



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 16 Issue, 01, pp. 69748-69753, January, 2026

<https://doi.org/10.37118/ijdr.30428.01.2026>



REVIEW ARTICLE

OPEN ACCESS

REVISIÓN: EFECTO DE *Bacillus subtilis* EN LA INTEGRIDAD INTESTINAL Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE AVES DE POSTURA

Pérez-Villegas Samara Isabel¹, Camacho-Cazarez Dulce Janeth¹, Félix-Espinoza Zabdiel¹, Espinoza-Aguirre Laura Francisca², Medina-Mendoza Lizbeth Alejandra¹, Portillo-Loera Jesús José³, Castro-Tamayo Carlos Bell³ and Romo-Rubio Javier Alonso^{3*}

¹Estudiante de Maestría en Ciencias Agropecuarias, adscrita a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (FMVZ-UAS); ²Estudiante de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, adscrita a la FMVZ-UAS; ³Profesor e Investigador de Tiempo Completo adscrito a la FMVZ-UAS. Boulevard San Ángel 3080, Fraccionamiento San Benito, Culiacán Rosales, Sinaloa, México; CP 80246

ARTICLE INFO

Article History:

Received 20th October, 2025

Received in revised form

18th November, 2025

Accepted 06th December, 2025

Published online 30th January, 2026

KeyWords:

Bacillus Subtilis, Codornices Japonesas, gallina de postura, Probióticos, Salud Intestinal.

*Corresponding author:

Romo-Rubio Javier Alonso

ABSTRACT

Esta revisión analiza los efectos de *Bacillus subtilis* en el crecimiento, la producción de huevos y la modulación del microbioma intestinal de las aves de corral. La evidencia científica indica que este probiótico mejora la absorción de nutrientes, la conversión alimenticia y la integridad intestinal, al tiempo que reduce la presencia de bacterias patógenas en el intestino delgado. Además, sus propiedades inmunomoduladoras fortalecen la resistencia a enfermedades y mejoran el bienestar general de las aves. Estos efectos combinados favorecen el aumento de peso, mayor tasa de postura y mayor eficiencia alimenticia, lo que posiciona a *Bacillus subtilis* como una alternativa viable a los antibióticos promotores del crecimiento. Su uso en la producción avícola representa una estrategia sostenible y eficiente para mejorar la salud y el rendimiento productivo de las aves.

Copyright©2026, Pérez-Villegas Samara Isabel et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Pérez-Villegas Samara Isabel, Camacho-Cazarez Dulce Janeth, Félix-Espinoza Zabdiel, Espinoza-Aguirre Laura Francisca et al. 2026. "Revisión: Efecto de *Bacillus subtilis* en la Integridad Intestinal y Rendimiento Productivo de Aves de Postura" *International Journal of Development Research*, 16, (01), 69748-69753.

INTRODUCTION

Los problemas de resistencia de microorganismos patógenos a los antibióticos y sus residuos en los productos de origen animal han limitado el uso de productos sintéticos como promotores de crecimiento en la industria de la producción animal, en particular en la industria avícola (Abdel-Moneim et al., 2020); por lo tanto, se buscan alternativas naturales y seguras (Yu et al., 2020). Los probióticos, prebióticos y los ácidos orgánicos se han sugerido como alternativa al uso de los antibióticos como promotores del crecimiento (Medina-Saavedra et al., 2017). Los probióticos son uno de los suplementos más eficaces para las dietas avícolas, ya que tienen la capacidad de mejorar la respuesta inmunológica, la salud gastrointestinal, la conformación y el microbioma de las aves (Abd El-Moneim y Sabic, 2019; Ebeid et al., 2019). Estos, son organismos vivos o suplementos alimenticios microbianos destinados para mejorar el equilibrio microbiano intestinal (Salehimanesh et al., 2016). Los probióticos, también llamados microbios de alimentación directa son capaces de alterar el perfil microbiano del ecosistema

entérico y mejorar la salud y el crecimiento de los animales (Li et al., 2016). Los microorganismos más usados son: *Lactobacillus* sp., *Streptococcus faecium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus stearothermophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*. Sin embargo, el género *Bacillus* destaca como probiótico por la acción de las enzimas hidrofílicas extracelulares que actúan sobre polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos; éstos, son empleados como fuentes de carbono, donadores de electrones y productores de antibióticos (Forte et al., 2016). El *Bacillus subtilis* (BAS) es una bacteria Gram positiva formadora de esporas (BFE), que se encuentra entre los probióticos más utilizados en la producción avícola debido a su estabilidad térmica durante el procesamiento del alimento y su resistencia a las condiciones fisiológicas del ecosistema entérico (Borojeni et al., 2016; Li et al., 2016; Suva et al., 2016). Un ecosistema entérico simbiótico, que incluya un microbioma beneficioso, es un elemento vital para lograr un crecimiento óptimo de las aves de corral, particularmente en ausencia de dosis sub terapéuticas de antibióticos (Jazi et al., 2019). El *Bacillus subtilis* posee propiedades que lo convierten en una alternativa al uso de los antibióticos como

promotores de crecimiento; este probiótico necesita una condición aeróbica y tiene la habilidad de absorber el oxígeno libre en el tracto gastrointestinal, lo que promueve el desarrollo de la función intestinal (Ramlucken *et al.*, 2020). Los efectos benéficos sobre la salud intestinal pueden deberse a la capacidad del BAS de modular el microbioma intestinal en favor de los organismos útiles, reforzar el sistema inmunológico, modificar la estructura y morfología intestinal, mejorar la digestión y la absorción de nutrientes (Li *et al.*, 2016; Elshaghabe *et al.*, 2017; Jayaraman *et al.*, 2017). En un estudio realizado por Guo *et al.* (2017), observaron que *Bacillus subtilis* promueve la capacidad de absorción en las gallinas ponedoras al proteger la barrera intestinal y regular positivamente la composición del microbioma intestinal, mejorar la calidad del huevo y la retención de minerales. En la presente revisión se analiza la información reciente sobre el uso de *Bacillus subtilis* como probiótico para mejorar la integridad intestinal y el rendimiento productivo de aves de postura.

