad de los pollos. Sin embargo, fue a partir de las últimas dos décadas que se consolidó una base científica sólida sobre la relación entre el microclima del galpón y el desempeño zootécnico de las aves.

Miles et al. (2004) señalaron que “la exposición crónica al amoníaco en concentraciones superiores a 25 ppm reduce significativamente el consumo de alimento y la ganancia de peso en pollos de engorde”. Estos hallazgos sentaron las bases para nuevas investigaciones orientadas a la mejora de la ventilación como estrategia para controlar

contaminantes en ambientes cerrados. En esa línea de tiempo, Xin et al. (2009) profundizaron en el impacto de los sistemas de ventilación mecánica. En su investigación afirmaron: “la ventilación controlada permite mantener niveles adecuados de oxígeno y regular la temperatura, lo cual se refleja en una mejor conversión alimenticia y menor mortalidad”.

En los últimos años, la evidencia científica ha continuado ampliándose. Ali et al. (2022) demostraron que “la utilización de algoritmos de control ambiental permite reducir las concentraciones de CO₂ y amoníaco, lo que incrementa el consumo de alimento en más del 7% en ambientes cálidos y húmedos” (p. 347). Del mismo modo, Zhang et al. (2021) habían encontrado una relación directa entre la calidad del aire y el comportamiento alimenticio de las aves, señalando que “las variaciones de temperatura y humedad relativas afectan el patrón de alimentación y el crecimiento en diferentes etapas del ciclo productivo”. En los estudios analizados en la revisión de literatura, se encontró el uso de dispositivos en alguno de los estudios, sin que ello sea óbice para validar su uso en pro del desempeño del sistema productivo.

Más recientemente, Núñez y Martínez (2023) evaluaron distintas estrategias de ventilación cruzada en galpones tropicales y concluyeron que “la ventilación activa combinada con monitoreo climático en tiempo real mejora significativamente los parámetros productivos, incluyendo el consumo de alimento, al reducir el estrés térmico en las aves”. Estos antecedentes evidencian una tendencia creciente en la literatura científica hacia el desarrollo de soluciones tecnológicas que integran el manejo ambiental con el bienestar animal. Así, la revisión del presente trabajo se enmarca en un contexto de innovación y sostenibilidad en la producción avícola, donde el control del microclima juega un papel determinante en la eficiencia productiva.

Los hallazgos obtenidos a partir de la revisión de la literatura científica permiten evidenciar que el manejo de la ventilación y la calidad del aire en los galpones de pollos de

engorde tiene una relación directa con el consumo de alimento y, por ende, con el rendimiento productivo. Los estudios coinciden en señalar que condiciones ambientales deficientes, como la acumulación de amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2), afectan negativamente la salud respiratoria de las aves, disminuyen su comportamiento alimenticio y aumentan los índices de conversión alimenticia (Miles, 2004; Xin, 2009). De tal manera vemos en el estudio de Zhang et al. (2021) que los pollos expuestos a niveles de temperatura y humedad fuera del rango óptimo presentaron una reducción significativa en el consumo de alimento, lo cual repercute en una menor ganancia de peso. Esta afirmación se ve reforzada por Ali et al. (2022), quienes demostraron que estrategias de ventilación mecánica cruzada y control automatizado del microclima permitieron mantener condiciones estables, reduciendo la presencia de contaminantes y mejorando el desempeño productivo.

De manera consistente, López et al. (2022) destacan que los galpones con ventilación controlada presentaron un 12 % más de consumo promedio de alimento diario por ave, en comparación con galpones con ventilación natural. Este aumento no solo favoreció un mejor crecimiento, sino que también se asoció con una menor mortalidad y una mayor uniformidad en el lote. Además, como se demostró en los estudios de la revisión, la implementación de sensores y sistemas de automatización permitió detectar desviaciones térmicas o de gases en tiempo real, optimizando el ambiente interno del galpón (Núñez & Martínez, 2023).

Por otro lado, es importante resaltar que las condiciones de la cama también influyen en la calidad del aire, ya que una cama húmeda favorece la generación de gases como el amoníaco. En este sentido, Pérez et al. (2020) indican que una humedad relativa superior al 70 % en la cama se correlaciona con niveles de NH_3 por encima de los 25 ppm, lo cual genera estrés fisiológico en las aves y reduce su consumo de alimento. En el contexto colombiano, los avances en bioseguridad, alimentación balanceada y manejo ambiental han permitido una notable optimización en los indicadores productivos del pollo de engorde. Según datos

recientes de la Federación Nacional de Avicultores de Colombia, el ciclo promedio de engorde se ha reducido a 39 días, alcanzando un peso al sacrificio de 2,35 kg y una conversión alimenticia de 1,62 (FENAVI, 2023). Esta mejora en la eficiencia productiva se atribuye, entre otros factores, a la implementación de tecnologías de control ambiental en los galpones, que permiten mantener parámetros óptimos de temperatura, humedad y ventilación, favoreciendo así el comportamiento alimenticio de las aves y reduciendo el estrés térmico.

En suma, los estudios revisados evidencian una correlación sólida entre una buena gestión del ambiente interno del galpón y el comportamiento alimenticio de los pollos de engorde. La ventilación eficiente, junto con el monitoreo constante de gases y temperatura, se posiciona como una herramienta clave para garantizar una avicultura productiva, ética y ambientalmente responsable. Además, se ha evidenciado que estas mejoras tecnológicas no solo inciden positivamente en el bienestar animal, sino que también generan beneficios económicos significativos al disminuir la conversión alimenticia y acortar los ciclos de producción (FENAVI, 2023). En línea con este progreso, para el año 2024, la producción de carne de pollo en Colombia alcanzó 1.836.032 toneladas, con un consumo per cápita de 36,8 kg, posicionándose como la principal fuente de proteína animal en la dieta nacional (FENAVI, 2024). Este crecimiento sostenido refleja el compromiso del sector avícola con la sostenibilidad y la adopción de prácticas productivas más eficientes, lo cual refuerza la relevancia de estudiar el impacto del manejo ambiental sobre variables productivas como el consumo de alimento.

JUSTIFICACIÓN

La avicultura colombiana se ha consolidado como uno de los sectores agropecuarios más dinámicos y estratégicos del país, con una producción nacional de carne de pollo que alcanzó 1.836.032 toneladas en 2024, situando a Colombia entre los principales productores de América Latina, perdiendo sólo contra Brasil, México y Argentina (FENAVI, 2024). Este

crecimiento sostenido ha estado acompañado por un proceso de tecnificación progresiva, que incluye la adopción de prácticas y tecnologías orientadas a mejorar la eficiencia productiva, el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, el manejo eficiente de la ventilación y la calidad del aire en los galpones avícolas es un factor crítico que condiciona directamente el consumo de alimento y el desempeño productivo de los pollos de engorde. Variables ambientales como la temperatura, la humedad relativa y las concentraciones de gases contaminantes, principalmente amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2) que afectan significativamente el comportamiento alimenticio, la conversión alimenticia y la salud respiratoria de las aves (García, López, y Pérez, 2022; Suresh, Kumar, y Narayan, 2022).

Las condiciones climáticas tropicales predominantes en Colombia, junto con las características de los sistemas de producción intensiva, plantean desafíos particulares para el control ambiental dentro de los galpones. Por ello, la implementación de sistemas de ventilación adecuados y tecnologías de monitoreo automatizado que permitan ajustar el microclima en tiempo real resulta indispensable para mantener un entorno óptimo que favorezca la ingesta voluntaria de alimento y reduzca el estrés térmico (ICA, 2022; Núñez y Martínez, 2023).

Aunque existe una amplia literatura que aborda de manera fragmentada los efectos de la temperatura, humedad y gases sobre la salud y productividad avícola, es fundamental integrar estos factores desde una perspectiva conjunta que analice su impacto combinado sobre el consumo de alimento, variable central para la rentabilidad y sostenibilidad del sistema productivo. Las innovaciones recientes en ventilación forzada, automatización climática y sensores IoT han demostrado ser herramientas claves para mejorar el confort térmico, optimizar el comportamiento alimenticio y potenciar la eficiencia productiva (Ali, 2022; Núñez y Martínez, 2023).

Por ello, esta revisión de la literatura cobra especial importancia al sistematizar la evidencia científica reciente sobre el manejo de la ventilación y la calidad del aire en galpones de pollos de engorde, con énfasis en su relación con el consumo de alimento, en cuanto a sus últimos avances, por estar ubicada en la franja de tiempo entre 2020 a 2024. El análisis permitió identificar prácticas exitosas y tecnologías aplicables al contexto colombiano, ofreciendo una base técnica para mejorar los sistemas de manejo ambiental. Además, este trabajo aporta elementos que orientan la toma de decisiones informada por parte de productores, técnicos y profesionales del sector avícola, en línea con los principios de eficiencia, sostenibilidad y bienestar animal.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer cuáles tecnologías y dispositivos, relacionados al manejo de ventilación y la calidad del aire, permiten que haya una mayor expresión de la capacidad genotípica de las aves bajo estudio, medida por sus parámetros productivos.

