



**Efecto de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio,
sobre desempeño productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras Fase I**

Latacunga Salazar, Pamela Alexandra

Torres Bravo, Alejandra Mayte

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingenieras Agropecuarias

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo

08 de diciembre de 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio, sobre desempeño productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras Fase I**, fue realizado por las señoritas: **Latacunga Salazar, Pamela Alexandra; Torres Bravo, Alejandra Mayte**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual nos permitimos acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 21 de noviembre de 2022



ESPE
MARIO LEONARDO
ORTIZ MANZANO

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo

C. C. 0602065435

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

Latacunga- Torres _Trabajo de Titulación.docx

Scanned on: 17:21 November 21, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	262
Words with Minor Changes	19
Paraphrased Words	226
Omitted Words	3493



MARIO LEONARDO
ORTIZ MANZANO

Ing. Ortiz Manzano, Mario Leonardo

C. C. 0602065435



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Nosotras, **Latacunga Salazar, Pamela Alexandra**; **Torres Bravo, Alejandra Mayte**, con cédulas de ciudadanía No. 1719063149; 1724225626, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio, sobre desempeño productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras Fase I**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 21 de noviembre de 2022

.....
Latacunga Salazar, Pamela Alexandra
C.C.: 1719063149

.....
Torres Bravo, Alejandra Mayte
C.C.: 1724225626



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Nosotras **Latacunga Salazar, Pamela Alexandra; Torres Bravo, Alejandra Mayte**, con cédulas de ciudadanía No. 1719063149; 1724225626, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio, sobre desempeño productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras Fase I** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 21 de noviembre de 2022

.....
Latacunga Salazar, Pamela Alexandra
C.C.: 1719063149

.....
Torres Bravo, Alejandra Mayte
C.C.: 1724225626

Dedicatoria

A mis padres por su amor, trabajo y sacrificio a lo largo de mi vida. Mi padre Freddy Latacunga me ha dado su apoyo y motivación durante mi vida universitaria, siendo una pieza fundamental para llegar tan lejos. Mi madre Margarita Salazar, que, a pesar de ya no estar presente, fue mi motivación a seguir adelante ya que sé que me vigila y bendice desde el cielo. A mis hermanos Danny y Junior, los hombres más importantes en mi vida luego de mi padre, quienes nunca dudaron en darme su cariño y soporte en los buenos y malos momentos. A mi cuñada Ivonne quien pasó a ser mi hermana y me alentó en la etapa más dura de mi vida. A mi sobrina Camila que nos da luz y felicidad en la casa. A Alejandra Torres, mi cómplice en esta travesía, sin ella no lo hubiera logrado

Pamela Alexandra Latacunga Salazar

A Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, por haberme brindado la fuerza para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mi madre Nancy Torres que con su ejemplo, amor y apoyo me enseñó el valor del esfuerzo y perseverancia.

A Leandro Casamen mi hijo, quien es y será siempre mi gran inspiración para esforzarme y entregar lo mejor de mí, demostrando que pese a las limitaciones siempre se puede alcanzar lo que se persevera. A Leonardo Casamen mi compañero de vida, mi mejor amigo, quien me ha demostrado su apoyo incondicional siempre, este logro lo celebramos juntos.

A Pamela Latacunga, por compartir esta hermosa experiencia juntas.

A mis hermanas Crystine y Valeria, familiares y amigos que confiaron en mí y me apoyaron en todo momento.

Alejandra Mayte Torres Bravo.

Agradecimientos

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en especial a la Carrera de Facultad de Ingeniería Agropecuaria-IASA 1 por habernos acogido y apoyado en nuestra formación académica.

A cada uno de los docentes que nos impartieron clases durante la carrera, compartiéndonos sus valiosos conocimientos y consejos que servirán de gran ayuda en el marco profesional.

A nuestro tutor de tesis, el Ingeniero Mario Ortiz, por guiarnos, no solo en esta investigación, sino a lo largo de nuestra carrera universitaria, con su experiencia y profesionalismo.

Al Ingeniero Mario García, quien nos dio su confianza a la vez que estuvo pendiente ante cualquier novedad para ofrecer su ayuda y conocimiento durante la elaboración de esta tesis.

A los trabajadores del proyecto de Avicultura Nelson Oña y Jorge Pachacama, quienes estuvieron prestos a ofrecer su ayuda y compañía en cada una de las actividades realizadas en la investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	3
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	15
Resumen.....	17
Abstract	18
Capítulo I.....	19
Introducción.....	19
Justificación e importancia	19
Planteamiento del problema	21
Objetivos.....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos específicos	22
Hipótesis	22
Hipótesis nula	22

Hipótesis alterna	22
Capítulo II	23
Revisión de literatura	23
La Avicultura.....	23
Situación avícola en Ecuador	23
Gallinas ponedoras Línea Lohmann Brown-Classic	24
Fisiología del sistema digestivo de las aves.....	24
Glándulas anexas del sistema digestivo	26
Exigencias nutricionales de gallinas Lohmann Brown-Classic Fase I	27
Salud intestinal de las aves	27
Microflora bacteriana del tracto gastrointestinal de las aves	28
Microorganismos en las distintas partes intestinales	28
Pool bacteriano	29
Probióticos en la nutrición animal	29
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> como aditivo alimentario.....	31
Ecobiol.....	31
Ácidos orgánicos en la nutrición animal	32
Butirato de sodio	32
Fisiología de la formación del huevo	33
Calidad de huevo	33
Parámetros de calidad en huevos comerciales conforme a la norma INEN	34
Peso.....	35
Alteraciones de la Cáscara	36
Albumen	38
Unidades Haugh.....	39

Color de la yema	39
NABEL DET 6000.....	39
Capítulo III.....	41
Métodos y materiales.....	41
Ubicación del área de estudio.....	41
Ubicación política	41
Ubicación geográfica.....	41
Ubicación ecológica.....	41
Materiales, equipos y reactivos.....	42
Materiales	42
Equipos.....	42
Establecimiento del proyecto	42
Dietas	43
Manejo del lote de aves	45
Variables evaluadas.....	45
Parámetros productivos	45
Calidad del huevo.....	45
Alteración en la cáscara de los huevos	45
Parámetros zootécnicos.....	45
Conversión alimenticia	45
Ganancia de peso	46
Porcentaje de postura	46
Mortalidad	46
Análisis estadístico Diseño experimental	46
Análisis económico	47

Capítulo IV	48
Resultados y discusión	48
Parámetros productivos	48
Calidad del huevo.....	48
Peso del huevo.....	48
Altura de la albúmina.....	50
Coloración de la yema.....	52
Resistencia de la cáscara	54
Espesor de la cáscara.....	55
Unidades Haugh.....	57
Alteración en la cáscara de los huevos	60
Huevos sucios	60
Huevos con restos de calcio	61
Huevos granulados.....	63
Huevos con cáscara frágil.....	64
Huevos pálidos	65
Huevos sin cáscara	67
Parámetros zootécnicos.....	69
Conversión alimenticia	69
Ganancia de peso	71
Producción de huevos.....	73
Mortalidad	76
Análisis Económico	76
Capítulo V	78
Conclusiones y recomendaciones.....	78

Conclusiones.....	78
Recomendaciones	80
Bibliografía	81

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación del huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad	34
Tabla 2 Características físicas del huevo comercial de gallina.....	35
Tabla 3 Metas de producción de la línea genética Lohmann Brown de la semana 32-41 (Fase I).....	36
Tabla 4 Defectos que se pueden presentar en la cáscara del huevo y sus causas.....	37
Tabla 5 Tratamientos experimentales establecidos en el proyecto	43
Tabla 6 Composición a nivel nutricional de la dieta comercial suplementada a las aves	44
Tabla 7 Peso de los huevos (g) obtenidos en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas	48
Tabla 8 Altura de la albúmina (mm) de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas	50
Tabla 9 Coloración de la yema de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas	52
Tabla 10 Resistencia de la cáscara de los huevos (kgf) en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas.....	54
Tabla 11 Espesor de la cáscara (mm) de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas.....	55
Tabla 12 Unidades Haugh de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas.....	57
Tabla 13 Conversión alimenticia de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados.....	69
Tabla 14 Peso (kg) de las gallinas Lohmann Brown entre las semanas 32-41 para cada tratamiento evaluado	71

Tabla 15 Producción de huevos de gallinas Lohmann Brown para cada tratamiento evaluado durante diez semanas.....	73
Tabla 16 Análisis económico de los tratamientos evaluados.....	76

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación satelital del sitio de estudio	41
Figura 2 Croquis experimental.....	47
Figura 3 Peso de los huevos (g) en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas.....	48
Figura 4 Altura de la albúmina (mm) de los huevos en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas.....	50
Figura 5 Coloración de la yema en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas.....	52
Figura 6 Resistencia de la cáscara de los huevos (kgf) en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas.....	54
Figura 7 Espesor de la cáscara (mm) de los huevos en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas.....	56
Figura 8 Unidades Haugh de los huevos en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas	57
Figura 9 Índice de calidad de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas.....	58
Figura 10 Huevos sucios en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas	60
Figura 11 Huevos con restos de calcio en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas.....	61
Figura 12 Huevos granulados en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas.....	63
Figura 13 Huevos con cáscara frágil en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas.....	64
Figura 14 Huevos pálidos en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas	65

Figura 15 Huevos sin cáscara en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas.....	67
Figura 16 Conversión alimenticia de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados.....	69
Figura 17 Peso corporal (kg) de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados.....	71
Figura 18 Ganancia de peso de las gallinas Lohmann Brown durante diez semanas (edad de las gallinas: semana 32-semana 41)	72
Figura 19 Producción de huevos de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados.....	74
Figura 20 Porcentaje de postura de las gallinas Lohmann Brown durante diez semanas (edad de las gallinas: semana 32-semana 41)	74

Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto de un pool bacteriano *Bacillus amyloliquefaciens* + Butirato de sodio sobre parámetros productivos, calidad del huevo y alteraciones de la cáscara en gallinas ponedoras Lohmann Brown durante la Fase I de producción. Para el efecto se utilizaron 2000 gallinas entre la semana 32 a 41 de edad, distribuidas bajo un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial (2x2) con cuatro tratamientos, 100 repeticiones por tratamiento y un tamaño total de 400 unidades experimentales, cada jaula contenía 5 aves con un espacio físico correspondiente a 565 cm²/ave. Los tratamientos aplicados fueron T0: Dieta comercial, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. El alimento suministrado por ave fue de 120 g/ave/día y el consumo de agua fue ad libitum. Las variables evaluadas fueron parámetros que indican la calidad de un huevo comercial como: peso del huevo (g), resistencia a rupturas (kgf), espesor de cáscara (mm), unidades Haugh, altura de albúmina (mm), color de yema; alteraciones de la cáscara como: huevos sin cáscara, cáscara frágil, granulados, con restos de calcio, sucios y pálidos; en lo que respecta a parámetros zootécnicos: ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad y porcentaje de postura. Los resultados demostraron que la adición del pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio en la alimentación de gallinas ponedoras Lohmann Brown mostró efectos positivos en cuanto a peso de huevo, espesor de cáscara, unidades Haugh, alto de albumen, color de yema; las alteraciones de la cáscara fueron menores debido a que se evidenció una curva decreciente sobre estas características no comerciales, los parámetros zootécnicos incrementaron significativamente, además de presentar un mayor Beneficio/Costo de 1,54, lo que indicó que es el tratamiento con mayor rentabilidad.

Palabras clave: Gallinas de postura, Ecobiol, *Bacillus amyloliquefaciens*, Butirato de sodio, Desempeño productivo.

Abstract

In the present study the effect of a bacterial pool (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Sodium butyrate was evaluated on productive parameters, egg quality and shell alterations in laying hens during Phase I of production. 2000 laying hens between 32 to 41 weeks old were used, distributed under a completely randomized design with a bifactorial arrangement (2x2) with four treatments, 100 repetitions per treatment and a total size of 400 experimental units, each cage contained 5 birds with a physical space corresponding to 565 cm²/bird. The treatments applied were T0: Standard diet, T2: Standard diet + Ecobiol, T3: Standard diet + Ecobiol*Sodium butyrate. The supply per bird was 120g/bird/day and the water consumption was ad libitum. The variables evaluated were: the parameters that indicate the quality of a commercial egg such as: egg weight (g), eggshell strength (kgf), shell thickness (mm), Haugh units, albumen height (mm), color of yolk; the alterations of the commercial egg shell such as: shell-less, soft-shelled, pimpled, calcium coated, dirty and shelled-pale eggs; in terms of zootechnical parameters: weight gain, feed conversion ratio, mortality and posture percentage. The results showed that the improvement of the bacterial pool Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Sodium butyrate in the feeding of Lohmann Brown laying hens at 32-41 weeks old showed positive effects in terms of egg weight, shell thickness, Haugh units, height of albumen, yolk color; the alterations of the commercial egg shell were minor because a decreasing curve was evidenced on these non-commercial characteristics, the zootechnical parameters increased significantly, in addition to presenting a higher Benefit/Cost of 1.54, which explains that it is the treatment with greater profit than the rest of the treatments.

Keywords: Laying hens, Ecobiol, *Bacillus amyloliquefaciens*, Sodium butyrate, productive performance

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La producción de gallinas ponedoras ha significado un gran reto para sus productores para cubrir esta demanda de proteína animal; el manejo sanitario es primordial para llevar una buena producción que va de la mano con la alimentación, el factor más importante y más representativo con un 70% de los costos, para lo cual necesitan una selección amplia y equilibrada de nutrientes en su dieta para conservar su salud intestinal permitiendo alcanzar un máximo rendimiento a bajo costo (Astill et al., 2020). Según Ramlucken et al. (2020) en su estudio aseguran que un mal funcionamiento en el intestino de las aves puede ser respondido desde el aparato digestivo, desviando esta energía a la protección y defensa del mismo, la cual tendría que estar destinada a la reposición de carne o producción de huevos. La composición y los niveles nutricionales del pienso que consume el ave será el principal sustrato para la microbiota que habita en el sistema digestivo, aquella que influirá directamente sobre los microorganismos intestinales, cualquier factor que disminuye la digestibilidad de la dieta supondrá un incremento del sustrato disponible para los microorganismos intestinales (Bryden et al., 2021).

La resistencia a los antimicrobianos ha sido una grave problemática a nivel mundial para la industria avícola, en donde la cría de aves de corral constituye una parte sustancial del uso global de antimicrobianos y a medida que la población aumenta en los países en desarrollo incrementa la demanda de fuentes de proteína animal de calidad (Hedman et al., 2020).

Justificación e importancia

Las gallinas ponedoras en la actualidad presentan una gran capacidad genética para la producción de huevos, manteniendo más del 90% de postura a largo de su periodo productivo en condiciones apropiadas de ambiente, sanidad y nutrición; para la venta de huevos es

fundamental la frescura y la calidad del cascarón, incluyendo color y limpieza, para lo cual es primordial estimar el concepto de calidad de huevo al planificar una producción (Bagheri et al., 2019). Tiempo atrás se creía que todas las bacterias eran dañinas, sin tomar en cuenta que el uso de algunas bacterias era utilizado para la conservación y fermentación en algunos alimentos, sin embargo, el concepto de probióticos fue un concepto difícil de aceptar; en la actualidad los científicos han realizado grandes esfuerzos para poder establecer una relación simbiótica entre las aves de corral y sus bacterias, especialmente en el tracto digestivo (Bryden et al., 2021). Las bacterias probióticas en su mayoría son capaces de realizar un bloqueo físico evitando la invasión de patógenos oportunistas por adhesión, gracias al mecanismo de exclusión competitiva que estas bacterias poseen; otro tipo de bacterias probióticas intervienen a través de la secreción de proteínas que se relacionan con estructuras propias de la superficie del patógeno, logrando evitar la adhesión (Tarradas et al., 2020). Los probióticos para la producción animal han aumentado debido a los beneficios que generan en el hospedero, siendo estos una opción útil para sustituir a aquellos antibióticos que promueven el crecimiento, manteniendo así una producción limpia con un desarrollo competitivo de gran alcance sin dejar secuelas en los animales (Ebeid et al., 2021). Hoy en día, los probióticos han adquirido importancia en la industria avícola, ya que mejoran la homeostasis microbiológica intestinal, la respuesta inmune, el crecimiento y el rendimiento de puesta (Jha et al., 2020). Según Aalaei et al. (2018) el uso de probióticos en gallinas ponedoras ha aumentado la calidad de los huevos además de disminuir las conglomeraciones de colesterol sérico.

La inclusión de Butirato de sodio en la nutrición avícola ha sido reconocida por su efecto directo en la secreción de mucina, su efecto protector sobre el intestino grueso y principalmente por su efecto antibacteriano sobre enteropatógenos (Elnesr et al., 2020). Su incorporación en dietas de gallinas ponedoras ha demostrado ser favorable sobre la estimulación del sistema inmune, el aumento del porcentaje de producción y la calidad del huevo (Q. Zhang et al., 2022).

Al adicionar *Bacillus amyloliquefaciens* como microbiano en la dieta durante 60 días, se evidenció un impacto efectivo en el crecimiento de pollos de engorde al mejorar la capacidad antioxidante del hígado, la función digestiva, la respuesta inmune de la mucosa intestinal, la barrera epitelial intestinal y modulando la microbiota intestinal (Wang et al., 2021).

Por tal motivo, en este estudio se evaluó el efecto del pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio, con el fin de valorar parámetros zootécnicos, parámetros de calidad y alteraciones en la cáscara del huevo comercial durante la Fase I de producción.

