



Original

***Bacillus subtilis*: Incidencia en la calidad del huevo de gallinas ponedoras en fase media-tardía**

Bacillus subtilis: Impact on egg quality in laying hens during the mid-to-late laying phase

Silvia Silva Gaspata * Jaine Labrada Ching *

* Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Correspondencia: j.labrada@uta.edu.ec

Recibido: Mayo, 2026; Aceptado: Junio, 2026; Publicado: Junio, 2026.

RESUMEN

Antecedentes: El envejecimiento fisiológico de las gallinas ponedoras durante la fase media-tardía afecta la calidad del huevo y representa un desafío para la sostenibilidad de la producción avícola. **Objetivo.** Recopilar evidencia científica disponible sobre la utilización de *Bacillus subtilis* como probiótico para mejorar la calidad del huevo en gallinas ponedoras de fase media-tardía. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión sistemática cuantitativa obteniendo información de artículos científicos publicados entre 2018 y 2026 en bases de datos de alto impacto, siguiendo los criterios PRISMA y estrategias de búsqueda con operadores booleanos. Se analizaron variables relacionadas con la calidad del huevo, morfometría intestinal, microbiota cecal y actividad enzimática. **Resultados:** el incremento en la altura de las vellosidades (1343 ± 1045), menor profundidad de la cripta (206 ± 114) y mejor relación VH/CD ($6,25\pm 1,89$); incremento de probióticos como *Lactobacillus* (28%) y la reducción de bacterias patógenas (40%) como *E.coli*, *Clostridium* o *Salmonella*; grosor ($0,39\pm 0,0373$), resistencia ($38,6\pm 0,546$), peso ($62,1\pm 4,98$), U.H. ($81,3\pm 10,1$) y color de la yema ($7,42\pm 1,96$). **Conclusiones:** La suplementación con *B. subtilis* constituye una estrategia prometedora para mejorar la calidad interna y externa del huevo en gallinas ponedoras de fase tardía mediante la modulación de la salud intestinal y la microbiota cecal.

Palabras claves: actividad enzimática, cáscara de huevo, microbiota, morfometría, producción avícola (*Fuente: AGROVOC*)

ABSTRACT

Background: Physiological aging in late-phase laying hens affects egg quality and represents a challenge for the sustainability of poultry production. **Aim.** To compile available scientific

Como citar (APA) Silva Gaspata, S., & Labrada Ching, J. (2026). *Bacillus subtilis*: Incidencia en la calidad del huevo de gallinas ponedoras en fase media-tardía. *Revista de Producción Animal*, 38. <https://rpa.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e334>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

evidence on the use of *Bacillus subtilis* as a probiotic to improve egg quality in late-phase laying hens. **Materials and methods:** A quantitative systematic review was conducted using information obtained from scientific articles published between 2018 and 2026 in high-impact databases, following PRISMA criteria and search strategies with Boolean operators. Variables related to egg quality, intestinal morphometry, cecal microbiota, and enzymatic activity were analyzed. **Results:** The analyzed studies showed increased villus height (1343 ± 1045), reduced crypt depth (206 ± 114), and improved villus height/crypt depth ratio (VH/CD) (6.25 ± 1.89); an increase in beneficial bacteria such as *Lactobacillus* (28%) and a reduction in pathogenic bacteria (40%) such as *E. coli*, *Clostridium*, and *Salmonella*; as well as improvements in eggshell thickness (0.39 ± 0.0373), shell strength (38.6 ± 0.546), egg weight (62.1 ± 4.98), Haugh units (81.3 ± 10.1), and yolk color (7.42 ± 1.96). **Conclusions:** Supplementation with *B. subtilis* constitutes a promising strategy to improve the internal and external quality of eggs in late-phase laying hens through the modulation of intestinal health and the cecal microbiota.

Keywords: enzyme activity, eggshell, microbiota, morphometry, poultry production (Source: AGROVOC)

INTRODUCCIÓN

La industria avícola enfrenta el desafío de mantener la productividad y la calidad del huevo en gallinas en la fase tardía de producción, debido a que el envejecimiento fisiológico compromete principalmente la integridad de la cáscara del huevo (Gilyazova *et al.*, 2025), donde las pérdidas derivadas alcanzan hasta un 20% en sistemas de producción comercial. En este contexto, diversos estudios coinciden en el potencial de extender el periodo de producción hasta las 100 semanas de edad, como una estrategia viable para reducir los costos de reposición y mejorar la rentabilidad. Sin embargo, la edad del ave influye sobre la absorción intestinal de calcio disminuyendo el grosor de la cáscara y a su vez deteriorando la salud ósea e intestinal de las aves (Alfonso *et al.*, 2021).

El mantenimiento de la integridad intestinal representa un factor de éxito para extender los ciclos de postura. Diversos estudios evidencian que el envejecimiento altera la estabilidad del microbioma intestinal, favoreciendo desequilibrios microbianos que comprometen la digestibilidad, la disponibilidad de nutrientes y la respuesta inmunitaria en gallinas ponedoras. Estas alteraciones también facilitan la entrada de patógenos como *Salmonella spp.* y *E. coli* lo que compromete tanto la vida útil como la inocuidad del producto, ya que hasta el 84% de la superficie externa de la cáscara del huevo puede contaminarse por estos patógenos (Park *et al.*, 2024).

