ISSN: 2806-5697
Vol. 7 – Núm. E2 / 2026

Microbiota intestinal y su impacto en la fertilidad y la calidad seminal en gallos reproductores: una revisión

Gut microbiota and its impact on fertility and semen quality in breeding roosters: a review

Microbiota intestinal e seu impacto na fertilidade e na qualidade seminal em galos reprodutores: uma revisão

Alcívar Arteaga Efrén Narcilo[1]
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
efren_alcivar_mmv@espam.edu.ec
https://orcid.org/0009-0008-2161-6126

Alcívar Guadamud Wilmer Wagner[2]
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López
wwalcivar@espam.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-6863-7191

DOI / URL: https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE2/1691

Como citar:
Alcívar Arteaga, E.N. & Alcívar Guadamud, W. W. (2026). Microbiota intestinal y su impacto en la fertilidad y la calidad seminal en gallos reproductores: una revisión. Código Científico Revista de Investigación, 7(E2), 1336-1362.

***Recibido**:25/08/2026* ***Aceptado**:23/092026* ***Publicado**: 30/09/2026*

Resumen

Las condiciones de la producción avícola moderna han incrementado el interés por mejorar la función reproductiva en gallos, dado que su fertilidad determina la productividad del lote y el desempeño económico del sector. El Presente estudio tuvo el objetivo de sintetizar la evidencia científica disponible acerca del impacto de las intervenciones en la microbiota intestinal sobre la calidad seminal de gallos reproductores. Se desarrolló una revisión sistemática con síntesis narrativa, apoyada del método analítico y la técnica del análisis documental, empleando como instrumentos el cribado PRISMA y una matriz de sistematización de datos. La evidencia se obtuvo de bases como Scopus, Web of Science, CAB-Abstract, DOAJ y Google-Scholar, incluyendo estudios en inglés y español relacionados con gallos reproductores y la modulación de la microbiota intestinal orientada a la calidad seminal. Se realizó la evaluación del sesgo mediante la herramienta SYRCLE, que analizó los dominios como la aleatorización, el cegamiento y el reporte de resultados, para valorar la calidad metodológica de la evidencia incluida. Los resultados muestran que las intervenciones se asociaron con mejoras en la motilidad, la viabilidad y la integridad de la membrana espermática, así como en parámetros relacionados con el estado oxidativo y hormonal. No obstante, los efectos sobre el volumen seminal y algunos minerales del plasma seminal fueron variables entre los estudios analizados. Se concluye que la modulación de la microbiota intestinal representa una estrategia prometedora para mejorar la calidad reproductiva en gallos, aunque su respuesta depende de las condiciones experimentales y del tipo de intervención aplicada.

Palabras clave: Producción avícola, nutrición funcional, modulación intestinal, rendimiento reproductivo, fisiología reproductiva aviar.

Abstract

Modern poultry production conditions have increased interest in improving reproductive function in roosters, given that their fertility determines flock productivity and the economic performance of the sector. The objective of this study was to synthesize the available scientific evidence regarding the impact of interventions on the gut microbiota on the semen quality of breeding roosters. A systematic review with a narrative synthesis was conducted, supported by analytical methods and documentary analysis techniques, using the PRISMA screening tool and a data systematization matrix. Evidence was obtained from databases such as Scopus, Web of Science, CAB-Abstract, DOAJ, and Google Scholar, including studies in English and Spanish related to breeding roosters and the modulation of the gut microbiota aimed at improving semen quality. Bias assessment was performed using the SYRCLE tool, which analyzed domains such as randomization, blinding, and reporting of results to evaluate the methodological quality of the included evidence. The results show that the interventions were associated with improvements in motility, viability, and sperm membrane integrity, as well as in parameters related to oxidative and hormonal status. However, the effects on seminal volume and certain seminal plasma minerals varied among the analyzed studies. It is concluded that modulating the gut microbiota represents a promising strategy for improving reproductive quality in roosters, although the response depends on experimental conditions and the type of intervention applied.

Keywords: Poultry production, functional nutrition, intestinal modulation, reproductive performance, avian reproductive physiology.

Resumo

As condições da avicultura moderna têm aumentado o interesse em melhorar a função reprodutiva dos galos, uma vez que sua fertilidade determina a produtividade do lote e o desempenho econômico do setor. O presente estudo teve como objetivo sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre o impacto das intervenções na microbiota intestinal sobre a qualidade seminal de galos reprodutores. Foi realizada uma revisão sistemática com síntese narrativa, apoiada no método analítico e na técnica de análise documental, utilizando como instrumentos a triagem PRISMA e uma matriz de sistematização de dados. As evidências foram obtidas em bases de dados como Scopus, Web of Science, CAB-Abstract, DOAJ e Google Scholar, incluindo estudos em inglês e espanhol relacionados a galos reprodutores e à modulação da microbiota intestinal voltada para a qualidade seminal. A avaliação do viés foi realizada por meio da ferramenta SYRCLE, que analisou domínios como randomização, cegamento e relato de resultados, para avaliar a qualidade metodológica das evidências incluídas. Os resultados mostram que as intervenções se associaram a melhorias na motilidade, viabilidade e integridade da membrana espermática, bem como em parâmetros relacionados ao estado oxidativo e hormonal. No entanto, os efeitos sobre o volume seminal e alguns minerais do plasma seminal variaram entre os estudos analisados. Conclui-se que a modulação da microbiota intestinal representa uma estratégia promissora para melhorar a qualidade reprodutiva em galos, embora sua resposta dependa das condições experimentais e do tipo de intervenção aplicada.

Palavras-chave: Produção avícola, nutrição funcional, modulação intestinal, desempenho reprodutivo, fisiologia reprodutiva aviária.

Introducción

En las últimas décadas, la microbiota intestinal ha sido reconocida como un componente esencial de la fisiología de las aves reproductoras, debido a que desempeña un papel fundamental en la digestión, la absorción de nutrientes, la regulación del sistema inmunológico y el metabolismo energético (Kogut, 2022; Khasanah et al., 2024). Se ha demostrado que la microbiota intestinal participa activamente en la fermentación de carbohidratos no digeribles, la producción de ácidos grasos de cadena corta, la regulación de la integridad de la mucosa intestinal y la activación de rutas metabólicas e inmunológicas que influyen directamente en la salud y el desempeño reproductivo de los gallos (Yadav & Jha, 2019; Jha et al., 2020).

En el contexto de los gallos reproductores, la microbiota intestinal está conformada principalmente por los *phyla Firmicutes, Actinobacteriota, Proteobacteriota y Bacteroidota*,

los cuales integran un sistema biológico dinámico estrechamente relacionado con la nutrición y el estado fisiológico de las aves (Jiang et al., 2024). Desde el punto de vista nutricional, la fisiología reproductiva del gallo depende de un suministro continuo y eficiente de nutrientes necesarios para la espermatogénesis, la función mitocondrial espermática, la síntesis de testosterona y la protección antioxidante de las células germinales; por tanto, la calidad seminal es sensible al estado nutricional y metabólico del gallo (Fouad et al., 2020; Yan et al., 2023).

Bajo este escenario, la eficacia en la absorción de nutrientes esenciales tales como aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes depende en gran medida del equilibrio de la microbiota intestinal, particularmente en el íleon y los ciegos, donde se concentra la mayor diversidad bacteriana (Stanley et al., 2024). Este equilibrio también se asocia con una mayor biodisponibilidad de nutrientes y ácidos grasos poliinsaturados, los cuales participan en la estabilidad de la membrana espermática, la función mitocondrial y la protección frente al estrés oxidativo (Surai et al., 2019). En contraste, la disbiosis intestinal altera estos procesos de digestión, absorción, y la permeabilidad intestinal, desencadenando respuestas inflamatorias que comprometen la salud y la reproducción en gallos (Kogut, 2022).

En este contexto, diversos estudios han evaluado estrategias nutricionales orientadas a la modulación de la microbiota intestinal con el objetivo de mejorar parámetros reproductivos en gallos. Lv et al. (2025) evidenciaron que la utilización de probióticos se asocia con mejoras en indicadores de la calidad espermática, lo que sugiere una posible relación entre la microbiota intestinal, la nutrición y la función reproductiva en gallos reproductores.