Planteamiento del problema

Los antibióticos se han utilizado en la medicina humana y el bienestar animal para prevenir, tratar y controlar infecciones bacterianas. Sin embargo, el mal uso de los antimicrobianos en cualquier campo da como resultado el desarrollo de microbios patógenos resistentes a los antibióticos que afectan la salud humana y animal. Algunos tipos de bacterias que causan infecciones graves en humanos ya han desarrollado resistencia a la mayoría o a todos los tratamientos disponibles, y hay muy pocas opciones prometedoras en la línea de investigación. Desde las últimas décadas, en la industria avícola se ha dado un incremento en la utilización de antimicrobianos. Al darse la crianza de las aves en condiciones intensivas, se hace uso de considerables cantidades de antimicrobianos con el fin de prevenir y tratar enfermedades, además de promover el crecimiento. Los patógenos avícolas resistentes a los antimicrobianos pueden provocar el fracaso del tratamiento, lo que genera pérdidas económicas, pero también pueden ser una fuente de bacterias/genes resistentes (incluidas las bacterias zoonóticas) lo que representa un peligro en la salud humana (Hedman et al., 2020).

Muchas bacterias patógenas de animales localizadas dentro del tracto gastrointestinal pueden transmitirse al ser humano mediante la materia fecal o la cadena alimenticia, convirtiéndose en una fuente de problemas de salud pública (Hedman et al., 2020).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio sobre el desempeño productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras durante la Fase I de producción.

Objetivos específicos

Evaluar los parámetros de calidad del huevo comercial (peso de huevo, resistencia, espesor de cáscara, unidades Haugh, alto de albumen, color de yema) en gallinas ponedoras durante la Fase I de producción.

Cuantificar las principales alteraciones de la cáscara del huevo comercial (sin cáscara, cáscara frágil, granulados, con restos de calcio, sucios, pálidos, etc.) en gallinas ponedoras Fase I de producción.

Evaluar los parámetros zootécnicos (ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad, porcentaje de postura) en gallinas ponedoras Fase I de producción.

Valorar económicamente el mejor tratamiento.

Hipótesis

Hipótesis nula

La adición de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio en dietas alimenticias de gallinas ponedoras Fase I no afecta el desempeño productivo.

Hipótesis alterna

La adición de un pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio en dietas alimenticias de gallinas ponedoras Fase I afecta el desempeño productivo.

Capítulo II

Revisión de literatura

La Avicultura

La industria avícola tiene el gran reto de aumentar su producción y mejorar su contribución asegurando alimento y nutrición a la población mundial, tomando en cuenta que se debe manejar un sistema de producción sostenible, de una manera más amigable con el medio ambiente, producir más con menos (Kadykalo et al., 2018). Se prevé que en el año 2027 el mercado avícola alcanzará los 347.000 millones de dólares debido al aumento en la demanda de diversos países como el caso de China e India que poseen mercados emergentes, incrementando en un 3% de crecimiento anual en términos de ingresos (Castello, 2019).

Los productos avícolas son excelentes fuentes de proteína de buena calidad e importantes fuentes de micronutrientes y a precios asequibles para la población (Daghir et al., 2021). Según la FAO (2020) asegura que en el año 2019 la carne avícola figuró con cerca del 39% dentro de la producción mundial de carne, mientras en la producción mundial de huevos hubo un incremento del 150%, esto debido en gran parte al crecimiento de la población en Asia, la cual se vio cuadruplicada.

Los avances alcanzados en métodos de reproducción dan como resultado la respuesta de las aves a ciertos fines, siendo cada vez más productivas, así como también aumenta la eficiencia e inocuidad debido a la mejora y transferencia de tecnologías en puntos claves como alimentación, sacrificio y elaboración de productos (FAO, 2020).

Situación avícola en Ecuador

Según CONAVE (2021), se produjeron 255 millones pollos de engorde, 480 mil Tn de carne de pollo, lo que resulta en un consumo per cápita de 27.72 kg por persona al año. En cuanto al número de ponedoras comerciales en producción las cifras indican que al momento hay 12.84 millones; en lo que respecta al huevo de mesa, durante el mismo año se produjeron

3507 millones de huevos, significando que al año se producen 3.68 millones de huevos por día. El consumo per cápita de un ecuatoriano equivale a 218 huevos en un año.

Gallinas ponedoras Línea Lohmann Brown-Classic

La línea Lohmann Brown Classic, es la línea de gallinas ponedoras más ampliamente distribuida en el mundo debido a la calidad de sus huevos, la eficiencia de producción y la adaptabilidad. Se obtuvieron a partir de gallinas ponedoras de huevos marrones cuidadosamente seleccionadas con pollos de New Hampshire. El cruce fue creado con la intención de impulsar la producción de huevos (Lohmann, 2020).

Empiezan a poner alrededor de las dieciocho semanas y pueden producir de 290 a 320 huevos marrones de gran tamaño por año, los cuales poseen un peso promedio de entre 63 y 65 gramos. Tienen una excelente tasa de conversión alimenticia, aunque esto significa que necesitan un porcentaje más alto de proteína que otras líneas (Lohmann, 2020).

La fase I de la línea Lohmann Brown Classic, es correspondiente al periodo de iniciación de la producción, que comprende desde la 21 a 42 semanas de vida, en esta la producción de huevo alcanza su pico (85.95%), se muestra un incremento en el tamaño de los huevos, así como altos requerimiento de aminoácidos y proteína (González, 2020).

Fisiología del sistema digestivo de las aves

En general, las aves de corral presentan un tracto digestivo similar a otras especies. El material de alimentación es ingerido, hidratado, molido en pequeñas partículas, acidificado y atacado por enzimas endógenas. Los macronutrientes se descomponen en monosacáridos, dipéptidos y aminoácidos, ácidos grasos libres y monoglicéridos que pueden absorberse. Sin embargo, existen peculiaridades específicas de las aves, como la falta de dientes, para lo cual utilizan otro tipo de acción mecánica; además el tracto gastrointestinal alberga una microbiota diversa y compleja que tienen un rol importante vital sobre la digestión y absorción de nutrientes, desarrollo del sistema inmunológico y exclusión de patógenos, siendo necesario su

entendimiento para una producción sostenible de carne de ave y huevos proporcionando fuentes de proteínas seguras y de calidad en la nutrición humana en todo el mundo (Molnár et al., 2018).

Pico: El alimento es recogido por el pico, el cual no puede ser masticado al estar la boca desprovista de dientes; no obstante, contiene glándulas que secretan saliva formada por enzimas, como la amilasa, que humedecen el pienso posibilitando su deglución e iniciando el proceso de digestión (Shang et al., 2018).

Esófago: Tubo flexible que enlaza la boca con el sistema digestivo. Transporta los alimentos de la boca hacia el buche y de este al proventrículo (Jacob, 2021).

Buche: Embolsamiento del esófago ubicado en la región del cuello. Aquí se almacena la comida y agua ingerida por el ave hasta que sea momento de continuar con su trayecto por el tracto digestivo (Scanes, 2020).

Proventrículo: Estómago glandular, contiene ácido clorhídrico y enzimas digestivas, que se agregan al alimento para descomponerlo sin dejarlo completamente molido (Jacob, 2021).

Ventrículo (molleja): Denominado como estómago mecánico, está formado por dos conjuntos opuestos de músculos que se utilizan para moler alimentos. Las contracciones del proventrículo y el ventrículo se coordinan para proporcionar una mezcla y trituración adecuadas del contenido gástrico y las enzimas digestivas (Shang et al., 2018).

Intestino delgado: Formado por el duodeno (también conocido como asa duodenal) y la parte inferior del intestino delgado. La continuación del proceso de digestión sucede en el duodeno y se da la absorción en la parte inferior del intestino de los nutrientes liberados (Jacob, 2021).

Ciegos: Compuestas de dos bolsas localizadas en el sitio de unión del intestino delgado e intestino grueso. Aquí se reabsorbe parte del agua que resta de los componentes digeridos.

Asimismo, en este sitio, se da la fermentación de restos de material grueso restante (Shang et al., 2018).

Intestino grueso: Funciona principalmente para absorber agua, secar los alimentos no digeribles y eliminar los productos de desecho (Scanes, 2020).

Cloaca: Los desechos digestivos se mezclan con los desechos del sistema urinario (uratos). La cloaca sirve como órgano de almacenamiento de heces y orina/uratos que llegan desde los riñones a través de los uréteres. Los órganos reproductivos también tienen conductos que desembocan en la cloaca. Los productos de desecho con cristales de ácido úrico son expulsados a través de un esfínter en la base de la cloaca. Al momento de la puesta de huevos, estos no entran en contacto con las heces u orina al plegarse la vagina permitiendo la salida del huevo por la abertura de la cloaca (Jacob, 2021).

Glándulas anexas del sistema digestivo

Glándulas salivales: Producción de saliva para la lubricación del alimento. La saliva actúa como un amortiguador porque contiene bicarbonato y otras sales, ayuda a saborear el alimento, protege la membrana mucosa y la mantiene húmeda, ayuda a regular la temperatura corporal. La saliva contiene una enzima conocida como amilasa, que es de naturaleza bactericida y, por lo tanto, produce la inmunidad local (Shang et al., 2018).

Páncreas: Produce el jugo pancreático que tiene un pH de 6,9 y se libera en el extremo distal del asa del duodeno. La composición del jugo pancreático es de enzimas proteolíticas, enzimas lipolíticas, enzimas que dividen los carbohidratos, enzimas nucleolíticas (Jacob, 2021).

Hígado: Es una estructura bilobulada. Después de la digestión del alimento, el alimento es absorbido por las vellosidades del intestino delgado que luego ingresa a la circulación portal hepática y se moviliza hacia el hígado. El alimento es desintoxicado por el hígado y luego distribuido por todo el cuerpo. También actúa como almacén de vitaminas y carbohidratos (Scanes, 2020).

Exigencias nutricionales de gallinas Lohmann Brown-Classic Fase I

Para tener un mejor aprovechamiento de la genética propia de la línea Lohmann Brown-Classic, es imprescindible mantener el buen manejo de la alimentación, con una buena estructura y con un valor nutritivo adecuado al potencial productivo de la gallina. Se debe formular el pienso de acuerdo al contenido de nutrientes y minerales necesarios en cada fase, para alcanzar una buena producción se recomienda utilizar una energía metabolizable de 11,4 MJ/Kg en el alimento, conjuntamente con un promedio de 20 °C de temperatura ambiente y emplume en óptimas condiciones. La dieta a diseñarse debe cubrir los requerimientos necesarios para la obtención de un peso de huevo promedio de hasta 59.8 g de masa de huevo/ave y un consumo de 90-100 g/día (Lohmann, 2020).

Se debe adaptar las necesidades establecidas en el manual de crianza a la realidad de la granja, teniendo en cuenta los factores nutricionales en el crecimiento, la composición del pienso y el método empleado en la alimentación, de esta forma se puede incrementar la calidad y peso del huevo (Lohmann, 2020).

Salud intestinal de las aves

Un sistema gastrointestinal saludable puede ayudar a las aves a lograr una producción óptima de carne o huevos, este sistema cumple funciones importantes: digestión, absorción e inmunidad. La mucosa intestinal proporciona una barrera eficaz entre el contenido luminal hostil y los tejidos internos del huésped. Un equilibrio dinámico entre la capa de moco, las células epiteliales, la microbiota y las células inmunitarias en el intestino es importante para las funciones de barrera intestinal. Cuando la salud intestinal se encuentra expuesta, la digestión y absorción de nutrientes son perjudicadas, al mismo tiempo que afecta la conversión alimenticia, generando un decrecimiento económico y animales sensibles a enfermedades (Valls, 2020).

En la actualidad es posible encontrar diversos aditivos y minerales que permiten mantener saludable a la comunidad microbiana del tracto intestinal, dichos productos son

utilizados como una herramienta complementaria en la producción sin el empleo de antibióticos (Oviedo, 2019). La incorporación de productos como probióticos, y otros tipos de combinaciones entre ácidos orgánicos y ácidos esenciales naturales son opciones que adaptadas a las dietas formuladas a la realidad de cada granja con los respectivos controles sanitarios resultan en buenos rendimientos (Hajati, 2018).

Microflora bacteriana del tracto gastrointestinal de las aves

El intestino delgado como también el intestino grueso normalmente están poblados de organismos beneficiosos denominados microflora, esta microflora ayuda en la digestión (Shang et al., 2018). Qorbanpour et al. (2018) exponen que las enfermedades intestinales ocurren normalmente cuando el equilibrio de la microflora normal se altera o la microflora normal se ve invadida por demasiados extraños organismos. Como resultado de esto es la enteritis o inflamación de los intestinos, produciendo síntomas que incluyen diarrea, aumento de la sed, deshidratación, merma del apetito, debilidad, disminución del peso o crecimiento lento. Si hay un daño del tracto intestinal severo, típicamente es conocido como enteritis necrótica, la cual es un problema en los diferentes sistemas de producción.

Microorganismos en las distintas partes intestinales

En las aves de corral el tamaño de su tracto gastrointestinal es mucho más corto que el de los mamíferos. Como tal, la digestión pasa a través de todo el tracto más rápido en las aves que en los mamíferos. Aunque la dieta y la alimentación pueden tener un efecto sobre la tasa de tránsito, el tiempo promedio de tránsito por todo el tracto es inferior a 3,5 h. Dicho tiempo de retención corto selecciona bacterias que pueden adherirse a la capa mucosa y/o crecer rápidamente. Sin embargo, los ciegos, que son dos bolsas ciegas que tienen una tasa de paso bastante lenta, son hábitats ideales para un microbioma diverso que tiene un efecto considerable en la nutrición y la salud del huésped (Xiao et al., 2021).

El tracto gastrointestinal incluye el buche, el proventrículo, la molleja, el duodeno, el yeyuno, el íleon, los ciegos, el intestino grueso y la cloaca. El buche de pollo alberga de 10^8 a 10^9 ufc/g de bacterias, que generalmente está dominado por los lactobacilos. En la molleja, la concentración de bacterias es similar a la del buche, pero las actividades de fermentación bacteriana son bajas principalmente debido al bajo pH. La mayoría de las bacterias en la molleja son lactobacilos, enterococos, enterobacterias lactosa negativas y bacterias coliformes. Entre los segmentos del intestino delgado, la densidad bacteriana es la más baja en el duodeno debido al corto tiempo de paso y una dilución de la digesta por la bilis secretada. La comunidad bacteriana duodenal se compone principalmente de clostridios, estreptococos, enterobacterias y lactobacilos. La microbiota del íleon posee *Lactobacillus* como el grupo principal, seguido de Clostridiaceae, *Streptococcus* y *Enterococcus*. Por otro lado, el ciego alberga una comunidad microbiana más diversa, rica y estable, incluidos los anaerobios, se encuentran aquí Proteobacterias, Bacteroides y Firmicutes (Shang et al., 2018).

Pool bacteriano

De acuerdo a Ricke et al. (2020) los aditivos alimentarios que las aves de corral pueden modular en el tracto gastrointestinal y a la vez suministrar de utilidades para el rendimiento y la salud de las mismas han recibido recientemente más interés para aplicaciones comerciales. Dichos suplementos alimenticios ofrecen una ventaja económica porque pueden beneficiar directamente a los productores de aves de corral al disminuir las tasas de mortalidad de los animales de granja, aumentar las tasas de crecimiento de las aves o mejorar la eficiencia de la alimentación. También pueden limitar el establecimiento de patógenos transmitidos por los alimentos en bandadas de aves modificando la población microbiana gastrointestinal.

Probióticos en la nutrición animal

Según Ramlucken et al. (2020), indican que probiótico proviene del término griego “pro” a favor y “bios” vida, es decir, se tratan de “microorganismos vivos los cuales, al ser aplicados

en porciones óptimas, resultan en un provecho en términos de salud del huésped”, cuya definición es la más aceptada, estos se utilizan cada vez más en las operaciones comerciales de producción animal para alterar ventajosamente la flora gastrointestinal, mejorando así la salud y la productividad de los animales debido a la preocupación del mal uso de antibióticos como aditivos alimentarios que podría contribuir a un aumento de la resistencia bacteriana a los antibióticos.

Los microorganismos probióticos se producen por lo general mediante el proceso de fermentación, con temperaturas y pH específicos de la especie y la cepa, la gran mayoría de probióticos son secados por liofilización, pasan a través de un control de calidad y son almacenados para mantener su viabilidad para la nutrición animal (Popov et al., 2021).

Es fundamental mantener una biodiversidad y estabilidad de la microbiota a lo largo de la vida del animal, para así obtener mejores rendimientos productivos y reducir patologías intestinales, entre los microorganismos probióticos que se pueden encontrar están: levaduras, bacterias vivas, formadoras y no formadoras de esporas (Oviedo, 2019). Existe un número creciente de cepas bacterianas formadoras de esporas que se están utilizando comercialmente como probióticos y se ha afirmado que, una pequeña proporción de esporas ingeridas proliferan beneficiosamente en el intestino del animal (Arif et al., 2021).

En el modo de acción de los probióticos se incluyen seis mecanismos, los cuales son: a) Inhibición de la adhesión del patógeno. b) Activación del sistema inmunológico, secretando bacteriocinas para eliminar patógenos. c) Exclusión competitiva de microorganismos patógenos, prohibiendo la colonización perjudicial en la mucosa intestinal. d) Mejora de la función de barrera, al acrecentar la producción de glicoproteínas necesarias en la producción de moco denso, que ayuda a disminuir la permeabilidad intracelular a los patógenos. e) Reducción del pH luminal, se activa al producirse ácido acético, que es mortal para los

patógenos. f) Modulación del sistema inmunológico, mediante la activación de las células t y B a través de las células dendríticas de la mucosa (Anee et al., 2021).

Bacillus amyloliquefaciens como aditivo alimentario

Las cepas de *Bacillus* han sido consideradas los probióticos más prometedores debido a su supervivencia a través del proceso digestivo, la germinación dentro del tracto digestivo y la excreción a través de la materia fecal (Tang et al., 2018).

Bacillus amyloliquefaciens es una potente cepa de *Bacillus* que tiene la capacidad de producir enzimas extracelulares que incluyen celulasa, α -amilasas, proteasas y metaloproteasas, que ayudan a aumentar la eficiencia de la digestión y absorción de nutrientes. Además, las bacteriocinas como la subtilina y la barnasa producidas por *B. amyloliquefaciens* poseen efectos antibacterianos contra microorganismos patógenos. Varios estudios recientes han demostrado que la suplementación dietética de *B. amyloliquefaciens* ejercen un efecto beneficioso en la digestión de nutrientes provenientes de la dieta suplementada, en la morfología y microbiota propia del intestino, mejorando en lo que respecta al crecimiento y conversión del alimento en aves (Tang et al., 2018).