El uso de probióticos surge como una alternativa capaz de modular la microbiota intestinal, mejorar la actividad enzimática y favorecer la absorción de nutrientes esenciales (Xu *et al.*, 2023). Entre los probióticos de utilidad avícola el uso de *Bacillus subtilis* favorece la extensión de los ciclos de postura a través de la inhibición de las bacterias patógenas y producción de enzimas que contribuyen al aprovechamiento de nutrientes para mejorar la calidad del huevo en gallinas de edad avanzada (Gilyazova *et al.*, 2025). En consecuencia, el presente estudio tiene

como objetivo recopilar información disponible sobre la utilización de *Bacillus subtilis* como probiótico para mejorar la calidad del huevo en gallinas ponedoras de fase media-tardía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se trata de una revisión sistemática con un enfoque cuantitativo planteado metodológicamente como una síntesis cuantitativa exploratoria cuyo alcance se limitó a la identificación de tendencias, patrones y relaciones entre las principales variables de respuestas identificadas en cada uno de los estudios en virtud de poder generar conclusiones acerca de la eficacia del uso de *B. subtilis* para mejorar la calidad del huevo de gallinas ponedoras en fase tardía. Para ello, se realizó una búsqueda, revisión y selección de artículos de alto impacto siguiendo la lista de verificación de los resúmenes de acuerdo a los parámetros PRISMA.

Búsqueda y selección

La estrategia de búsqueda inició con la revisión de artículos provenientes de plataformas científicas de alto impacto como Scielo, Web of Science, Dialnet, PubMed, MDPI, DOAJ, siendo la última fecha de búsqueda el día 19 de abril de 2026, utilizando palabras claves en inglés y español como: “*Bacillus subtilis*”, “gallinas ponedoras”, “fase tardía”, “calidad del huevo”, “probióticos”, “salud intestinal” que permitieron configurar las cadenas de búsquedas optimizadas utilizando los operadores booleanos AND, OR y NOT, debido a las diferencias sintácticas entre plataformas, las cadenas de búsqueda exactas aplicadas en cada base de datos y el número de registros recuperados se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Cadenas de búsqueda en principales bases de datos.

Base de datos	Cadena de búsqueda
PubMed	("Bacillus subtilis" OR "probiotics") AND ("laying hens" OR "hens") AND ("egg quality" OR "haugh unit" OR "egg shell") AND "late phase"
DOAJ	TS=("Bacillus subtilis" OR "probiotics") AND ("laying hens") AND ("egg quality" OR "intestinal health") AND ("late phase" OR "late production")
Scielo	("Bacillus subtilis" OR "probióticos") AND ("gallinas ponedoras" OR "ponedoras") AND ("calidad del huevo" OR "salud intestinal")
Dialnet	(Bacillus subtilis OR probióticos) AND (gallinas ponedoras) AND (calidad del huevo)
MDPI	("Bacillus subtilis" OR "probiotics") AND ("laying hens" OR "hens") AND ("egg quality" OR "haugh unit" OR "egg shell") AND "late phase"

Asimismo, los criterios para la selección de información fueron: artículos experimentales realizados en gallinas ponedoras, que utilizaran el probiótico *B. subtilis* se analizará la calidad del huevo (grosor, peso, resistencia, unidad haugh, color de la yema); en este orden de ideas, fueron incluidos estudios realizados en los últimos ocho años (2018-2026), publicados en inglés o español, con acceso libre a todo el documento completo. Se excluyeron: estudios de revisión sistemática o metaanálisis, bibliográficos o descriptivos, publicados en otro idioma distinto al

inglés o español, cuyo análisis experimental fuese otra especie distinta a las gallinas ponedoras, que estuviesen incompletos o su acceso no fuese libre.

El procedimiento de eliminación de duplicados se realizó mediante una revisión manual exhaustiva de títulos y autores para identificar discrepancias en la indexación de nombres. En relación a la selección de los estudios se llevó a cabo por dos revisores independientes, quienes evaluaron de forma ciega los títulos y resúmenes de los artículos preseleccionados frente a los criterios de elegibilidad mediante una evaluación de calidad metodológica y riesgo de sesgo SYRCLE adaptada para estudios experimentales en producción avícola la cual se realizó por los revisores, analizando dominios clave de sesgo como: selección, ejecución, detección, notificación y otros sesgos incluido el conflicto de intereses; en el caso de discrepancias, éstas se resolvieron mediante consenso y discusión a partir de la revisión completa del texto.

Análisis estadístico

Una vez seleccionados los artículos, se categorizaron los datos de acuerdo al tipo de cepa, la línea genética y la fase de postura, actividad enzimática, actividad bacteriana, tipo de bacteria, morfometría intestinal (altura de vellosidades, profundidad de la cripta y relación V/C) así como las variables de calidad del huevo como grosor, resistencia, Unidad Haugh y color de la yema. La unidad de análisis para los procedimientos estadísticos fue la comparación experimental extraída de cada artículo; para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico SPSS en el que se realizó un análisis de normalidad para la evaluación de supuestos paramétricos (Shapiro –Wilk), análisis para constatar la homogeneidad de varianzas (Levene) y posteriormente un ANOVA de un factor tanto para el análisis de los tipos de cepas y las fases de postura por separado (calidad del huevo) como para analizar la altura de las vellosidades en los grupos con probióticos, asimismo, el ANOVA de Welch que permitió un ajuste por heterocedasticidad al identificar la interacción entre las variables de la calidad del huevo y el género bacteriano. Finalmente, la correlación de Spearman permitió evaluar la fuerza y dirección de la relación de las variables continuas que no mostraron una distribución normal.