Objetivos específicos

Identificar las tecnologías y dispositivos para mejorar el ambiente y los microclimas dentro de los galpones de avicultura mediante la revisión de literatura científica actualizada.

Indicar cuales tecnologías y dispositivos producen mejores resultados para la mejora de la calidad del aire por medio de la revisión bibliográfica.

Verificar las mejorías cualitativas de los diferentes dispositivos y tecnologías, esto es, si hay efectos en parámetros de interés zootécnico a partir de la revisión bibliográfica.

MARCO TEÓRICO

Producción avícola intensiva en Colombia

La industria avícola en Colombia es una de las más dinámicas del sector agropecuario. Para el año 2024, la producción nacional de carne de pollo alcanzó 1.836.032 toneladas, con un consumo per cápita de 36,8kg, posicionándose como la principal fuente de proteína animal en el país (FENAVI, 2024). Este crecimiento ha sido posible gracias a sistemas de producción intensiva que buscan maximizar la eficiencia alimenticia, reducir los ciclos productivos y optimizar el uso del espacio.

Sin embargo, este tipo de producción exige un control ambiental riguroso para evitar pérdidas y garantizar el bienestar de las aves. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2022) destaca que el ambiente dentro del galpón influye directamente en el consumo de alimento, el crecimiento corporal y la conversión alimenticia, aspectos clave en la eficiencia del sistema productivo. Como indican García, López y Pérez (2022), “las condiciones micro ambientales inciden en el comportamiento de ingesta de alimento en las aves, afectando su desempeño general” (p. 109).

Ventilación y regulación ambiental

La ventilación en las naves avícolas es un componente fundamental del manejo ambiental, ya que permite regular variables críticas como la temperatura, la humedad relativa y la concentración de gases contaminantes. Un sistema de ventilación adecuado reduce el estrés térmico, previene la acumulación de humedad y mejora la calidad del aire (Ali, Chen y Li, 2022). Al respecto, Xin et al. (2009) afirman que “la ventilación mecánica controlada mantiene un equilibrio ambiental que favorece el consumo de alimento y la ganancia de peso en condiciones intensivas” (p. 4). En Colombia, se han incorporado tecnologías como extractores, túneles de ventilación y sistemas automatizados de monitoreo, que permiten ajustar el flujo de aire según la edad de las aves y las condiciones climáticas externas. Se ha

demostrado que estas herramientas mejoran la estabilidad térmica de la nave y aumentan el consumo voluntario de alimento (Núñez y Martínez, 2023).

Calidad del aire y su efecto sobre el consumo

El aire dentro de los galpones puede verse afectado por la concentración de amoníaco (NH_3), dióxido de carbono (CO_2), partículas suspendidas y humedad. Estos contaminantes provienen principalmente de la descomposición de la cama, la materia fecal y la respiración de las aves. Estudios han demostrado que la exposición sostenida a niveles de amoníaco superiores a 25 partes por millón (ppm) reduce el consumo de alimento y deteriora la salud respiratoria (Miles, Branton, y Lott, 2004).

De acuerdo con Suresh, Kumar y Narayan (2022), “una mala calidad del aire altera el equilibrio del microclima y disminuye la eficiencia alimenticia de los pollos de engorde” (p. 6). Por el contrario, una buena circulación de aire, combinada con ventilación cruzada y manejo adecuado de la cama, favorece un entorno saludable que estimula el apetito de las aves.

Relación entre ambiente y comportamiento alimenticio

Las condiciones ambientales tienen un efecto directo sobre el patrón de consumo de alimento. Variaciones en la temperatura y la humedad relativa pueden generar estrés fisiológico, alterar el comportamiento y disminuir la ingesta voluntaria. Zhang, Huang y Li (2021) encontraron que “las fluctuaciones térmicas dentro del galpón afectan significativamente el comportamiento alimentario en todas las fases del crecimiento” (p. 110). A su vez, Wajid, Tariq y Aslam (2024) destacan que la implementación de sistemas de control ambiental mejora la conversión alimenticia y reduce las tasas de mortalidad asociadas al estrés térmico.

Bienestar animal y sostenibilidad

El bienestar animal está directamente ligado al manejo ambiental. Las condiciones microclimáticas adecuadas no solo mejoran los indicadores productivos, sino que reducen el estrés, favorecen el confort térmico y permiten una producción más ética y sostenible. Gómez, Ramírez y López (2023) sostienen que “las prácticas que priorizan la ventilación adecuada y el control de gases tóxicos mejoran el bienestar de las aves y la calidad de la carne obtenida” (p. 59).

Además, el uso de tecnologías sostenibles como sensores inteligentes, ventilación automatizada y monitoreo en tiempo real permite una gestión ambiental más precisa, lo que reduce pérdidas por calor, mejora la conversión alimenticia y prolonga la vida útil de la infraestructura avícola (ICA, 2022; Núñez & Martínez, 2023).

MATERIAL Y MÉTODO

Enfoque general

Esta monografía se estructuró a partir de una revisión sistemática de literatura. Este enfoque permitió recopilar, analizar y sintetizar evidencia científica relacionada con el manejo de tecnología y dispositivos para el manejo del microclima interno de los galpones, y su efecto directo en la calidad del aire y el impacto sobre el consumo de alimento en pollos de engorde.

Se realizó un estudio retrospectivo con documentos tipo *Epub* (*Electronic publication*) a manera de revisión sistemática de la literatura revisando artículos científicos del trayecto del 01 de enero 2020 al 31 de diciembre del 2024, siguiendo la metodología de la Declaración P.R.I.S.M.A. (2020 del inglés *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). Notas, cartas, editoriales, noticias y trabajos de grado, así como los resúmenes de reuniones, fueron excluidos. Se incluyeron todas las líneas genéticas de

aves de engorde encontradas.

Estrategias de búsqueda

Para cada búsqueda en las bases de datos *ScienceDirect*®, *Scielo*®, *Google Scholar*® y Sistema de información Científica Redalyc®. Se usaron, en el campo de búsqueda, palabras unidas por los operadores booleanos, es decir, Y, O y NO. La estrategia de búsqueda no fue limitada por el diseño del estudio o el idioma. Solamente se limitó el estudio a los últimos cinco años. Se utilizó la detección manual para excluir tipos de publicaciones, como notas, cartas, editoriales, noticias y resúmenes de reuniones. Los datos fueron verificados dos veces para todos artículos incluidos en la síntesis cualitativa.

Las palabras para la búsqueda fueron:

"BROILER CHICKEN" AND VENTILATION AND AMMONIA AND "HEAT STRESS" AND NOT (chicken) AND NOT (poultry) AND NOT (hen).

Se utilizaron criterios de elegibilidad basados en los efectos en el desempeño productivo de pollos de engorde de acuerdo con el uso de tecnologías de ventilación forzada entre los años 2020-2024. Ver tabla 1.

Tabla 1
Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> ● Se utilizarán artículos científicos de revistas indexadas, relacionados con tecnologías de ventilación forzada usadas en pollo de engorde. ● Publicaciones realizadas entre los años 2020-2024. ● Artículos en español, inglés y portugués. ● Publicaciones con acceso al artículo completo. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se excluyen trabajos que no sean artículos científicos o que no traten el tema tecnologías de ventilación forzada usadas en pollo de engorde ● Publicaciones antes del año 2020. ● Artículos en idiomas diferentes al español, inglés y portugués. ● Se excluyen publicaciones sin artículo completo y estudios repetidos.

Fuente: Elaboración propia

Diseño metodológico

Se aplicó un diseño de tipo documental, caracterizado por la revisión integrativa de literatura, lo cual permitió abordar estudios publicados en revistas científicas arbitradas. Esta modalidad ofreció un panorama amplio del fenómeno en estudio, integrando distintos tipos de evidencia sin restringirse a una sola metodología de investigación.

Proceso de selección y análisis

Revisión inicial de títulos y resúmenes: para descartar estudios que no incluyesen las palabras clave.

Lectura completa de los artículos preseleccionados: con el fin de verificar que se ajustaran a los criterios definidos y respondieran a los intereses centrales del trabajo.

Evaluación crítica: valorando aspectos como la metodología utilizada, la claridad de los resultados, la pertinencia de las variables analizadas y la aplicabilidad de los hallazgos.