Ecobiol

Consiste en un probiótico que contiene la cepa de *Bacillus amyloliquefaciens*, con la competencia de obtener metabolitos secundarios como también ácido láctico, ayudando a minimizar las bacterias indeseables en el tracto intestinal y a mantener una población microbiana equilibrada. Dependiendo de las señales recibidas, se generan macrolactinas y ácido láctico en respuesta a las bacterias enteropatógenas. Las macrolactinas consisten en metabolitos secundarios con una gran capacidad de inhibición de patógenos que alteran el tracto digestivo. Mientras, el ácido láctico, corresponde a un ácido orgánico, que favorece en la alimentación de aquellas bacterias benéficas para el tracto gastrointestinal, logrando su resistencia frente a microorganismos enteropatógenos (Reuben et al., 2019).

Ácidos orgánicos en la nutrición animal

Los ácidos orgánicos poseen a nivel químico la presencia de uno o más grupos de ácido carboxílico, que pueden estar unidos covalentemente en grupos como amidas, ésteres y péptidos. La producción de ácidos orgánicos a gran escala industrial se limita principalmente a los ácidos de origen microbiano. Varios ácidos orgánicos de origen bacteriano y fúngico son productos industriales importantes, cuya producción biológica tiene una clara ventaja económica sobre la síntesis química; pueden alterar la fisiología de las bacterias, provocando trastornos metabólicos que impiden la proliferación y provocan la muerte. Esta capacidad antimicrobiana se basa en su capacidad para atravesar la membrana celular, debido a la naturaleza lipofílica de su forma no disociada, modificando las concentraciones de protones y aniones asociados en el citoplasma. En consecuencia, las bases de purina y las enzimas esenciales se ven afectadas negativamente y la viabilidad bacteriana disminuye (Dittoe et al., 2018).

Butirato de sodio

Los ácidos orgánicos se consideran adecuados para su uso en dietas, ya que ejercen efectos inhibitorios del crecimiento de la microflora estomacal e intestinal de las aves de corral a través de la reducción del pH y los efectos de aniones y protones en la célula microbiana. Estos son productos naturales del metabolismo microbiano o la fermentación de los carbohidratos en el intestino de los animales. El butirato de sodio se transforma fácilmente en ácido butírico dentro del tracto digestivo de las aves donde mejora la salud intestinal a través de varios mecanismos, participa en el desarrollo de los tejidos de la pared intestinal y modula el crecimiento de la microflora intestinal simbiótica, mejora el peso corporal, el índice de conversión alimenticia, las poblaciones de bacterias beneficiosas y reduce la colonización de bacterias dañinas en el tracto digestivo, además, la suplementación con butirato de sodio se ha relacionado con la mejora de la inmunidad (Gong et al., 2020).

Fisiología de la formación del huevo

El oviducto de las aves de corral proporciona el entorno biológico para la formación del huevo y la fertilización del ovocito ovulado. Las gallinas nacen con un par de ovarios y oviducto, sin embargo, el desarrollo del ovario derecho y el oviducto cesan y retroceden gradualmente. El ovario izquierdo y el oviducto permanecen funcionales y contribuyen en la formación del óvulo. El oviducto es una estructura tubular larga que consta de cinco segmentos funcional e histomorfológicamente distintos: el infundíbulo (sitio de fertilización), el magnum (producción de componentes de la clara de huevo), el istmo (formación de las membranas de la cáscara del huevo), la cáscara glándula o útero (formación de cáscara de huevo calcificada), y la vagina (oviposición o puesta de huevos). Después de la ovulación, el óvulo atraviesa toda la longitud del oviducto, donde los constituyentes del óvulo se secretan y depositan desde las respectivas partes del oviducto (Mishra et al., 2019).

La formación del huevo transcurre durante la noche, aproximadamente entre 24 y 26 horas en el oviducto de la gallina; la yema de huevo demora en transitar por medio del infundíbulo un tiempo comprendido entre 15-30 minutos; la sección más larga del oviducto es el magnum que conjuntamente con el útero ocasiona que se libere la albúmina, la yema permanece en esta área por 3-4 horas, aquí se produce la clara y se centra yema; finalmente en el istmo se forma las membranas internas y externas de la cáscara, lo cual tiene una duración de 60-75 minutos, en esta sección la gallina invierte gran parte de sus esfuerzos y dura entre 18 y 22 horas entre la mineralización de la cáscara del huevo hasta que se endurezca la misma y la coloración respectiva dependiendo la raza de la gallina (Yin et al., 2020).

Calidad de huevo

La calidad es afectada por varios factores como: el manejo, la nutrición, la genética, la edad de la gallina, la temperatura, las enfermedades y el alojamiento, cuyos factores tienen un

impacto significativo en la calidad del huevo que llega al consumidor (Tamiru et al., 2019). La calidad externa del huevo es el parámetro clave, en el cual el consumidor podrá calificar el producto, dentro de los criterios que valúan la calidad externa están: peso del huevo, resistencia del cascarón a rotura, resistencia dinámica de la cáscara, forma del huevo, color del cascarón y presencia de pecas oscuras en la cáscara (Hisasaga et al., 2020). La calidad interna del huevo depende de las preferencias del consumidor, en cuanto al color de la yema, la calidad de la albúmina y la fuerza de la membrana vitelina, sin embargo, los huevos de calidad siempre deben estar libres de manchas de sangre, pigmentos o sustancias no deseadas (Rutten, 2018).

Parámetros de calidad en huevos comerciales conforme a la norma INEN

Proporcionar huevos y ovoproductos de alta calidad es fundamental para la viabilidad económica sostenible de la industria del huevo. La fuerza de la cáscara, la consistencia de la albúmina (incluida la altura) y el color de la yema (intensidad del pigmento de la yema) son las principales medidas de calidad importantes para los consumidores. Las medidas de seguridad alimentaria, higiene y frescura de los huevos obtienen una mayor importancia que el sistema de producción utilizado para producir los huevos. Por lo tanto, garantizar la calidad es fundamental para cumplir con las expectativas del consumidor (Dilawar et al., 2021).

Tabla 1

Clasificación del huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad

	Grado A	Grado B
Cascarón y cutícula	Normal, intacta, limpia.	Normal e intacta, manchas mínimas no propias del producto.
Cámara de aire	Su altura no excederá de los 9 mm, inmóvil.	Su altura no excederá de los 15 mm, inmóvil.

	Grado A	Grado B
Clara	Transparente, limpia, de consistencia gelatinosa, exenta de cuerpos extraños.	Transparente, limpia, de consistencia gelatinosa. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Yema	Visible al trasluz, bajo forma de sombra solamente, sin contorno aparente, no separándose sensiblemente de la posición central en caso de rotación del huevo. Exenta de cuerpos extraños.	Visible al trasluz, bajo forma de sombra solamente; pequeña separación en caso de rotación del huevo. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Olor y sabor	Olor y sabor	Exento de olores y sabores extraños.

Nota. Grado de calidad del huevo fresco de gallina de acuerdo a la normativa INEN. Recuperado de la norma técnica ecuatoriana para huevos comerciales y ovoproductos realizado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2013

Tabla 2

Características físicas del huevo comercial de gallina

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidades
Color de la yema	7	12	unidades de color
Grado de frescura	70	110	unidades Haugh
Cámara de aire	---	15	milímetros
Espesor de la cáscara	0,28	0,37	milímetros
Gravedad específica	1,074	1,140	-----

Nota. Parámetros establecidos en la normativa INEN para las características físicas del huevo fresco de gallina. Recuperado de la norma técnica ecuatoriana para huevos comerciales y ovoproductos realizado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2013.

Peso

El peso del huevo está sujeto principalmente a las características que corresponden a la línea y edad de la gallina, es decir la genética, sin embargo pueden influir factores de aspecto zootécnico de la producción como: el desarrollo de las pollitas, la temperatura, la humedad y la iluminación donde se encuentren alojadas, la muda, enfermedades, el consumo del alimento, sin embargo, los factores que juegan un papel importante sobre el peso del huevo tienen

correlación respecto a peso corporal y nutrición otorgadas a las aves (De la Cruz, 2021). Según el manual Lohmann (2020) indica que el peso del huevo se ajusta a los factores nutricionales que se aporten en la dieta, si se alimenta a un mayor peso corporal/estructura esquelética, proporcionalmente se incrementará el peso del huevo en el periodo de puesta de la gallina; además también indica que el peso del huevo varía de acuerdo al manejo de temperatura, ya que de esta depende el consumo de alimento del ave, si esta se eleva el consumo se reduce.

Tabla 3

Metas de producción de la línea genética Lohmann Brown de la semana 32-41 (Fase I)

Edad en semanas	Peso de huevo (g)
32	62
33	62,3
34	62,6
35	62,9
36	63,2
37	63,4
38	63,7
39	63,9
40	64,2
41	64,4

Nota. Metas de producción de la raza Lohmann Brown, referente al peso del huevo. Tomado de la guía de manejo sistemas de jaulas Lohmann 2020.

Alteraciones de la Cáscara

Como ya se mencionó anteriormente la formación de la cáscara demanda mucho tiempo en la formación del huevo, su calidad se determina mediante distintos factores que son visibles para el consumidor: la textura, el color, la forma, comercialmente se prefiere un huevo de cáscara suave, limpia, libre de fisuras y que tenga uniformidad en cuanto a color, forma y tamaño (J. Zhang et al., 2019).

Algunas de las alteraciones de la cáscara se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 4

Defectos que se pueden presentar en la cáscara del huevo y sus causas

Alteraciones de la cáscara	Descripción	Foto
Sucios (heces)	Grandes cantidades de compuestos no digeribles en su alimentación, mala salud intestinal.	
Manchas de sangre	Gallinas con sobrepeso, comienzo de la puesta, mala higiene.	
Pálidos	Bronquitis infecciosa, gallinas viejas, estrés, síndrome de caída de huevos.	
Rosados/violetas	Exceso de calcio en el pienso, estrés.	
Cáscara blanda	Gallinas viejas, demasiado fósforo en la dieta, alimentos con moho, alimentos contaminados con micotoxinas	
Sin cáscara	Glándula del caparazón inmadura, déficit de Ca, P, Mn, vitamina D3; bronquitis infecciosa, influenza aviar.	
Corrugados	Gallinas viejas, estrés por calor, agua salada, mala nutrición, dietas contaminadas con micotoxinas.	
Con gránulos	Nutrición inadecuada, edad de las aves.	
Manchas blancas/ café	Glándula de cáscara defectuosa, exceso de calcio en el alimento, alteración en el proceso de calcificación	

Alteraciones de la cáscara	Descripción	Foto
Con franja blanca	Primeros huevos de gallinas jóvenes, estrés, cambios drásticos en la iluminación.	
Con restos de calcio	Glándula de cáscara defectuosa, alteraciones en la calcificación, demasiado calcio.	
Con agujeros	Edad de las gallinas, nutrición pobre, gallinas ocasionan daños con pico o patas, daño por objetos punzantes.	

Nota. Principales alteraciones presentes en la cáscara de huevo de gallinas ponedoras. Recuperado de Altech Store, 2018.

De acuerdo al índice de forma se pueden observar huevos de forma alargada, puntiagudos y con asimetría polar (Biggins et al., 2018). De acuerdo a Vasileva et al. (2018) aseguran que el indicador de forma del huevo para la clasificación mencionada es de <72, 72-76 y >76 respectivamente.

Albumen

La albúmina del huevo (clara) secretada en el oviducto es un reservorio de agua, proteínas y minerales para el embrión en desarrollo, como también protege de la invasión de patógenos en la yema. La calidad de la albúmina está relacionada con la consistencia, la apariencia y sus propiedades funcionales (Sun et al., 2019).

Los tiempos de almacenamiento, las altas temperaturas, la edad de las gallinas o el estado antioxidante son factores que favorecen la degradación de la proteína de la albúmina, lo que lleva a la licuefacción. El adelgazamiento de la albúmina es una señal de pérdida de calidad. Cuando un huevo fresco es cuidadosamente roto sobre una superficie lisa y plana, la yema redonda está en una posición central rodeada de albumen grueso. Cuando se rompe un huevo pasado, la yema se aplana y a menudo se desplaza hacia un lado y los alrededores

donde la albúmina espesa se ha vuelto más delgada, lo que resulta en una gran área de albúmina colapsada y aplanada para producir un amplio arco de líquido (Kowalska et al., 2021).

Unidades Haugh

Esta unidad describe la calidad interna del huevo, basada en el grosor de la albúmina, también es considerado como un índice de frescura, la puntuación unitaria de Haugh se calcula mediante la altura de la albúmina gruesa del huevo roto sobre una superficie plana combinada con el peso del huevo. Las puntuaciones de 90 o más se consideran excelentes, 70 es aceptable y 60 calidad inferior (NABEL, 2020b) Según Narushin et al. (2021) una baja puntuación de la misma, se puede ver influenciada por, el tiempo, la temperatura de almacenamiento, factores claves como la suplementación de vitaminas C y E y evitando niveles altos de proteína en la dieta resulta favorable para este indicador de calidad.

Color de la yema

En tema del color de la yema se atribuye a un elemento que se consigue modificar a través de la inclusión de pigmentantes en el pienso de las ponedoras, sin embargo, este no tiene efecto sobre el valor nutricional del huevo, pero no deja de ser importante la coloración de la yema sobre la calidad. La determinación del tono de la yema es dada por el tipo y el perfil de carotenoides en especial las xantofilas presentes en el pienso y su absorción intestinal (Maguregui, 2020).

La coloración de la yema es cuantificada de un modo preciso y rápido con el uso de un analizador digital calidad de huevos, que se basa en el abanico de color de yema DSM, cuyos resultados son interpretados por de una escala 1 a 16 del color, la intensidad, la tonalidad y la homogeneidad de la yema (NABEL, 2020b).

NABEL DET 6000

El analizador digital NABEL DET 6000 es un equipo de medición de la calidad del huevo que determina su peso, unidad Haugh, índice de yema, fuerza y espesor del cascarón,

coloración de la yema. Está diseñado para su utilización en temas de control de calidad del huevo y la investigación, y brinda datos de medición de alta precisión de manera eficiente. Realiza un pesaje fiable de los huevos y una medición del color de la yema utilizando sensores LED y RGB blancos permitiendo la corrección automática del color con respecto a la luz exterior. La máquina utiliza un rayo láser para medir la altura de la albúmina en el huevo a partir de la medición láser actual y calculando el resultado en Haugh, obteniendo una medida extremadamente precisa. Además, se puede medir la carga de rotura de la cáscara del huevo como dureza de la misma por presurización constante (NABEL, 2020a).

Capítulo III

Métodos y materiales

Ubicación del área de estudio

Ubicación política

El presente trabajo fue realizado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando en las instalaciones de Avicultura de la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, hacienda “El Prado” por parte de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Ubicación geográfica

La hacienda “El Prado” parte de la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I; posee las coordenadas $78^{\circ}24'44''$ E, $0^{\circ}23'20''$ S.

Figura 1

Ubicación satelital del sitio de estudio



Nota. La imagen corresponde a la ubicación de la hacienda “El Prado”, sitio donde se realizó la investigación propuesta. Tomado de Google Maps, (2022).

Ubicación ecológica

- **Altitud:** 2748 m.s.n.m.
- **Temperatura promedio anual:** 13.88 °C
- **Precipitación:** 1286 mm/año
- **Humedad relativa:** 70.01 %

Materiales, equipos y reactivos

Materiales

- 400 jaulas de 565 cm²/ave.
- Libreta de apuntes.
- Mandil
- Fundas plásticas 8*12 cm.
- Vaso de precipitación de 1000 ml.

Equipos

- Balanza electrónica (capacidad 5kg).
- Moledora de maíz eléctrica.
- Mezcladora de balanceado.
- Balanza mecánica.
- Computador.
- Analizador de huevos NABEL DET 6000

Establecimiento del proyecto

La presente investigación estuvo constituida en dos fases, la primera se llevó a cabo en las instalaciones del proyecto avícola del IASA I, donde se evaluaron parámetros productivos y zootécnicos en 2000 aves de la línea genética Lohmann Brown, alojadas en jaulas con una superficie de 565 cm²/ave, mismas que estaban distribuidas aleatoriamente en cuatro tratamientos, 100 repeticiones por tratamiento y un tamaño experimental de 400 unidades experimentales, cada jaula contenía 5 aves. Se realizó un manejo mediante protocolos previamente establecidos en prácticas de manejo, alimentación, control sanitario, suministro de agua de bebida, manejo medio ambiental. La segunda fase consistió en el análisis de laboratorio donde se evaluó la calidad de huevo por medio del analizador NABEL DET 6000, para lo cual semanalmente se realizó la recolección de 1 cubeta de huevos por tratamiento.

Tabla 5

Tratamientos experimentales establecidos en el proyecto

Dietas	Código	N° de jaulas por repetición	N° de gallinas por repetición	Total de gallinas por tratamiento
Dieta comercial	T0	100	5	500
Dieta comercial de postura + 0.5 kg/ton de Butirato de Sodio	T1	100	5	500
Dieta comercial de postura + 0.5 kg/ton de Ecobiol	T2	100	5	500
Dieta comercial de postura + 0.5 kg/ton de Ecobiol + 0.3 kg/ton Butirato de Sodio	T3	100	5	500
Total de gallinas empleadas				2000

Nota. Establecimiento de las dietas empleadas y distribución de las gallinas para cada tratamiento. Autoría propia.