De manera complementaria, Ferenczi et al. (2025) proponen el probiótico *Lactiplantibacillus plantarum* SNI3 como estrategia para mejorar la función reproductiva en gallos, así como el análisis de la participación de genes testiculares y mecanismos antioxidantes en la mediación de estos efectos. De forma general, estudios previos también han reportado mejoras en la calidad seminal asociadas a incrementos en la viabilidad espermática y

reducciones en anomalías morfológicas y defectos acrosómicos en gallos reproductores (Ahangari et al., 2013; Prabakar et al., 2021; Asghari et al., 2025). Aunque la evidencia sobre la relevancia de la microbiota intestinal en la salud y el metabolismo de las aves ha aumentado de manera consistente, persisten vacíos de conocimiento respecto a su impacto específico en la fertilidad y la calidad seminal de los gallos reproductores. La mayoría de los estudios se centran en parámetros productivos de pollos de engorde y gallinas ponedoras, mientras que las investigaciones en reproductores son más escasas y heterogéneas, enfocándose principalmente en variables fisiológicas asociadas a la calidad seminal y biomarcadores antioxidantes (Bajagai et al., 2024).

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…" con estos antecedentes el objetivo del presente estudio fue sintetizar la evidencia científica disponible acerca del impacto de las intervenciones en la microbiota intestinal sobre la calidad seminal de gallos reproductores. 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: ¿Qué efectos ha tenido la modulación de la microbiota intestinal sobre los parámetros de calidad seminal, así como sobre los biomarcadores antioxidantes en gallos reproductores? y ¿Cómo influye la modulación de la microbiota intestinal sobre la actividad endocrina reproductiva de los gallos?

Metodología

El estudio es de índole no experimental, con un enfoque cualitativo y de alcance descriptivo, desarrollado a través de una revisión bibliográfica sistemática de síntesis narrativa, esta se apoyó del método documental para la recopilación de información a partir de literatura científica publicada. Asimismo, se adoptó el método analítico para examinar las características metodológicas y los resultados de los estudios seleccionados, e integrar la evidencia

relacionada con el objeto de estudio. Como técnica de investigación se empleó la revisión documental, mediante fases de búsqueda, cribado y evaluación de elegibilidad, mismas que permitieron organizar la evidencia científica relacionada con intervenciones en la microbiota intestinal y su efecto sobre la calidad seminal en gallos reproductores. Conjuntamente, se planteó como instrumento una matriz de sistematización destinada a extraer y caracterizar la información relevante de cada estudio incluido.

Debido a la naturaleza cualitativa de la revisión y a la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos, no se pudo aplicar estadística descriptiva o inferencial ni emplear un metaanálisis cuantitativo, estas diferencias limitaron la comparabilidad directa de los resultados, por lo que se optó por una síntesis cualitativa estructurada que permitió organizar y contrastar la evidencia disponible. Para facilitar la interpretación de los hallazgos relacionados con la dirección del efecto de las intervenciones en la microbiota intestinal sobre los parámetros seminales y reproductivos evaluados en los estudios incluidos, se empleó el esquema de dirección del efecto (effect direction plot) descrito por Thomson y Thomas (2012) y Boon (2020), en este enfoque, las flechas representan la tendencia observada: ↑ incremento del parámetro, ↓ disminución y ↔ ausencia de cambio significativo (NS); en los casos con resultados heterogéneos se utilizaron combinaciones de flechas para reflejar la variabilidad dentro de un mismo desenlace.

Estrategias de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Science y CAB Abstracts, complementada con el Directory of Open Access Journals (DOAJ) y Google Scholar como fuentes adicionales de recuperación de literatura científica. Adicionalmente, se consultaron plataformas editoriales como Elsevier ScienceDirect y Taylor & Francis para el acceso a artículos en texto completo. Para la identificación de los estudios se emplearon palabras clave en español e inglés relacionadas con gallos reproductores, microbiota intestinal,

intervenciones dietarias y calidad seminal. Entre los términos utilizados se incluyeron: “gallos reproductores”, “reproductores pesados”, “microbiota intestinal”, “salud intestinal”, “calidad seminal”, “calidad espermática”, “motilidad espermática”, “viabilidad espermática”, “morfología espermática”, “fertilidad”, “probióticos”, “antioxidantes”, “vitaminas”, “minerales”, “fitogénicos” y “suplementación dietaria”, junto con sus equivalentes en inglés.

Tabla 1.
Sintaxis booleana empleada en la búsqueda bibliográfica.

Combinación	Ecuaciones de búsqueda en inglés	Ecuaciones de búsqueda en español
Combinación simultánea de palabras con (AND).	"rooster" AND "intestinal microbiota" AND "semen quality"	"gallos reproductores" AND "microbiota intestinal" AND "calidad seminal"
	"Broiler breeder" AND "gut health" AND "sperm motility"	"reproductores pesados" AND "salud intestinal" AND "motilidad espermática"
	"Breeder rooster" AND "probiotics" AND "sperm viability"	"gallos reproductores" AND "probióticos" AND "viabilidad espermática"
	"Intestinal microbiota" AND "antioxidants" AND "fertility"	"microbiota intestinal" AND "antioxidantes" AND "fertilidad"
Combinación simultánea de palabras con (OR)	"rooster" OR "breeder rooster" OR "broiler breeder"	"gallos reproductores" OR "reproductores pesados"
	"Intestinal microbiota" OR "gut health"	"microbiota intestinal" OR "salud intestinal"
	"Semen quality" OR "sperm quality"	"calidad seminal" OR "calidad espermática"
	"Sperm motility" OR "sperm viability" OR "sperm morphology"	"motilidad espermática" OR "viabilidad espermática" OR "morfología espermática"
Combinación simultánea de palabras con (NOT)	"Intestinal microbiota" AND "rooster" NOT "laying hens"	"microbiota intestinal" AND "gallos reproductores" NOT "gallinas ponedoras"
	"probiotics" AND "poultry" NOT "broilers growth performance"	"probióticos" AND "aves de corral" NOT "rendimiento productivo"

Nota. Las ecuaciones de búsqueda se construyeron mediante operadores booleanos estándar (AND, OR, NOT) en inglés y español, adaptados a las sintaxis de cada base de datos.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudios publicados en inglés y español entre 2011 y 2025, realizados en gallos reproductores (*Gallus gallus*) y orientados a evaluar intervenciones nutricionales relacionadas con la modulación de la microbiota intestinal, mediante probióticos, vitaminas, minerales, fitogénicos, entre otros. Los estudios debían reportar al menos un parámetro de calidad seminal. Se incluyeron investigaciones con diseño experimental, grupos control o comparadores, disponibilidad de texto completo y publicación en revistas científicas revisadas por pares.

Como parámetros de interés, se adoptaron el volumen y la concentración espermática, motilidad, viabilidad, morfología, integridad de membrana, potencial mitocondrial y apoptosis, además, se consideraron variables complementarias relacionadas con la función reproductiva, tales como testosterona, hormona luteinizante (LH), hormona foliculoestimulante (FSH) y biomarcadores antioxidantes.

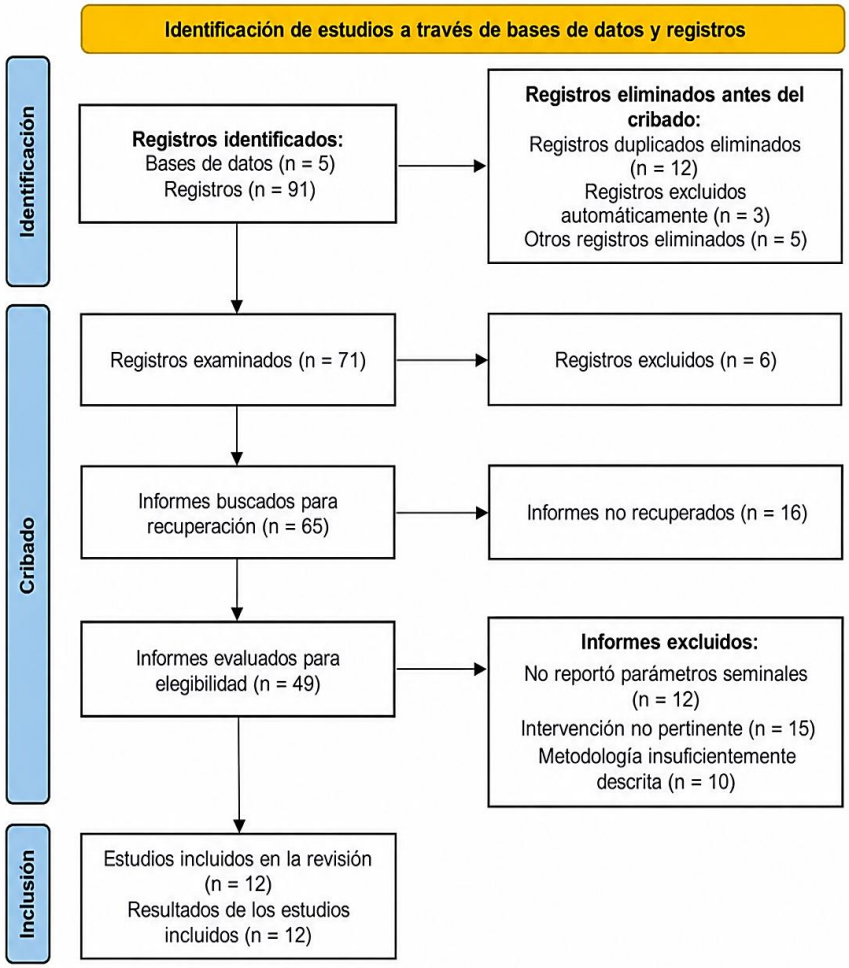
Como criterios de exclusión, se descartaron tesis, disertaciones, revisiones narrativas o sistemáticas, resúmenes de congreso, investigaciones de índole productivo, aves no reproductoras y gallinas ponedoras, estudios sin acceso a texto completo, así como artículos que no evaluaran parámetros seminales o reproductivos de pollos reproductores, también se excluyeron estudios que no presentaran una metodología experimental definida o cuyos resultados no permitieran identificar los efectos de la intervención aplicada.