Los estudios seleccionados fueron organizados temáticamente para facilitar el análisis y dar respuesta a los propósitos planteados. Por ejemplo, para comprender cómo influyen la temperatura, la humedad y los gases como el amoníaco sobre el consumo de alimento, se priorizaron investigaciones experimentales que midieron de forma directa estas variables en ambientes controlados. Así, se logró establecer una relación clara entre condiciones ambientales específicas y el comportamiento alimenticio de las aves, como exige el primer objetivo.

Para explorar las estrategias de ventilación, se revisaron documentos que describieran en detalle el uso de tecnologías como por ejemplo extractores, ventilación cruzada, túneles de enfriamiento y sistemas automatizados con sensores, entre otros.

Finalmente, se analizaron estudios que correlacionan las condiciones del microclima del galpón con parámetros zootécnicos como la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia y la mortalidad.

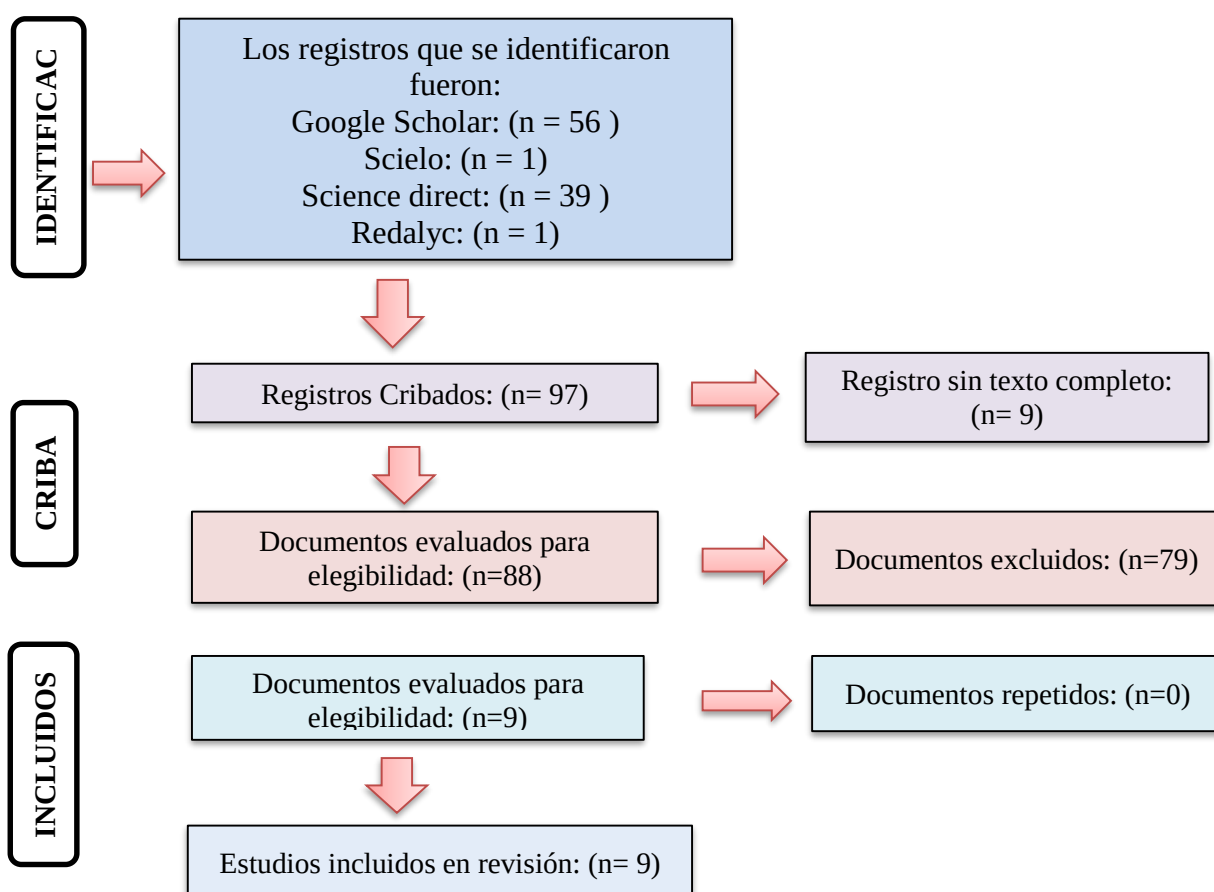
Recolección y organización de la información

Los documentos hallados se organizaron en Microsoft Excel® donde se añadieron las siguientes columnas: título del artículo, nombre de la revista, país de la revista, base de datos, autores, país del estudio, año de publicación, línea genética del pollo de engorde usado, tecnologías de ventilación, dispositivos, número *n*, diseño experimental.

RESULTADOS

La figura 1 muestra el recaudo de información inicial con los tesauros que se establecieron, y los artículos seleccionados para el análisis final, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

Figura 1
Flujograma prisma.

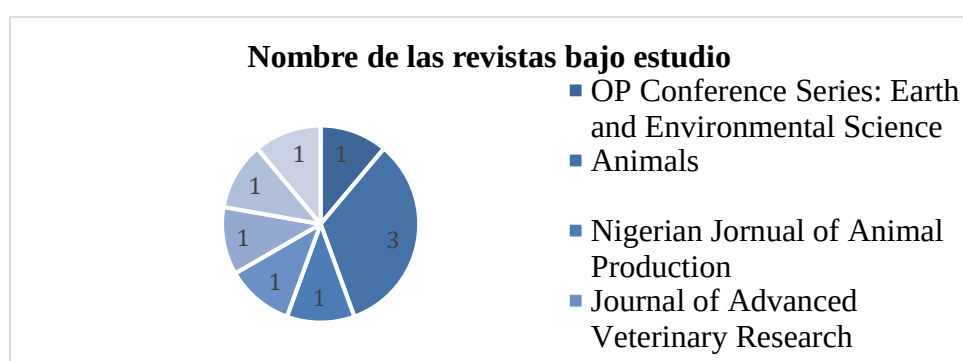


Fuente: Elaboración propia.

Revista y país de origen

Como se observa en la figura 2, la revista *Animals* concentró el 33,3 % (n=3) de los estudios analizados, mientras que las demás publicaciones incluyendo *OP Conference Series*, *Nigerian Journal of Animal Production*, *Journal of Advanced Veterinary Research*, *BIO Web of Conferences*, *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, representaron el 11,1 % (n=1) cada una.

Figura 2
Revistas de los artículos de estudio



Fuente: elaboración propia.

Nota. *Animals* concentró el 33,3 % de los estudios; las demás revistas, un 11,1 % cada una.

En la figura 3, logramos observar que la mayoría de los artículos analizados 42,9 % (n=3) fueron publicados en revistas científicas con sede en Suiza. El resto 57,1 % se distribuye equitativamente entre publicaciones de Reino Unido, Nigeria, Egipto, Francia, Indonesia y Brasil, cada una con un 14,3 %.

Figura 3
Procedencia de la revista de los estudios



Fuente: elaboración propia.

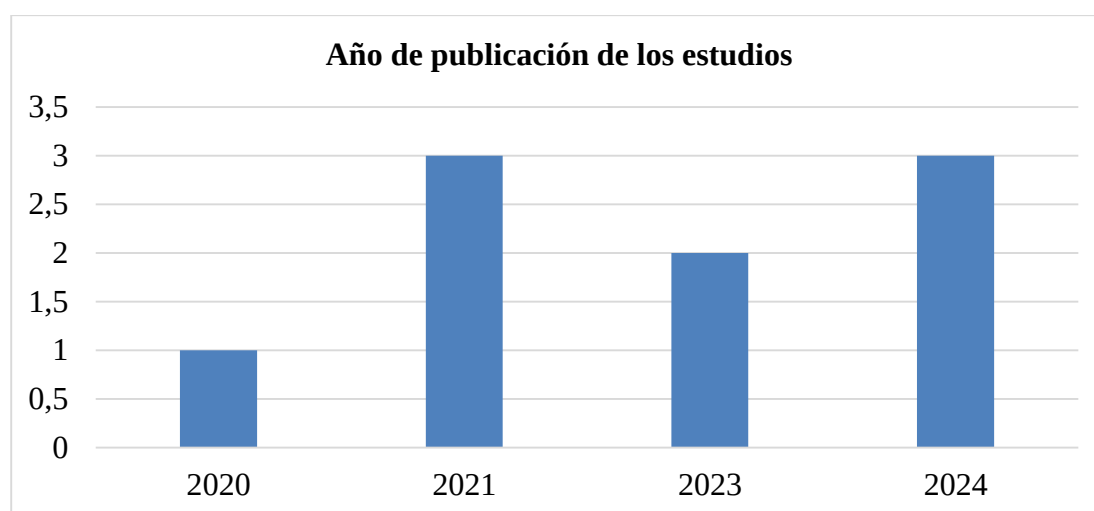
Nota. Suiza aportó el 33,3 %; los demás países, el 11,1 % cada uno.