La heterogeneidad intrínseca de los estudios se manejó a través de una estrategia de estratificación y análisis de subgrupos mediante la segmentación de las categorías biológicas y de manejo para dar paso a una agrupación controlada que evitó el sesgo de confusión.

RESULTADOS

Los hallazgos de este estudio se obtuvieron de la selección y revisión de 25 artículos científicos de alto impacto que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión (Figura 1), de los cuales el 100% fueron estudios experimentales que utilizaron *B. subtilis* como probiótico incorporado en las dietas basales en diferentes dosis que incluyeron grupos de control en su desarrollo.

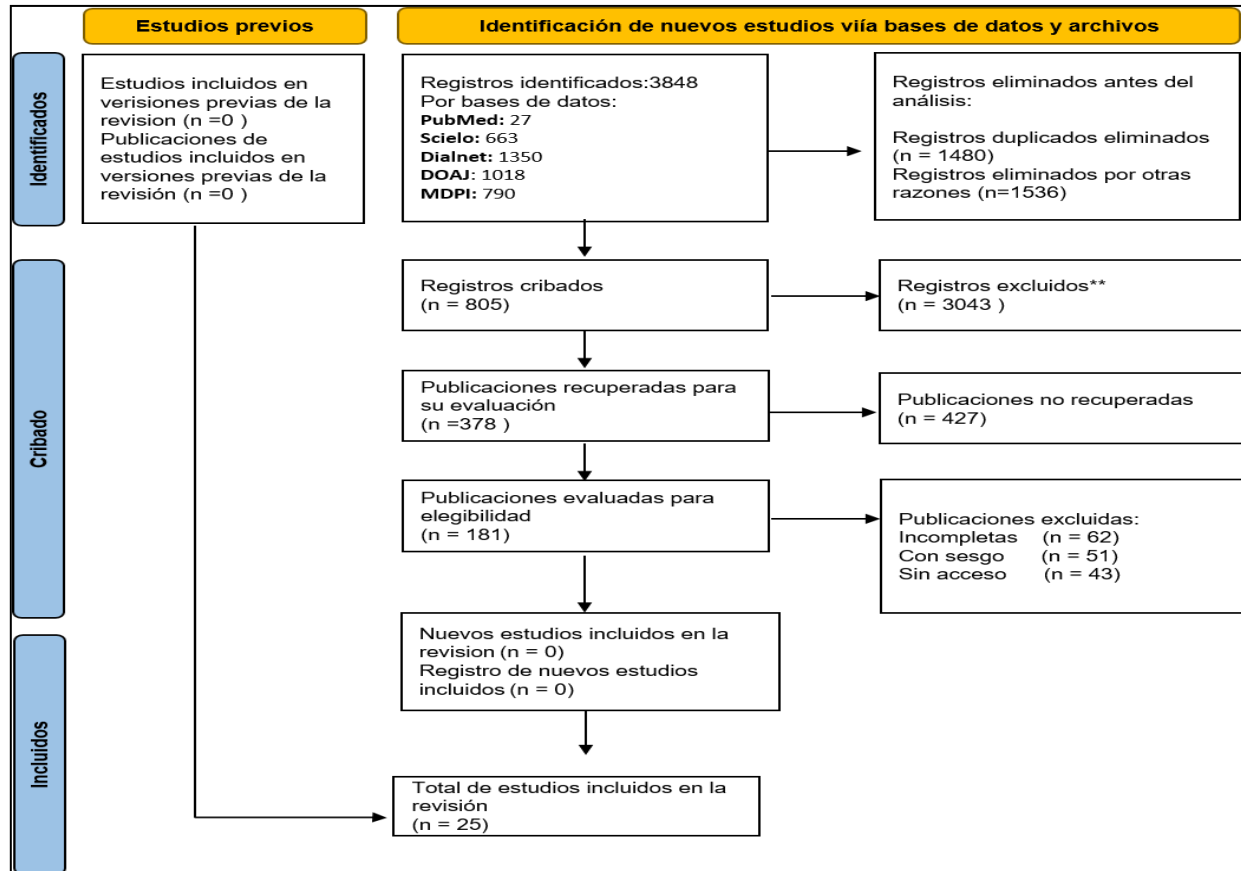


Figura 1. Flujograma PRISMA artículos seleccionados.

Los animales incluidos en los estudios fueron gallinas ponedoras de diferentes líneas genéticas, entre 24 y 81 semanas de edad, lo cual les permitió una clasificación por fase de postura (media y tardía); respecto a la concentración, la dosis más común fue 10^8 UFC/g (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los estudios incluidos.

Autor	Año	Tipo	Edad	Línea gen	Cepa	UFC/g	Adm,	Dur.
Wang <i>et al.</i>	2021	Exp.	71 sem.	Hy-Line	C-3102	1×10^{10}	Alimento	1 sem
Zou <i>et al.</i>	2021	Exp.	48 sem.	Lohmann	B10	1×10^{10}	Alimento	12 sem
Tsai <i>et al.</i>	2023	Exp.	65 sem.	Leghorn	TLRI211-1	1×10^{10}	Alimento	8 sem
Dong <i>et al.</i>	2025	Exp.	59 sem.	Hy-Line	ZY1	$5,4 \times 10^8$	Alimento	11 sem
Nishiyama <i>et al.</i>	2021	Exp.	49 sem.	Boris Brown	C-3102	3×10^5	Alimento	17 sem
Hamzehee <i>et al.</i>	2025	Exp.	75 sem.	Lohmann	Natto	1×10^9	Alimento	12 sem
Liao <i>et al.</i>	2023	Exp.	81 sem.	Hy-Line	NB205	1×10^8	Alimento	8 sem