Cribado y selección de estudios

El proceso de cribado y selección de los estudios se realizó conforme a los lineamientos de la declaración PRISMA 2020, la búsqueda inicial de los estudios permitió identificar 91 registros de 5 fuentes bibliográficas, antes del proceso de cribado, se eliminaron 12 estudios duplicados, 3 registros como no elegibles mediante herramientas automáticas de búsqueda y 5 investigaciones descartadas por otros criterios de exclusión antes mencionados. Como resultado, 71 registros fueron sometidos a revisión de títulos y resúmenes, en esta fase se excluyeron 6 documentos que no se ajustaban al contexto de la revisión, por lo cual se seleccionaron 65 estudios para recuperarlos a textos completos, de estos, 16 no estuvieron disponibles. Posterior a esta etapa, 49 estudios fueron evaluados en la fase de elegibilidad, de estos, se excluyeron 37 estudios dado que no reportaban parámetros seminales (n = 12), abordaban intervenciones no pertinentes para el objetivo de la revisión (n = 15) o presentaban una descripción metodológica insuficiente (n = 10). Finalmente, se incluyeron 12 estudios en

la síntesis cualitativa, los cuales sustentaron el análisis de los efectos de las intervenciones dirigidas a la microbiota intestinal sobre la calidad seminal de gallos reproductores.

Figura 1.
Flujograma del proceso de selección de estudios conforme a la declaración PRISMA.



Nota. Proceso de selección de estudios, desde la identificación hasta la inclusión final, siguiendo los lineamientos establecidos por PRISMA y Haddaway et al. (2022).

Evaluación del Sesgo

El riesgo de sesgo de los estudios seleccionados para la revisión s se evaluó mediante la herramienta SYRCLE (Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation). Se analizaron nueve dominios metodológicos, secuencia aleatoria, asignación oculta, características basales, cegamiento de investigadores y evaluadores, datos incompletos, reporte selectivo, aleatorización del alojamiento y cegamiento del cuidado animal.

Tabla 2.
Evaluación del riesgo de sesgo en los estudios incluidos mediante la herramienta SYRCLE.

Autor / Año	SA	AO	CB	CI	CE	DI	RS	AA	CC	Riesgo global
Asghari et al. (2025)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Bajo	Incierto	Moderado
Lv et al. (2025)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Incierto	Incierto	Moderado
Raei et al. (2021)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Bajo	Incierto	Moderado
Khan et al. (2013a)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Bajo	Incierto	Moderado
Prabakar et al. (2021)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Incierto	Incierto	Moderado
Khan et al. (2012a)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Bajo	Incierto	Moderado
Inatomi & Otomaru (2018)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Incierto	Incierto	Moderado
Amem & Al-Daraji (2011)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Incierto	Incierto	Moderado
Ahangari et al. (2013)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Incierto	Incierto	Moderado
Khan et al. (2013b)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Bajo	Incierto	Moderado
Prabhakar et al. (2024)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Incierto	Incierto	Moderado
Khan et al. (2012b)	Bajo	Incierto	Bajo	Incierto	Incierto	Bajo	Bajo	Bajo	Incierto	Moderado

Nota. La evaluación del riesgo de sesgo se realizó utilizando la herramienta SYRCLE's Risk of Bias (Hooijmans et al., 2014), desarrollada para la evaluación de estudios experimentales en animales. SA = secuencia aleatoria; AO = asignación oculta; CB = características basales; CI = cegamiento de investigadores; CE = cegamiento de evaluadores; DI = datos incompletos; RS = reporte selectivo; AA = aleatorización del alojamiento; CC = cegamiento del cuidado.

Los dominios de secuencia aleatoria y características basales presentaron bajo riesgo de sesgo, debido a que los estudios describieron adecuadamente la asignación de los grupos experimentales y su comparabilidad inicial. De igual forma, los dominios de datos incompletos y reporte selectivo mostraron también un bajo riesgo, al reportarse de manera completa los resultados obtenidos. En contraste, la asignación oculta, el cegamiento de investigadores y evaluadores, así como el cegamiento del cuidado animal, fueron clasificados como riesgo incierto, debido a la ausencia de información metodológica suficiente en los artículos

revisados, esta limitación es frecuente en estudios experimentales de producción animal, donde los procedimientos de enmascaramiento no siempre se describen de forma explícita o son de difícil aplicación práctica. En general, la evidencia analizada presentó un riesgo de sesgo global moderado, principalmente asociado a la falta de reporte metodológico en los dominios relacionados con el cegamiento y el control de la asignación.

Resultados

La síntesis de la evidencia (tabla 3) incluyó 12 estudios experimentales publicados entre los años 2011 y 2025, todos intervinieron en la modulación de la microbiota intestinal como estrategia para mejorar la calidad seminal y la fertilidad en gallos reproductores. Los estudios incluidos presentaron diseños experimentales aleatorizados, algunos de ellos organizados en bloques, con tamaños muestrales que oscilaron entre 20 y 192 aves, y duraciones de intervención entre 4 y 22 semanas. Las estirpes más utilizadas fueron Ross 308, Cobb 500, gallos de plumaje amarillo y cruzados.

Las intervenciones evaluadas se agruparon en cuatro categorías principales: probióticos monocepa y multicepa (incluyendo *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pediococcus acidilactici* y consorcios bacterianos como *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium* y *Enterococcus faecium*), suplementación mineral (zinc y selenio orgánico), compuestos antioxidantes vitamínicos (vitamina E y C) y fitogénicos o extractos vegetales bioactivos. En varios estudios, estas intervenciones fueron combinadas con modificaciones dietarias adicionales, como restricción proteica. Las variables frecuentemente evaluadas fueron motilidad, concentración y volumen seminal, mientras que indicadores mecanísticos como integridad mitocondrial, apoptosis espermática y alteraciones proteínicas fueron menos reportados, reflejando una mayor orientación de la literatura hacia parámetros funcionales de calidad seminal.

Tabla 3.
Síntesis de evidencia experimental sobre intervenciones moduladoras de la microbiota intestinal y parámetros seminales en gallos reproductores.