Año de publicación del artículo

En la figura 4, del total de nueve estudios analizados, el 33,3 % fue publicado en 2021 y otro 33,3 % en 2024, representando los años con mayor producción, en 2023 se registró el 22,2 % de los artículos, mientras que solo un 11,1 % fue publicado en 2020, no se identificaron publicaciones relevantes en el año 2022, lo que evidencia una discontinuidad temporal en la producción científica, seguida de un repunte en los años más recientes

Figura 4

Año de publicación de los estudios.



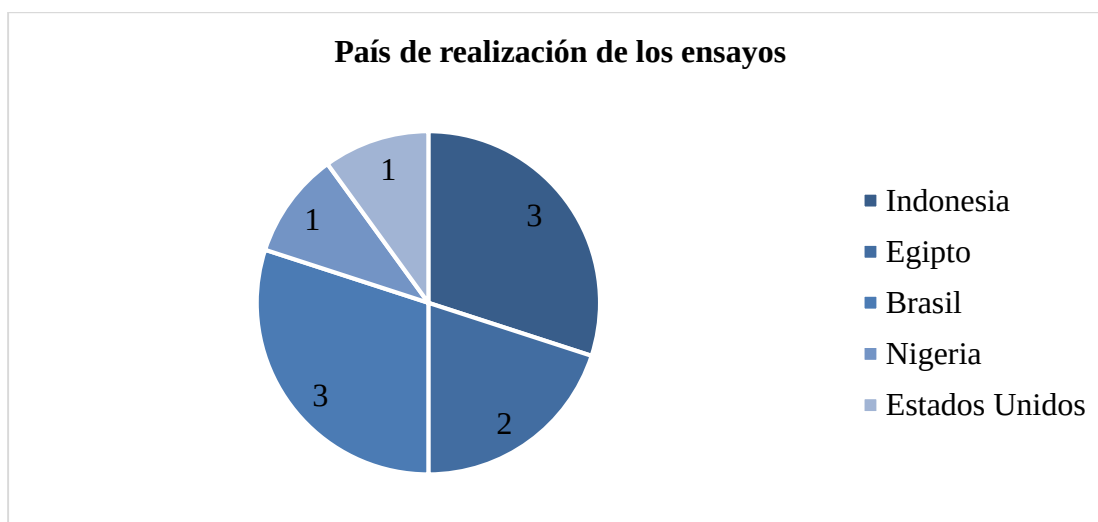
Fuente: elaboración propia.

Nota. La mayoría de los estudios se publicaron en 2021 y 2024 (33,3 % cada uno), seguidos de 2023 (22,2 %) y 2020 (11,1 %).

País de realización del estudio.

La gráfica 5 muestra la distribución de los ensayos analizados según el país en el que fueron realizados. Se observa que Indonesia y Brasil representan la mayor proporción, con tres ensayos cada uno, equivalentes a casi el 60 % del total. Le sigue Egipto, con dos ensayos, mientras que Nigeria y Estados Unidos aportan uno cada uno. Esta distribución evidencia una mayor concentración de investigaciones en países del sudeste asiático y Suramérica, lo cual puede estar relacionado con el desarrollo de la avicultura en climas tropicales y subtropicales, donde los factores ambientales tienen una influencia significativa sobre el desempeño productivo de los pollos de engorde.

Figura 5
Procedencia de los estudios



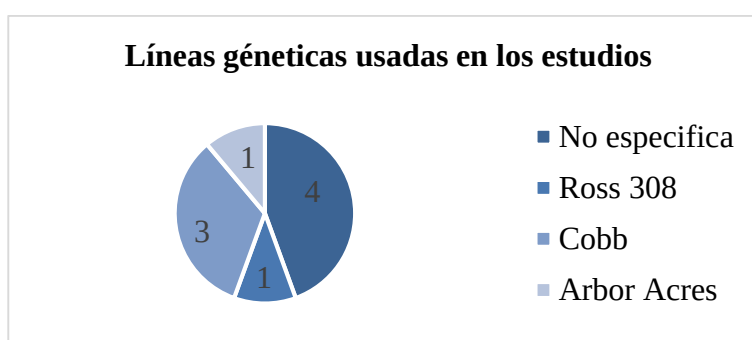
Fuente: elaboración propia.

Nota. La mayoría de los ensayos analizados se concentraron en Indonesia y Brasil, lo que resalta el interés investigativo en regiones tropicales con alta producción avícola.

Línea genética usada en los estudios

En la figura 6 se muestra las líneas genéticas de pollo de engorde usadas en el estudio. Se hace énfasis que en cuatro estudios no se especifica la línea genética usada 44.44%, siendo que de esos, uno no la reporta por no ser el objeto de estudio. Las restantes usan Coob® en tres estudios 33.33%, y uno usa Ross308® 11.11% y uno para Arbor Acres®.

Figura 6
Línea genética de los animales en estudio



Fuente: elaboración propia.

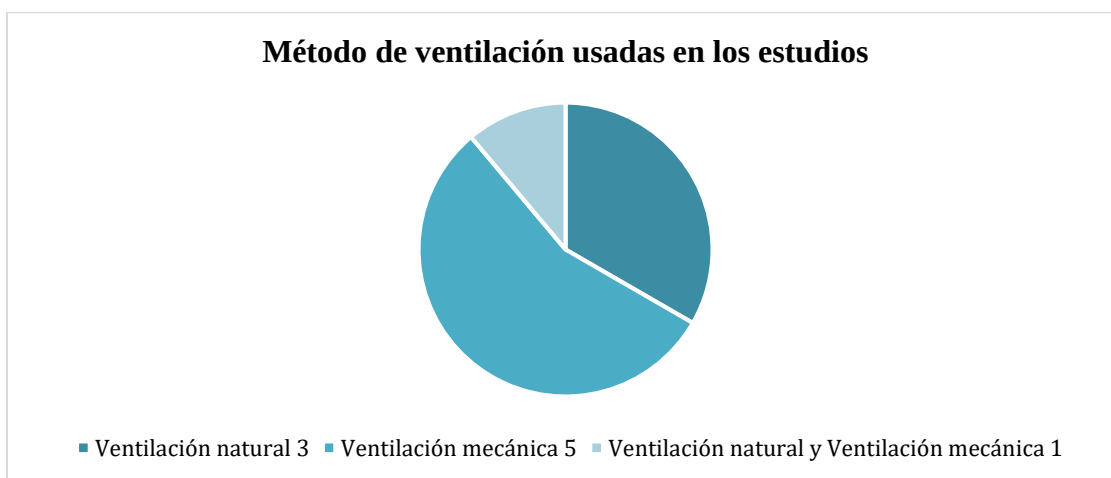
Nota. Todas las líneas genéticas son marcas registradas

Método de ventilación usado en los estudios

En los estudios se buscaba enfatizar en cuál era la ventilación usada, dando como criterio de búsqueda, el uso de ventilación forzada, sin embargo, se observó que muchas de las comparativas experimentales eran contrapuestas a la ventilación natural, por ello aparecen aquí reportadas en la figura 7.

Figura 7

Método de ventilación de los estudios



Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los estudios 55,6 % utilizaron ventilación mecánica como método principal. El 33,3 % emplearon ventilación natural, mientras que solo el 11,1 % combinaron ambos sistemas. Esta distribución sugiere una preferencia por sistemas mecánicos en las condiciones evaluadas.

Diseño experimental

El 66,7 % de los estudios utilizaron el diseño de bloques completamente al azar. Los enfoques de análisis descriptivo, diseño factorial $3 \times 3 \times 2$ y diseño completamente al azar se emplearon en el 11,1 % de los estudios cada uno. Esto indica una clara preferencia por métodos experimentales con mayor control estadístico (ver figura 8).

Figura 8
Diseño experimental de los estudios



Fuente: elaboración propia.

En total se obtuvo un número ***n*** total de 12.494 animales en experimentación obtenidos a través de seis estudios. Dos no eran reportados y uno no tenía a los animales como unidad en observación, como se mencionó antes.

Principales resultados de los estudios

A continuación, se presentan los resultados de los estudios de acuerdo a aquellos hallazgos relacionados con los objetivos específicos de este estudio.