Los probióticos como alternativa al uso de antibióticos promotores de crecimiento: Según la WHO (2001), un probiótico se define como un microorganismo que existe en la naturaleza y que contribuye a la salud del huésped si se administra en dosis suficientes; otros autores, los definen como cultivos de microorganismos vivos (bacterias, hongos y levaduras) que mejoran la salud y el estado nutricional de los animales al enriquecer el crecimiento de la flora del tracto gastrointestinal (Zhang y Kim, 2014). Sin embargo, para ser considerado un probiótico un microorganismo debe estar vivo al momento de su consumo, administrado en cantidades suficientes (al menos 10^6 a 10^9 UFC/g) y demostrar efectos beneficiosos en la salud del huésped (Payne *et al.*, 2024).

Según Pellegrini *et al.* (2015), durante el periodo de postura los probióticos pueden prevenir enfermedades, mejorar la calidad del huevo y minimizar los trastornos gastrointestinales. Las situaciones estresantes en las granjas avícolas pueden aumentar la incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, en particular de diarrea, esto conlleva a una supresión del sistema inmunológico que conduce a deficiencias en la tasa de crecimiento (Manafi *et al.*, 2016). Si bien, los antibióticos han logrado un incremento en la producción animal, los residuos de estos fármacos se acumulan en la carne que se destina para el consumo humano, lo que puede ocasionar alteraciones en el estado de salud de quienes la consumen (Vélez *et al.*, 2019); estos residuos, llegan al consumidor a través de la cadena alimenticia y pueden causar reacciones alérgicas, resistencia bacteriana y alteración en el microbioma intestinal; además, el uso excesivo de antibióticos provoca el establecimiento de un reservorio de cepas bacterianas patógenas resistentes. Los probióticos se han indicado como alternativas a los antibióticos promotores del crecimiento para las aves de corral, debido a que combaten el estrés oxidativo y mejoran la inmunidad, la integridad de la mucosa, lo que aumenta su rendimiento productivo (Manafi *et al.*, 2016).

Los microorganismos probióticos más comunes se encuentran en los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. Estas especies tienen una larga historia de uso seguro y son reconocidas como Generalmente Consideradas Seguras por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés). Sin embargo, los probióticos deben soportar condiciones adversas durante la producción, el almacenamiento y a lo largo de su paso por el tracto gastrointestinal (Flach *et al.*, 2018). Los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* pueden ser particularmente sensibles al pH bajo y a las sales biliares del estómago (Endres *et al.*, 2009). Además, factores como los componentes de los alimentos, los aditivos alimenticios, el contenido de oxígeno, los potenciales redox, los niveles de humedad, la actividad del agua, las temperaturas de almacenamiento, el pH, la acidez titulable y las condiciones de envasado pueden influir en su viabilidad (Konuray y Erginkaya, 2018). Dada la susceptibilidad de los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* a diversas condiciones, se ha sugerido al género *Bacillus* como una alternativa a estos probióticos; además, *Bacillus* está estrechamente relacionado con los *Lactobacillus* (Elshaghabe *et al.*, 2017); asimismo, debido a su capacidad para formar esporas estables, los *Bacillus* puede soportar

las condiciones de procesamiento y almacenamiento de los alimentos mejor que los *Lactobacillus* o *Bifidobacterium*, lo que convierte a los *Bacillus* en un probiótico adecuado. La capacidad de formación de esporas por el género *Bacillus* mejora su resistencia al tratamiento térmico, lo que le permite sobrevivir a los procesos de cocción; también puede soportar condiciones adversas de procesamiento como calor, cambios de pH, sal y desecación, y soportar condiciones de almacenamiento que a menudo son perjudiciales para las células vegetativas. Varias especies de *Bacillus*, incluidas *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus clausii*, *Bacillus coagulans* y *Bacillus licheniformis*, se han estudiado ampliamente (Elshaghabe *et al.*, 2017). Los resultados de los estudios indican que el uso del género *Bacillus* como probiótico ofrece numerosos beneficios potenciales para desarrollar una gama más amplia de productos alimenticios como portadores probióticos. Debido a que estas bacterias son formadoras de esporas, pueden tolerar temperaturas más altas y entornos de pH más bajo durante el procesamiento de alimentos, y son más capaces de sobrevivir a las duras condiciones dentro del tracto gastrointestinal (Oljide y LaPoint, 2021).