***Bacillus subtilis*: Incidencia en la calidad del huevo de gallinas ponedoras en fase media-tardía**

Kirwan <i>et al.</i>	2022	Exp.	56 sem.	Ross 308	PB6	2×10^8	Alimento	7 sem
Hakami <i>et al.</i>	2025	Exp.	37 sem.	Hisex	DSM5750	$1,1 \times 10^8$	Alimento	16 sem
DeLeón <i>et al.</i>	2023	Exp.	60 sem.	Hy-Line	Q-biotic IDP	3×10^5	Alimento	42 sem
Park <i>et al.</i>	2024	Exp.	43 sem.	Hy-Line	BS1010	1×10^{10}	Alimento	8 sem
Ogola <i>et al.</i>	2024	Exp.	37 sem.	Hy-Line	PB6	3×10^8	Alimento	2 sem
Neijat <i>et al.</i>	2019	Exp.	48 sem.	ShaverW	DMS2978 4	$1,1 \times 10^8$	Alimento	30 sem
Tajudeen <i>et al.</i>	2024	Exp.	35 sem.	Hy-Line	PB6	3×10^8	Alimento	12 sem
Fathi <i>et al.</i>	2018	Exp.	36 sem.	Leghorn	PB6	4×10^9	Alimento	12 sem
Lee <i>et al.</i>	2025	Exp.	70 sem.	Hy-Line	SK4282	5×10^9	Alimento	6 sem
Liu <i>et al.</i>	2020	Exp.	24 sem.	Xuefeng	BSEO	1×10^9	Alimento	12 sem
Souza <i>et al.</i>	2021	Exp.	50 sem.	White PR	PB6	2×10^{11}	Alimento	20 sem
Zhu <i>et al.</i>	2026	Exp.	52 sem.	Lohmann	DSM3231 5	1×10^9	Alimento	6 sem
Shi <i>et al.</i>	2020	Exp.	40 sem.	Hy-Line	B2A	1×10^9	Alimento	8 sem
Puncharoen <i>et al.</i>	2024	Exp.	42 sem.	Lohmann	PB6	1×10^9	Alimento	12 sem
Juárez <i>et al.</i>	2020	Exp.	42 sem.	Bovans	Bs2084	3×10^8	Alimento	12 sem
Almalamh <i>et al.</i>	2024	Exp.	52 sem.	Hisex	DSM1729 9	1×10^9	Alimento	16 sem
Huang <i>et al.</i>	2024	Exp.	65 sem.	Jingfen 6	DSM1729 9	1×10^9	Alimento	8 sem
Lyons <i>et al.</i>	2025	Exp.	75 sem.	Hy-Line	UAH2107	$1,4 \times 10^9$	Alimento	20 sem

Morfometría intestinal

Los resultados muestran mejora de la mucosa intestinal en la variable de morfometría intestinal que se evidencia mediante el incremento en la altura de las vellosidades (1343 ± 1045), menor profundidad de la cripta (206 ± 114) y mejor relación VH/CD ($6,25 \pm 1,89$) de acuerdo con la media y desviación estándar de los casos que reportaron estos datos (Wang *et al.*, 2021; Puncharoen *et al.*, 2024; Dong, *et al.*, 2025; Hamzehee *et al.*, 2025). Asimismo, los parámetros bioquímicos sanguíneos mostraron una mejora en el estado antioxidante sanguíneo en el 76% de los experimentos, siendo los mecanismos fisiológicos con mayor mejora reportada.

En relación a la producción, se evidencia un incremento en todos los casos que han incorporado *B. subtilis* en las dietas basales en relación a los grupos de control, lo cual reporta en general un rendimiento promedio de producción de 83.6%; sin embargo, al discriminar por actividad bacteriana no hubo una diferencia estadísticamente significativa, por tanto, no se asocia la actividad bacteriana sobre el incremento en el porcentaje de la producción de huevo.

Microbiota cecal

En el caso de la microbiota cecal, se reportó una mejora en la microbiota intestinal con el incremento de probióticos como *Lactobacillus* (28%) y la reducción de bacterias patógenas (40%) como *E. coli*, *Clostridium* o *Salmonella* (Tabla 3). Por su parte, la actividad enzimática, la expresión genética de los transportadores y la concentración sérica en cáscara medidas a través de

la producción de enzimas (32%), el incremento de ARNm (28%) y la concentración de calcio o fósforo en cáscara (36%) fueron los que menos niveles reportó en los estudios.

Tabla 3. Actividad bacteriana.

Actividad Bacteriana	Tipo de bacteria	f	%
No reportó		8	32%
		10	40%
Reducción de patógeno	<i>E. coli</i>	4	
	<i>Salmonella</i>	2	
	<i>Clostridium</i>	4	
Incremento de probiótico		7	28%
	<i>Lactobacillus</i>	7	

El análisis de correlación de Spearman (Tabla 3) reveló una sinergia robusta entre la microbiota cecal y los parámetros de calidad interna, con asociaciones positivas significativas para las Unidades Haugh y el color de la yema. En este sentido, la actividad enzimática también mostró correlación positiva con el color (0,458*); en cuanto a las correlaciones negativas observadas entre el grosor de la cáscara y los indicadores internos reflejan el desafío fisiológico de la fase tardía.

Tabla 4. Matriz de correlación de Spearman.