Autor / Año	Diseño Experimental	N° aves/ estirpe	Intervención microbiota	Parámetros seminales	Hallazgos
Asghari et al. (2025)	Diseño completamente aleatorizado en bloques, 4 tratamientos (control, LibidoMax 100, 200 y 300 mL/100 kg), 5 réplicas individuales por tratamiento, 70 días de duración (con 2 semanas de adaptación previa).	20 aves / Gallos Ross 308, 42 semanas de edad	Fitogénico "Libido Max" (salvia, rosa, linaza, Zn, Se, Vit E y C)	Volumen, concentración, motilidad, viabilidad, hormonas reproductivas, antioxidantes	Incremento significativo en GnRH, LH, FSH y testosterona ($p<0.001$). La motilidad progresiva y la viabilidad superaron el 90% ($p<0.05$). Se redujeron anomalías morfológicas ($p<0.05$). Aumento en TAC, SOD y GPx ($p<0.01$), disminución de MDA ($p<0.05$).
Lv et al. (2025)	Diseño completamente aleatorizado, 4 grupos (control, P1, P2, P3, *Pediococcus acidilactici* en 3 dosis), 5 gallos por grupo, 5 semanas de duración	20 aves/43 semanas de edad (con periodo de adaptación a las 44-45 semanas)	*Pediococcus acidilactici* (10^8–10^{10} CFU/mL)	Motilidad, viabilidad, integridad de membrana, apoptosis, hormonas	La motilidad y viabilidad espermática aumentaron ($p<0.05$). Se incrementó el potencial mitocondrial ($p<0.01$) y se redujo la apoptosis junto con la deficiencia de protaminas ($p<0.01$). Los niveles de testosterona, LH y FSH se elevaron ($p<0.05$). Mejora en histología testicular.
Raei et al. (2021)	Diseño completamente aleatorizado, 5 grupos (0, 50, 250, 750 y 1000 mg *camphor*/kg de alimento), jaulas individuales, 12 semanas de duración (muestreo cada 28 días).	35 aves / Gallos reproductores Ross 308, 29 semanas de edad	*Camphor* (Alcanfor - *Cinnamomum camphora*) (50–1000 mg/kg)	Motilidad, viabilidad, integridad de membrana, hormonas	La motilidad progresiva y la velocidad espermática aumentaron con dosis de 50 mg/kg ($p<0.05$). Incremento en testosterona y SOD. ($p<0.05$), reducción de MDA ($p<0.05$). La fertilidad alcanzó 88% frente a 75% en el grupo control ($p<0.05$).
Khan et al. (2013a)	Diseño completamente aleatorizado en bloques, 6 tratamientos (control, vitamina E 100 IU/kg, vitamina C 500 IU/kg, probióticos 50 mg/L, proteína reducida 14% CP, combinación), 5 réplicas por tratamiento, 5 semanas de duración, inducida con óxido de zinc (3000 mg/kg).	180 aves / Gallos broilers reproductores Hubbard, 65 semanas de edad	Vitaminas antioxidantes (E y C), consorcio probiótico multicepa y dieta hipoproteica	Volumen, concentración, motilidad, antioxidantes, enzimas	El volumen seminal aumentó con Vit E y C ($p<0.05$). La motilidad progresiva mejoró con Vit E ($p<0.05$). Los espermatozoides muertos disminuyeron con Vit C ($p<0.05$). Se incrementó TAC ($p<0.05$) y se redujeron AST y ALT ($p<0.05$). También se observó aumento en ceruloplasmina ($p<0.05$).
Prabakar et al. (2021)	Diseño completamente aleatorizado, 4 tratamientos (control 40 mg Zn/kg basal + 20, 40 y 60 mg/kg adicionales de Zn-metionina; concentración final 40, 60, 80 y 100 mg/kg), 6 réplicas por tratamiento, 8 semanas de duración.	192 aves / Gallos broiler Cobb 500	Zinc-metionina (20–60 mg/kg)	Volumen, motilidad, concentración, viabilidad, hormonas	El volumen y la motilidad aumentaron en dosis altas ($p<0.05$). La testosterona se elevó en el grupo T2 ($p<0.05$). Se mejoró la integridad de membrana ($p<0.05$) y se redujo AST ($p<0.05$). La fertilidad y la capacidad de eclosión se incrementaron ($p<0.01$).
Khan et al. (2012a)	Diseño completamente aleatorizado en bloques, 6 tratamientos (control, vitamina E 100 IU/kg, vitamina C 500 IU/kg, probióticos 50 mg/L, proteína reducida 14% CP, combinación), 5 réplicas por tratamiento, 5 semanas de duración, inducida con óxido de zinc (3000 mg/kg).	180 aves / Gallos broilers reproductores Hubbard, 65 semanas de edad	Vitaminas antioxidantes (E y C), consorcio probiótico multicepa y dieta hipoproteica	Volumen, concentración, motilidad, fertilidad	El volumen seminal aumentó con Vit E y C ($p<0.05$). La motilidad progresiva mejoró con Vit E ($p<0.05$). Los espermatozoides muertos disminuyeron con Vit C ($p<0.05$). La fertilidad se incrementó en los grupos suplementados con vitaminas ($p<0.05$).

Inatomi & Otomaru. (2018)	Diseño completamente aleatorizado, 2 tratamientos (control basal, basal + *Bacillus amyloliquefaciens* TOA5001 al 0.2% w/w), 90 aves por grupo, 6 semanas de duración.	180 aves / Gallos Cobb broiler reproductores, 60 semanas de edad	*Bacillus amyloliquefaciens* TOA5001	Volumen, concentración, motilidad, antioxidantes	Se incrementó la densidad espermática y el porcentaje de espermatozoides vivos ($p<0.05$). Se elevó TAC y α-tocoferol ($p<0.01$). Se redujo la presencia de *E. coli* intestinal y aumentó *Lactobacillus* ($p<0.05$). Además, se mejoró la morfología intestinal.
Amem & Al-Daraj. (2011)	Diseño completamente aleatorizado, 4 tratamientos (T1 control 0 Zn, T2 50 mg/kg, T3 75 mg/kg, T4 100 mg/kg), 3 réplicas por tratamiento (9 machos, alojados con hembras en proporción 3:9 por réplica), 22 semanas de duración.	36 aves machos / Gallos Cobb 500 broiler reproductores, 45 semanas de edad	Zinc (50–100 mg/kg)	Volumen, concentración, motilidad, morfología	Se incrementó el volumen y la concentración seminal ($p<0.05$). La motilidad masal e individual mejoraron ($p<0.05$). Se redujeron espermatozoides muertos y anormales ($p<0.05$), así como deformidades acrosómicas ($p<0.05$).
Ahangari et al. (2013)	Diseño completamente aleatorizado, 4 tratamientos (selenio orgánico 0, 0.1, 0.2 y 0.3 mg/kg), 4 réplicas de 4 gallos cada una, 4 semanas de duración (44 a 48 semanas de edad, con 2 semanas).	64 aves / Gallos Ross 308, 44 semanas de edad	Selenio orgánico (0.1–0.3 mg/kg)	Motilidad, viabilidad, morfología, volumen, concentración.	La motilidad y viabilidad mejoraron durante almacenamiento líquido ($p<0.05$). Se redujeron espermatozoides anormales ($p<0.05$). No hubo cambios en volumen ni concentración (NS).
Khan et al. (2013b)	Diseño completamente aleatorizado en bloques, 6 tratamientos (control, vitamina E 100 IU/kg, vitamina C 500 IU/kg, probióticos 50 mg/L, proteína reducida 14% CP, combinación), 5 réplicas por tratamiento, 5 semanas de duración, inducida con óxido de zinc (3000 mg/kg).	180 aves / Gallos broilers reproductores Hubbard, 65 semanas de edad	Vitaminas antioxidantes (E y C), consorcio probiótico multicepa y dieta hipoproteica	Volumen, concentración, motilidad, hormonas pituitarias	El volumen y la motilidad aumentaron con Vit E ($p<0.05$). Los espermatozoides muertos disminuyeron con Vit C ($p<0.05$). Se incrementó el tamaño y área de gonadotropas FSH/LH y lactotropas ($p<0.01$).
Prabhakar et al. (2024)	Diseño aleatorizado, 8 tratamientos (T1-T8: control, calcio 2%, carnitina 250 mg/kg, zinc 100 mg/kg y sus combinaciones), 10 gallos por tratamiento, 5 semanas de duración.	80 aves / Gallos cruzados, 30 semanas de edad	Ca (2%), Carnitina (250 mg/kg), Zn (100 mg/kg)	Volumen, concentración, motilidad, morfología	La concentración espermática y la motilidad aumentaron ($p<0.05$). Se redujeron espermatozoides muertos y anormales ($p<0.05$). No se observaron cambios en volumen seminal (NS).
Khan et al. (2012b)	Diseño completamente aleatorizado en bloques, 6 tratamientos (control, vitamina E 100 IU/kg, vitamina C 500 IU/kg, probióticos 50 mg/L, proteína reducida 14% CP, combinación), 5 réplicas por tratamiento, 5 semanas de duración, inducida con óxido de zinc (3000 mg/kg).	180 aves / Gallos broilers reproductores Hubbard, 65 semanas de edad	Vitaminas antioxidantes (E y C), consorcio probiótico multicepa y dieta hipoproteica	Volumen seminal, concentración espermática, motilidad, porcentaje de espermatozoides muertos, minerales en plasma seminal (Na, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe)	El volumen seminal aumentó en los grupos Vit E y Vit C ($p<0.05$). La motilidad progresiva mejoró en el grupo Vit E ($p<0.05$). El porcentaje de espermatozoides muertos disminuyó en el grupo Vit C ($p<0.05$). El Mg plasmático aumentó en los grupos Vit E y C ($p<0.05$). El Cu plasmático se incrementó en los grupos Vit E y combinación ($p<0.05$).