Dietas

El alimento suministrado a las aves fue en polvo en una cantidad de 120 gr/ave/día; las dietas fueron realizadas en el software NUTRION 10 PRO, las mismas que están en concordancia con los requerimientos nutricionales para la línea genética, siendo estas isoenergéticas, isoprotéicas e isofosfóricas. El alimento fue elaborado en la planta de alimentos concentrados de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. Para la dieta se tomó de referencia los requerimientos nutricionales de línea Lohmann Brown, donde se establece las necesidades para gallinas ponedoras durante la fase I de producción. La cantidad de pool enzimático Ecobiol utilizado fue de acuerdo a las recomendaciones de uso comercial de la casa fabricante (Evonik), misma que fue de 0.5 kg/ton de alimento (Evonik, 2018). Asimismo, el Butirato de sodio se dispuso de acuerdo a Sánchez et al. (2009) donde sostienen que una

concentración 0.3 kg/ton incrementa el porcentaje de postura y mejora la conversión de alimento.

Tabla 6

Composición a nivel nutricional de la dieta comercial suplementada a las aves

Nutrientes	Aporte nutricional			
	T0	T1	T2	T3
E.M Aves Kcal/Kg	2850	2850	2850	2850
Sodio %	0.18	0.18	0.18	0.18
Cloruro %	0.22	0.22	0.22	0.22
Proteína total %	15.00	15.00	15.00	15.00
Fósforo disponible	0.75	0.75	0.75	0.75
Calcio	4.00	4.00	4.00	4.00
Gli+Serina Digestible	1.38	1.38	1.38	1.38
Arginina Digestible	0.93	0.93	0.93	0.93
Lisina Digestible	0.86	0.86	0.86	0.86
Metionina Digestible	0.55	0.55	0.55	0.55
Met+Cis Digestible	0.79	0.79	0.79	0.79
Triptófano Digestible	0.20	0.20	0.20	0.20
Treonina Digestible	0.64	0.64	0.64	0.64
Histidina Digestible	0.39	0.39	0.39	0.39
Isoleucina Digestible	0.61	0.61	0.61	0.61
Leucina Digestible	1.29	1.29	1.29	1.29
Fenilalanina Digestible	0.68	0.68	0.68	0.68
Fen+Tir Digestible	1.14	1.14	1.14	1.14
Glicina Digestible	1.28	1.28	1.28	1.28
Valina Digestible	0.82	0.82	0.82	0.82
Balance Electrolítico Meq.	220	220	220	220

Nota. Porcentaje aportado por cada nutriente en las diferentes dietas establecidas. Autoría propia.

Manejo del lote de aves

El estudio se realizó en la fase I de producción, entre las semanas 32-41 de edad, los datos obtenidos del estudio en ese tiempo fueron recopilados diariamente, para esto se crearon registros individuales por cada tratamiento establecido, donde se anotaron los diferentes parámetros evaluados, tanto productivos como zootécnicos. La limpieza del alojamiento de las aves se efectuó de forma diaria, el retiro de la gallinaza se realizó dos veces por mes, precautelando la sanidad de las aves y evitando la acumulación de gases en el ambiente.

Variables evaluadas

Parámetros productivos

Calidad del huevo

Para el análisis de calidad de huevos, semanalmente se tomó de muestra de 30 huevos (una cubeta) por tratamiento para su evaluación en el analizador de calidad de huevos NABBEL DET 6000, la cual proporcionó datos relativos a peso del huevo (g), fuerza de la cáscara (kgf), índice de yema, color de la yema (escala de color: 1 - 16), unidades Haugh (AA=72.0 - / A= 60.0 - 71.9 / B= 31.0 - 59.9 / C= - 30.9) y espesor de la cáscara (mm).

Alteración en la cáscara de los huevos

Se contabilizó y registró aquellos huevos que presentaban defectos en su cáscara como suciedad, sangre, restos de calcio, palidez, rugosidad, etc.

Parámetros zootécnicos

Conversión alimenticia

Se calculó de acuerdo al consumo total de alimento consumido en una semana dividido para el número de docenas de huevos producidos.

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{(\text{Total kg de alimento consumido})}{(\text{Total docena de huevos})}$$

Ganancia de peso

Se utilizó una balanza para animales modelo PCE-TS con capacidad de 2000 Kg para determinar el peso de las aves tratadas.

Porcentaje de postura

Se obtuvo el número de huevos puestos en una semana, esto dividido por la cantidad de gallinas.

$$\% \text{ de postura} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de huevos} * 100)}{(\text{N}^\circ \text{ de gallinas} * 7 \text{ días})}$$

Mortalidad

Se determinó a través del conteo diario de animales muertos en las jaulas para la obtención de un porcentaje en relación al número de gallinas vivas.

Análisis estadístico Diseño experimental

Para el diseño experimental se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2x2) en donde se evaluó el tratamiento testigo (T0) con las dietas experimentales (T1, T2 y T3). Se hizo la comparación de medias empleando la prueba de Tukey con un valor $p < 0.05$.

Se empleó el siguiente modelo matemático para las variables de producción siendo esta la calidad de huevo:

$$Y_{ijk} = u + E_i + B_j + EB_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta (parámetros zootécnicos y productivos)

u = media general de las observaciones

E_i = efecto del Ecobiol ($i=1,2,3,4$)

B_j = efecto del Butirato de sodio

EB_{ij} = efecto de la interacción de Ecobiol y Butirato de sodio

e_{ijk} = error experimental

Todos los datos fueron procesados en el software estadístico INFOSTAT. Para la evaluación de la variable respuesta se tomaron 25 jaulas por cada tratamiento como muestra representativa del proyecto.

Figura 2

Croquis experimental

PASILLO 1																								
E0B0R1	E1B1R1	E0B0R37	E0B1R97	E1B0R36	E0B1R1	E0B0R55	E1B1R20	E1B0R77	E0B1R51	E0B0R17	E1B1R19	E1B0R90	E0B1R81	E1B0R80	E0B0R52	E0B1R52	E0B0R82	E1B0R86	E0B1R83	E1B0R68	E0B1R41	E0B0R32	E1B1R69	E1B0R25
E1B1R92	E0B0R2	E1B0R19	E1B1R2	E0B1R86	E1B1R91	E1B1R48	E1B0R9	E0B1R15	E1B1R90	E1B1R67	E1B0R38	E0B1R64	E0B0R18	E1B1R23	E0B1R10	E1B0R3	E1B1R73	E0B1R53	E0B0R33	E1B1R74	E0B0R97	E0B1R34	E0B0R99	E1B1R70
E1B0R74	E0B1R99	E1B1R94	E0B0R3	E1B1R53	E1B0R45	E0B0R96	E1B1R3	E1B1R100	E1B0R23	E0B1R40	E0B0R34	E1B0R64	E0B1R17	E0B1R93	E1B0R83	E1B1R66	E0B0R19	E1B1R78	E0B1R79	E0B1R19	E1B1R71	E1B0R60	E0B1R58	E0B0R98
E0B1R98	E1B0R32	E1B1R22	E0B1R84	E1B0R65	E0B0R4	E0B1R92	E0B1R45	E0B0R35	E1B1R4	E1B0R81	E0B1R9	E1B1R89	E1B1R97	E1B0R33	E0B0R43	E0B1R71	E1B1R24	E0B0R63	E1B0R62	E1B1R86	E0B0R20	E0B1R72	E0B0R53	E0B1R30
E1B0R10	E1B1R95	E1B0R53	E1B1R21	E0B0R92	E0B1R46	E1B0R76	E0B0R5	E1B0R69	E0B1R23	E1B1R68	E0B0R21	E1B0R46	E0B0R66	E1B1R5	E0B1R62	E0B0R50	E0B1R61	E1B1R85	E0B0R39	E1B0R73	E0B1R31	E1B1R75	E1B0R7	E1B1R76
E0B0R22	E1B0R88	E1B1R25	E0B1R24	E1B0R35	E1B1R96	E0B0R38	E0B1R94	E0B1R75	E0B0R6	E1B0R56	E0B1R65	E0B0R91	E1B0R99	E0B1R80	E1B0R54	E1B1R6	E1B0R41	E0B0R67	E1B1R88	E0B1R63	E1B1R72	E1B0R95	E0B1R76	E0B0R57
PASILLO 2																								
E1B0R67	E1B1R7	E0B1R96	E0B0R23	E0B0R89	E0B1R90	E1B0R66	E1B1R42	E1B0R75	E1B1R60	E1B0R13	E0B1R20	E1B1R61	E0B0R65	E1B1R41	E1B0R85	E0B0R46	E1B0R24	E1B1R33	E0B1R70	E1B1R80	E0B0R83	E0B1R74	E1B1R82	
E1B1R52	E0B1R13	E0B0R8	E1B1R93	E1B1R8	E1B0R11	E0B0R61	E0B1R49	E0B1R14	E0B0R24	E0B1R39	E1B1R65	E1B1R29	E1B0R28	E0B1R26	E1B0R8	E1B1R32	E0B1R77	E0B0R62	E1B0R6	E0B0R51	E0B1R77	E1B0R52	E0B0R87	
E1B0R57	E0B0R90	E0B1R12	E1B0R2	E0B0R9	E1B1R59	E1B0R51	E1B1R9	E1B0R1	E0B1R69	E0B0R81	E1B0R89	E0B0R25	E0B1R37	E0B0R49	E0B0R86	E0B1R11	E0B0R36	E1B0R92	E0B1R55	E0B0R60	E0B1R16	E1B0R93	E1B1R81	E0B1R29
E0B0R64	E1B0R30	E1B1R49	E0B1R50	E1B1R57	E0B1R43	E1B1R50	E0B0R10	E0B0R85	E1B1R10	E1B0R34	E0B1R4	E1B0R72	E1B1R84	E1B0R49	E1B1R31	E1B0R40	E1B1R35	E1B1R34	E1B0R29	E1B1R37	E1B1R83	E0B0R26	E0B1R27	E0B0R40
E1B1R51	E0B1R95	E1B0R48	E0B0R42	E0B1R91	E1B0R42	E0B0R77	E0B1R88	E1B1R27	E0B0R11	E0B1R67	E1B1R28	E0B1R60	E0B0R68	E1B1R30	E1B0R82	E0B0R45	E1B0R15	E0B0R54	E0B1R21	E0B0R79	E0B1R66	E1B0R61	E1B1R82	E0B1R78
E1B0R12	E0B0R93	E1B1R26	E0B1R100	E1B0R50	E0B0R88	E0B1R85	E0B0R41	E1B0R78	E0B1R44	E0B0R94	E1B0R55	E0B0R12	E1B1R11	E1B0R20	E0B1R35	E1B1R87	E1B1R47	E1B0R100	E1B1R79	E1B0R98	E0B0R27	E0B1R73	E0B0R80	E1B0R17
PASILLO 3																								
E0B0R71	E0B0R13	E1B1R13	E0B0R40	E1B0R71	E0B1R89	E0B1R5	E1B0R43	E1B1R12	E1B0R21	E0B1R38	E1B1R58	E1B0R94	E0B1R7	E0B0R28	E1B1R43	E1B0R14	E0B0R69	E1B1R36	E0B0R44	E0B1R36	E1B0R87	E0B0R73	E0B1R57	E1B1R40
E1B1R16	E1B0R31	E1B1R64	E1B0R5	E0B1R87	E0B0R14	E1B1R55	E0B0R72	E1B1R38	E1B1R46	E0B0R29	E1B0R70	E1B1R45	E1B0R39	E1B0R63	E0B1R8	E1B1R62	E1B0R36	E0B0R56	E0B1R56	E0B0R100	E0B1R33	E1B1R99	E1B0R26	E0B0R76
E0B0R30	E1B1R15	E1B0R44	E1B1R63	E1B1R14	E0B1R25	E1B0R37	E0B1R2	E0B0R15	E1B0R91	E1B1R17	E0B0R78	E1B0R4	E1B1R39	E0B0R59	E1B0R18	E0B0R47	E0B1R48	E0B0R27	E0B0R70	E1B0R16	E0B0R74	E0B1R42	E1B1R44	E0B0R79
E1B0R84	E0B1R3	E1B1R54	E0B0R31	E1B0R22	E1B1R18	E0B0R58	E1B1R56	E0B0R58	E0B1R6	E1B0R47	E0B1R22	E0B0R16	E1B0R97	E0B1R47	E0B0R95	E0B1R54	E0B0R34	E0B1R59	E0B1R18	E1B1R98	E0B1R68	E1B0R59	E0B0R75	E0B1R28

Nota. La figura simboliza la repartición de los tratamientos aleatoriamente para las 400 jaulas utilizadas en la investigación. Donde: E0B0= Dieta comercial; E1B0= Dieta comercial + Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*); E0B1= Dieta comercial + Butirato de sodio; E1B1= Dieta comercial + Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio. Autoría propia.

Análisis económico

Este ítem se realizó mediante un análisis de costos fijos y variables, donde se determinó la rentabilidad del uso del pool bacteriano a través del indicador beneficio/costo, considerando los egresos e ingresos totales obtenidos en la venta de huevos.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Egresos totales}}$$

Capítulo IV

Resultados y discusión

Parámetros productivos

Calidad del huevo

Peso del huevo

Tabla 7

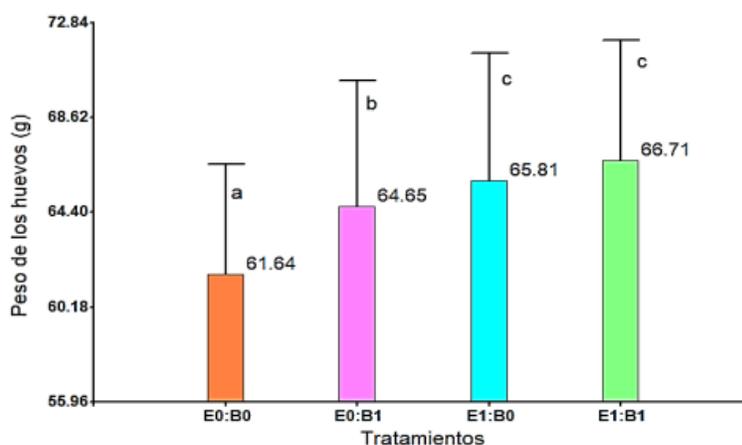
Peso de los huevos (g) obtenidos en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas

Tratamiento	Peso del huevo (g)	D.E	p-valor
E0B0	61,64	±4,92 a	0,0001
E0B1	64,65	±5,60 b	0,0001
E1B0	65,81	±5,65 c	0,0001
E1B1	66,71	±5,36 c	0,0007

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 3

Peso de los huevos (g) en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Peso de los huevos (g) que se obtuvieron durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 7 y figura 3 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al peso. El peso de los huevos analizados en la presente investigación fue: 61,64g; 64,65 g; 65,81 g; 66,71 g para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

La utilización de bacterias de la familia *Bacillus* han demostrado que pueden mejorar de manera efectiva la salud y productividad de las aves de corral. Mazanko et al. (2018) en su estudio mencionan que al agregar *Bacillus* al alimento de las gallinas ponedoras ejerció una influencia benéfica sobre el peso total del huevo superando al testigo, este efecto es atribuido al ambiente favorable en el tracto gastrointestinal resultante de la administración de probióticos a las aves. Respecto al Butirato de sodio, Bedford & Gong (2018) exponen que en diferentes trabajos hay contradicciones en cuanto al peso del huevo, ya que en algunos se vio influenciado por la presencia del mismo y en cuanto otros no hubo mayor aumento en la media del peso.

En el presente estudio se obtuvieron resultados similares a los que reportan el resto de autores mencionados; el pool bacteriano (Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio) suministrado a gallinas de línea Lohmann Brown en fase de producción I, influyó favorablemente sobre el incremento del peso del huevo, debido a que las cepas de *Bacillus* desencadena en una mayor absorción de proteínas, al tener un papel vital en el desarrollo de la membrana intestinal: de igual manera, la actividad del Butirato de sodio que cumple sobre el sistema de las aves conduce a un incremento de energía a los enterocitos, así como el aumento de células intestinales que favorece una mayor superficie disponible para la absorción de minerales indispensables en la formación y el tamaño del huevo. El huevo de gallina es un alimento popular en el mundo, imperdible en el día a día de la población, de esta forma la utilización de aditivos como probióticos y ácidos orgánicos en la dieta puede afectar favorablemente el tamaño del huevo.

Altura de la albúmina

Tabla 8

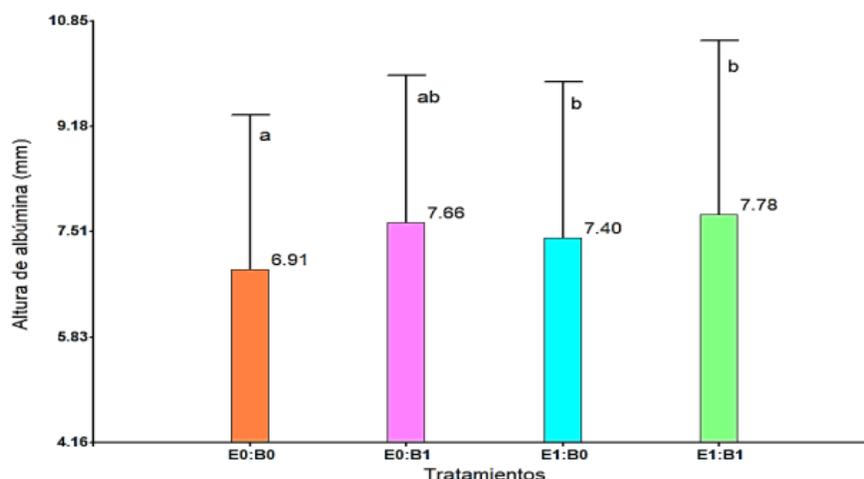
Altura de la albúmina (mm) de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas

Tratamiento	Altura de la albúmina (mm)	D.E	p-valor
E0B0	6,91	±2,45 a	0,0001
E0B1	7,66	±2,34 ab	0,0001
E1B0	7,40	±2,49 b	0,0363
E1B1	7,78	±2,77 b	0,2016

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 4

Altura de la albúmina (mm) de los huevos en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Altura de la albúmina (mm) de los huevos obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 8 y figura 4 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto a la altura de la albumina. La altura de la albúmina de los

huevos analizados en la presente investigación fue: 6,91mm; 7,66 mm; 7,40mm; 7,78mm para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

La altura de la albúmina es considerada para la medición en tema de calidad de la proteína y vida útil del huevo, su proporción no va indicada en los envases, pero son importantes ya que estos parámetros afectan la calidad de algunas preparaciones. Miao et al. (2021) señala en su trabajo que el aumento de la altura de la albúmina se da por efecto de la incorporación de Butirato de sodio sugiriendo su capacidad para mantener la frescura de los huevos. Además, Sjoftan et al. (2021) señala que incorporar probióticos en las dietas de gallinas de postura significó un incremento de la albúmina al mejorar la utilización de nitrógeno.