	Grosor	Resis.	Peso	U.H.	Color	AE	MC	EGT	MI
Grosor	-								
Resis	0,219	-							
Peso	0,011	-0,179	-						
U.H.	-0,513**	0,095	0,083	-					
Color	-0,502*	-0,049	0,046	0,459*	-				
AE	-0,275	0,095	-0,250	0,226	0,458*	-			
MC	-0,449 *	0,280	0,059	0,577**	0,607**	0,287	-		
EGT	0,137	-0,266	0,395	-0,093	-0,148	-0,046	-0,336	-	
MI	-0,229	-0,124	-0,377	-0,162	0,091	0,016	-0,016	-0,142	-

Nota. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. AE= Actividad enzimática, MC= Microbiota cecal, EGT= Expresión genética de transportadores, MI= Morfometría intestinal.

Calidad del huevo

En relación a la calidad del huevo externa (Tabla 5) e interna (Tabla 6), los resultados muestran una media que se encuentra dentro de los parámetros de calidad universales, en casos como la Unidad Haugh está por encima y en el color de la yema un poco por debajo.

Tabla 5. Calidad externa del huevo.

Variable de calidad	Media	DE	Parámetro
Grosor (mm)	0,39	0,0373	0,30-0,40
Resistencia	38,6	0,546	35-40
Peso	62,1	4,98	65-73

Tabla 6. Calidad interna del huevo.

Variable de calidad	Media	DE	Parámetro
U.H	81,3	10,1	60-72
Color	7,42	1,96	9-12

Asimismo, se evidencia en la mayoría de los estudios que la fase de postura (tardía) ejerce un efecto significativo sobre la resistencia de la cáscara cuando son tratados con probióticos como *B. subtilis*; no se observaron cambios significativos en el grosor, peso, UH o color de la yema (Tabla 7).

Tabla 7. ANOVA de un factor (Welch) para la fase de la postura y el tipo de cepa.

Variable	F	p valor
Fase de Postura		
Grosor (mm)	0,16126	0,692
Resistencia	5,600877	0,027
Peso	1,29532	0,274
U.H.	0,00158	0,969
Color	0,18648	0,670
Tipo de cepa		
Grosor (mm)	2,765	0,126
Resistencia	0,337	0,567
Peso	1,540	0,229
U.H.	0,314	0,581
Color	0,426	0,522

Respecto al tipo de cepa, no se evidencia diferencia significativa en ninguna de las variables, lo cual permite entender que no existe relevancia en el origen de la cepa (comercial o aislada) de manera que la variación en el efecto de la calidad del huevo depende de otros factores como las dosis (bajas o altas) que se suministran o la combinación con otras enzimas. En la figura 2 se evidencia que las cepas aisladas generan mejores resultados en el promedio de grosor de la cáscara con una tendencia ascendente cercana a los 0,410 milímetros mientras que las comerciales se mantienen por debajo con un máximo de 0,38 milímetros.

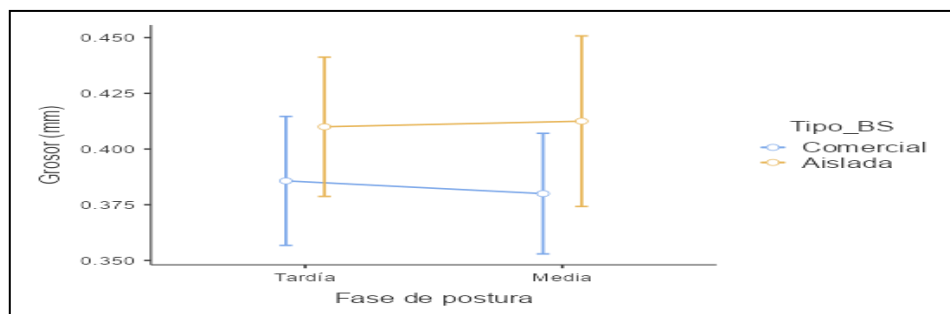


Figura 2. Efecto de la interacción entre el tipo de cepa de *B. subtilis*: Comercial vs. Aislada; y la fase de postura (Tardía vs. Media) sobre el grosor de la cáscara.

DISCUSIÓN

El uso de *B. subtilis* ha sido ampliamente estudiado en los últimos años por los beneficios que reporta su uso como suplementación dietética tanto en la calidad del huevo, como en el rendimiento reproductivo, digestibilidad de los nutrientes y sus mecanismos de acción como la morfometría intestinal (Souza *et al.*, 2021; Kirwan *et al.*, 2022; Liao *et al.*, 2023); los hallazgos muestran cómo reestructuran el control de la microbiota permitiendo una mayor eficiencia absorbente y antioxidante, bien porque contribuye a la altura de las vellosidades duodenales (más robustas y densas) y V/C, como a la profundidad de la cripta que resulta en un tracto intestinal más saludable (Wang *et al.*, 2021; DeLeón *et al.*, 2023; Liao *et al.*, 2023; Tsai *et al.*, 2023; Dong, *et al.*, 2025; Hakami *et al.*, 2025).

Sin embargo, existen estudios que, a pesar de reportar mejoras significativas en la salud intestinal tras la suplementación con *B. subtilis*, no reportan efectos significativos entre los grupos experimentales en términos de profundidad de las criptas o longitud de las vellosidades (Hamzehee *et al.*, 2025); no obstante, el incremento significativo en la altura de las vellosidades y en la relación V/C del duodeno es respuesta al fortalecimiento de las vellosidades y la reducción del número de roturas tras la suplementación con *B. subtilis* (Tsai *et al.*, 2023).