Nota: Las siglas empleadas corresponden a TAC (capacidad antioxidante total), SOD (superóxido dismutasa), GPx (glutatión peroxidasa), MDA (malondialdehído), LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona foliculoestimulante), Cu (cobre plasmático), NS (no significativo). Los estudios de Khan et al. (2012a, 2012b, 2013a, 2013b) corresponden a un mismo modelo experimental aplicado en diferentes periodos con condiciones altamente similares, constituyendo réplicas metodológicas longitudinales.

Los hallazgos evidenciaron una tendencia general favorable de las intervenciones destinadas a modular la microbiota intestinal sobre múltiples indicadores reproductivos. La motilidad espermática mostró una tendencia favorable en la mayoría de los estudios evaluados, con incrementos significativos en 11 de las 12 investigaciones incluidas. Esto sugiere que la motilidad constituye uno de los parámetros seminales con respuestas más consistentes frente a las intervenciones evaluadas. Por otro lado, la concentración y el volumen seminal presentaron una tendencia positiva, aunque con respuestas más variables. La concentración espermática mostró incrementos significativos en estudios que emplearon diferentes estrategias de modulación, incluyendo suplementación con zinc (Amem & Al-Daraji, 2011), combinaciones de calcio, carnitina y zinc (Prabhakar et al., 2024), probióticos (*Bacillus amyloliquefaciens*) (Inatomi & Otomaru, 2018) y suplementos vitamínicos y probióticos (Khan et al., 2012a, 2012b).

Un comportamiento similar se observó en el volumen seminal; este parámetro aumentó en los trabajos de Amem y Al-Daraji (2011), Khan et al. (2012a, 2012b, 2013a), Prabakar et al. (2021) y Asghari et al. (2025). Sin embargo, Ahangari et al. (2013), mediante suplementación con selenio orgánico, y Prabhakar et al. (2024), con combinaciones de calcio, carnitina y zinc, no reportaron diferencias estadísticamente significativas en este parámetro.

La viabilidad y la integridad estructural de los espermatozoides presentaron uno de los patrones más consistentes de toda la revisión. Lv et al. (2025), Asghari et al. (2025), Raei et al. (2021), Ahangari et al. (2013) y Prabakar et al. (2021) reportaron incrementos significativos en la proporción de células viables, mientras que Amem y Al-Daraji (2011) y Prabhakar et al. (2024) documentaron reducciones de anomalías morfológicas y defectos acrosómicos. Estos resultados indican que las estrategias evaluadas no solo favorecen la actividad funcional de los espermatozoides, sino también su integridad estructural. En relación con la función endocrina, todos los estudios que evaluaron hormonas reproductivas como la testosterona, hormona

luteinizante (LH) y hormona foliculoestimulante (FSH) (Asghari et al., 2025; Lv et al., 2025; Raei et al., 2021; Prabakar et al., 2021) reportaron incrementos significativos asociados a la intervención, independientemente de si esta correspondía a probióticos, fitogénicos o minerales. El único estudio que evaluó directamente la respuesta hipofisaria (Khan et al., 2013b) reportó un incremento en el tamaño y área de gonadotropas productoras de FSH y LH.

El estrés oxidativo es uno de los mecanismos fisiológicos más frecuentemente asociados a las mejoras seminales observadas. Frente a esto, los estudios que evaluaron marcadores antioxidantes (Asghari et al., 2025; Raei et al., 2021; Inatomi & Otomaru, 2018; Khan et al., 2013a) reportaron incrementos significativos en la capacidad antioxidante total y en enzimas como superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa, acompañados por disminuciones en los niveles de malondialdehído. Investigaciones que evaluaron parámetros celulares más específicos también mostraron resultados favorables. Lv et al. (2025) reportaron incrementos en el potencial mitocondrial y reducciones significativas en apoptosis espermática y deficiencia de protaminas. Del mismo modo, Raei et al. (2021) y Prabakar et al. (2021) observaron mejoras en la integridad de membrana plasmática, sugiriendo una mayor estabilidad funcional de los gametos masculinos.

Finalmente, los desenlaces reproductivos finales respaldaron los cambios observados en la calidad seminal. Raei et al. (2021), Khan et al. (2012a) y Prabakar et al. (2021) reportaron incrementos significativos en fertilidad y capacidad de eclosión. Particularmente, Raei et al. (2021) registraron un aumento de la fertilidad desde 75 % en el grupo control hasta 88 % en el grupo suplementado, mientras que Prabakar et al. (2021) documentaron mejoras simultáneas en fertilidad y tasa de eclosión asociadas a la suplementación con zinc-metionina. Posterior a la síntesis descriptiva narrativa de los estudios incluidos, se aplicó la matriz de dirección de efecto (*effect direction plot*) (tabla 4) con el fin de evaluar la consistencia y la direccionalidad de los hallazgos entre las distintas investigaciones, dado que la heterogeneidad en los diseños

experimentales, las dosis empleadas y los tipos de intervención impidió la combinación estadística de los resultados mediante metaanálisis.

Tabla 4.
Dirección del efecto de la modulación de la microbiota intestinal sobre parámetros reproductivos en gallos

Parámetro seminal	N° estudios que lo evaluaron	N° con efecto positivo significativo	N° sin cambio (NS)	Intervención asociadas	Dirección del efecto
Motilidad	12/12	11	1	Probióticos, Zn, Se, fitogénicos, *camphor*, *P. acidilactici*	↑ Incremento consistente; Mejora significativa en la motilidad progresiva y total de los espermatozoides, considerada el parámetro seminal más sensible a la modulación de la microbiota intestinal.
Concentración espermática	8/12	6	2	Zn, Ca+carnitina, probióticos	↑ Incremento mayoritario: Aumento en la densidad espermática por mL de eyaculado en la mayoría de los estudios, aunque algunos reportaron ausencia de cambios y los ensayos con fitogénicos recientes no lo incluyeron como desenlace.
Volumen seminal	7/12	5	2	Vit E, Vit C, Zn, Ca+carnitina	↑ Incremento variable; Aumento en el volumen de eyaculado, dependiente de la intervención aplicada (antioxidantes, minerales) y de la edad fisiológica de los gallos reproductores.
Viabilidad espermática	6/12	6	0	*P. acidilactici*, LibidoMax, camphor, Se, Zn	↑ Incremento uniforme; todos los estudios que lo midieron reportaron una mayor proporción de espermatozoides viables, reflejando mejor integridad celular y funcionalidad.
Morfología / anomalías	6/12	5	1	Zn, Se, Ca+carnitina, LibidoMax	↓ Reducción consistente; Disminución significativa de anomalías morfológicas (cabeza, pieza intermedia, cola) y de defectos acrosómicos, lo que indica una mejora en la calidad estructural del esperma.
Hormonas reproductivas (T, LH, FSH)	4/12	4	0	LibidoMax, *P. acidilactici*, camphor, Zn-metionina	↑ Incremento favorable; Estudios que evaluaron concentraciones hormonales reportaron aumentos significativos en al menos una hormona reproductiva, principalmente testosterona, LH o FSH.
Marcadores antioxidantes (TAC, SOD, GPx) / MDA	4/12	4	0	LibidoMax, camphor, probióticos, *B. amyloliquefaciens*	↑/↓ Patrón bidireccional; Incremento en la capacidad antioxidante total y enzimática (TAC, SOD, GPx), reducción de malondialdehído (MDA), lo que evidencia una disminución del estrés oxidativo seminal.
Integridad de membrana / mitocondrial	3/12	3	0	*P. acidilactici*, camphor, Prabakar (Zn)	↑ Incremento consistente; Mejora en la integridad de membrana plasmática y en el potencial mitocondrial, indicadores de estabilidad funcional, aunque evaluado en pocos estudios.
Apoptosis / deficiencia de protaminas	1/12	1	0	*P. acidilactici*	↓ Reducción significativa; Menor proporción de espermatozoides apoptóticos y reducción de deficiencia de protaminas, hallazgo que requiere replicación para confirmar su validez.