En particular, en las últimas décadas, el probiótico *Bacillus subtilis* ha demostrado un éxito significativo en el control de patógenos, incluidas cepas resistentes a fármacos (Grant *et al.*, 2018; Demin *et al.*, 2021), lo que mejora el rendimiento productivo de las aves de postura. Al respecto, en gallinas ponedoras que consumieron una dieta suplementada con un 0.05 % de *B. subtilis* aumentó el recuento de *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp., y disminuyó el recuento de bacterias viables de *E. coli*, coliformes, estafilococos y *Clostridium* spp., lo que indica que la suplementación con este probiótico afectó el microbioma intestinal para favorecer la presencia de bacterias beneficiosas (Forte *et al.*, 2016). Asimismo, se ha observado que la adición de producto de biodegradación de *B. subtilis* (1000 g/t), a la dieta de gallinas ponedoras, contrarrestó los efectos negativos de las aflatoxinas y la zearalenona, como contaminantes de la dieta, sobre el rendimiento de postura, la calidad del huevo y los residuos de toxinas en los huevos (Jia *et al.*, 2016). También, se ha observado que promueven el crecimiento, mejoran la conversión alimenticia y otros parámetros zootécnicos en pollos de engorde, gallinas ponedoras y otras especies de aves de corral (Popov *et al.*, 2021). Se ha indicado, que estos efectos pueden deberse a la capacidad del BAS de modular el microbioma intestinal en favor de los microorganismos benéficos, reforzar el sistema inmunológico, modificar la estructura y morfología intestinal, mejorar la digestión y la absorción de nutrientes (Jazi *et al.*, 2020; Ningsih *et al.*, 2023).

Bacterias formadoras de esporas: Como se mencionó previamente, los probióticos usados con mayor frecuencia son aquellos elaborados con base en bacterias formadoras de ácido láctico (BAL), *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* spp., que normalmente se encuentran en el tracto gastrointestinal de animales y humanos (Zommiti *et al.*, 2020); no obstante, los probióticos formadores de esporas (BFE) han ganado popularidad en la industria avícola como optimizadores de la salud intestinal (Angelakis, 2017; Ruíz *et al.*, 2021). Durante el proceso de esporulación la bacteria forma dos capas proteicas que la rodean; estas estructuras, confieren protección frente a factores ambientales estresantes, lo que permite la inclusión de probióticos de BFE en dietas que contienen componentes agresivos como los coccidiostáticos (Vélez *et al.*, 2019). Asimismo, esta capacidad de formar esporas mejora su resistencia al tratamiento térmico, lo que les permite sobrevivir en condiciones de procesamiento como el calor, los cambios de pH, sal, fermentación, congelación, descongelación y rehidratación. Además, las esporas de estos probióticos tienen mayor capacidad de sobrevivir al paso por el intestino, proliferar y colonizar el tracto digestivo (Borojeni *et al.*, 2016; Elisashvili *et al.*, 2019; Popov *et al.*, 2021; Payne *et al.*, 2024). Las BFE modulan la composición del microbioma intestinal comensal, lo que puede mejorar las tasas de conversión alimenticia, así como la digestión y absorción de nutrientes, gracias a su capacidad para catabolizar sustratos. Además, se ha demostrado que los probióticos de BFE tienen capacidad para estimular y/o modular el sistema inmunológico de las aves de corral (Popov *et al.*, 2021). Se han aislado e identificado varios bacilos formadores de esporas como probióticos,

pero sólo unas pocas cepas se utilizan comercialmente, incluidos *B. subtilis*, *B. licheniformis* y *B. cereus*; éstas, se han utilizado durante varios años en la alimentación de aves de corral y acuicultura para prevenir infecciones orales y gastrointestinales (Larsen *et al.*, 2014). El *B. subtilis* es una bacteria aerobia, Gram positiva y de rápido crecimiento, cuyas células presentan una morfología bacilar (en forma de bastón) con dimensiones típicas de 2 a 6 µm de longitud y menos de 1 µm de diámetro. Su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 30 y 35°C, con un tiempo de duplicación de aproximadamente 20 minutos. Bajo ciertas condiciones, las células tienden a formar cadenas largas, unidas por material de pared septal no hendido. En condiciones de estrés nutricional, las células pueden iniciar un proceso de diferenciación celular complejo que culmina en la formación de endosporas, las cuales son liberadas mediante lisis de la célula madre. Además, las células vegetativas pueden exhibir movilidad o, alternativamente, formar biopelículas y 'cuerpos fructíferos' que contienen esporas (Errington y Aart, 2020).

Mecanismo de acción de *Bacillus subtilis*: Se ha observado que *Bacillus subtilis* produce enzimas beneficiosas como proteasas, lipasas, celulasas, xilanasas, fitasas y aminoácidos, que neutralizan factores antinutricionales en los alimentos y mejoran la absorción de nutrientes al reducir la viscosidad intestinal. Asimismo; BAS sintetiza compuestos antimicrobianos, como subtilosina, catalasa y ácido láctico, que promueven el crecimiento de microorganismos beneficiosos como *Lactobacillus* e inhiben patógenos de amplio espectro, que incluye a levaduras, hongos, bacterias Gram positivas y Gram negativas (Popov *et al.*, 2021).