Artículo 1

Atmospheric ammonia changes on different zone placement from the closed house inlet affecting broiler chicken performance in the rainy season

Se observó un aumento en los niveles de amoníaco atmosférico a medida que se incrementaba la distancia desde la entrada del galpón.

A partir de la Zona 2, se registró una disminución significativa en el consumo de alimento, ganancia de peso corporal, índice de rendimiento e ingreso sobre el costo de alimentación.

En la Zona 3, se evidenció un aumento significativo en la conversión alimenticia.

Se encontró una correlación negativa y significativa entre los niveles de amoníaco y el

rendimiento de los pollos, mientras que el índice de estrés térmico no mostró una correlación fuerte.

Artículo 2

Effects of Chronic Thermal Stress on Performance, Energy Metabolism, Antioxidant Activity, Brain Serotonin, and Blood Biochemical Indices of Broiler Chickens

El experimento comparó dos grupos de pollos de engorde Ross 308: uno expuesto a estrés térmico crónico y otro mantenido en condiciones termoneutrales. Los resultados mostraron diferencias significativas en diversos indicadores fisiológicos, metabólicos y productivos:

Grupo Termoneutral (TN)

Criado a una temperatura constante de 23 ± 1 °C. Mostró un mejor rendimiento productivo, con mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia y mayor consumo de alimento. Presentó valores normales y estables en los perfiles bioquímicos sanguíneos, como proteínas totales, albúmina y globulinas. Exhibió niveles adecuados de serotonina cerebral, lo que sugiere un buen estado de bienestar. Los niveles de enzimas antioxidantes (SOD y catalasa) fueron significativamente más altos, indicando una mejor capacidad de defensa celular contra el estrés oxidativo. El contenido hepático de ATP fue más elevado, evidenciando una mayor eficiencia metabólica.

Grupo con Estrés Térmico (TS)

Expuso a los animales a 34 °C durante 8 horas diarias (de 08:00 a 16:00), desde el día 22 hasta el final del ensayo. Presentó menor consumo de alimento, peor ganancia de peso y eficiencia de conversión alimenticia deteriorada. Se observaron alteraciones metabólicas: disminución de ATP y aumento de ADP y AMP, lo que indica una mayor demanda energética no compensada. Disminución significativa en la concentración de serotonina cerebral, lo cual se asocia con un mayor nivel de estrés y reducción del bienestar.

Mayor daño oxidativo, reflejado en la reducción de enzimas antioxidantes y en cambios bioquímicos asociados al estrés. Elevación de enzimas hepáticas como ALT y AST, y un aumento en los niveles de colesterol.

Conclusión comparativa

Las aves mantenidas en condiciones termoneutrales mostraron un mejor estado de salud general, mayor bienestar y mejores parámetros productivos, en comparación con aquellas sometidas a estrés térmico crónico. Esto evidencia la importancia crítica de controlar la temperatura y ventilación en galpones avícolas, especialmente en regiones cálidas.

Artículo 3

Tunnel-Ventilated Sheds with Negative Pressure Reduce Thermal Stress and Improve the Meat Quality of Broilers

Condiciones ambientales: La temperatura del aire y el índice de confort fueron más altos en los galpones con ventilación forzada positiva, indicando mayor estrés térmico. La humedad relativa fue mayor en los galpones con ventilación forzada negativa. Las variables analizadas estaban relacionadas con calidad de carne.

Artículo 4

Impact of stocking density on the rearing environment and growth performance of broiler chicken

A mayor densidad, se incrementó la temperatura y humedad relativa en el galpón. La densidad más baja (5 aves/m²) mostró: mejor ganancia de peso; mejor conversión alimenticia; mejor ambiente interno

La alta densidad (15 aves/m²) causó estrés térmico leve, menor consumo de alimento y crecimiento más lento.

Rendimiento de crecimiento: Las aves alojadas a 5 aves/m² mostraron el mejor rendimiento: Ganancia de peso semanal: 90g/ave/semana. Peso final: 2197.78 g/ave. Las aves

a 10 aves/m² tuvieron un rendimiento intermedio: ganancia de peso semanal:

95g/ave/semana. Peso final: 2018.52 g/ave. Las aves a 15 aves/m² presentaron el menor

rendimiento: Ganancia de peso semanal: 80g/ave/semana. Peso final: 1823.45 g/ave.

Conversión alimenticia: La eficiencia alimenticia disminuyó con el aumento de la densidad de alojamiento. 5 aves/m²: 1.8; 10 aves/m²: 2.0; 15 aves/m²: 2.2.

El estudio concluye que una menor densidad de alojamiento (5 aves/m²) proporciona un ambiente más favorable para el crecimiento de los pollos de engorde, con temperaturas más bajas, mejor ganancia de peso y mayor eficiencia alimenticia. A medida que aumenta la densidad, se observa un deterioro en las condiciones ambientales y en el rendimiento de las aves.

Artículo 5

Impacts of Heat Stress on Some Performance Parameters of Broiler Chicken Reared Under Different Stocking Densities

Efecto de la densidad de alojamiento: la alta densidad (HSD) tuvo efectos adversos significativos ($P < 0.05$) en el rendimiento de crecimiento de los pollos criados bajo condiciones termoneutrales y de estrés térmico crónico súbito.

Bajo condiciones de estrés térmico crónico gradual, las diferencias entre densidades no fueron significativas para la mayoría de los parámetros de rendimiento.

Efecto de la suplementación vitamínica: la suplementación con vitaminas mejoró el rendimiento de crecimiento (peso corporal y conversión alimenticia) de los pollos mantenidos bajo densidades medias o altas y expuestos a condiciones termoneutrales o de estrés térmico crónico súbito.

En condiciones de estrés térmico crónico gradual, la suplementación fue efectiva solo en pollos mantenidos a densidades baja y media.

Interacciones observadas: no se observaron diferencias significativas entre los pollos

sin suplementación a baja densidad y los pollos suplementados a densidad media bajo condiciones termoneutrales, lo que sugiere que la suplementación vitamínica puede mitigar los efectos negativos de una mayor densidad de alojamiento.

Artículo 6

Implementation of Government Assistance for Stators-tech Equipment at Broiler Chicken Closed Houses in Palopo City Indonesia

Índice de rendimiento (IP): Los productores que utilizaron la tecnología *stators-tech* alcanzaron un IP de 505, considerado como un rendimiento óptimo.

Mortalidad: Se registró una tasa de mortalidad del 3.65%, lo cual es aceptable dentro de los estándares de producción avícola.

Eficiencia del sistema: La implementación de *stators-tech* permitió reducir la intensidad del flujo de aire generado por los ventiladores, mejorando el confort térmico de las aves y optimizando el consumo de alimento.

Artículo 7

Impacts of Air Velocity Treatments Under Summer Conditions: Part III—Litter Characteristics, Ammonia Emissions, and Leg Health of Heavy Broilers

Emisiones de amoníaco: Las cámaras con alta velocidad de aire presentaron menores emisiones de NH_3 en comparación con las de baja velocidad, debido al efecto de secado de la cama que reduce la volatilización de amoníaco.

Calidad de la cama: La alta velocidad de aire mejoró la calidad de la cama, reduciendo el contenido de humedad y aumentando la retención de nitrógeno.

Salud de las patas: Las aves en cámaras con alta velocidad de aire mostraron menores puntuaciones de los indicadores de esta variable, indicando una mejor salud de las patas.

Peso corporal: Las aves expuestas a alta velocidad de aire alcanzaron mayores pesos corporales a los 42 y 61 días en comparación con las de baja velocidad.

Mortalidad: Excepto en el primer lote, las cámaras con alta velocidad de aire presentaron tasas de mortalidad más bajas en las semanas 6 a 8 del experimento.

Artículo 8

The effect of broiler chickens closed-house farm density on microclimate

Efecto de la densidad: A mayor densidad de aves, se observaron incrementos en la temperatura interna, humedad relativa y concentraciones de gases como el amoníaco, afectando negativamente el microclima del galpón.

Calidad de la cama: La mayor densidad también condujo a una cama más húmeda y compactada, lo que puede incrementar la emisión de gases y afectar la salud de las aves.

Recomendaciones: Es fundamental ajustar la ventilación y el manejo de la densidad para mantener un microclima óptimo que garantice el bienestar y rendimiento de los pollos de engorde.

Artículo 9

Characterization of the thermal environment in broiler houses with different climate control systems

La ventilación mecánica con control automatizado permitió mejor regulación de temperatura y humedad en comparación con ventilación natural.

Los galpones con ventilación de túnel mostraron mejor homogeneidad térmica y reducción del estrés térmico en las aves.

Sistemas de ventilación controlados mejoran las condiciones microclimáticas, favoreciendo el bienestar animal y potencialmente su rendimiento productivo.