Durante la fase tardía de puesta, la integridad de la mucosa intestinal de las gallinas se compromete por las alteraciones que se producen en su microbiota intestinal, por ello el uso de probióticos como *B. subtilis* se utiliza en función de reducir la colonización de bacterias patógenas como *E. coli*, *Salmonella*, etc., (Shi *et al.*, 2020; Punctureen *et al.*, 2024; Tajudeen *et al.*, 2024).

El beneficio de los probióticos se asocia en la mayoría de los estudios tanto con una mayor digestibilidad de los nutrientes que proporcionan más energía disponible para la producción y salud de las gallinas ponedoras como con la actividad enzimática que produce en el tracto intestinal que conducen a una mejor digestión, absorción y uso de nutrientes (Almalamh *et al.*, 2024). En este estudio esta mejora en la morfometría intestinal fue evidente en los resultados donde el 76% reportó incremento en la altura de las vellosidades, lo que resulta fundamental en las gallinas ponedoras de fase tardía porque compensa la atrofia natural del intestino a través de una mayor adherencia de los microbios benéficos a la pared mucosa (Neijat *et al.*, 2019; Ogola *et al.*, 2024).

De manera que, se reduce la inflamación sistémica, lo que evidencia la significancia de la actividad enzimática que se produce para favorecer el equilibrio de la microbiota al incorporar este tipo de probióticos en la dieta del animal (Park *et al.*, 2024). Esto coincide con hallazgos donde mejora la hidrólisis de nutrientes y con ello se reduce el sustrato para bacterias proteolíticas patógenas que alteran el equilibrio intestinal de la gallina (Lee *et al.*, 2025).

Sin embargo, contrasta con otros estudios que, si bien la adición de *B. subtilis* mejora el aumento de las vellosidades y tiene efectos positivos en la calidad del huevo, no genera una actividad enzimática significativa, ni mejora la digestibilidad de proteína o la energía metabolizable (Juárez *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2024).

Por su parte, la elevada correlación positiva tanto en el color como en la U.H. dan cuenta de la relación de la microbiota en la calidad del huevo, lo que coincide con estudios similares donde se informa acerca de la altura de la albúmina y UH como indicadores relevantes de la calidad interna del huevo que mejora con la suplementación de *B. subtilis* (Neijat *et al.*, 2019, Nishiyama *et al.*, 2021).

La edad avanzada de la gallina ponedora en fase tardía afecta significativamente la resistencia de acuerdo con los resultados del ANOVA, lo cual es similar a otros estudios que aseguran cómo la suplementación con probióticos en la dieta de gallinas ponedoras en edad avanzada puede mejorar la insuficiencia de otras suplementaciones que no aseguran la eficiente absorción de Ca como lo hace *B. subtilis* (Nishiyama *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2026).

Es notable la importancia de este probiótico para la concentración sérica de calcio y fósforo, ya que los regula de manera significativa entendiendo la importancia de la regulación positiva de genes como Calbindina-1 que son transportadores de calcio para que éste pase del alimento a la sangre (Liu *et al.*, 2020; Liao *et al.*, 2023; Tsai *et al.*, 2023). No obstante, otros estudios no reportan alteración de la concentración sérica de Ca (Zou *et al.*, 2021).

Más allá de los efectos fisiológicos reflejados sobre la salud intestinal y el metabolismo mineral, *B. subtilis* posee características biotecnológicas que pueden favorecer su implementación en sistemas de producción comercial. Su capacidad de formar esporas le confiere una elevada resistencia durante el almacenamiento, transporte y procesamiento del alimento, favoreciendo su viabilidad hasta alcanzar el tracto gastrointestinal. Esta característica representa una ventaja tecnológica frente a otros microorganismos probióticos más sensibles a las condiciones de conservación, incrementando la reproducibilidad de sus efectos tanto en sistemas intensivos tecnificados como en infraestructuras con limitaciones logísticas o de almacenamiento. En este contexto, *B. subtilis* constituye una alternativa viable para apoyar el mantenimiento de la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras de edad avanzada (Ramlucken *et al.*, 2020; Popov *et al.*, 2021).

La poca diferencia estadística entre los tipos de cepas utilizadas en los diferentes estudios demuestra una estabilidad funcional de *B. subtilis* que la valida como probiótico confiable, ya que existen estudios experimentales que trabajaron con diferentes cepas de *B. subtilis* que no presentaron diferencias significativas entre los diferentes grupos (Fathi *et al.*, 2018; Ogola *et al.*, 2024). Estos hallazgos concuerdan con la mayoría de los estudios que comparten la idea de la importancia del microbiota intestinal en el nexo de la salud intestinal con la dieta, y la mucosa

intestinal como mecanismos de acción que mejoran la calidad del huevo (Ogola *et al.*, 2024; Lyons *et al.*, 2025).

Limitaciones

Los hallazgos de este estudio se interpretan en el marco de una síntesis cuantitativa exploratoria debido a que, si bien revelan patrones consistentes sobre el beneficio de *Bacillus subtilis* en gallinas ponedoras, existen fuentes de heterogeneidad intrínseca entre los estudios primarios que no pudieron ser controladas matemáticamente. Por lo tanto, los valores numéricos obtenidos en este análisis no deben considerarse como parámetros universales fijos, sino como tendencias biológicas macroambientales altamente sugerentes.