En el tracto gastrointestinal, las esporas de BAS germinan y consumen oxígeno, y propician un ambiente anaeróbico que favorece la proliferación de *Lactobacillus* nativos; éstos, producen ácido láctico que controla patógenos y mejora la utilización de minerales esenciales (Manafi *et al.*, 2016). La suplementación dietética con BAS también aumenta la actividad enzimática del microbioma intestinal, lo que mejora la utilización del nitrógeno y reduce la emisión de amoníaco en las heces de las aves de corral (Zhang y Kim, 2013). Las enzimas, como la proteasa y la carbohidrasa, reducen las moléculas de proteínas y alimento indigestibles, que son una fuente de nutrientes para las bacterias patógenas (Kiarie *et al.*, 2013).

Bacterias formadoras de esporas en la modulación inmunológica de las aves de corral: Se ha observado que los probióticos con base en BFE promueven la producción de citocinas y sustancias de defensa inmunológica (Popov *et al.*, 2021). Las esporas pueden invadir los tejidos linfoides primarios de las placas de Peyer y los ganglios linfáticos mesentéricos (Duc *et al.*, 2003); éstas, germinan dentro de las células fagocíticas, mientras que se expresaron los genes vegetativos. Después de la fagocitosis, el título de IgG anti-esporas e IgA en el suero de las aves de corral aumenta junto con la respuesta de las células T tipo 1 (Th1). También, se ha observado que la IgA y la IgG séricas se elevan en las aves de corral tratadas con microorganismos de acción directa como *Bacillus* spp., lo que indica una modulación de la respuesta inmunitaria humoral (Popov *et al.*, 2021). Así, es de entender, que la acción sistémica de los probióticos está mediada por la modulación del microbioma del tracto gastrointestinal, lo que da como resultado una amplia gama de mejoras en el rendimiento de las aves de corral (Popov *et al.*, 2021).

Efecto de *Bacillus subtilis* en la integridad intestinal y el rendimiento productivo de las aves de corral: Las deficiencias en la salud intestinal se asocian con alteraciones en la composición del microbioma intestinal (disbiosis), permeabilidad de la barrera mucosa e inflamación. Desde la prohibición de los antimicrobianos promotores del crecimiento en la alimentación animal, estos problemas relacionados con la disbiosis se han convertido en un problema importante, especialmente en la ganadería intensiva (Ducatelle *et al.*, 2018). Se ha demostrado que BAS mejora el crecimiento de microorganismos beneficiosos, incluidas las especies de *Lactobacillus* en aves ponedoras alimentadas con cepas de *B. subtilis* (1 g/kg de alimento de BAS; que contuvo 1.0×10^9 UFC/g) (Popov *et al.*, 2021). Estudios recientes indican los beneficios de

adicionar *B. subtilis* a la dieta de las aves. Al respecto, se observó que la dieta basal enriquecida con *B. subtilis* (1×10^8 UFC/kg de alimento) mostró una mejora significativa en la producción de huevos en la codorniz japonesa (Mehani *et al.*, 2024). En pollos de engorda Jayaraman *et al.* (2017), observaron que la dieta suplementada con BAS aumentó la altura de las vellosidades y la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas en el duodeno. La altura de las vellosidades, así como la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, son indicadores de la integridad y funcionalidad del intestino; cabe mencionar, que un aumento en la altura de las vellosidades y la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas puede traducirse en un aumento en la superficie de absorción, lo que resulta en una mejora en la capacidad de asimilación. Por su parte, Jazi *et al.* (2020), observaron que tanto la adición de proteína de suero como BAS y la combinación de éstos a la dieta, mejoró la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas en el íleon, mientras que estos aditivos no tuvieron impacto en otras variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon. En un estudio realizado por Manafi *et al.* (2016), con codornices japonesas de 36 semanas de edad, los autores observaron que la inclusión dietética de 0.1 % de BAS (1.0×10^{10} UFC/g) mejoró la respuesta de anticuerpos contra la enfermedad de Newcastle y la influenza aviar. En las aves alimentadas con BAS y bacitracina, la profundidad de las criptas se redujo, mientras que la altura de las vellosidades y la relación vellosidades: criptas aumentaron significativamente, en comparación con el grupo alimentado con la dieta basal. Además, se observó una reducción significativa en las poblaciones de coliformes cecales (*E. coli* y *Salmonella*) en codornices japonesas alimentadas con dietas que contenían *Bacillus subtilis* en contraste con las aves que fueron alimentadas con la dieta basal; además, la adición dietética de BAS incrementó la producción de huevos y el peso en las codornices. Asimismo, se observó que la inclusión de probióticos en la dieta redujo significativamente los niveles de colesterol plasmático en comparación con el tratamiento control y al que se le adicionó antibióticos.

Mehani *et al.* (2024), observaron mejoras en la producción y peso del huevo en la codorniz japonesa al adicionar BAS (1×10^8 UFC/kg alimento). Además, se registraron mejoras en los niveles de colesterol (evaluado a los 64 días) y en el perfil lipídico, con incrementos en las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y reducciones en las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en los días 46 y 64 del estudio. Los autores también reportaron mejoras en los valores relacionados con el funcionamiento renal, como los niveles de urea y creatinina, así como la actividad de enzimas hepáticas, que incluye la alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST). Bahrapour *et al.* (2020), en un estudio realizado con guarnigones de codorniz japonesa de uno a 35 días de edad, en el que evaluaron el efecto de la inclusión de 200 mg/kg de alimento de un probiótico de BAS que contenía 4×10^9 UFC/g, observaron mejoras en el crecimiento, las características de la canal, la microflora intestinal y la morfología yeyunal de la codorniz japonesa; lo que sugiere que su uso podría ser una buena alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento en la dieta de las codornices. Además, la adición dietética de 200 mg/kg de alimento de un probiótico de BAS que contenía 4×10^9 UFC/g en combinación con 200 mg/kg de un probiótico de *B. coagulans* que contenía 2×10^{11} UFC/g, mejoró la ganancia de peso y la conversión alimenticia durante todo el estudio (1 a 35 días), en contraste con una dieta adicionada con antibiótico (650 mg/kg de Flavofosfolipol).