Fertilidad / Capacidad de eclosión	3/12	3	0	Camphor, Zn-metionina, Vit E/C, probióticos	↑ Incremento consistente; Mayor tasa de fertilidad y eclosión, confirmando la traducción de los cambios seminales hacia desenlaces reproductivos finales.
Minerales en plasma seminal	1/12	1 (parcial: Mg, Cu)	1 (Na, K, Ca, Zn, Mn, Fe)	Vit E, Vit C	↑/↔ Efecto selectivo; Incremento en magnesio y cobre, mientras que sodio, potasio, calcio, zinc, manganeso y hierro permanecieron sin cambios, lo que sugiere una modulación parcial del perfil mineral seminal.
Hormonas pituitarias (inmunohistoquímica)	1/12	1	0	Vit E	↑ Incremento puntual; Aumento en el tamaño y área de gonadotropas FSH/LH en inmunohistoquímica, hallazgo aislado que sugiere activación hipofisaria, pero requiere mayor evidencia.

Nota: La matriz de dirección de efecto se basó en el effect direction plot de Thomson y Thomas (2012) y Boon y Thomson (2020). Las flechas indican la dirección del efecto: ↑ incremento del parámetro, ↓ disminución y ↔ ausencia de cambio significativo (NS); combinaciones de flechas reflejan heterogeneidad de resultados dentro del mismo desenlace.

Dentro de la evaluación de la dirección de efecto, la motilidad espermática resultó ser, el parámetro más estudiado, esta variable estuvo presente en la totalidad de los 12 estudios analizados, y en 11 de estos se documentaron incrementos significativos tras el tipo de intervención aplicado. Solo un estudio no encontró diferencias estadísticamente significativas. Este comportamiento sugiere una respuesta relativamente consistente de la motilidad espermática frente a las distintas estrategias evaluadas. Por otro lado, la concentración y el volumen seminal, mostraron una tendencia favorable pero menos homogénea, de los ocho estudios que midieron concentración espermática, seis reportaron aumentos significativos y dos no encontraron cambios. Algo similar ocurrió con el volumen seminal, de siete estudios, cinco registraron mejoras y dos no mostraron diferencias. Esta dispersión sugiere que ambos parámetros son más sensibles a factores relacionados a las condiciones experimentales, lo que introduce mayor variabilidad en los resultados frente a la motilidad.

Los seis estudios que evaluaron viabilidad seminal reportaron, mejoras significativas, y lo mismo ocurrió con los siete estudios que midieron testosterona, hormona luteinizante y hormona foliculoestimulante, la totalidad de estas investigaciones encontraron aumentos significativos. Los marcadores de estrés oxidativo siguieron este mismo patrón los cinco

estudios que los evaluaron coincidieron en reportar mayor capacidad antioxidante total y enzimática, junto con una reducción de malondialdehído. La integridad estructural del espermatozoide también respondió de manera favorable, las anomalías morfológicas se redujeron en cinco de los seis estudios que las evaluaron, y los tres estudios que analizaron integridad de membrana o función mitocondrial reportaron mejoras en todos los casos, sin ninguna excepción.

Un grupo diferente corresponde a parámetros más específicos, como la apoptosis espermática, la deficiencia de protaminas, el perfil mineral del plasma seminal y la morfometría de gonadotropas hipofisarias. Cada uno de estos desenlaces fue evaluado en un único estudio. Aunque se observaron resultados favorables, estos hallazgos deben interpretarse con cautela debido a la limitada evidencia disponible. Particularmente llamativo resulta el caso del perfil mineral seminal, donde solo magnesio y cobre aumentaron significativamente, mientras que sodio, potasio, calcio, zinc, manganeso y hierro permanecieron sin cambios. Por último, los desenlaces reproductivos finales fertilidad y capacidad de eclosión mostraron el patrón más consistente de toda la revisión, los cuatro estudios que los evaluaron reportaron mejoras significativas, sin un solo caso de resultado neutro.

Discusión

Los resultados de la presente revisión evidenciaron una tendencia favorable de las estrategias orientadas a la modulación de la microbiota intestinal sobre indicadores de calidad seminal y desempeño reproductivo en gallos, lo que podría relacionarse con su participación en procesos de absorción de nutrientes, homeostasis redox y regulación endocrina e inflamatoria asociados a la función reproductiva (Yadav & Jha, 2019; Yan et al., 2023; Jha et al., 2020; Idowu et al., 2025).

La notable homogeneidad manifestada en los parámetros de motilidad espermática sugiere una respuesta relativamente uniforme frente a las intervenciones evaluadas. Este

comportamiento podría estar asociado a la capacidad de la microbiota intestinal para optimizar la absorción y aprovechamiento de nutrientes vinculados al metabolismo energético (Choi et al., 2015; Jiang et al., 2024). En este sentido, el eje microbiota intestinal-gónada integra la relación entre digestión, metabolismo y función reproductiva, al regular procesos que condicionan la disponibilidad de nutrientes necesarios para la funcionalidad espermática (Chen et al., 2024; Ferenczi et al., 2025). Dado que la motilidad espermática depende de la energía producida por las mitocondrias, una mayor eficiencia metabólica podría favorecer el desplazamiento de los espermatozoides (Yan et al., 2023; Chen et al., 2024).

Sin embargo, algunos estudios no encontraron modificaciones significativas en la motilidad espermática. Esta variabilidad podría estar relacionada con la duración de las intervenciones y las condiciones experimentales de los estudios analizados. Considerando que el proceso de espermatogénesis en gallos tiene una duración aproximada de 15 días, las intervenciones de menor duración podrían no permitir observar completamente los efectos de la suplementación sobre los espermatozoides evaluados (Gholami et al., 2021). La integridad estructural del espermatozoide constituye un componente clave de su funcionalidad, por lo que alteraciones en este nivel reflejan cambios en su estado fisiológico (Asano & Priyadarshana, 2021; Bongalhardo, 2024). La mejora de la viabilidad espermática y la reducción de anomalías morfológicas observadas en los estudios analizados sugieren una mayor preservación de la integridad celular asociada a la modulación de la microbiota intestinal en las aves. Este comportamiento estaría relacionado con una mejor estabilidad de las membranas plasmáticas y una mayor protección frente al estrés oxidativo, particularmente relevante en el espermatozoide aviar debido a su alta susceptibilidad al daño lipídico por su contenido en ácidos grasos poliinsaturados (Ferenczi et al., 2025; Arif et al., 2026).

Los resultados relacionados con los marcadores antioxidantes sugieren que la reducción del estrés oxidativo es uno de los principales mecanismos asociados a las mejoras reproductivas

observadas tras la modulación de la microbiota intestinal (Barbarestani et al., 2024). La alteración de la microbiota intestinal puede favorecer la translocación de lipopolisacárido (LPS) bacteriano hacia la circulación, lo que induce estrés oxidativo y daño mitocondrial en el espermatozoide, generando alteraciones ultraestructurales y un incremento de especies reactivas de oxígeno que reducen la motilidad y viabilidad espermática (Chen et al., 2024).

A nivel testicular, el LPS puede activar la vía MAPK/NF-κB en las células de Leydig, lo que incrementa la producción de especies reactivas de oxígeno y disminuye la actividad de enzimas antioxidantes, comprometiendo tanto la esteroidogénesis como la función celular (Hu et al., 2017). Los estudios incluidos reportaron incrementos en la capacidad antioxidante total y enzimática, junto con una reducción en los niveles de malondialdehído, principal marcador de daño por peroxidación lipídica (Li et al., 2026). Cuando la producción de especies reactivas de oxígeno supera la capacidad antioxidante del organismo, se afecta la motilidad, la viabilidad y la integridad del ADN espermático (Partyka & Niżański, 2021; Ruiz et al., 2024)

Las intervenciones basadas en minerales contribuyeron a mejoras en la calidad espermática, lo que puede atribuirse a la participación de estos micronutrientes en procesos fisiológicos estrechamente relacionados con la función reproductiva de las aves. El zinc participa en procesos relacionados con la síntesis de testosterona, la estabilización de membranas celulares y la protección antioxidante (Barbarestani et al., 2024). Además, interviene en múltiples etapas de la espermatogénesis y actúa directamente en la síntesis de testosterona a nivel de las células de Leydig (Shanmugam et al., 2015; Jafari et al., 2021). De forma similar, el selenio es esencial para diversas selenoproteínas antioxidantes, particularmente de la glutatión peroxidasa, dado que protege las células reproductivas frente al daño oxidativo y mantiene la integridad estructural de la pieza intermedia del espermatozoide (Sabzian et al., 2022; Asghari et al., 2025).