En el presente estudio también se evidenció un efecto positivo sobre la altura de la albúmina, al suministrar (Ecobiol*Butirato de sodio) en la alimentación diaria de las aves, indicando de esta manera que la adición de Butirato de sodio junto con el probiótico Ecobiol actúan de forma eficiente sobre la calidad interna del huevo, así como actuaron favorablemente sobre el incremento del peso en los huevos, proporcionalmente se evidenció una mayor altura en la albúmina, mejorando el valor de energía metabolizable en las aves; cabe mencionar que las condiciones de los huevos que fueron analizados no atravesaron un tiempo de almacenamiento, se encontraban en condición de "frescos" a temperaturas favorables, es importante tomar en cuenta que el tiempo de almacenamiento disminuye la altura de la albúmina y se da un debilitamiento de la membrana vitelina, obteniéndose una clara de huevo muy líquida y delgada que se esparce rápidamente por la superficie dando la impresión de un producto de mala calidad. No hay que olvidar que proporcionar huevos y ovoproductos de alta calidad es fundamental para la viabilidad económica sostenible de la industria del huevo, cuyo producto se consume con mayor frecuencia. La consistencia de la albúmina en conjunto con la coloración de la yema y resistencia de la cáscara son las principales medidas de calidad de huevo importantes al momento de la compra por parte de los consumidores.

Coloración de la yema

Tabla 9

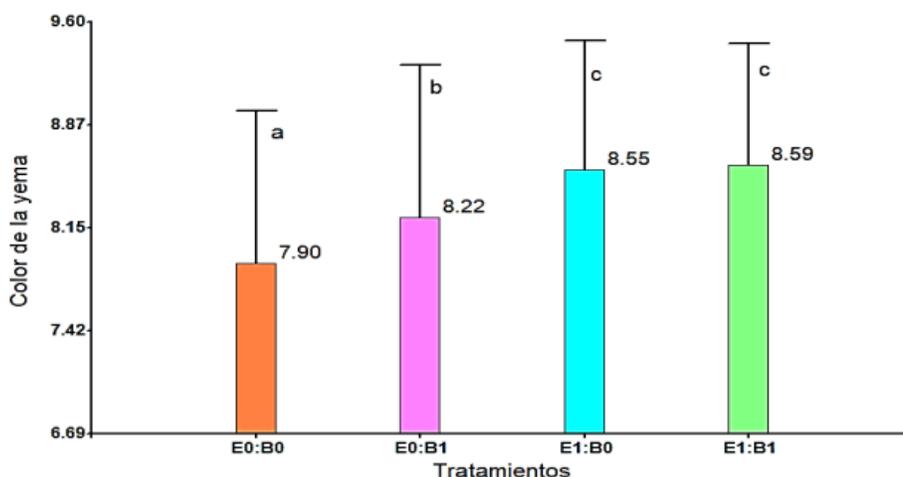
Coloración de la yema de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas

Tratamiento	Coloración de la yema	D.E	p-valor
E0B0	7,90	±0,86 a	0,0001
E0B1	8,22	±0,91 b	0,0016
E1B0	8,55	±1,08 c	0,0001
E1B1	8,59	±1,07 c	0,0122

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 5

Coloración de la yema en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Coloración de la yema obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 9 y figura 5 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, a excepción de T3, sin embargo, se evidenció diferencias en sus medias respecto a la coloración de la yema. La coloración de la yema de los huevos analizados

en la presente investigación fue: 7,90; 8,22; 8,55; 8,59 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

Macit et al. (2021) indican que la adición de probióticos en las dietas provoca un mayor puntaje en cuanto al color de la yema especulándose que los aditivos microbianos ocasionan que los carotenoides de la dieta pueden absorberse bien y transferirse a la yema de huevo, mejorando su coloración. En el estudio de Q. Zhang et al. (2022) se demostró que el color de la yema aumentó notablemente frente al grupo control al suplementarse en las dietas el ácido orgánico Butirato de sodio, debido a una mayor absorción de carotenoides del maíz como resultado de una disminución del pH en la luz intestinal. Además, menciona que los iones de metales pesados y los ácidos grasos insaturados en el alimento hacen que la luteína se oxide fácilmente y pierda su capacidad colorante. Lopes et al. (2022) también aseguran que una pigmentación amarilla oscura de la yema indica una buena salud del huevo, por el contrario, si la yema presenta una coloración pálida, se indica que la salud del huevo no es buena y está asociado a una baja producción y mala salud de la gallina.

El presente estudio mostró un incremento en la coloración de la yema al proporcionar la (Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio) debido a que el color está relacionado con el contenido en la dieta de luteína (carotenoide), una sustancia liposoluble cuya absorción intestinal mejora con la suplementación de Butirato de sodio, el cual se disocia en ácido butírico, que es un lipofílico, lo que intensifica el color de la yema de los huevos. Además de cumplir el papel como antioxidante evitando que la luteína se oxide con facilidad. Esto en conjunto con la suplementación del probiótico que está relacionado con una mayor deposición de antioxidantes en la yema retrasando la peroxidación lipídica. La composición de macronutrientes de las yemas de huevos de color más oscuro y de color más claro es idéntica; sin embargo, para los consumidores la intensidad del color de la yema es un aspecto a tomar en cuenta al momento de la adquisición.

Resistencia de la cáscara

Tabla 10

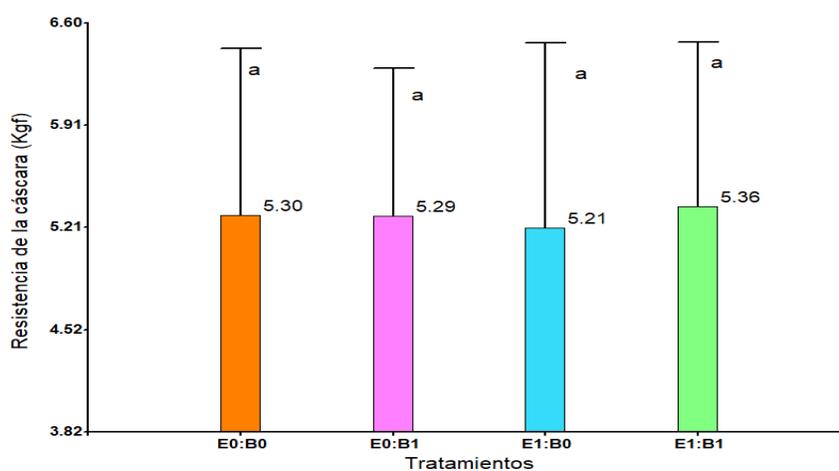
Resistencia de la cáscara de los huevos (kgf) en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas

Tratamiento	Resistencia de la cáscara (kgf)	D.E	p-valor
E0B0	5,30	±1,13 a	0,4591
E0B1	5,29	±1,01 a	0,2929
E1B0	5,21	±1,26 a	0,8774
E1B1	5,36	±1,12 a	0,2269

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 6

Resistencia de la cáscara de los huevos (kgf) en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Resistencia de la cáscara (kgf) de los huevos obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 10 y figura 6 se observa que no existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, sin embargo, existió diferencias en sus medias respecto a la

resistencia de la cáscara. La resistencia de la cáscara de los huevos analizados en la presente investigación fue: 5,30 kgf; 5,29 kgf; 85,21 kgf; 5,36 kgf para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

Para Tang et al. (2018) *B. amyloliquefaciens* mostró un efecto positivo sobre la resistencia de la cáscara, presuntamente por una mayor digestibilidad mineral del calcio. Para el caso del Butirato de sodio, en el trabajo de Miao et al. (2021) resistencia de la cáscara tuvo un aumento significativo solo en la octava semana, lo que reveló que para tener un efecto en la resistencia es necesario evaluar por más tiempo Q. Zhang et al. (2022).

En los resultados de este trabajo no hubo incremento de la resistencia de la cáscara del huevo en ninguno de los tratamientos evaluados, lo que contradice lo expuesto por Tang et al (2017), cuya inconsistencia indicaría que el efecto de los probióticos es incierto dependiendo de varios factores, como las cepas bacterianas, la dosis y el período de crecimiento de los animales de experimentación. Esto también es aplicable para el caso del Butirato de sodio, donde la etapa de puesta, dosis del suplementado orgánico y tiempo de evaluación influyeron en los datos obtenidos.

Espesor de la cáscara

Tabla 11

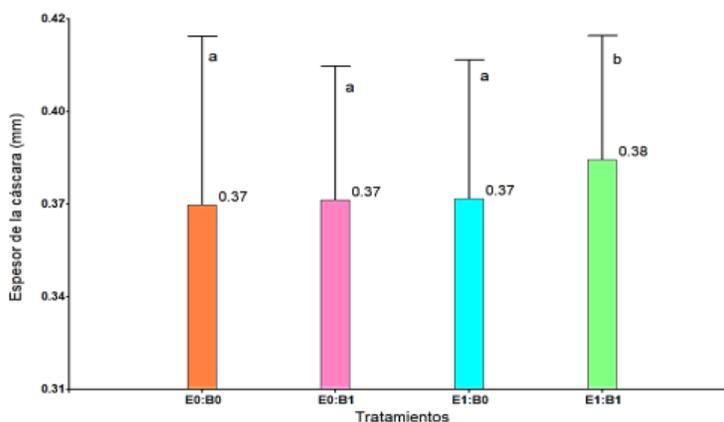
Espesor de la cáscara (mm) de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas

Tratamiento	Espesor de la cáscara (mm)	D.E	p-valor
E0B0	0,37	±0,05 a	0,0002
E0B1	0,37	±0,04 a	0,0044
E1B0	0,37	±0,04 a	0,0076
E1B1	0,38	±0,04 b	0,0321

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 7

Espesor de la cáscara (mm) de los huevos en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Espesor de la cáscara (mm) de los huevos obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 11 y figura 7 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al espesor de la cáscara. El espesor de la cáscara de los huevos analizados en la presente investigación fue: 0,37 mm; 0,37 mm; 0,37 mm; 0,38 mm para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

De acuerdo al estudio de Tang et al. (2018) confirma el efecto benéfico del probiótico *B. amyloliquefaciens* sobre el grosor del cascarón, debido a que este se relaciona con un efecto promotor sobre los procesos metabólicos y de utilización del calcio. Conjuntamente Pires et al. (2020) sostiene que añadir Butirato de sodio en la alimentación de las gallinas resulta en una mejora del grosor de la cáscara ya que este ácido orgánico aporta energía a la mucosa intestinal facilitando el metabolismo y retención de nutrientes que desencadenan una mayor deposición de calcio en la cáscara como proteínas en la membrana de la cáscara de huevo.

En la presente investigación la suplementación de la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio incrementó el espesor de la cáscara de huevo, a consecuencia de una mayor

absorción de minerales y proteínas. Este fenómeno de mayor absorción se refleja en el aumento de la deposición de calcio y proteínas de la cáscara que contribuye a mejorar la calidad, lo que puede dar como resultado una reducción de la rotura de las cáscaras.

Unidades Haugh

Tabla 12

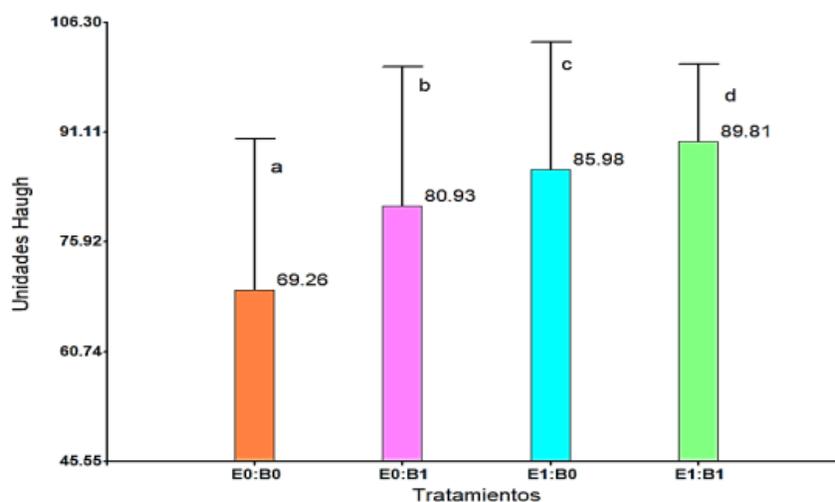
Unidades Haugh de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas

Tratamiento	Unidades Haugh	D.E	p-valor
E0B0	69,26	±20,95 a	0,0001
E0B1	80,93	±19,21 b	0,0001
E1B0	85,98	±17,56 c	0,0001
E1B1	89,81	±10,68 d	0,0001

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 8

Unidades Haugh de los huevos en cada uno de los tratamientos evaluados durante diez semanas

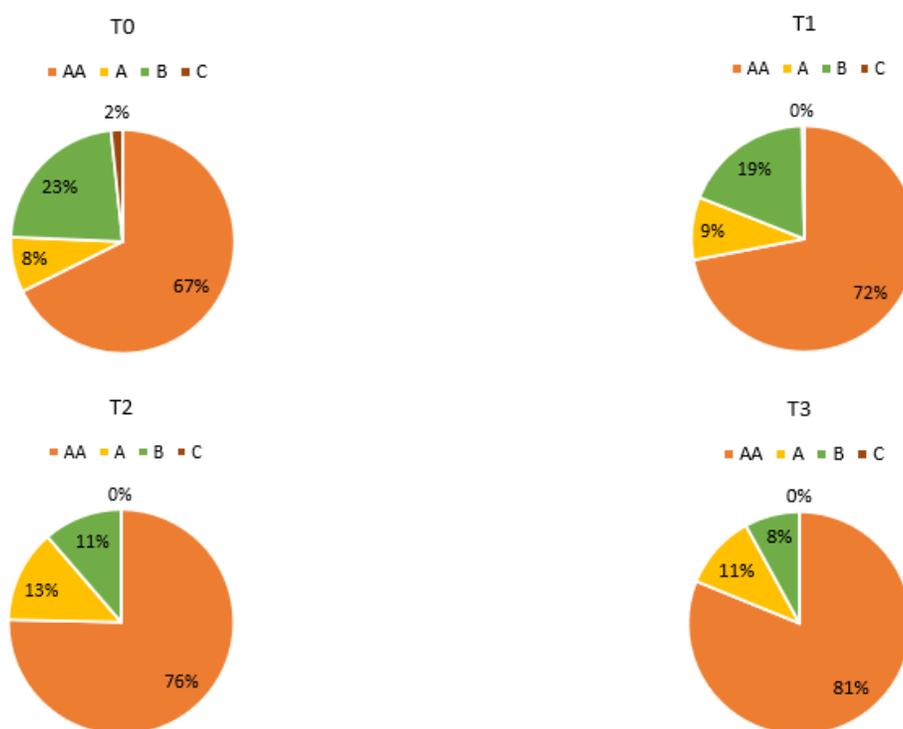


Nota. Unidades Haugh de los huevos obtenidas durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 12 y figura 8 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto a Unidades Haugh. Las Unidades Haugh de los huevos analizados en la presente investigación fue: 69,26; 80,93; 85,98; 89,81 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

Figura 9

Índice de calidad de los huevos en los distintos tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Índice de calidad del huevo encontrados en el presente estudio en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial+ Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 9 se contabilizaron entre los tratamientos evaluados respecto al índice de calidad del huevo. Para el índice de calidad de huevo AA se encontró: 67%; 72%; 76%,81%, para el índice A: 8%; 9%; 13%; 11%, para el índice B: 23%; 19%; 8%; 11%, para el índice C: 2%; 0%; 0%; 0% para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

Miao et al. (2021) indica que la adición del Butirato de sodio en dietas favorece el incremento de las unidades Haugh, siendo este un indicativo que el huevo posee proteína de buena calidad; el Butirato de sodio puede reducir el pH gástrico, lo que puede acelerar la conversión de pepsinógeno en pepsina, mejorando así la tasa de absorción de proteínas, aminoácidos y minerales. Para Sjöfjan et al. (2021) denotan que probióticos como *Bacillus* aumentaron la tasa de transferencia de proteínas asociado al aumento de unidades Haugh. El aumento de la albúmina observado en tratamientos con probióticos del género *Bacillus* probablemente se deba a una mayor deposición de proteínas en estos huevos, esto puede haber ocurrido debido a la modulación beneficiosa de la microbiota intestinal, lo que proporcionó una mejor salud y, en consecuencia, una mejor digestión y absorción de nutrientes (Lopes et al., 2022).