Asimismo, en comparación con el grupo tratado con antibióticos, los tratamientos con probióticos incrementaron significativamente la población de bacterias productoras de ácido láctico. Específicamente, BAS indujo un aumento en la altura de las vellosidades del yeyuno, lo que sugiere una mejora en la absorción de nutrientes. Además, las aves suplementadas con BAS presentaron la mayor relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, lo que refuerza el impacto positivo de este probiótico en la salud intestinal y el rendimiento productivo. Velez (2019), observó que la adición de BAS (1.6×10^5 UFC/kg alimento) mejoró la ganancia de peso y la

conversión alimenticia en pollos de engorde. Estudios realizados en gallinas de postura indican beneficios en el rendimiento y calidad del huevo si se adiciona *B. subtilis* a la dieta alimenticia. Darsi y Zhaghari (2021), observaron que la suplementación con *Bacillus subtilis* PB6 (2.0×10^7 UFC/g), a una dosis de 1 g/kg de dieta para reproductoras de engorde, mejoró significativamente la producción y calidad de los huevos, la incubabilidad, el índice fecal y la rentabilidad de la inversión. También, en gallinas ponedoras desafiadas con *S. gallinarum* (inoculadas en el buche con 1 mL de suspensión de 10^8 UFC/mL), se observó que el consumo de dietas adicionadas con 0.1 % de *B. subtilis* ($10^8, 10^9$ y 10^{10} UFC/g) redujeron la población de *S. gallinarum* tanto en el intestino grueso como en las excretas. La población de *S. gallinarum* en las gallinas ponedoras desafiadas alimentadas con *B. subtilis* fue significativamente menor en el intestino delgado, el intestino grueso y las excretas. En el intestino delgado, la población de *Lactobacillus* fue mayor con un nivel de adición de 10^{10} UFC/g. Además, la adición de *B. subtilis* mejoró el grosor de la cáscara; lo que indica, que las dietas suplementadas con *B. subtilis* muestra potencial para disminuir *S. gallinarum* en el tracto intestinal y mejorar la densidad, la resistencia y la calidad de la cáscara durante el período de postura (Hosseindoust et al., 2018). Asimismo, si el probiótico de *B. subtilis* es adicionado en concentraciones desde 1.0×10^5 , 1.0×10^6 , 1.0×10^7 y 1.0×10^8 UFC/g, mejoró el rendimiento y la calidad del huevo mediante la reducción de *E. coli* fecal y la modulación beneficiosa del microbioma cecal en gallinas ponedoras (Guo et al., 2017).

Por su parte, Tsai et al. (2023), observaron que la adición de 0.1 % de *B. subtilis* (10^9 UFC/g) mejoró la conversión de alimento a huevo y mantuvo los huevos en su nivel de calidad óptimo durante el almacenamiento. Otros estudios indican, que la administración de probióticos de *B. subtilis* (1.2×10^9 UFC/g) con una concentración de 0.02 g/kg de alimento aumenta el peso del huevo, el valor del índice de yema de huevo y los valores de Unidad Haugh (UH; Wardiana et al., 2021; Pratama et al., 2021). Neijat et al. (2019), observaron que la adición de *B. subtilis* (1.1×10^9 UFC/kg de alimento) mejoró la calidad de la proteína interna de los huevos (AH; Altura de la Albúmina y HU; Unidad Haugh). También, en gallinas jóvenes durante el período de postura entre las 25 y 45 semanas, los valores promedio de altura de albúmina y color de la yema fueron mayores en las aves alimentadas con *B. subtilis* (1×10^8 UFC/g) a niveles de adición de 500 g/t (Upadhaya et al., 2019).

Se ha sugerido que *Bacillus subtilis* podría utilizarse como promotor de la salud, para reducir la inflamación inducida por la sobreproducción y el daño óseo asociado, y para aumentar la producción de huevos comercializables (Zou et al., 2021). Mehani et al. (2024), observaron que la adición de *B. subtilis* (1×10^8 UFC/kg de alimento) a las dietas de codornices ponedoras mejora la digestión y la salud general. También, se observó que la inclusión de *B. subtilis* (1×10^6 UFC/g), disuelto en agua de bebida, a dosis de 50, 75 y 100 mg por kg de peso corporal, diariamente durante 30 días, inhibió la proliferación de estafilococos fecales y aumentó el contenido de carotenoides en la yema (Ermakova et al., 2021). También se ha utilizado la combinación de *B. subtilis* con otros géneros bacterianos con acción probiótica y con minerales con acción antioxidante. Hamada et al. (2024), observaron que la adición de una mezcla de probióticos (*Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *B. licheniformis* y *B. subtilis*) mejoró el índice de conversión alimenticia, la producción de huevos y la calidad de los huevos de codornices japonesas ponedoras. Otros autores, observaron que la suplementación de la dieta con la combinación de especies de *Bacillus* (*B. licheniformis* y *B. subtilis*), utilizada en gallinas ponedoras envejecidas, mejoró la composición bacteriana cecal, la calidad del huevo y la morfología del intestino delgado (Yang et al., 2020). También, las dietas suplementadas con *B. subtilis* (500 g/ton de *B. subtilis*; 2.0×10^{11} UFC/g) y propionato de cromo (50 g/ton; Cr 0.4 %) mejoraron el rendimiento productivo, la calidad de la cáscara y la metabolización de nutrientes en las gallinas ponedoras, sin modificar los niveles séricos de cortisol, albúmina ni triglicéridos (Souza et al., 2021). Asimismo, se observó que la inclusión de Mn y *B. Subtilis* en la dieta de pavos en postura mejoró el rendimiento