CONCLUSIÓN

La evidencia científica recopilada sugiere que la suplementación con *B. subtilis* mejora la calidad del huevo en gallinas ponedoras de fase media-tardía, mediante mecanismos asociados a la salud intestinal y la modulación de la microbiota cecal, mitigando el deterioro fisiológico relacionado con el envejecimiento. Los estudios analizados evidencian mejoras en la morfometría intestinal, caracterizadas por el incremento de la altura de las vellosidades y una mejor relación VH/CD, así como el incremento de bacterias benéficas como *Lactobacillus* y la reducción de microorganismos patógenos.

Estas modificaciones favorecen la actividad enzimática y la biodisponibilidad de nutrientes, reflejándose en mejoras de parámetros de la calidad del huevo como las Unidades Haugh, el color de la yema y, fundamentalmente, en la resistencia de la cáscara al reducir el declive mineral metabólico en aves envejecidas.

RECOMENDACIONES

Investigaciones adicionales mediante metaanálisis que permitan estandarizar protocolos de suplementación con el probiótico *Bacillus subtilis*.

REFERENCIAS

- Alfonso, C., Benavides, C., de Los Mozos, J., Dominguez, N., Sanchez, E., Garcia, A., & Rodriguez, A. (2021). Relationship between bone quality, egg production and eggshell quality in laying hens at the end of an extended production cycle (105 weeks). *Animals*, *11*(3), 623. <https://doi.org/10.3390/ani11030623>
- Almalamh, N., Aljumaah, R., Alharthi, A., Al-Garadi, M., Albaadani, H., Hakami, Z., & Abudabos, A. (2024). Effects of three different strains of Bacillus-based probiotics and Saccharomyces cerevisiae-based prebiotic on performance, egg components and gene

- expression of laying hens during phase II of production. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 1650-1661. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2418409>
- DeLeón, C., Wiersema, M., Araba, M., Lohrmann, T., & Koltes, D. (2023). Effects of a commercial *Bacillus subtilis* supplementation on late lay hen performance, egg quality and microbial communities. *Applied Poultry Research*, 32, 10036. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100361>
- Dong, R., Liu, H., Zhang, H., Wu, F., Xiu, H., Chen, S., Yin, X., & Zhou, X. (2025). Effects of *Bacillus subtilis* ZY1 on production performance, egg quality, serum parameters and intestinal health in laying hens. *Poultry Science*, 104(7), 105120. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105120>
- Fathi, M., Al-Homidan, I., Al-Dokhail, A., Ebeid, T., Abou-Emera, O., & Alsagan, A. (2018). Effects of dietary probiotic (*Bacillus subtilis*) supplementation on productive performance, immune response and egg quality characteristics in laying hens under high ambient temperature. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 804-814. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1425104>
- Gilyazova, I., Korytina, G., Kochetova, O., Savelieva, O., Mikhaylova, E., Vershinina, Z., & Gusev, O. (2025). Advances in genomics and postgenomics in poultry science: Current achievements and future directions. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(17), 8285. <https://doi.org/10.3390/ijms26178285>
- Hakami, Z., Alhotan, R., Al Sulaiman, A., Aljumaah, R., Palombo, V., D'Andrea, M., Alharthi, A., & Abudabos, E. (2025). Enhancing laying hen productivity and health: influence of dietary probiotic *Bacillus subtilis* strains and prebiotic *Saccharomyces cerevisiae* yeast cell wall on production performance, egg quality and inflammatory responses. *Animals*, 15, 1398. <https://doi.org/10.3390/ani15101398>
- Hamzehee, Z., Torki, M., Rashidi, K., & Abdolmohammadi, A. (2025). Effect of dietary *Bacillus subtilis*, dried whey powder, and *Saccharomyces cerevisiae* on the production performance, egg quality, blood biochemical parameters, and ileal histomorphology in late-phase Lohmann LSL-lite laying hens. *Poultry Science*, 104, 105547. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105547>
- Huang, Q., Yi, W., Fan, J., Chen, R., Ma, X., Chen, Z., Wu, W., & Qian, L. (2024). Effects supplementation of novel multi-enzyme on laying performance, egg quality, and intestinal health and digestive function of laying hens. *Poultry Science*, 103, 104461. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104461>
- Juárez, P., Cortes, A., Arce, J., Del Río, J., Gómez, G., & Ávila, E. (2020). Efecto de un complejo multienzimático y un probiótico en gallinas de postura alimentadas con dietas