Resultados por objetivo específicos

Objetivo específico 1: Identificar las tecnologías y dispositivos para mejorar el ambiente y los microclimas dentro de los galpones de avicultura.

En general son usados equipos para la ventilación forzada de aire, y termómetros para

la medición de temperatura, equipos para la medición de humedad relativa y equipos para la medición de la calidad de aire.

Objetivo específico 2: Indicar cuales tecnologías y dispositivos producen mejores resultados para la mejora de la calidad del aire.

La tecnología usada es básica y ya de amplio reconocimiento en la industria, y se refiere a los ventiladores para el movimiento forzado del aire, que además de ayudar a morigerar la temperatura del aire, mueven el amonio concentrado en las naves coadyuvando a la calidad del aire.

Objetivo específico 3: Establecer las mejorías cualitativas de los diferentes dispositivos y tecnologías, sobre parámetros de interés zootécnico.

En este sentido, el manejo de densidades junto con la ventilación forzada y el uso de dispositivos medidores de calidad de ambiente, coadyuvan en mejorar, la conversión alimentar, la ganancia de peso diaria, el peso vivo al final del ciclo y el consumo de alimento.

DISCUSIÓN

La revisión sistemática y detallada de la literatura permitió identificar una relación directa y consistente entre el manejo de la ventilación, la calidad del aire y el comportamiento alimenticio de los pollos de engorde, especialmente en los sistemas intensivos de producción en Colombia. Los hallazgos recopilados ofrecen una evidencia sólida de que la condición microambiental dentro del galpón reduce el consumo de alimento por parte de las aves, la ganancia de peso y la conversión alimenticia y, en general en la eficiencia productiva de las aves

El análisis de la literatura científica reciente revela que el manejo adecuado de la ventilación y la calidad del aire en galpones es fundamental para optimizar el consumo de alimento y el desempeño productivo de los pollos de engorde en Colombia, un país donde la

avicultura representa una de las principales fuentes de proteína animal y genera importantes beneficios económicos.

La revisión sistemática y detallada de la literatura permitió identificar una relación directa y consistente entre el manejo de la ventilación, la calidad del aire y el comportamiento alimenticio de los pollos de engorde. Los hallazgos recopilados ofrecen una evidencia sólida de que la condición microambiental dentro del galpón influye totalmente en el consumo de alimento por parte de las aves, la ganancia de peso y la conversión alimenticia y, en general, en la eficiencia productiva de las aves.

Calidad del aire y gases contaminantes en galpones colombianos

Uno de los hallazgos más consistentes en la literatura fue el impacto negativo de la acumulación de amoníaco (NH_3) en el interior de los galpones sobre el consumo de alimento, lo cual fue relevante en cinco de los nueve estudios, a lo cual Miles (2004) reporta concentraciones de NH_3 superiores a 25 ppm generan irritación de las mucosas respiratorias, disminución en la ingestión de alimento y mayor susceptibilidad a enfermedades. En ese sentido, el ICA (2022), advirtió que, en galpones sin sistemas de ventilación eficientes, los niveles de amoníaco pueden superar los rangos permisibles, comprometiendo el bienestar y el desempeño productivo. Estos postulados son validados por estudios como los de Suresh (2022) y Zhang (2021) en donde se destaca que la calidad del aire, al estar directamente influenciada por la ventilación y el manejo de la cama, es un determinante crítico para mantener un consumo constante de alimento y evitar fluctuaciones en la ganancia de peso.

Coincidiendo con esto, el Artículo 1 mostró que, a medida que se incrementaba la distancia desde la entrada del galpón y con ello los niveles de NH_3 , se registró una disminución significativa en el consumo de alimento y en el índice de rendimiento. En contraposición, el Artículo 7 evidenció que el uso de velocidades de aire más altas permitió reducir las emisiones de amoníaco al mejorar el secado de la cama, reforzando la relación

directa entre la ventilación eficiente y el control de contaminantes.

Ventilación mecánica y tecnologías de control ambiental

En Colombia, investigaciones recientes han evidenciado que el uso de ventilación mecánica cruzada y sistemas automatizados de monitoreo ambiental mejora significativamente el ambiente interno del galpón. López (2022), en un estudio realizado en el Valle del Cauca, demostró que la incorporación de túneles de ventilación y extractores automáticos permitió reducir la concentración de NH_3 en un 38 % y aumentar el consumo de alimento en un 10 %. De conformidad a ellos el uso de sensores IoT para el monitoreo continuo de temperatura, humedad y gases ha mostrado ser eficaz para mantener condiciones óptimas. Según Núñez y Martínez (2023), estas tecnologías mejoran la estabilidad del microclima y permiten ajustar el flujo de aire según las necesidades del lote, logrando una mejora de hasta un 8 % en la conversión alimenticia. Lo anterior es complementado por el Artículo 6, donde se destaca que la implementación de tecnología stators-tech logró optimizar el consumo de alimento y reducir la mortalidad al mejorar el confort térmico mediante un control más eficiente del flujo de aire. Asimismo, el Artículo 9 confirma que los galpones con ventilación mecánica automatizada logran una mejor regulación térmica y de humedad, en comparación con los sistemas de ventilación natural, lo que impacta directamente sobre el bienestar y productividad de las aves.

Temperatura, humedad y estrés térmico

Las condiciones climáticas tropicales propias de muchas regiones de producciones avícolas en Colombia exponen a las aves a niveles críticos de temperatura y humedad que pueden desencadenar estrés térmico. Estudios realizados en el departamento de Antioquia reflejan que incrementos de temperatura por encima de 30 °C reducen el consumo de alimento en un 15 % y la ganancia diaria de peso en un 20 % (Santos, 2021). Teniendo en cuenta ello, la humedad relativa superior al 70 % facilita la proliferación microbiana en la

cama, aumentando la producción de amoníaco y empeorando la calidad del aire (Rufino, 2021). Esto obliga a implementar estrategias específicas de ventilación y manejo de cama que ayuden a controlar estos factores, mejorando el bienestar animal y los indicadores productivos. En ese orden de ideas, el Artículo 2 analizó los efectos del estrés térmico crónico, mostrando que las aves criadas en condiciones termoneutrales presentaron un mejor perfil metabólico, mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia en comparación con aquellas expuestas a temperaturas elevadas. Estos resultados refuerzan la importancia de mantener condiciones térmicas estables, pero contrastan parcialmente con los hallazgos del Artículo 5, donde el estrés térmico crónico gradual no mostró diferencias significativas entre densidades de alojamiento, aunque la suplementación vitamínica mitigó en parte los efectos negativos. Esto sugiere que tanto el tipo de exposición térmica como las estrategias complementarias, como el uso de vitaminas o mejoras tecnológicas, pueden modular la respuesta del ave frente a condiciones adversas.

Impacto en desempeño productivo

El manejo eficiente de la ventilación y la calidad del aire se traduce en mejoras en la ganancia diaria de peso, reducción de mortalidad y optimización de la conversión alimenticia. En estudios colombianos recientes, se ha observado que la correcta implementación de ventilación mecánica puede aumentar la ganancia de peso hasta en un 8 % y mejorar la conversión alimenticia en 5 puntos porcentuales, lo que impacta directamente en la rentabilidad (FENAVI, 2024). Esto fue refrendado por el estudio de García et al., (2022). En esa misma línea, el Artículo 4 destaca que menores densidades de alojamiento (5 aves/m²) contribuyen significativamente a mejorar el peso final y la eficiencia alimenticia, lo cual es coherente con lo reportado por el Artículo 8, que relaciona la alta densidad con un incremento de gases nocivos y deterioro del microclima interno. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de considerar tanto la tecnología como el diseño del sistema productivo (disposición espacial

y densidad) como elementos integrales para alcanzar altos estándares productivos en la avicultura colombiana.

La tabla 2 resume los aspectos ambientales que como variables independientes afectan el consumo de alimento y en general el desempeño productivo.

Tabla 2

Factores ambientales y su impacto en el consumo y desempeño productivo en pollos de engorde en Colombia.