productivo, la calidad del huevo, la capacidad antioxidante, la estructura y el microbioma intestinal; los resultados de este estudio indicaron que la suplementación con 30 mg/kg de Mn y 5.0×10^9 UFC/kg de *B. subtilis* proporcionó el efecto óptimo.

CONCLUSIONES

La adición de *Bacillus subtilis* en la dieta para aves de corral ha demostrado ser una alternativa eficaz al uso de antibióticos promotores de crecimiento. Sus efectos positivos en la salud intestinal, la modulación del sistema inmunológico y la mejora del microbioma intestinal favorecen el bienestar animal y la resistencia a enfermedades. Además, *Bacillus subtilis* optimiza la absorción de nutrientes, mejora la integridad intestinal y reduce la presencia de microorganismos patógenos en el tracto digestivo. Los efectos benéficos de *B. subtilis* en la salud intestinal se traducen en una mejor conversión alimenticia, mayor ganancia de peso y producción de huevos. La inclusión de *B. subtilis* en la dieta de las aves no sólo contribuye a reducir la dependencia de antibióticos, sino que también optimiza el rendimiento productivo y la calidad de los productos avícolas, lo que representa una estrategia sustentable y segura en la industria avícola.

REFERENCIAS

- ABD EL-MONEIM AE, Sabic EM. 2019. Beneficial effect of feeding olive pulp and Aspergillus awamori on productive performance, egg quality, serum/yolk cholesterol and oxidative status in laying Japanese quails. *Journal of Animal and Feed Sciences*; 28:52–61. <https://doi.org/10.22358/jafs/105537/2019>
- ABDEL-MONEIM AE, Selim DA, Basuony HA, Sabic EM, Saleh AA, Ebeid TA. 2020. Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* spores on growth performance, oxidative status, and digestive enzyme activities in Japanese quail birds. *Tropical Animal Health Production*; 52(2):671–680. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02055-1>
- ANGELAKIS E. 2017. Weight gain by gut microbiota manipulation in productive animals. *Microbial Pathogenesis*; 106:162–170. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.11.002>
- BAHRAMPOUR K, Afsharmanesh M, Khajeh BM.(2020. *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans* and Flavophospholipol supplements on growth performance, intestinal microflora and jejunal morphology of Japanese quail. *Livestock Science*; 239:104089. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104089>
- BOROOJENI FG, Svihus B, von Reichenbach HG, Zentek J. 2016. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. *Animal Feed Science and Technology*; 220:187–215. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2016.07.010>
- DARSI E, Zhaghari M. 2021. Effects of *Bacillus subtilis* PB6 supplementation on productive performance, egg quality and hatchability in broiler breeder hens under commercial farm condition. *Journal of Applied Animal Research*; 49(1):109–117. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1893738>
- DEMİN KA, Refeld AG, Bogdanova AA, Prazdnova EV, Popov IV, Kutsevalova OY, Ermakov AM, Bren AB, Rudyov DV, Chistyakov VA, Weeks R, Chikindas ML. 2021. Mechanisms of Candida resistance to antimycotics and promising ways to overcome it: The role of probiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*; 13(4):926–948. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09776-6>
- DUC L, Hong H, Atkins N, Cutting S. 2003. Bacterial spores as vaccine vehicles. *Infection and Immunity*; 71(5):2810–2818. <https://doi.org/10.1128/iai.71.5.2810-2818.2003>
- DUCATELLE R, Goossens E, De Meyer F, Eeckhaut V, Antonissen G, Haesebrouck FF, Van Immerseel F. 2018. Biomarcadores para el monitoreo de la salud intestinal en aves de corral: estado actual y perspectivas futuras. *Veterinary Research*; 49(43):1–8. <https://doi.org/10.1186/s13567-018-0538-6>