- sorgo-soya-canola. *Revista Mexicana Ciencia Pecuarias*, 11(2), 369-379. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.4843>
- Kirwan, S., Makahleh, A., & González, D. (2022). Efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 en los parámetros productivos de reproductoras pesadas. *Kemin Europa N.V.* https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/18448_poster%2007-kirwan-b-subtils-belgica.pdf
- Lee, Ah., Kim, S., Cho, H., Wang, Y., & Kim, S. (2025). Supplementation effects of feed additive containing eggshell, Schisandrachinensis by-products combined with multi-probiotics strains in laying hens. *Journal Animal Science Technology*, 67(6), 1285-1301. <https://doi.org/10.5187/jast.2024.e119>
- Liao, C., Cui, J., Lei, J., Guo, Y., & Zhang, B. (2023). Effects of *Bacillus subtilis* Natto NB205 and its mutant NBMK308 on egg quality in aging laying hens. *Life*, 13, 1109. <https://doi.org/10.3390/life13051109>
- Liu, X., Liu, W., Deng, Y., He, C., Xiao, B., Guo, S., Zhou, X., Tang, S., & Qu, X. (2020). Use of encapsulated *Bacillus subtilis* and essential oils to improve antioxidant and immune status of blood and production and hatching performance of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 1583-1591. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1862715>
- Lyons, A., Dirks, B., Leyva, H., & Persia, M. (2025). Evaluation of Bacillus-based direct fed microbials on the performance and eggshell quality of first cycle laying hens from 55 to 75 weeks of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 34, 100610. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2025.100610>
- Neijat, M., Shirley, R., Barton, J., Thiery, P., Welsher, A., & Kiarie, E. (2019). Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* DSM29784 on hen performance, egg quality indices, and apparent retention of dietary components in laying hens from 19 to 48 weeks of age. *Poultry Science*, 98, 5622-5635. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez324>
- Nishiyama, T., Nakagawa, K., Imabayashi, T., Iwatani, S., Yumamoto, N., & Tsushima, N. (2021). Probiotic *Bacillus subtilis* C-3102 improves eggshell quality after forced molting in aged laying hens. *The Journal of Poultry Science*, 58, 230-237. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0200081>
- Ogola, E., Yu, M., Hong, J., Chaturanga, N., Seo, E., Lee, H., Hermes, R., Smeets, N., Taechavasonyoo, A., Kirwan, S., Rodriguez, R., & Heo, J. (2024). Laying hen responses to multi-strain Bacillus- based probiotic supplementation from 25 to 37 weeks of age. *Animal Bioscience*, 37(8), 1418-1427. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0495>

- Park, J., An, B., Yang, T., & Kim, K. (2024). Effects of single or combined feeding with *Bacillus subtilis* and organic acid mixture on egg production, physiological responses, and cholesterol level in chicken eggs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33(4), 486-492. <https://doi.org/10.22358/jafs/186959/2024>
- Popov, I. V., Algburi, A., Prazdnova, E. V., Mazanko, M. S., Elisashvili, V., Bren, A. B., & Chikindas, M. L. (2021). A review of the effects and production of spore-forming probiotics for poultry. *Animals*, 11(7), 1941. <https://doi.org/10.3390/ani11071941>
- Puncharoen, S., Poeikampha, T. & Pongpong, K. (2024). Effect of probiotic supplementation in diet on egg production, egg quality, intestinal morphology and bacterial population in caecum of laying hens. *Trends in Sciences*, 21(12), 8445. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8445>
- Ramlucken, U., Laloo, R., Roets, Y., Moonsamy, G., van Rensburg, C. J., & Thantsha, M. S. (2020). Advantages of Bacillus-based probiotics in poultry production. *Livestock Science*, 241, 104215. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104215>
- Shi, H., Zhang, W., & Kim, H. (2020). Effects of dietary *Bacillus subtilis* RX7 and B2A supplementation on productive performance, egg quality, blood profiles, and excreta Salmonella counts in laying hens. *Canadian Science Publishing*, 100, 411-417. <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0064>
- Souza, O., Adams, C., Rodrigues, B., Krause, A., Bonamigo, R., Zavarize, K., & Stefanello, C. (2021). The impact of *Bacillus subtilis* PB6 and chromium propionate on the performance, Egg Quality and nutrient metabolizability of layer breeders. *Animals*, 11, 3084. <https://doi.org/10.3390/ani11113084>
- Tajudeen, H., Hun, S., Hosseindoust, A., Young, J., Park, S., Park, S., Choi, P., Hermes, R., Taechavasonyoo, A., Rodriguez, R., & Kim, J. (2024). Effect of dietary inclusion of Bacillus-based probiotics on performance, egg quality, and the faecal microbiota of laying hen. *Animal Bioscience*, 37(4), 689-696. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0299>
- Tsai, M., Shih, B., Liaw, R., Chen, W., Lee, T., Hung, H., Hung, K., & Lin, Y. (2023). Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* TLRI 211-1 on laying performance, egg quality and blood characteristics of leghorn layers. *Animal Bioscience*, 36(4), 609-618. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0274>
- Wang, J., Wang, W., Qi, G., Cui, C., Wu, S., Zhang, H., Xu, L., & Wang, J. (2021). Effects of dietary *Bacillus subtilis* supplementation and calcium levels on performance and eggshell quality of laying hens in the late phase of production. *Poultry Science*, 100(3), 100970. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.067>

Silva Gaspata, S., Labrada Ching, J.

Xu, H., Lu, Y., Li, D., Yan, C., Jiang, Y., Hu, Z., & Wang, Y. (2023). Probiotic mediated intestinal microbiota and improved performance, egg quality and ovarian immune function of laying hens at different laying stage. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1041072. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1041072>

Zhu, J., Hu, Z., Xu, H., Chen, J., Ji, X., Wang, X., Guo, L., Zhang, G., Yang, T., Yang, S., & Wang, Y. (2026). Stage-dependent effects of composite probiotics on gut mineral transport, Skeletal health, and egg quality in laying hens. *Poultry Science*, *105*,106679. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2026.106679>

Zou, X., Jiang, S., Zhang, M., Hu, H., Wu, X., Liu, J., Jin, M., & Cheng, H. (2021). Effects of *Bacillus subtilis* on production performance, bone physiological property, and hematology indexes in laying hens. *Animals*, *11*, 2041. <https://doi.org/10.3390/ani11072041>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: SSG, JJC, análisis e interpretación de los datos: SSG, JJC, redacción del artículo: SSG, JJC.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.