Los efectos positivos observados sobre la calidad seminal tras la suplementación con probióticos podrían explicarse por cambios en la composición y actividad metabólica de la microbiota intestinal. De acuerdo con Inatomi & Otomaru (2018), Yosi & Metzler (2023), Idowu et al. (2025), la mayoría de probióticos favorecen la producción de metabolitos, como los ácidos grasos de cadena corta, capaces de modular procesos inflamatorios, mejorar la absorción de micronutrientes y fortalecer la integridad de la barrera intestinal. Los cambios consistentes observados en testosterona, hormona luteinizante (LH) y hormona foliculoestimulante (FSH) sugieren que la microbiota intestinal podría influir sobre la función reproductiva en gallos mediante la modulación de la actividad endocrina. En este contexto, Cai et al. (2022) y Ashonibare et al. (2024), señalan que la microbiota intestinal puede modular la señalización hormonal mediante metabolitos e interacciones inmunomoduladoras, contribuyendo al mantenimiento del microambiente testicular a través de la regulación de mediadores inflamatorios y la producción de ácidos grasos de cadena corta.

Desde una perspectiva aplicada, la mejora en indicadores de calidad seminal asociada a la modulación de la microbiota intestinal tiene relevancia directa para el manejo de gallos reproductores. Esto se sustenta en la evidencia experimental evaluada en esta revisión, donde las intervenciones basadas en probióticos, prebióticos y suplementación mineral mostraron mejoras consistentes en calidad seminal, marcadores antioxidantes y perfil hormonal. Aunque los gallos representan una proporción relativamente pequeña de la población reproductora, su desempeño seminal determina de forma directa la fertilidad y eclosionabilidad del lote (Kumar et al., 2023), por lo que mejoras en su calidad reproductiva pueden tener repercusiones relevantes sobre la eficiencia productiva del plantel (Ghadimi et al., 2024). En conjunto, la evidencia disponible sugiere que la modulación de la microbiota intestinal puede influir en la función reproductiva de los gallos a través de mecanismos interrelacionados, entre estos se encuentran la regulación endocrina vinculada al eje microbiota-gónada (Cai et al., 2022;

Ashonibare et al., 2024; Ferenczi et al., 2025), la preservación de la integridad espermática y la atenuación del estrés oxidativo (Barbarestani et al., 2024; Sabzian et al., 2022; Asghari et al., 2025), así como la modulación del metabolismo nutricional y del aprovechamiento de nutrientes (Choi et al., 2015; Jiang et al., 2024). Es de destacar que la respuesta no fue homogénea en todos los indicadores seminales, mientras la motilidad y los marcadores antioxidantes presentaron una tendencia más consistente, la concentración espermática, el volumen seminal y algunos minerales presentes en el plasma seminal mostraron resultados variables entre estudios. Esta variabilidad podría estar relacionada con diferencias en las condiciones experimentales. Además, parámetros seminales como la concentración y el volumen reflejan procesos fisiológicos más amplios, y generalmente están vinculados con la producción espermática y la secreción de fluido seminal, por lo que sus cambios pueden requerir periodos de intervención más prolongados. Los hallazgos de esta revisión deben interpretarse considerando algunas limitaciones, los estudios incluidos presentaron heterogeneidad en las estrategias de modulación de la microbiota intestinal, las dosis administradas, las estirpes evaluadas y las variables reproductivas analizadas, lo que dificultó la comparación directa de los resultados. Además, el número de investigaciones disponibles para algunos desenlaces fue limitado, por lo que se requieren estudios experimentales adicionales que permitan fortalecer la evidencia y, en el futuro, realizar análisis cuantitativos mediante metaanálisis.

Conclusiones

¿Qué efectos ha tenido la modulación de la microbiota intestinal sobre los parámetros de calidad seminal, así como sobre los biomarcadores antioxidantes en gallos reproductores? La modulación de la microbiota intestinal ejerce un efecto positivo sobre la calidad seminal, particularmente en la viabilidad, motilidad y la integridad estructural del espermatozoide, mientras que la concentración y el volumen seminal muestran una respuesta más dependiente

de las condiciones experimentales. Asimismo, se observó un efecto favorable sobre los marcadores bioquímicos de los gallos, expresado en el fortalecimiento del sistema antioxidante.

¿Qué efectos tiene la modulación de la microbiota intestinal sobre la actividad endocrina reproductiva de los gallos? La modulación de la microbiota intestinal se asocia con una mayor actividad endocrina reproductiva en los gallos, evidenciada por incrementos en las concentraciones de testosterona, LH y FSH. En relación con el objetivo planteado, la síntesis desarrollada sustenta la aplicabilidad de la modulación de la microbiota intestinal como estrategia con potencial para mejorar la calidad seminal y el desempeño reproductivo de gallos reproductores, esto permitirá orientar acciones para la optimización de tasas de fertilidad y eclosionabilidad en producciones avícolas.

Referencias

Ahangari, Y., Parizadian, B. y Zamani, M. (2013). El impacto de la suplementación con selenio orgánico en la calidad del semen de gallo en condiciones líquidas. *Poultry Science Journal*, *1* (1), 23-31. https://doi.org/10.22069/psj.2013.1469

Amem, M. H., & Al-Daraji, H. J. (2011). Effect of dietary zinc on semen quality of Cobb 500 Broiler Breeder males. *International Journal of Poultry Science*, *10*(6), 477–482. https://doi.org/10.3923/ijps.2011.477.482

Arif, A., Zahoor, N., Sadiq, A., Sohail, T., Tang, M., Dong, L., Tang, J., Khan, S. Z., & Dai, G. (2026). Dose-Dependent effects of selenium methionine supplementation on functional, structural, and physiological characteristics of rooster semen during liquid storage at 25 °C. *Veterinary Sciences*, *13*(4), 334. https://doi.org/10.3390/vetsci13040334

Asano, A., & Priyadarshana, C. (2021). Membrane-Mediated Regulation of sperm fertilization Potential in Poultry. *The Journal of Poultry Science*, *59*(2), 114–120. https://doi.org/10.2141/jpsa.0210104

Asghari, M., Behboodi, H., & Mehri, M. (2025). Evaluation of a phytogenic blend supplementation on reproductive performance, antioxidant status, and immune function in broiler breeder roosters. *Poultry Science*, *104*(11), 105825. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105825

Asghari-Moghadam, M., Karamzadeh-Dehaghani, A., Behboodi, H., & Mehri, M. (2025). Source-specific modeling of selenium requirements to enhance sperm quality in aged broiler breeders. *Discover Animals, 2*(1). https://doi.org/10.1007/s44338-025-00126-2

Ashonibare, V. J., Akorede, B. A., Ashonibare, P. J., Akhigbe, T. M., & Akhigbe, R. E. (2024). Gut microbiota-gonadal axis: the impact of gut microbiota on reproductive functions. *Frontiers in Immunology, 15*, 1346035. https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1346035

Barbarestani, S. Y., Samadi, F., Zaghari, M., Khademian, S., Pirsaraei, Z. A., & Kastelic, J. P. (2024). A review of antioxidant strategies to improve reproduction in aging male broiler breeders. *GeroScience*, *47*(1), 573–589. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01363-1

Bongalhardo, D. C. (2024). Sperm fitness assessment in poultry: Brief review of in vitro methods. *Animal Reproduction Science*, *272*, 107666. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107666

Boon, M. H., & Thomson, H. (2020). The effect direction plot revisited: Application of the 2019 Cochrane Handbook guidance on alternative synthesis methods. *Research Synthesis Methods*, *12*(1), 29–33. https://doi.org/10.1002/jrsm.1458

Cai, H., Cao, X., Qin, D., Liu, Y., Liu, Y., Hua, J., & Peng, S. (2022). Gut microbiota supports male reproduction via nutrition, immunity, and signaling. *Frontiers in Microbiology*, *13*, 977574. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.977574

Chen, W., Zou, H., Xu, H., Cao, R., Zhang, H., Zhang, Y., & Zhao, J. (2024). The potential influence and intervention measures of gut microbiota on sperm: it is time to focus on testis-gut microbiota axis. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1478082. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1478082

Choi, K. Y., Lee, T. K., & Sul, W. J. (2015). Metagenomic analysis of chicken gut microbiota for improving metabolism and health of chickens — a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *28*(9), 1217–1225. https://doi.org/10.5713/ajas.15.0026

Ferenczi, S., Juhász, B., Végi, B., Drobnyák, Á., Horváth, K., Kuti, D., Bata-Vidács, I., Plank, P., Molnár, Z., Szőke, Z., & Kovács, K. J. (2025). Gut-testis axis in roosters: Lactiplantibacillus plantarum supplementation improves reproductive performance. *Poultry Science*, *104*(7), 105141. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105141