- EBEID TA, Fathi MM, Al-Homidan I, Ibrahim ZH, Al-Sagan AA. 2019. Effect of dietary probiotics and stocking density on carcass traits, meat quality, microbial populations and ileal histomorphology in broilers under hot climate conditions. *Animal Production Science*; 59(9):1711–1719. <https://doi.org/10.1071/AN18353>
- ELISASHVILI V, Kachlishvili E, Chikindas ML. 2019. Recent Advances in the Physiology of Spore Formation for *Bacillus* Probiotic Production. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*; 11:731–747. <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9492-x>
- ELSHAGHABEE FM, Rokana N, Gulhane RD, Sharma C, Panwar H. 2017. *Bacillus* as potential probiotics: Status, concerns, and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*; 8:1490. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01490>
- ENDRES JR, Clewell A, Jade KA, Farber T, Hauswirth J, Schauss AG. 2009. Safety assessment of a proprietary preparation of a novel probiotic, *Bacillus* coagulans, as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*; 47(6):1231–1238. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.02.018>
- ERMAKOVA LP, Nozdrin GA, Tishkov SN, Novik YV, Gotovchikov NA, Mensh IK. (2021). Effects of a probiotic containing *Bacillus subtilis* on the gut microflora, yolk quality and blood lipid concentrations of laying Pharaoh quails. *Veterinarska Stanica*; 52(3):297–306. <https://doi.org/10.46419/vs.52.3.1>
- ERRINGTON J, Aart LTV. 2020. Microbe Profile: *Bacillus subtilis*: model organism for cellular development, and industrial workhorse. *Microbiology*; 166(5):425–427. <http://doi.org/10.1099/mic.0.000922>
- FLACH J, van der Waal, MB, van den Nieuwboer M, Claassen E, Larsen OFA. 2018. The underexposed role of food matrices in probiotic products: Reviewing the relationship between carrier matrices and product parameters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 58(15):2570–2584. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1334624>
- FORTE C, Acuti G, Manuali E, Casagrande PP, Pavone S, Trabalza-Marinucci M, Moscati L, Onofri A, Lorenzetti C, Franciosini MP. 2016. Effects of two different probiotics on microflora, morphology, and morphometry of gut in organic laying hens. *Poultry Science*; 95(11): 2528–2535. <https://doi.org/10.3382/ps/pew164>
- GRANT A, Gay CG, Lillehoj HS. 2018. *Bacillus* spp. as direct-fed microbial antibiotic alternatives to enhance growth, immunity, and gut health in poultry. *Avian Pathology*; 47(4):339–351. <https://doi.org/10.1080/03079457.2018.1464117>
- GUO JR, Dong XF, Liu S, Tong JM. 2017. Effects of long-term *Bacillus subtilis* CGMCC 1.921 supplementation on performance, egg quality, and fecal and cecal microbiota of laying hens. *Poultry Science*; 96(5):1280–1289. <https://doi.org/10.3382/ps/pew389>
- HAMADA OM, El-Gendi GM, Eid K, Abdelmoez W. 2024. The impact of multi-species bacteria as a probiotic on productive performance and egg quality of laying Japanese quail. *South African Journal of Animal Science*; 53(4):529–540. <https://doi.org/10.4314/sajas.v53i4.07>
- HOSSEINDOUST A, Mohammadi M, Yao ZP, Jung M, Kim IH. 2018. Dietary *Bacillus subtilis* B2A strain in laying hens challenged with *Salmonella gallinarum*: effects on egg production, egg quality, blood haptoglobin and targeted intestinal *Salmonella* shedding. *Journal of Applied Animal Research*; 46(1):512–517. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1351369>
- JAYARAMAN S, Das P, Saini P, Roy B, Chatterjee P. 2017. Use of *Bacillus subtilis* PB6 as a potential antibiotic growth promoter, replacement in improving performance of broiler birds. *Poultry Science*; 96:2614–2622. <https://doi.org/10.3382/ps/pex079>
- JAZI V, Farahi M, Khajali F, Abouasaad S, Ferket P, E. Assadi SE. 2020. Effect of dietary supplementation of whey powder and *Bacillus subtilis* on growth performance, gut and hepatic function, and muscle antioxidant capacity of Japanese quail. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104:886–897. <https://doi.org/10.1111/jpn.13323>
- JAZI V, Mohebodini H, Ashayerizadeh A, Shabani A, Barekatain R. 2019. Fermented soybean meal ameliorates *Salmonella* Typhimurium infection in young broiler chickens. *Poult. Sci.* 98:5648–5660. <https://doi.org/10.3382/ps/pez338>
- JIA R, Ma Q, Fan Y, Ji C, Zhang J, Liu T, Zhao L. 2016. The toxic effects of combined aflatoxins and zearalenone in naturally contaminated diets on laying performance, egg quality and mycotoxins residues in eggs of layers and the protective effect of *Bacillus subtilis* biodegradation product. *Food Chem Toxicol.* 90:142–150. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.02.010>
- KIARIE E, Romero L, Nyachoti C. 2013. The role of feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutrition Research Reviews*; 26(1):71–88. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000048>
- KONURAY G, Erginkaya Z. 2018. Potential use of *Bacillus* coagulans in the food industry. *Foods*; 7(6):92. <https://doi.org/10.3390/foods7060092>
- LARSEN N, Thorsen L, Kpikpi EN, Stuer-Lauridsen B, Cantor MD, Nielsen D, Brockmann E, Derkx PMF, Jespersen L. 2014. Characterization of *Bacillus* spp. strains for use as probiotic additives in pig feed. *Applied Microbiology and Biotechnology*; 98:1105–1118. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5343-6>
- LI Y, Xu Q, Huang Z, Lv L, Liu X, Yin C, Yuan J. 2016. Effect of *Bacillus subtilis* CGMCC 1.1086 on the growth performance and intestinal microbiota of broilers. *Journal of Applied Microbiology*; 120:195–204. <https://doi.org/10.1111/jam.12972>
- MANAFI M, Khalaji S, Hedayati M. 2016. Assessment of a probiotic containing *Bacillus subtilis* on the performance and gut health of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Revista Brasileira de Ciência Avícola*; 18(4):599–606. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0220>
- MEDINA-SAAVEDRA T, Arroyo-Figueroa G, Herrera-Méndez C, Mexicano-Santoyo L. 2017. *Bacillus subtilis* como probiótico en avicultura: aspectos relevantes en investigaciones recientes. *Abanico veterinario*; 7(3):14–20. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.73.1>
- MEHANI GM, Fwaz MA, Nabil R, Osman AS, Ghonime ME, Mousa MA. 2024. Appraisal of *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae* supplementation to layer Japanese quail diet on productivity, biochemical parameters, and digestive enzymes. *Assiut Veterinary Medical Journal*; 70(181):217–231. <https://doi.org/10.21608/avmj.2024.276119.1234>
- NEIJAT M, Shirley RB, Barton J, Thierry P, Welshe 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(11):5622–5635. <https://doi.org/10.3382/ps/pez324>
- NINGSIH N, Respati AN, Astuti D, Triswanto T, Purnamayanti L, Yano AA, Putra RP, Jayanegara A, Ratriyanto A, Irawan A. 2023. Efficacy of *Bacillus subtilis* to replace in-feed antibiotics of broiler chickens under necrotic enteritis-challenged experiments: A systematic review and meta-analysis. *Poultry Science*; 102:102923. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102923>
- OLAJIDE MA, LaPoint G. 2021. Microorganisms associated with raw milk. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 3rd ed.; McSweeney, P.L.H., McNamara, J.P., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA. pp. 319–328. eBook ISBN: 9780128187678.
- PAYNE J, Bellmer L, Jadeja R, Muriana P. 2024. The Potential of *Bacillus* Species as Probiotics in the Food Industry: A Review. *Foods*. 13(15):2444. <https://doi.org/10.3390/foods13152444>
- PELLEGRINI S, Busso JM, Lèche A, Marin RH. 2015. Effects of diet, time since defecation, and drying process of the droppings on corticosterone metabolite measurements in Japanese quail. *Poultry Science*; 94(4):801–808. <https://doi.org/10.3382/ps/pev072>
- POPOV IV, Algburi A, Prazdnova EV, Mazanko MS, Elisashvili V, Bren AB, Chistyakov VA, Tkacheva EV, Trukhachev VI, Donnik IM, Ivanov YA, Rudoy D, Ermakov AM, Weeks RM, Chikindas ML. 2021. A review of the effects and production of spore-