Factor Ambiental	Efecto en Consumo de Alimento	Efecto en Desempeño Productivo	Referencias
Amoníaco (NH ₃) elevado	Reducción significativa en ingesta de alimento	Disminución de ganancia y aumento de mortalidad	ICA, 2022; Miles et al., 2004; Suresh et al., 2022
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Disminución del consumo en estrés térmico	Impacto negativo indirecto en crecimiento	Zhang et al., 2021
Temperatura elevada (>30 °C)	Reducción del 15 % en consumo	Disminución del 20 % en ganancia diaria	Santos et al., 2021
Humedad relativa > 70 %	Reducción por proliferación microbiana	Deterioro en conversión y salud respiratoria	Rufino et al., 2021
Ventilación mecánica cruzada	Incremento del 10 % en consumo	Mejora en ganancia y conversión alimenticia	López et al., 2022; Núñez & Martínez, 2023

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El análisis de la literatura científica reciente permitió evidenciar que el manejo de la ventilación y la calidad del aire en los galpones avícolas desempeñan un papel crítico en la eficiencia productiva, el bienestar animal y el comportamiento alimenticio de los pollos de engorde. La revisión mostró que variables ambientales como el amoníaco, la humedad relativa, la temperatura y el flujo de aire inciden directamente en la salud respiratoria de las aves, en su consumo voluntario de alimento y, por ende, en su ganancia de peso y conversión alimenticia (Miles, 2004; Xin, 2009; Núñez & Martínez, 2023).

Asimismo, quedó demostrado que estrategias adecuadas de ventilación, acompañadas por tecnologías de monitoreo automatizado y un manejo eficiente de la cama, son herramientas clave para minimizar la acumulación de contaminantes y estabilizar las

condiciones microambientales dentro de los galpones (Ali, 2022; Pérez, 2020). Estos avances, cuando se aplican correctamente, favorecen entornos que estimulan el comportamiento de consumo de alimento y optimizan el rendimiento productivo.

En este contexto, el presente trabajo contribuye a consolidar la importancia de considerar el ambiente interno como un factor determinante dentro de los sistemas de producción intensiva. Si bien existe una base científica considerable, persiste la necesidad de continuar promoviendo investigaciones integradoras que relacionen el consumo de alimento con múltiples variables ambientales, de forma simultánea y contextualizada.

Por lo tanto, se concluye que para lograr una avicultura más eficiente, ética y sostenible, es fundamental implementar prácticas de manejo ambiental sustentadas en evidencia científica actualizada. Esta revisión proporciona lineamientos técnicos que pueden orientar tanto a productores como a profesionales del sector en la toma de decisiones más informadas, con miras a mejorar la productividad sin comprometer el bienestar de las aves ni la sostenibilidad del sistema productivo.

RECOMENDACIONES

Implementación de sistemas de ventilación controlada

Se recomienda a los productores avícolas adoptar sistemas de ventilación mecánica o automatizada que permitan un control preciso de variables como la temperatura, la humedad relativa y la concentración de gases (NH_3 , CO_2). Estos sistemas deben ser ajustados de acuerdo con la etapa de crecimiento de las aves, para garantizar un ambiente óptimo que favorezca el consumo de alimento y el desempeño productivo.

Monitoreo ambiental constante

Es fundamental establecer programas de monitoreo continuo de los parámetros ambientales dentro de los galpones. La instalación de sensores para medir temperatura,

humedad, velocidad del aire y niveles de gases permitirá realizar ajustes en tiempo real que optimicen el confort térmico de los animales y mejoren su eficiencia alimenticia.

Capacitación técnica del personal

Se recomienda capacitar constantemente al personal encargado del manejo avícola en temas relacionados con la bioseguridad, el bienestar animal y la importancia de las condiciones ambientales. El conocimiento técnico fortalece la toma de decisiones basadas en criterios científicos y reduce errores operacionales que puedan afectar el rendimiento productivo.

Diseño de galpones con criterios bioclimáticos

Para zonas de clima cálido-húmedo, como muchas regiones avícolas de Colombia, es recomendable diseñar infraestructuras avícolas que permitan una ventilación natural eficiente, el ingreso controlado de luz solar y el aislamiento térmico. Esto reduce la dependencia de sistemas mecánicos y mejora el bienestar general de las aves.

Fomentar investigaciones integradoras en Colombia

Se sugiere promover estudios nacionales que integren el análisis de ventilación, calidad del aire y comportamiento de consumo de alimento en los pollos de engorde bajo condiciones climáticas locales. Esta información es clave para ajustar las recomendaciones técnicas al contexto colombiano y fortalecer la sostenibilidad de la producción avícola.

Adopción de tecnologías sostenibles

Es importante fomentar el uso de tecnologías limpias y sostenibles en el manejo ambiental de los galpones, como sistemas de filtración de aire, reutilización de energía y reducción de emisiones contaminantes, con el fin de minimizar el impacto ambiental de la producción avícola intensiva.

Revisión periódica de las condiciones de cama

Se recomienda establecer protocolos de manejo y renovación de la cama para evitar la acumulación excesiva de materia orgánica y humedad, factores que elevan la producción de amoníaco y comprometen la salud respiratoria de las aves.

GLOSARIO¹

Aire viciado: Aire que ha perdido su calidad debido a la acumulación de gases como dióxido de carbono, amoníaco y vapor de agua, afectando la salud de los animales. Su presencia es común en galpones con ventilación deficiente.

Ambiente controlado: Condiciones internas de temperatura, humedad, ventilación y concentración de gases que son reguladas artificialmente para favorecer el bienestar animal y maximizar el rendimiento productivo.

Amoníaco (NH₃): Gas incoloro con olor irritante, generado por la descomposición microbiana del ácido úrico presente en las heces de las aves. En concentraciones superiores a 20-25 ppm puede causar daño respiratorio y reducir el consumo de alimento.

Bioseguridad: Conjunto de medidas preventivas orientadas a reducir el riesgo de introducción y propagación de enfermedades en las unidades de producción animal.

Calidad del aire: Medida del nivel de pureza del aire en un entorno cerrado. En avicultura, se refiere a la concentración de gases, partículas y microorganismos presentes en los galpones, con efecto directo sobre la salud de las aves.

Cama avícola: Material absorbente que recubre el piso del galpón (viruta, cascarilla de arroz, etc.), y cuya función es absorber excretas y humedad. Su deterioro afecta la calidad del aire y favorece la proliferación de amoníaco.

¹ FENAVI, 2022b.

Conversión alimenticia: Indicador zootécnico que refleja la eficiencia con la cual un ave transforma el alimento consumido en peso corporal. Se expresa como la relación entre los kilogramos de alimento ingerido y los kilogramos de peso ganados.

Control climático automatizado: Uso de sensores, ventiladores, extractores y sistemas computarizados para regular las condiciones ambientales dentro de los galpones (temperatura, humedad, gases), mejorando el confort térmico y la productividad.

Desempeño zootécnico: Resultado productivo del animal expresado a través de variables como ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y mortalidad.

Dióxido de carbono (CO₂): Gas incoloro e inodoro que se produce por la respiración de las aves y procesos fermentativos. Su acumulación indica deficiencia en la ventilación y puede provocar hipoxia.

Galpón avícola: Infraestructura cerrada o semicerrada utilizada para la producción de aves de corral, especialmente diseñada para controlar el ambiente interno y facilitar el manejo técnico.

Gases contaminantes: Sustancias gaseosas presentes en el ambiente que, en concentraciones elevadas, resultan perjudiciales para la salud animal. Los más comunes en avicultura son amoníaco, dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno.

Humedad relativa: Cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la máxima que este puede contener a una determinada temperatura. Afecta directamente la evaporación, el confort térmico y la calidad de la cama.

Microclima: Condiciones ambientales específicas (temperatura, humedad, ventilación, gases) dentro del espacio donde se alojan los animales. Su control es esencial para optimizar la productividad y bienestar de las aves.

Monitoreo ambiental: Proceso de medición continua de variables climáticas dentro del galpón, como temperatura, humedad, velocidad del aire y niveles de gases, con el fin de tomar decisiones de manejo adecuadas.

Pollos de engorde: Aves de crecimiento rápido y alta eficiencia alimenticia, seleccionadas genéticamente para la producción de carne en ciclos cortos (35 a 45 días en promedio).

Producción avícola intensiva: Sistema productivo que maximiza el rendimiento por unidad de superficie mediante el uso de genética especializada, alimentación balanceada, manejo técnico y ambiente controlado.

Sistema de ventilación: Conjunto de mecanismos naturales o mecánicos empleados para renovar el aire dentro de los galpones, eliminar gas contaminante y regular la temperatura.

Ventilación cruzada: Estrategia de ventilación mecánica en la que el aire se introduce y extrae de manera horizontal y opuesta, mejorando la distribución del aire y la eliminación de gases.

Ventilación mínima: Flujo de aire continuo, aunque reducido, utilizado durante las etapas iniciales del ciclo productivo para evitar acumulación de humedad y gases sin comprometer la temperatura.

ANEXO

Anexo 1

Carta aval.