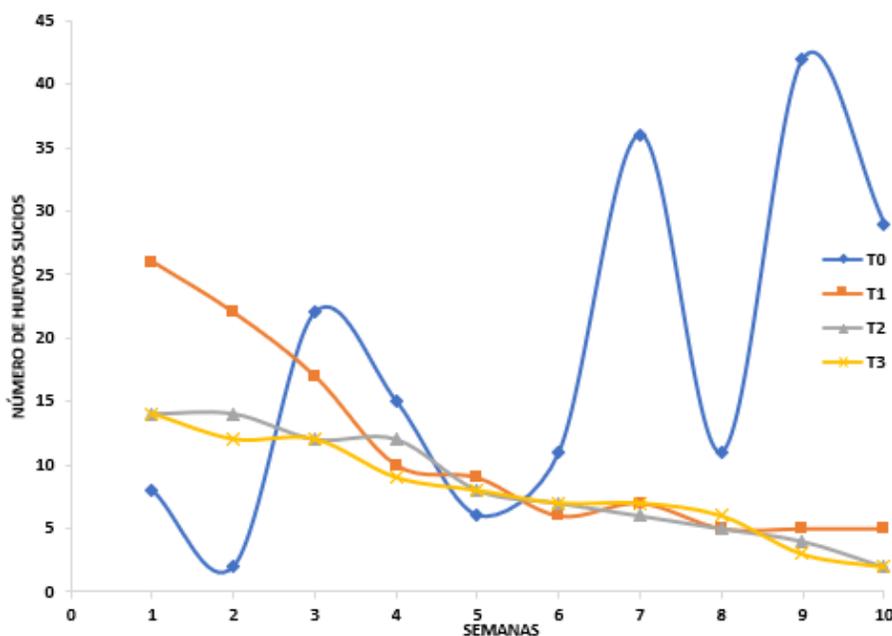
En el presente estudio hubo incremento en las unidades Haugh con la suplementación a las aves de la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio a causa de que ambos aditivos estimulan las actividades de las enzimas digestivas que provocan un aumento resultante en la utilización de nutrientes y la digestibilidad de las proteínas, además de que pueden haber tenido un efecto beneficioso sobre la flora del oviducto con la consiguiente mejora en la síntesis de albúmina, puesto que algunos patógenos pueden colonizar el oviducto y alterar sus funciones. Es así que la mejora en los índices de calidad de la albúmina sugiere la producción de huevos de alta calidad con mejor viscoelasticidad de la albúmina y vida útil. Sin embargo, es importante resaltar que la mayor parte del conocimiento disponible sobre el uso de los aditivos evaluados en este trabajo se ha generado en pollos de engorde, que tienen una microbiota intestinal diferente a las gallinas de postura además de poseer diferentes requerimientos nutricionales los cuales van de acuerdo al tipo de producción avícola empleada. Por lo tanto, se necesitan más estudios relacionados con la microbiota intestinal para comprender mejor el papel que desempeñan.

Alteración en la cáscara de los huevos

Huevos sucios

Figura 10

Huevos sucios en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Huevos sucios que se obtuvieron durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 10 se contabilizaron el número de huevos sucios entre los tratamientos evaluados. El número de huevos sucios encontrados fueron: 182; 112; 84; 80 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

De la Cruz (2021) menciona que los probióticos han demostrado ser una forma sencilla de influir positivamente en las poblaciones microbianas del intestino, alterando la dinámica de la microflora intestinal, mejorando la capa rendimiento y salud a través de la combinación de diversos mecanismos de acción, esto tiene por consecuencia la disminución de huevos sucios al aumentar absorción y digestión de nutrientes. Pires et al. (2020) en su estudio encontró una

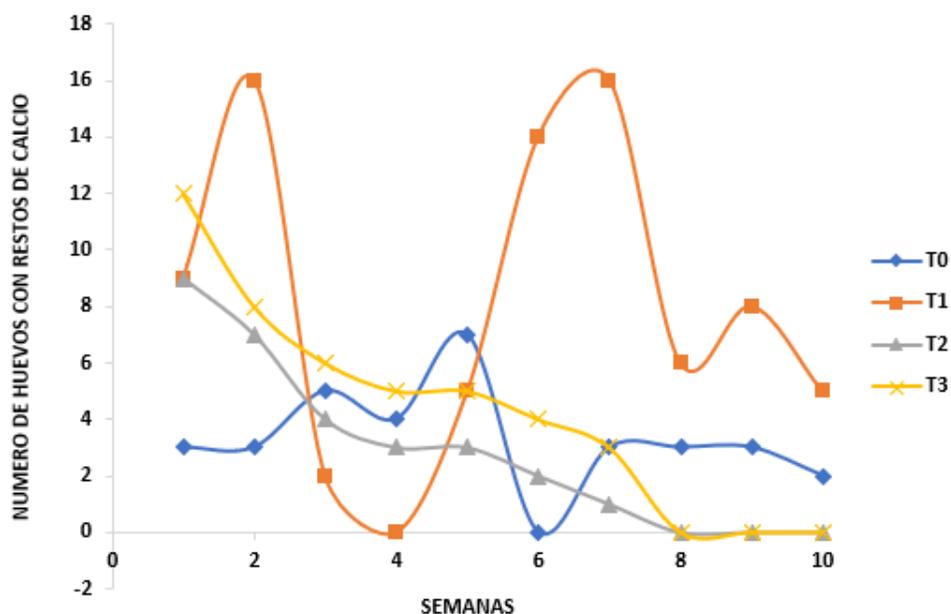
disminución del porcentaje de huevos sucios sobre gallinas ponedoras alimentadas con 105 g/ton de Butirato de sodio protectante, cuyo resultado está influenciado por la mejora de la calidad intestinal y la modulación de la microflora que promueve el ácido orgánico en las aves.

En la presente investigación la suplementación de Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio a las gallinas ponedoras resultó en la disminución de huevos sucios dado por la sinergia del probiótico con el Butirato de sodio que tienen un efecto inhibitor del crecimiento de microorganismos patógenos estomacales e intestinales a través de la reducción del pH, puesto que este tipo de microbios se reducen por debajo de un pH 5, lo que lleva a la proliferación de microorganismos benéficos aumentando la absorción de nutrientes dietéticos para las aves. La solución a este problema implica la reducción de huevos rechazados por el consumidor.

Huevos con restos de calcio

Figura 11

Huevos con restos de calcio en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Número de huevos con restos de calcio encontrados en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 11 se contabilizaron el número de huevos con restos de calcio entre los tratamientos evaluados. El número de huevos con restos de calcio encontrados fueron: 81; 67; 34; 30 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

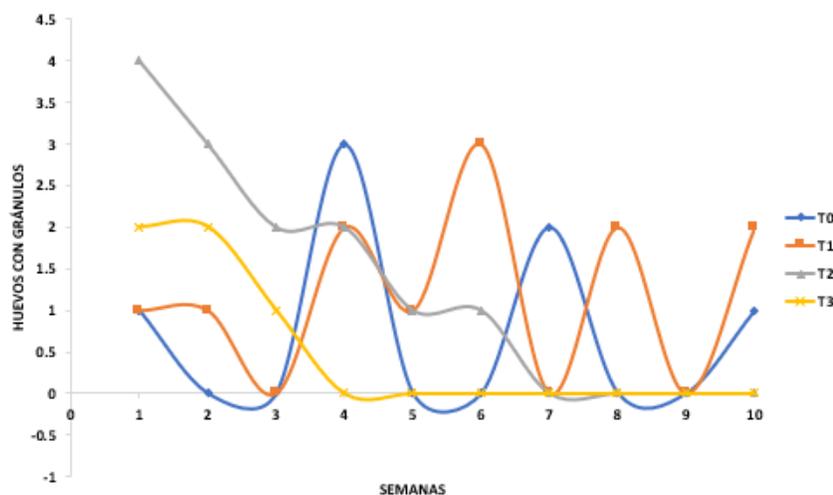
En el informe de Tang et al. (2018) sobre el uso de *B. amyloliquefaciens* en gallinas ponedoras, establece que este tiene influencia sobre los procesos metabólicos y de utilización del calcio, lo que implica en menor casos huevos con restos de calcio. Por el contrario, si acontecen casos en los que se retrasa la ovoposición por situaciones de estrés o la utilización inadecuada de los niveles de calcio, provoca que el huevo sea rodeado por líquidos intrauterinos que contienen iones de calcio y bicarbonato que como consecuencia se producen huevos revestidos de calcio (Chang, 2020). Para Pires et al. (2020) el Butirato de sodio tienen efectos positivos en las características de la cáscara del huevo, ya que refuerza las células de la mucosa intestinal incrementando la altura de las vellosidades duodenales, optimizando la absorción de los nutrientes necesarios en la formación de la cáscara del huevo como lo son el calcio y fósforo en el intestino, lo que significa en una disminución de huevos con presencia de calcio en su cáscara.

En la presente investigación se encontró en menor presencia huevos con restos de calcio con la administración de la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio a las gallinas ponedoras, debido a que los aditivos utilizados al ser ingeridos por el ave mejoran notablemente la digestión del calcio junto a otros minerales y aumenta la eficiencia de absorción de los mismos, resultando en un mejor aprovechamiento por la gallina de este mineral para su salud y productividad, puesto que necesita de mucho calcio para hacer una cáscara de huevo fuerte y resistente con un alto valor comercial para el consumidor como también es imprescindible para el buen desarrollo y mantenimiento de huesos sanos, pues sin el calcio adecuado en la dieta, las gallinas pueden ser propensas a la osteoporosis y tal vez a lesiones.

Huevos granulados

Figura 12

Huevos granulados en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Número de huevos granulados encontrados en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 12 se contabilizaron el número de huevos con gránulos entre los tratamientos evaluados. El número de huevos con gránulos encontrados fueron: 7; 12; 13; 5 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

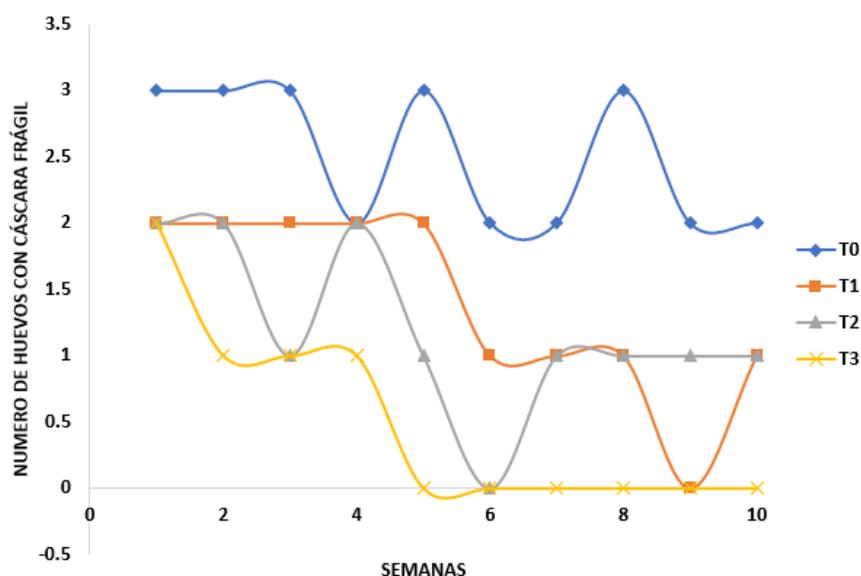
La aparición de gránulos sobre la cáscara del huevo corresponde a depósitos de calcio. La disminución de este tipo de huevos se contrasta con lo dicho por Zhou et al. (2020), quienes señalan que este probiótico aumentan la tasa de fermentación como también la producción de ácidos grasos de cadena corta, reduciendo el pH luminal, esto significa un incremento de la solubilidad y absorción del calcio, estimulado por la proliferación de células epiteliales intestinales en conjunto con la altura de las vellosidades. Por otro lado, Q. Zhang et al. (2022) comunica que el uso de Butirato de sodio acrecienta la digestibilidad de los nutrientes a causa de una mejora del ambiente intestinal y un aumento de la altura de las vellosidades significando en un área de mayor absorción de nutrientes.

En este estudio hubo una disminución en el número de huevos con presencia de gránulos en su cáscara con el tratamiento correspondiente a la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio, a causa de la asimilación de más nutrientes, incluido el calcio, por efecto del suministro del probiótico, así como como el ácido orgánico, generando la modulación de la microbiota intestinal, mejorando la microestructura intestinal y la función fisiológica, resultando en una mejora de la calidad de la cáscara del huevo.

Huevos con cáscara frágil

Figura 13

Huevos con cáscara frágil en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Número de huevos con cáscara frágil encontrados en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol + Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 13 se contabilizaron el número de huevos con cáscara frágil entre los tratamientos evaluados. El número de huevos con cáscara frágil encontrados fueron: 25; 14; 12; 5 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

Con base al estudio Pires et al. (2020), el descenso de huevos con cascara frágil, tiene relación con la utilización de Butirato de sodio, puesto que este mejora el desarrollo intestinal,

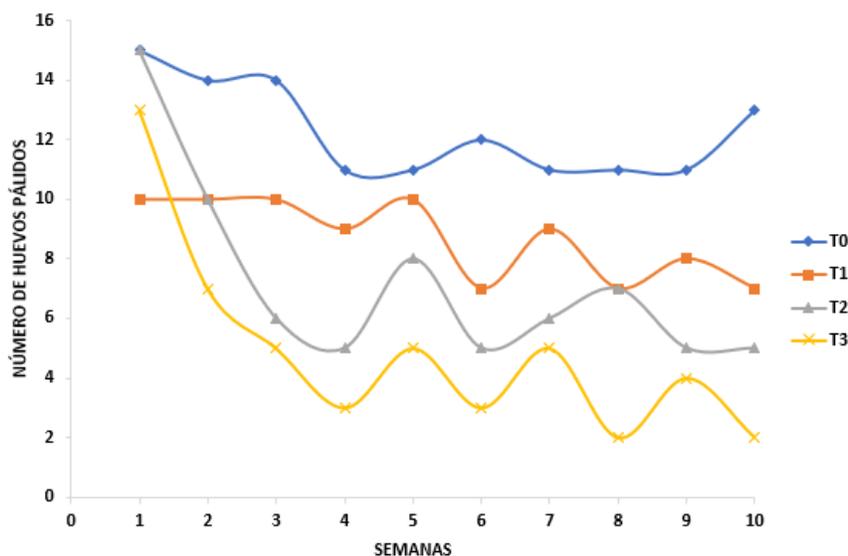
la estructura morfológica y biológica por medio de la modulación de la comunidad microbiana, optimizando la salud intestinal. De igual forma, *B. amyloliquefaciens* pudo contribuir en esto, pues Sjoftan et al. (2021) señala que la utilización de probióticos como *Bacillus* mejoran la mineralización ósea al aumentar la absorción de calcio y fósforo, traduciéndose en un mayor espesor de la cáscara de huevo al promover una acidez del pH en el tracto intestinal a causa de la producción de antibacterianos, ácidos orgánicos y ácidos grasos volátiles.

El resultado del presente estudio coincide con lo que indican Pires et al. (2020) y Sjoftan et al. (2021), sin embargo, al combinar la dieta comercial con Ecobiol, utilizando cepas de *B. amyloliquefaciens*, junto al Butirato de sodio, se evidenció una disminución en el número de huevos con cáscara frágil, promoviendo la salud intestinal de las aves, mejorando la absorción de nutrientes esenciales para la calidad del cascarón, como el calcio el fósforo.

Huevos pálidos

Figura 14

Huevos pálidos en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Número de huevos pálidos encontrados en el presente estudio en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 14 se contabilizaron el número de huevos pálidos entre los tratamientos evaluados. El número de huevos pálidos encontrados fueron: 123; 87; 72; 49 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

La coloración marrón de la cáscara viene dada por el pigmento protoporfina, la cual se bio sintetiza en la glándula calcífera del oviducto Guo et al. (2020). Lu et al. (2021) determinan que la presencia de un vínculo estrecho entre el estrés y la producción de huevos pálidos, al existir una liberación de epinefrina la cual influye negativamente en la pigmentación de la cáscara. Al generarse situaciones de estrés, el huevo es retenido por la gallina hasta encontrar las condiciones deseables, este retraso en su ovoposición hace que se deposite una segunda capa anómala de calcio sobre la cutícula y se produzcan huevos con otras tonalidades (Martín, 2019).

Krysiak et al. (2021) informa que el uso de probióticos en la producción avícola es claramente positivo siendo responsable de un aumento en la inmunidad de las aves permitiendo que el organismo se proteja mejor contra los patógenos y el estrés. Las aves que experimentan estrés por calor son hipersensibles a la corticosterona, que puede retrasar la proliferación de las células intestinales, lo que a su vez conduce a una disminución en la altura de las vellosidades intestinales como también en la profundidad de las criptas intestinales, siendo la causa de los trastornos digestivos y de absorción. En este punto la administración de bacterias probióticas resultó en la mejora de la microflora intestinal al reducir los microorganismos patógenos como también los intestinos mejoraron su integridad. Igualmente, se menciona que los ácidos orgánicos funcionan con un principio similar, apoyando una reducción en el pH de la bacteria patógena intracelular, a la vez que incrementan el número de células de copa, la altura y ancho de las vellosidades intestinales. Conjuntamente, se puede suplementar con lo acotado por Han et al. (2020) mencionando que la síntesis de pigmentos puede ocurrir en el útero, por lo cual, la suplementación con ácidos orgánicos puede mejorar la

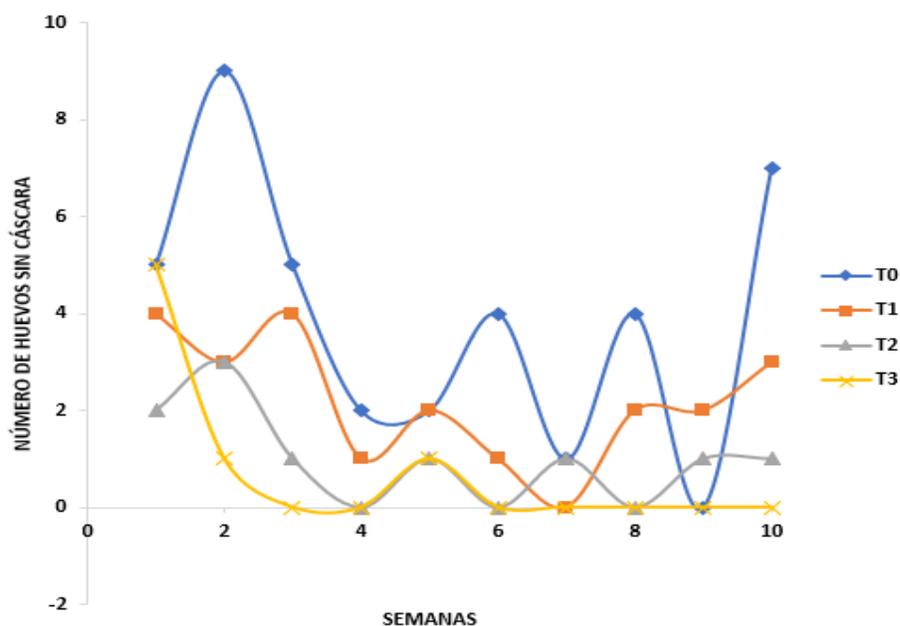
integridad de los órganos reproductivos, como la glándula de la cáscara en el oviducto, lo que da como resultado una mejora en el color de la cáscara del huevo (Miao et al., 2021).