- forming probiotics for poultry. *Animals*; 11(7):1941. <https://doi.org/10.3390/ani11071941>
- PRATAMA HS, Lokapirnasari WP, Soeharsono S, Al-Arif MA, Harijani N, Hidanah S. (2021). Effect of Probiotics *Bacillus subtilis* on Feed Efficiency and Egg Mass of Laying Hens. *Jurnal Medik Veteriner*; 4(1):37–41. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol4.iss1.2021.37-41>
- RAMLUCKEN U, Laloo R, Roets Y, Moonsamy G, Jansen V. 2020. Advantages of *Bacillus* based probiotics in poultry production. *Livestock Science*; 241:104215. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.104215>
- RUIZ SELLA SRB, Bueno T, de Oliveira AAB, Karp SG, Soccol CR. 2021. *Bacillus subtilis* natto como un posible probiótico en la nutrición animal: *Critical Reviews in Biotechnology*; 41(3):355–369. <https://doi.org/10.1080/07388551.2020.1858019>
- SALEHIMANESH A, Mohammadi M, Roostaei-Ali Mehr M. 2016. Effect of dietary probiotic, prebiotic and symbiotic supplementation on performance, immune responses, intestinal morphology, and bacterial populations in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*; 100 (4):694–700. <https://doi.org/10.1111/jpn.12431>
- 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>
- SUVA MA, Sureja VP, Kheni DB. 2016. Novel insight on probiotic *Bacillus subtilis*: Mechanism of action and clinical applications. *Journal of Current Research in Scientific Medicine*; 2(2):65-72. <https://doi.org/10.4103/2455-3069.198381>
- TSAI MY, Shih BL, Liaw RB, Chen WT, Lee TY, Hung HW, Hung KH, Lin YF. 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>
- UPADHAYA SD, Rudeaux F, Kim IH. 2019. Efficacy of dietary *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* supplementation continuously in pullet and lay period on egg production, excreta microflora, and egg quality of Hyline-Brown birds. *Poultry Science*; 98(10):4722-4728. <https://doi.org/10.3382/ps/pez184>
- VÉLEZ K, Castro C, Molina R. 2019. Application of the probiotic *Bacillus subtilis* in Cobb 500 chicken: Evaluation of productive parameters. *Revista de Ciencias Agropecuarias*; 2:3-16. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/view/3>
- WARDIANA NI, Lokapirnasari WP, Harijani N, Al-Arif MA, Ardianto A. 2021. *Bacillus subtilis* Probiotics in Chicken Feed Improve Egg Quality with Differences in Shelf Life. *Jurnal Medik Veteriner*; 4(1):8–13. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol4.iss1.2021.8-13>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2001. Regional Office for the Eastern Mediterranean. Message from, Dr Hussein A. Gezairy, Regional Director, WHO Eastern Mediterranean Region, to the intercountry meeting on promotion of food safety CEHA, Amman, Jordan, 31 October-1 November 2001. <https://iris.who.int/handle/10665/125724>