Cúcuta, 10 de mayo del 2025

Señores
COMITÉ TRABAJO DE GRADO
Medicina Veterinaria
Facultad Ciencias Agrarias

Por medio del presente la Granja Avícola San Francisco, ubicada en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, hace saber que la estudiante Laura Yeraldin Clavijo Amaris con código 1007406253, del programa de Medicina Veterinaria de la Facultad Ciencias Agrarias, está cursando sus pasantías empresariales y durante su tiempo de práctica del 03 de marzo al 3 de agosto del 2025, llevó a cabo su trabajo de grado sobre los efectos del manejo de la ventilación y la calidad del aire en el consumo de alimento en pollos de engorde. Una revisión sistemática de 2020 a 2024, además, de acompañar y apoyar en todo momento la producción avícola.

Atentamente


FIRMA / TP
Doctor (a)
Nelson Francisco Rincón Gómez
CC: 9.614.165
MP 16757 COMVEZCOL



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (+57) 3153424495 - 3193244475
www.unpamplona.edu.co

REFERENCIAS

- Ali, H., Chen, Q., & Li, M. (2022). Preliminary evaluation of an advanced ventilation-control algorithm to optimise microclimate in a commercial broiler house. *Poultry Science*, 101(3), 101345.
- Al-Zaidi, A. A. M. (2022). Ventilation system design for poultry buildings. *Net Journal of Agricultural Science*, 10(1), 1–6.
- Anderson, D. P., & MacLeod, M. (2020). Air quality and broiler performance: A global review. *Poultry Science*, 99(7), 3456–3467.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2022). *Colombian chicken exports*.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2022b). Glosario.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2023). *Fenaviquín agosto 2023*.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2024). *El sector avícola registra un crecimiento de 2,8% en el 2024*.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2024b). *Guía ambiental para el subsector avícola*. https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/GUIA_AMBIENTAL_SUBSECTOR_AVICOLA.pdf
- García, M., López, S., & Pérez, J. (2022). Assessment of husbandry practices that can reduce the negative effects of exposure to low ammonia concentrations in broiler houses. *Animals*, 12(9), 1096.
- Gates, R. S., Casey, K. D., Wheeler, E. F., Xin, H., & Pescatore, A. J. (2019). Ammonia emissions and nutritional strategies in broiler production. *Journal of Applied Poultry Research*, 28(3), 512–522.

- Gómez-de-Travededo, P., Ramírez, R., & López, J. (2023). Review of measures to control airborne pollutants in broiler housing. *Animal Environment and Welfare*, 45(2), 55–64.
- ICA. Metodología para evaluar bienestar animal en aves de corral y de traspatio. (2024). Equipo técnico para la elaboración y revisión de la metodología Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Pecuaria/Servicios/Inocuidad-en-las-Cadenas-Agroalimentarias/Bienestar-Animal/Metodologia-EBA-Aves-de-Corral_30JL.pdf.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2022). *Informe técnico del sector avícola colombiano*.
- Liu, H., Zhang, L., Wang, T., & Wang, J. (2020). Heat stress impacts on broiler performance: A systematic review and meta-analysis. *Poultry Science*, 99(11), 6205–6211.
- Liu, Y., Wang, X., & Zhao, J. (2021). Distinct patterns of feed intake and their association with growth performance in broilers. *Journal of Animal Science*, 99(6), 1–10.
- Martínez-López, L., & Ramírez, C. (2021). Efectos del microclima en el rendimiento de pollos de engorde en galpones cerrados. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 13(2), 120–128.
- Miles, D. M., Branton, S. L., & Lott, B. D. (2004). Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. *Poultry Science*, 83(10), 1650–1654.
- Núñez, J., & Martínez, L. (2023). Use of IoT sensors to build an intelligent monitoring and control system for poultry houses. *Sensors and Materials*, 35(4), 1234–1245.
- Núñez, L., & Martínez, A. (2023). Evaluation of different litter management techniques on broiler performance and ammonia emissions. *Environmental Poultry Research*, 37(1), 42–50.

- Pérez J. E. (2023). *Evaluación del sistema de monitoreo inteligente con IoT en granja avícola*. [Trabajo De grado, Universidad Agraria La Molina] Repositorio institucional.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/27278d4d-40c0-4d6b-8208-61107902749d/content>
- Pérez, J. A., Gómez, R., & Rodríguez, L. (2020). High litter moisture content suppresses litter ammonia volatilization. *Poultry Science*, 99(7), 3450–3456.
- Rong, L., Pedersen, S., & Zhang, G. (2021). Exploring ventilation efficiency in poultry buildings: Validation of CFD in a cross-mechanically ventilated broiler farm. *Biosystems Engineering*, 200, 52–64.
- Rufino, J. P., Lara, L. J. C., Baião, N. C., Costa, F. G. P., Lima, R. C., & Oliveira, C. J. B. (2021). Air quality and litter moisture in broiler houses and its influence on performance and welfare: A review. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 23(1), 1–12.
- Santos, L. M., Oliveira, R. F. M., & Silva, J. H. V. (2021). Modeling the performance of broilers under heat stress. *Poultry Science*, 100(8), 101234.
- Santos, M. C., & Silva, R. T. (2022). Ventilación mecánica y control ambiental en la avicultura moderna. *Avances en Producción Animal*, 8(1), 45–59.
- Santos, V. C., Oliveira, R., & Batista, L. (2020). Heat stress impacts on broiler performance: A systematic review and meta-analysis. *Livestock Science*, 240, 104142.
- Suresh, D., Kumar, P., & Narayan, R. (2022). Microbiological indoor and outdoor air quality in chicken fattening houses. *Veterinary Microbiology*, 258, 109123.
- Wajid, M., Tariq, M. M., & Aslam, A. (2024). The impact of air source heat pump on the production performance of broiler chicks. *Journal of Cleaner Production*, 416, 137869.

- Xin, H., Gates, R. S., Green, A. R., Mitloehner, F. M., Moore Jr, P. A., & Wathes, C. M. (2009). Environmental impacts and sustainability of egg production systems. *Poultry Science*, 90(1), 263–277.
- Zhang, T., Huang, J., & Li, Z. (2021). Growth performance and meat quality traits in broiler chickens reared on different flooring systems. *Poultry Science*, 100(9), 101248.
- Zhang, Y., & Zhu, Z. (2023). Environmental control strategies in poultry houses: Impact on growth performance. *Livestock Environment*, 14(4), 211–223.

LITERATURA CONSULTADA PARA LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

- Fatkul, N., Sarjana, T., Suprijatna, E. (2021). Atmospheric ammonia changes on different zone placement from the closed house inlet affecting broiler chicken performance in the rainy season. *P Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 803.
- Ahmed-Farid, O.; Salah, A.; Nassan, M.; El-Tarabany, M. (2021). Effects of Chronic Thermal Stress on Performance, Energy Metabolism, Antioxidant Activity, Brain Serotonin, and Blood Biochemical Indices of Broiler Chickens. *Animals*. 11.
- Sakamoto, K.; Freitas, R.; Benincasa, N.; Contreras, C.; Villegas, C.; Oliveira, I. (2021). Tunnel-Ventilated Sheds with Negative Pressure Reduce Thermal Stress and Improve the Meat Quality of Broilers. 14.
- Asaniyan, E. K.; Akinduro, V. O. (2020). Impact of stocking density on the rearing environment and growth performance of broiler chicken. *Nig. J. Anim. Prod.*, 47(6).
- Ayoub, M.; EL-Adel, M.; Nossair, M.; Shaaban, S. Farag, H.; Mansour, A.; Saleh, N. (2023) Impacts of Heat Stress on Some Performance Parameters of Broiler Chicken Reared Under Different Stocking Densities. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13(4).
- Harahap, B.; Widodo, W.; Sutanto, A.; Sapar; Zalizar, L.; Mujianto, I.; Purnomo, H.; Syafruddin; Rosa, I. (2023). Implementation of Government Assistance for Stators-tech Equipment at Broiler Chicken Closed Houses in Palopo City Indonesia. *BIO Web of Conferences* 69.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/20236904013>
- West, D.; Akter, S.; Cheng, B.; Oviedo, E.; Classen, J.; Wang-Li, L. (2024). Impacts of Air Velocity Treatments Under Summer Conditions: Part III—Litter

Characteristics, Ammonia Emissions, and Leg Health of Heavy Broilers. *Animals*. 14.

Zakaria, J.; Deg, N.; Widjastuti, T.; Mansyur, Nur, M. (2024). The effect of broiler chickens closed-house farm density on microclimate. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 24(1). DOI: 10.24198/jit.v24i1.52818

Teles, C.; Gates, R.; Souza, C.; Tinôco, I.; Vilela, M. (2020). Characterization of the thermal environment in broiler houses with different climate control systems. *Eng.Agric.* 40(5).