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tratamientos T2 (Dieta comercial + Ecobiol) y T3 (Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio) de la presente investigación, se indica una evidente disminución de huevos pálidos al incluir en la dieta de las aves cepas de *Bacillus amyloliquefaciens*, así como al combinar con Butirato de sodio, demostrando que, en ambos casos actúa favorablemente sobre la buena pigmentación de la cáscara del huevo, descartando de esta manera la presencia de parásitos y otras enfermedades, evitando el uso de antimicrobianos, que al usarlos también indican algunos estudios, se da una rápida disminución de la pigmentación al ingerir ciertos medicamentos como la sulfamidas.

Huevos sin cáscara

Figura 15

Huevos sin cáscara en los diferentes tratamientos evaluados durante diez semanas



Nota. Número de huevos sin cáscara encontrados en el presente estudio en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la figura 15 se contabilizaron el número de huevos sin cáscara entre los tratamientos evaluados. El número de huevos sin cáscara encontrados fueron: 39; 22; 10; 7 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

La mayoría de las incidencias de huevos sin cáscara en gallinas adultas están relacionadas con la falta de calcio en la dieta y a la absorción de este mineral. Sjojfan et al. (2021) indican en su investigación que los probióticos mejoraron la calidad exterior del huevo, siendo influenciado por la actividad metabólica de colonias bacterianas beneficiosas, que podría intervenir positivamente en la tasa de absorción de calcio y magnesio, necesarios para la formación de la cáscara del huevo. Simultáneamente, el Butirato de sodio tuvo influencia según Miao et al. (2021) puesto que exponen que al ser agregadas al alimento contribuyen a una mejora la cáscara del huevo, jugando un papel importante en el desarrollo del epitelio intestinal, reduce el pH gástrico, lo que puede acelerar la conversión de pepsinógeno en pepsina, mejorando así la tasa de absorción de proteínas, aminoácidos y minerales, incluido el calcio.

La presencia de huevos sin cáscara en el presente estudio se redujo a cero, al utilizar el pool bacteriano, suplementando la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio a las gallinas de postura, puesto que la combinación del probiótico (*Bacillus amyloliquefaciens*) y ácido orgánico (Butirato de sodio) aumenta la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas del intestino de las aves logrando una eficiencia digestiva y de absorción, además, de darse la proliferación de organismos probióticos y otras bacterias benéficas tolerantes al ácido del tracto gastrointestinal, reduciendo los patógenos que originan la competencia por nutrientes y sitios de adhesión en la mucosa del intestino delgado, produciéndose un mayor aprovechamiento del calcio que no solo es para formar la cáscara alrededor de cada huevo, con un gran valor comercial, sino también para producir las contracciones que ayudan a la gallina a poner ese huevo.

Parámetros zootécnicos

Conversión alimenticia

Tabla 13

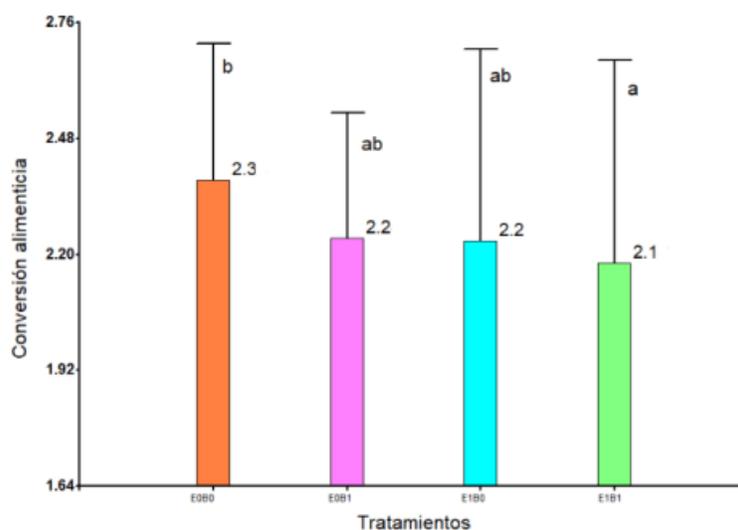
Conversión alimenticia de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados

Tratamiento	Conversión alimenticia	D.E	p-valor
E0B0	2,3	±0,33 b	0,0258
E0B1	2,2	±0,30 ab	0,0333
E1B0	2,2	±0,46 ab	0,0458
E1B1	2,1	±0,5 a	0,3676

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 16

Conversión alimenticia de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados



Nota. Conversión alimenticia de las gallinas ponedoras Lohmann Brown obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

En la tabla 13 y figura 16 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto a la conversión alimenticia. La conversión alimenticia analizada en la presente investigación fue: 2,3; 2,2; 2,2; 2,1 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

La conversión alimenticia se vio influenciada por el probiótico, según Gharib-Naseri et al. (2021) *B. amyloliquefaciens* posee la capacidad de producir amilasas para mejorar la digestión del almidón y favorecer la proliferación de bacterias del ácido láctico. Su suplementación dietética modula efectivamente la microflora intestinal y crea un ecosistema intestinal estable, lo que podría explicar el incremento significativo de la conversión del alimento (Tang et al., 2018). Conjuntamente con el Butirato, cuyo papel es fundamental en el control de *C. Perfringens* resulta en efecto positivo en el metabolismo energético y la salud intestinal. Del mismo modo Kazempour & Jahanian, (2017) concluyeron en su trabajo que el uso de ácidos orgánicos inhibieron la proliferación de bacterias dañinas en los intestinos y aumentaron la absorción digestiva y el uso de nutrientes en el alimento, lo que significó en una mejor tasa de conversión alimenticia, siendo una herramienta valiosa e importante para el productor ya que le permite maximizar la rentabilidad de su producción avícola al implementar estos aditivos en la dieta diaria de las gallinas.

En la presente investigación la utilización de la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio mejoró la tasa de conversión alimenticia en las gallinas de postura al disminuir la colonización de patógenos y la producción de metabolitos tóxicos, así como también mejorar la digestibilidad de proteínas y otros nutrientes acrecentando así su salud intestinal y la eficiencia de conversión alimenticia, que resulta en un mejor aprovechamiento del alimento empleando bajas cantidades de pienso y reduciendo costos de producción, esto acorde a una creciente competencia en la industria avícola donde se requiere ponedoras efectivas para satisfacer los requisitos precisos del mercado.

Ganancia de peso

Tabla 14

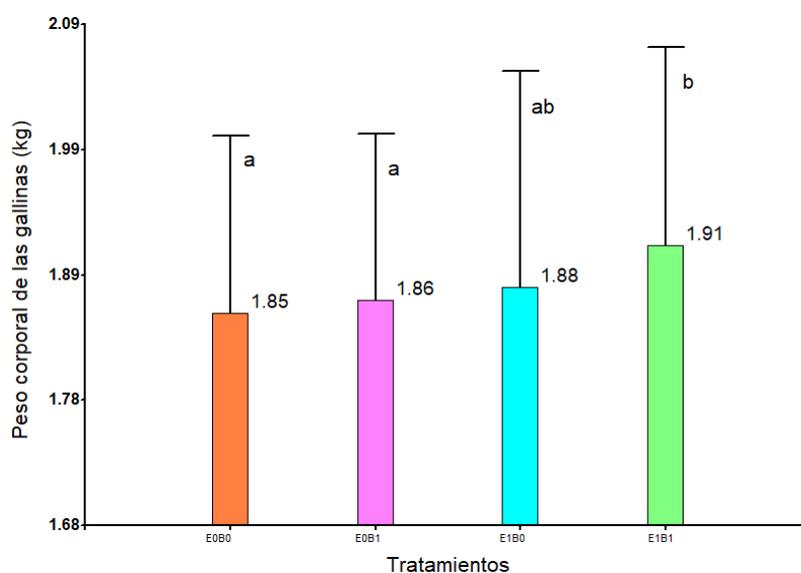
Peso (kg) de las gallinas Lohmann Brown entre las semanas 32-41 para cada tratamiento evaluado

Tratamiento	Peso corporal (kg)	D.E	p-valor
E0B0	1,85	±0,15 a	0,0005
E0B1	1,86	±0,14 a	0,0008
E1B0	1,87	±0,18 ab	0,0242
E1B1	1,90	±0,16 b	0,2439

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 17

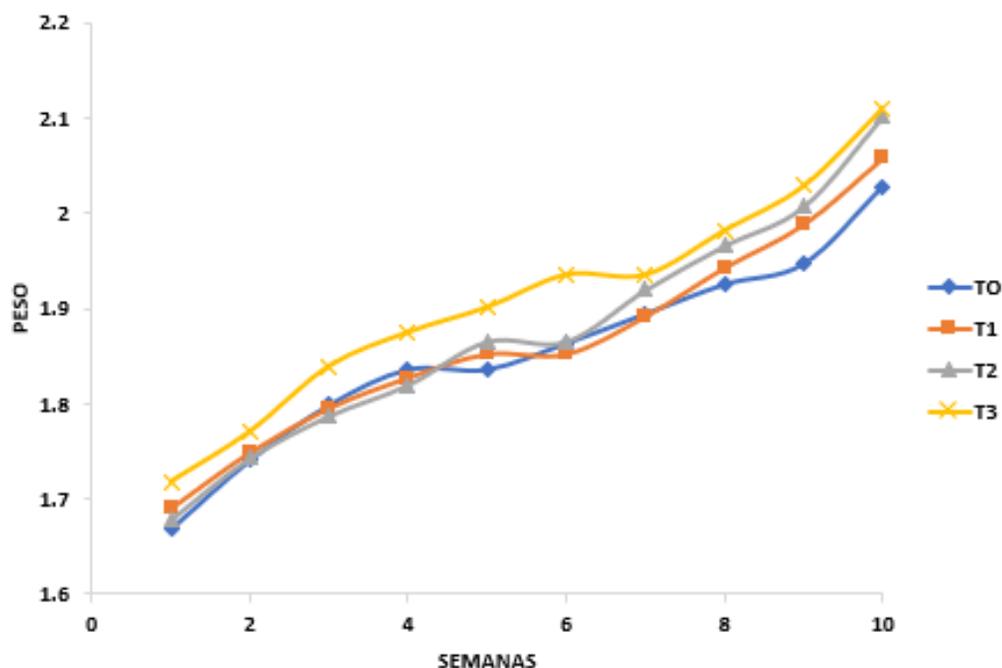
Peso corporal (kg) de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados



Nota. Peso corporal de las gallinas ponedoras Lohmann Brown obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

Figura 18

Ganancia de peso de las gallinas Lohmann Brown durante diez semanas (edad de las gallinas: semana 32-semana 41)



Nota. Ganancia de peso de las aves durante las semanas 1-10 en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol + Butirato de sodio. Autoría propia.

En la tabla 14 y figuras 17 y 18 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al peso corporal de las gallinas ponedoras Lohmann Brown. El peso corporal de las gallinas ponedoras en la presente investigación fue: 1,85 kg; 1,86 kg; 1,88 kg; 1,91 kg para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

El trabajo realizado por Gharib-Naseri et al. (2021) establece que la adición de *B. amyloliquefaciens* favorece la ganancia de peso corporal lo que podría explicarse en parte por la disminución de la perturbación de la comunidad bacteriana en el ciego, desarrollándose bacterias benéficas que mejoran el desarrollo intestinal. Por otro lado, Pascual et al. (2020)

informan que la suplementación dietética de Butirato de sodio podría aumentar significativamente el peso de pollos de engorde, debido al efecto sobre el fomento del desarrollo de las células del epitelio intestinal y la modulación del crecimiento de bacterias simbióticas intestinales, reduciendo el crecimiento de bacterias patógenas y aumento de las beneficiosas.

El empleo de la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio en el presente estudio significó en un incremento del peso de las gallinas Lohmann Brown en la fase I de producción debido a que ambos aditivos dietéticos modifican la microflora intestinal reduciendo el pH del intestino, lo que limita el crecimiento de las bacterias menos tolerantes al pH ácido, compitiendo por la adherencia a la mucosa y los nutrientes, produciendo bacteriocinas, estimulando el sistema inmunológico asociado con el intestino, lo que conduce a una mejor utilización del alimento, la reducción de la carga microbiana patógena y la provisión de un entorno adecuado para las bacterias que mejoran el crecimiento de las aves, recordando que un peso corporal apropiado y deposición de grasa son factores importantes en la crianza de gallinas para la máxima producción de huevos.

Producción de huevos

Tabla 15

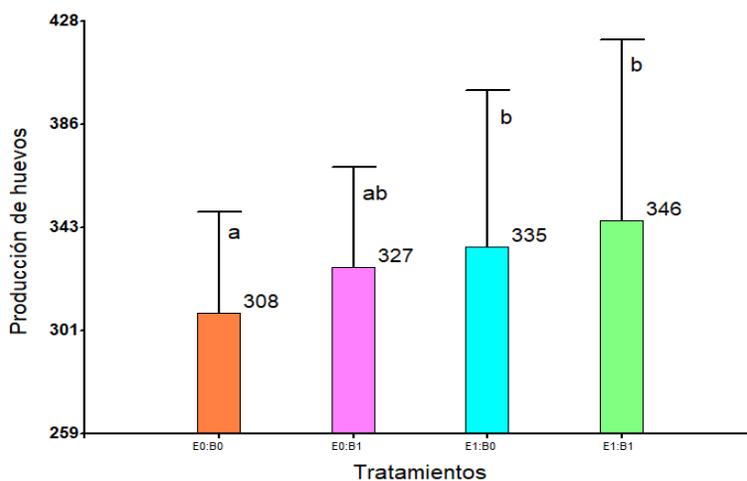
Producción de huevos de gallinas Lohmann Brown para cada tratamiento evaluado durante diez semanas

Tratamiento	Producción Media ± D.E.	Porcentaje de Postura Media ± D.E.	p-valor
E0B0	308,19±41,56	64,61±5,57	0,0010 a
E0B1	327,01±41,26	65,93±4,60	0,0008 ab
E1B0	335,29±64,29	68,71±10,82	0,0295 b
E1B1	346,30±73,86	69,54±13,03	0,5671 b

Nota. Medias con una letra diferente, difieren significativamente (HSD Tukey, $p < 0.05$). *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B0: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

Figura 19

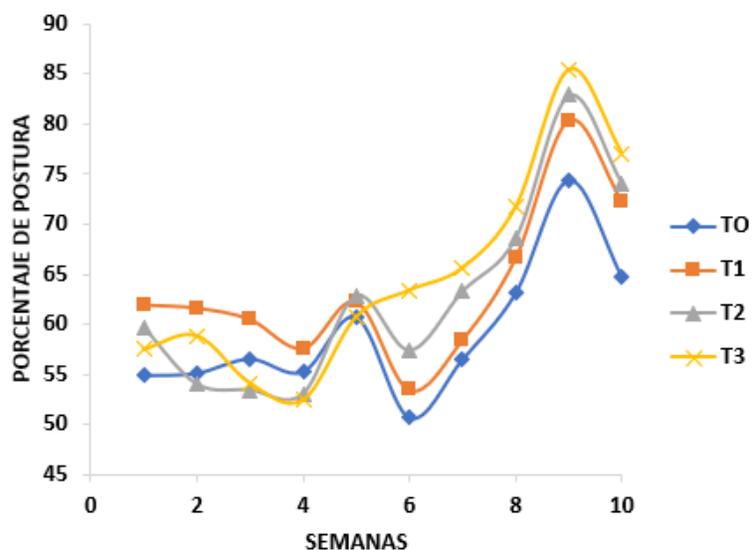
Producción de huevos de las gallinas ponedoras Lohmann Brown de 32-41 semanas de edad en los diferentes tratamientos evaluados



Nota. Producción de huevos de las gallinas ponedoras Lohmann Brown obtenida durante el estudio en cada uno de los tratamientos evaluados. Autoría propia.

Figura 20

Porcentaje de postura de las gallinas Lohmann Brown durante diez semanas



Nota. Porcentaje de postura durante la semana 1-10 en los diferentes tratamientos evaluados. T0: Control, T1: Dieta comercial + Butirato de sodio, T2: Dieta comercial + Ecobiol, T3: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la tabla 15 y figuras 19 y 20 se observa que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto a la producción de huevos. La producción de huevos a la producción de huevos en la presente investigación fue: 308; 327; 335; 346, el porcentaje de postura obtenido fue: 64,61%; 65,93%; 68,71%; 69,54% para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

Hay limitación en la información sobre el efecto de *B. amyloliquefaciens* en gallinas ponedoras; en las pocas investigaciones que se encuentran está el estudio de Tang et al. (2018), quien recalca una mejora en la producción de huevos al implementar este probiótico en la dieta de las gallinas ponedoras debido al modo de acción que realiza, donde modifica la composición microbiana intestinal, mejorando la salud intestinal y digestibilidad de los nutrientes, lo que resulta en un incremento del rendimiento productivo. El uso de *B. amyloliquefaciens* resultó en un mayor porcentaje de postura. De acuerdo a Sjöfjan et al. (2021) la aplicación de probióticos mejora el rendimiento productivo de las gallinas ponedoras, como lo es el aumento de la producción de huevos. Esta mejora está asociada principalmente al aumento de la eficiencia en el uso de nutrientes como resultado del papel de los probióticos en muchas vías biológicas. Asimismo, estudios previos refieren que la suplementación dietética de Butirato de sodio trae beneficios en el rendimiento y estado de salud de los animales. En esto Miao et al. (2021) destaca como el Butirato de sodio aumentó significativamente la producción de huevos, debido a su efecto beneficioso sobre el tejido intestinal y la función intestinal como también mejora indirectamente la digestión y la absorción de nutrientes mediante el incremento de la actividad de enzimas digestivas como la tripsina y amilasa.