Ghadimi, M., Najafi, A., Sharifi, S., Mohammadi, A., & Mehr, M. (2024). Effects of dietary Moringa oleifera leaf extract on semen characteristics, fertility, and hatchability in aged broiler breeder roosters. *Poultry Science*, *103*(4), 103491. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103491

Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis Campbell Systematic Reviews, 18, e1230. https://doi.org/10.1002/cl2.1230

Hooijmans, C., Rovers, M., de Vries, R., Leenaars, M., Ritskes, M., & Langendam, M. (2014). SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. *BMC Medical Research Methodology*, *14*, 43. https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-43

Idowu, P. A., Mpofu, T. J., Magoro, A. M., Modiba, M. C., Nephawe, K. A., & Mtileni, B. (2025). Impact of probiotics on chicken gut microbiota, immunity, behavior, and

productive performance—a systematic review. *Frontiers in Animal Science*, *6*. https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1562527

Inatomi, T., & Otomaru, K. (2018). Effect of dietary probiotics on the semen traits and antioxidative activity of male broiler breeders. *Scientific Reports*, *8*(1), 5874. https://doi.org/10.1038/s41598-018-24345-8

Jafari, M., Irani, M., & Rezaeipour, V. (2021). Effect of different dietary zinc sources on the semen quality, testicular histology and sex hormone concentration in broiler breeder roosters. *Italian Journal of Animal Science*, *20*(1), 489–496. https://doi.org/10.1080/1828051x.2021.1893131

Jha, R., Das, R., Oak, S., & Mishra, P. (2020). Probiotics (Direct-Fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: a Systematic review. *Animals*, *10*(10), 1863. https://doi.org/10.3390/ani10101863

Jiang, X., Zhang, B., Gou, Q., Cai, R., Sun, C., Li, J., Yang, N., & Wen, C. (2024). Variations in seminal microbiota and their functional implications in chickens adapted to high-altitude environments. *Poultry Science*, *103*(8), 103932. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103932

Khan, R., Rahman, Z., Javed, I., & Muhammad, F. (2012a). Effect of vitamins, probiotics and protein on semen traits in post-molt male broiler breeders. *Animal Reproduction Science*, *135*(1–4), 85–90. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.09.005

Khan, R., Rahman, Z., Javed, I., & Muhammad, F. (2012b). Effects of vitamins, probiotics, and protein level on semen traits and some seminal plasma macro- and microminerals of male broiler breeders after Zinc-Induced molting. *Biological Trace Element Research*, *148*(1), 44–52. https://doi.org/10.1007/s12011-012-9341-9

Khan, R., Rahman, Z., Javed, I., & Muhammad, F. (2013a). Effect of vitamins, probiotics and protein level on semen traits and seminal plasma biochemical parameters of post-moult male broiler breeders. *British Poultry Science*, *54*(1), 120–129. https://doi.org/10.1080/00071668.2012.753511

Khan, R., Rahman, Z., Javed, I., & Muhammad, F. (2013b). Supplementation of dietary vitamins, protein and probiotics on semen traits and immunohistochemical study of pituitary hormones in zinc-induced molted broiler breeders. *Acta Histochemica*, *115*(7), 698–704. https://doi.org/10.1016/j.acthis.2013.02.006

Khasanah, H., Kusbianto, D., Purnamasari, L., Cruz, J., Widianingrum, D., & Hwang, S. (2024). Modulation of chicken gut microbiota for enhanced productivity and health: A review. *Veterinary World*, *17*(5), 1073–1083. https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1073-1083

Kogut, M. H. (2022). Role of diet-microbiota interactions in precision nutrition of the chicken: facts, gaps, and new concepts. *Poultry Science*, *101*(3), Artículo 101673. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101673

Kumar, M., Patil, C., Yadav, A., Bangar, Y., & Chitra, A. (2023). Estimation of the seminal parameters of rooster and its association with fertility traits in synthetic dam line. *Tropical Animal Health and Production*, *56*(1), 17. https://doi.org/10.1007/s11250-023-03867-y

Li, J., Liu, P., Zhang, J., Tian, Y., Sun, G., Kang, X., Gu, Y., & Li, D. (2026). Epididymal transcriptional networks underlying sperm motility differences in Chinese indigenous chicken breeds. *BMC Genomics*, *27*(1), 162. https://doi.org/10.1186/s12864-025-12486-w

Lv, S., Huang, J., Luo, Y., Wen, Y., Chen, B., Qiu, H., Chen, H., Yue, T., He, L., Feng, B., Yu, Z., Zhao, M., Yang, Q., He, M., Xiao, W., Zou, X., Gu, C., & Lu, R. (2024). Gut microbiota is involved in male reproductive function: a review. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1371667. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1371667

Lv, Y., Wang, Y., Chen, X., Xuan, B., Yu, L., Liang, W., & Jin, Y. (2025). Dietary Pediococcus acidilactici supplementation enhances sperm quality and testicular function in roosters. *Poultry Science*, *104*(9), 105432. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105432

Partyka, A., & Niżański, W. (2021). Supplementation of Avian Semen Extenders with Antioxidants to Improve Semen Quality—Is It an Effective Strategy? *Antioxidants*, *10*(12), 1927. https://doi.org/10.3390/antiox10121927

Prabakar, G., Gopi, M., Kolluri, G., Rokade, J. J., Khillare, G., Pearlin, B. V., Jadhav, S. E., Tyagi, J. S., & Mohan, J. (2021). Effect of supplementation of Zinc-Methionine on egg production, semen quality, reproductive hormones, and hatchability in broiler breeders. *Biological Trace Element Research*, *199*(12), 4721–4730. https://doi.org/10.1007/s12011-021-02590-9

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

Prabhakar, M., Moorthy, S., Edwin, K., Mani, V., y Ramesh S. (2024). Efecto de los niveles dietéticos de calcio, carnitina y zinc en las características del semen de pollos mixtos. *Indian Journal of Veterinary and Animal Sciences Research*, *43* (3), 180-186. https://doi.org/10.56093/ijvasr.v43i3.152637

Raei, H., Torshizi, M., Sharafi, M., & Ahmadi, H. (2021). Improving seminal quality and reproductive performance in male broiler breeder by supplementation of camphor. *Theriogenology*, *166*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.02.002

Ruiz, E., Ariza, A., Jurado, J., Arbulu, A., Guzmán, J., Oria, A., Bermejo, J., & González, F. (2024). Evaluation of the effect of the addition of an olive oil-derived antioxidant (Pectoliv-80A) in the extender for cryopreservation of rooster sperm through the use of a discriminant statistical tool. *Poultry Science*, *103*(5), 103630. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103630

Sabzian, R., Zare, A., Zhandi, M., Yousefi, A. R., & Rafieian, H. R. (2022). Effects of dietary supplementation of different sources and levels of selenium on the semen quality and reproductive performance in aged broiler breeder roosters. *Poultry Science, 101*(10), 101908. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101908

Shanmugam, M., Prakash, B., Reddy, E., & Panda, A. (2015). Dietary organic zinc and selenium supplementation improves semen quality and fertility in layer breeders. *The Indian Journal of Animal Sciences, 85*(2). https://doi.org/10.56093/ijans.v85i2.46617

Shi, X., Hu, Y., Wang, C., Hua, G., & Liu, S. (2026). Gut microbiota and their role in male reproductive health. *NPJ Science of Food*, 10, Article 223. https://doi.org/10.1038/s41538-026-00845-0

Thomson, H. J., & Thomas, S. (2012). The effect direction plot: visual display of non-standardised effects across multiple outcome domains. *Research Synthesis Methods, 4*(1), 95–101. https://doi.org/10.1002/jrsm.1060

Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology/Journal of Animal Science and Biotechnology*, *10*(1), 2. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9

Yan, Y., Liu, M., Xu, Z., Xu, Z., Huang, Y., Li, X., Chen, C., Zuo, G., Yang, J., Lei, X. G., & Sun, L. (2023). Optimum doses and forms of selenium maintaining reproductive health via regulating homeostasis of gut microbiota and testicular redox, inflammation, cell proliferation, and apoptosis in roosters. *Journal of Nutrition*, *154*(2), 369–380. https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.12.021

Yosi, F., & Metzler, B. (2023). Dietary Probiotics Modulate Gut Barrier and Immune-Related Gene Expression and Histomorphology in Broiler Chickens under Non- and Pathogen-Challenged Conditions: A Meta-Analysis. *Animals*, *13*(12), 1970. https://doi.org/10.3390/ani13121970