De acuerdo con los resultados que indican el resto de autores y los resultados del presente estudio, la suplementación de la Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio resultó en una mayor producción de huevos, evidenciándose que tanto el Ecobiol como el Butirato de sodio mejoran eficazmente la morfología del intestino, las células epiteliales y su sistema de

barrera, secreción de enzimas y microorganismos favorables, permitiendo una mayor digestibilidad del contenido de energía y proteína del alimento, la reducción de patógenos microbianos, mejorando la inmunidad, dándose una mejor utilización de los nutrientes, teniendo como efecto una mayor producción de huevos.

Mortalidad

En el presente trabajo, durante las 10 semanas que duro el mismo hubo la muerte de 1 gallina por cada tratamiento, siendo este dato normal dentro de una explotación avícola, muchos de estos casos no corresponden a enfermedades, simplemente a causas naturales. Por tanto, no se encontró que la mortalidad se viera significativamente afectada por los tratamientos, esto se respalda por los trabajos de Pascual et al. (2020) y Wang et al. (2021) mencionando que la mortalidad fue menor al 1% en el primer caso, mientras para para el segundo fue nulo estableciendo que los aumentos en la mortalidad se observan con mayor frecuencia debido a las condiciones ambientales en lugar de los efectos por los tratamientos evaluados.

Análisis Económico

Tabla 16

Análisis económico de los tratamientos evaluados

Parámetro	Control	E0B1	E1B0	E1B1
Número de aves	500	500	500	500
Producción de huevos	308,19	327,01	335,29	346,3
Huevos rotos	25	14	12	5
		Egresos		
Costo aves (\$)	-	-	-	-
Costo Dieta comercial (\$)	645,68	645,68	645,68	645,68
Costo ECOBIOL (\$)	-	-	17,6	17,6
Costo Butirato de sodio (\$)	-	9,5	-	9,5
Trabajador (\$)	100	100	100	100
Suma	745,68	755,18	763,28	772,78
		Ingreso		
Venta de huevos (\$)	986,21	1046,43	1072,93	1108,16

Parámetro	Control	E0B1	E1B0	E1B1
Venta de huevos rotos (\$)	2,5	1,4	1,2	0,5
Gallinaza (\$)	80	80	80	80
Suma	1068,71	1127,83	1154,13	1188,66
Beneficio/Costo	1,43	1,49	1,51	1,54

Nota. Se considera que si el resultado B/C >1, evidencia que los ingresos netos son mayores a los egresos netos, señalando la rentabilidad del proyecto. *E0B0: Control *E0B1: Dieta comercial + Butirato de sodio *E1B01: Dieta comercial + Ecobiol *E1B1: Dieta comercial + Ecobiol*Butirato de sodio. Autoría propia.

En la tabla 16 se indica el Beneficio/Costo de la producción de huevos entre los tratamientos evaluados. El Beneficio/Costo obtenido fue: 1,43; 1,49; 1,51; 1,54 para los tratamientos E0B0 (T0), E0B1 (T1), E1B0 (T2) y E1B1 (T3) respectivamente.

El máximo beneficio se logrará si el alimento disponible proporciona los nutrientes necesarios requeridos por las gallinas ponedoras, ya que el costo de la alimentación es el costo principal en el total componentes de una producción avícola, representando alrededor del 80%-90%, afectando el costo total y los ingresos netos de los trabajadores. A la vez, la salud de las gallinas es el determinante crítico del éxito de un negocio avícola. La adición del costo de la medicación/las vacunas se verá influencia en el costo total. La producción de huevos (huevos viables y huevos rotos) son las mayores fuentes de ingresos en la cría de gallinas ponedoras, siendo los ingresos primarios provenientes de las ventas de huevos viables y los ingresos secundarios las ventas de huevos resquebrajados y gallinaza (Afandi et al., 2020). La inclusión dietética de Ecobiol y Butirato de sodio para las ponedoras comerciales puede mejorar parámetros zootécnicos, la productividad en la puesta y la calidad del huevo, desempeñando un papel vital, no solo como potenciadores del rendimiento, sino también como un medio para producir huevos seguros (Chowdhury et al., 2020).

Respondiendo a lo anterior descrito, se valoró que T3 (Dieta comercial + Butirato*Ecobiol) es el tratamiento más rentable en relación al resto, al tener un Beneficio/Costo > 1, presentando un valor neto positivo para el negocio y sus trabajadores, como en una máxima expresión de las cualidades de las gallinas Lohmann Brown.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La suplementación del pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio en la alimentación de las gallinas ponedoras Lohmann Brown en la Fase I de producción obedeció a la hipótesis alterna de la presente investigación, mejorando el desempeño productivo en diferentes aspectos, obteniendo mejores resultados en calidad de huevo, reducción de casos en la alteración de la cáscara, mayor ganancia de peso, menor conversión alimenticia y un mayor porcentaje de postura, a comparación del resto de tratamientos evaluados.
- En materia de calidad del huevo comercial, se demostró que la adición del pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio mostró efectos positivos en cuanto a peso de huevo, espesor de cáscara, unidades Haugh, alto de albumen, color de yema, este último siendo muy requerido por los consumidores; todo a causa de una mejora sobre la digestibilidad de los nutrientes, la morfología intestinal y la microflora intestinal, resultando en una calidad de huevo sobresaliente. Respecto a la resistencia de la cáscara, no se encontró diferencias significativas, dependiendo de varios factores, como las cepas bacterianas, la dosis y el período de crecimiento de las gallinas.
- Las alteraciones de la cáscara del huevo comercial fueron menores al administrar el pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio a la dieta comercial en la alimentación de las gallinas ponedoras Lohmann Brown en Fase I de producción, al existir una mejor absorción de calcio y magnesio, los cuales son necesarios en la formación de la cáscara del huevo, a comparación del resto de tratamientos, se evidenció una curva decreciente sobre estas características no

comerciales que afectan al productor (huevos sin cáscara, cáscara frágil, granulados, con restos de calcio, sucios, pálidos).

- Los parámetros zootécnicos (ganancia de peso, porcentaje de postura) incrementaron significativamente, así como también se obtuvo una conversión alimenticia mayor con la suplementación del pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio, puesto que proporciona nutrientes al huésped, mejora la actividad de las bacterias intestinales beneficiosas, inhibe el crecimiento de patógenos y mejorar la función inmunológica de la mucosa intestinal, resultando en un mejor rendimiento productivo de las gallinas ponedoras. En cuanto a mortalidad, no se vio significativamente afectada por los tratamientos, siendo más bien a causa de cuestiones naturales.
- Al realizar el análisis económico se obtuvo que todos los tratamientos son rentables, sin embargo, T3, el cual contiene el pool bacteriano Ecobiol (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Butirato de sodio presenta un mayor Beneficio/Costo de 1,54, lo que indica que es el tratamiento con mayores ganancias que el resto de tratamientos.

Recomendaciones

- Se debe optar por una producción avícola libre de antibióticos y adoptar estrategias de alimentación con aditivos como los probióticos, ácidos orgánicos o a su vez suministrar el pool bacteriano evaluado en el presente estudio para obtener un mejor desempeño productivo en aves de postura.
- Realizar un análisis histológico del intestino, para conocer el estado de la mucosa y la estructura microscópica, por ende, verificar el efecto del pool bacteriano utilizado en la salud intestinal de las gallinas ponedoras.
- Debido a la limitación en la información sobre el efecto de *Bacillus amyloliquefaciens* en gallinas ponedoras, como en asociación con Butirato de sodio, es necesario seguir investigando los efectos beneficiosos en una población más grande, a largo plazo y en las próximas fases de producción.
- Tomar en consideración la importancia del manejo adecuado de las gallinas ponedoras, donde se requiere conocimiento y paciencia para garantizar que las gallinas estén bien alojadas, alimentadas, hidratadas, protegidas contra enfermedades, sufriendo el menor estrés posible, recompensando al avicultor con un suministro constante de huevos de alta calidad.

Bibliografia

- Aalaei, M., Khatibjoo, A., Zaghari, M., Taherpour, K., Akbari Gharaei, M., & Soltani, M. (2018). Comparison of single- and multi-strain probiotics effects on broiler breeder performance, egg production, egg quality and hatchability. *British Poultry Science*, *59*(5), 531–538. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1496400>
- Afandi, R., Hartono, B., & Djunaidi, I. (2020). The Analysis of Production Costs of Laying Hen Farms Using Semi Self-Mixing and Total Self-Mixing Feeds in Blitar Regency, East Java. *Tropical Animal Science Journal*, *43*(1), 70–76. <https://doi.org/10.5398/TASJ.2020.43.1.70>
- Alltech Store. (2018). *Common Egg Shell Quality Problems and Causes*. Alltech Digital Marketing. <https://store.alltech.com/blogs/poultry/20-common-egg-shell-quality-problems-and-causes>
- Anee, I. J., Alam, S., Rowshan, A., Begum, R., Md, S., & Khandaker, A. M. (2021). The role of probiotics on animal health and nutrition. *The Journal of Basic and Applied Zoology 2021* *82:1*, *82*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S41936-021-00250-X>
- Arif, M., Akteruzzaman, M., Tuhin-Al-Ferdous, Islam, S. S., Das, B. C., Siddique, M. P., & Kabir, S. M. L. (2021). Dietary supplementation of Bacillus-based probiotics on the growth performance, gut morphology, intestinal microbiota and immune response in low biosecurity broiler chickens. *Veterinary and Animal Science*, *14*, 100216. <https://doi.org/10.1016/J.VAS.2021.100216>
- Astill, J., Dara, R. A., Fraser, E. D. G., Roberts, B., & Sharif, S. (2020). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, *170*, 105291. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2020.105291>
- Bagheri, S., Janmohammadi, H., Maleki, R., Ostadrahimi, A., & Kianfar, R. (2019). Laying hen performance, egg quality improved and yolk 5-methyltetrahydrofolate content increased by

- dietary supplementation of folic acid. *Animal Nutrition*, 5(2), 130–133.
<https://doi.org/10.1016/J.ANINU.2018.05.008>
- Bedford, A., & Gong, J. (2018). Implications of butyrate and its derivatives for gut health and animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 151–159.
<https://doi.org/10.1016/J.ANINU.2017.08.010>
- Biggins, J. D., Thompson, J. E., & Birkhead, T. R. (2018). Accurately quantifying the shape of birds' eggs. *Ecology and Evolution*, 8(19), 9728–9738. <https://doi.org/10.1002/ECE3.4412>
- Bryden, W. L., Li, X., Ruhnke B, I., Zhang, D., & Shini, S. (2021). Nutrition, feeding and laying hen welfare. *Animal Production Science*, 61(10), 893–914.
<https://doi.org/10.1071/AN20396>
- Castello, F. (2019). Crecimiento imparable de la avicultura en demanda y producción a nivel mundial. *Avicultura*. <https://avicultura.com/mercado-mundial-avicola-alcanzara-los-347-000-millones-de-dolares-en-8-anos/>
- Chang, A. (2020). The Importance of Nutrition on Egg Shell Quality in Broiler Breeders. *Ross Note*, 1–7. http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Tech_Articles/RossNote-EggShellQuality-2020-EN.pdf
- Chowdhury, S., Ray, B., Khatun, A., Redoy, M., & Afsana, A. (2020). Application of probiotics in commercial layer diets: a review. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 49(1), 1–12.
<https://doi.org/10.3329/BJAS.V49I1.49372>
- CONAVE. (2021). *Estadísticas del sector avícola*. <https://conave.org/informacion-%20sector-avicola-publico/>
- Daghir, N., Diab-EI-Harake, M., & Kharroubi, S. (2021). Poultry production and its effects on food security in the Middle Eastern and North African region. *Journal of Applied Poultry Research*, 30(1), 100110. <https://doi.org/10.1016/J.JAPR.2020.10.009>

- de la Cruz, C. (2021). Claves para obtener el tamaño de huevo deseado. *NutriNews, La Revista de Nutrición Animal*. <https://nutrinews.com/claves-para-obtener-el-tamano-de-huevo-deseado/>
- Dilawar, M. A., Mun, H. S., Rathnayake, D., Yang, E. J., Seo, Y. S., Park, H. S., & Yang, C. J. (2021). Egg Quality Parameters, Production Performance and Immunity of Laying Hens Supplemented with Plant Extracts. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/ANI11040975>
- Dittoe, D. K., Ricke, S. C., & Kiess, A. S. (2018). Organic Acids and Potential for Modifying the Avian Gastrointestinal Tract and Reducing Pathogens and Disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 216. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2018.00216>
- Ebeid, T., Al-Homidan, I., Fathi, M., Al-Jamaan, R., Mostafa, M., Abou-Emera, O., El-Razik, M. A., & Alkhalaf, A. (2021). Impact of probiotics and/or organic acids supplementation on growth performance, microbiota, antioxidative status, and immune response of broilers. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 2263–2273. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2012092>
- Elnesr, S. S., Alagawany, M., Elwan, H. A. M., Fathi, M. A., & Farag, M. R. (2020). Effect of Sodium Butyrate on Intestinal Health of Poultry-A Review. *Annals of Animal Science*, 20(1), 29–41. <https://doi.org/10.2478/AOAS-2019-0077>
- Evonik. (2018). *Estabilizando la flora intestinal con probióticos*. <https://animal-nutrition.evonik.com/es/productos-y-soluciones/functional-feed-additives/ecobiol>
- FAO. (2020). Producción y productos avícolas. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación*. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Gharib-Naseri, K., Dorigam, J. C. P., Doranalli, K., Morgan, N., Swick, R. A., Choct, M., & Wu, S. B. (2021). *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 improves performance and gut

- function in broilers fed different levels of protein and/or under necrotic enteritis challenge. *Animal Nutrition*, 7(1), 185–197. <https://doi.org/10.1016/J.ANINU.2020.05.004>
- Gong, H. Z., Lang, W. Y., Lan, H. N., Fan, Y. Y., Wang, T. P., Chu, Q. R., Wang, J. H., Li, D., Zheng, X., & Wu, M. (2020). Effects of laying breeder hens dietary β -carotene, curcumin, allicin, and sodium butyrate supplementation on the jejunal microbiota and immune response of their offspring chicks. *Poultry Science*, 99(8), 3807–3816. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.03.065>
- González, K. (2020). Alimentación de la gallina ponedora. *Actualidad Avípecuaria*. <https://actualidadavipecuaria.com/alimentacion-de-la-gallina-ponedora/>
- Google Maps. (2022). *Ubicación IASA*. https://www.google.com/maps/place/IASA/@-0.3852981,-78.4169135,387m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!16s%2Fg%2F11xpb5x_8
- Guo, J., Wang, K., Qu, L., Dou, T., Ma, M., Shen, M., & Hu, Y. (2020). Genetic evaluation of eggshell color based on additive and dominance models in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(8), 1217. <https://doi.org/10.5713/AJAS.19.0345>
- Hajati, H. (2018). Application of organic acids in poultry nutrition. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, Volume 3(Issue 4). <https://doi.org/10.15406/IJAWB.2018.03.00114>
- Han, G. P., Kim, J. M., Kang, H. K., & Kil, D. Y. (2020). Transcriptomic analysis of the liver in aged laying hens with different intensity of brown eggshell color. *Animal Bioscience*, 34(5), 811–823. <https://doi.org/10.5713/AJAS.20.0237>
- Hedman, H. D., Vasco, K. A., & Zhang, L. (2020). A Review of Antimicrobial Resistance in Poultry Farming within Low-Resource Settings. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 10(8), 1–39. <https://doi.org/10.3390/ANI10081264>

- Hisasaga, C., Griffin, S. E., & Tarrant, K. J. (2020). Survey of egg quality in commercially available table eggs. *Poultry Science*, 99(12), 7202–7206.
<https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.09.049>
- INEN. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1973:2013 Segunda revisión Huevos comerciales y ovoproductos. Requisitos Primera edición*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1973-2.pdf>
- Jacob, J. (2021). Avian digestive system – Small and backyard poultry. *Poultry Extension*.
<https://poultry.extension.org/articles/poultry-anatomy/avian-digestive-system/>
- 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: An Open Access Journal from MDPI*, 10(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ANI10101863>
- Kadykalo, S., Roberts, T., Thompson, M., Wilson, J., Lang, M., & Espeisse, O. (2018). The value of anticoccidials for sustainable global poultry production. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 51(3), 304–310. <https://doi.org/10.1016/J.IJANTIMICAG.2017.09.004>
- Kazempour, F., & Jahanian, R. (2017). Effects of different organic acids on performance, ileal microflora, and phosphorus utilization in laying hens fed diet deficient in non-phytate phosphorus. *Animal Feed Science and Technology*, 223, 110–118.
<https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2016.11.006>
- Kowalska, E., Kucharska-Gaca, J., Kuźniacka, J., Lewko, L., Gornowicz, E., Biesek, J., & Adamski, M. (2021). Egg quality depending on the diet with different sources of protein and age of the hens. *Scientific Reports*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82313-1>
- Krysiak, K., Konkol, D., & Korczyński, M. (2021). Overview of the Use of Probiotics in Poultry Production. *Animals (Basel)*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/ANI11061620>

- Lohmann. (2020). *Guía de manejo Lohmann Brown-Classic ponedoras*. https://lohmann-breeders.com/media/2021/06/LB_MG_LB-Classic_ESP.pdf
- Lopes, C., Andretta, I., Galli, G. M., Stefanello, T. B., de Oliveira, N., Camargo, T., Marchiori, M., Melchior, R., & Kipper, M. (2022). Effects of Dietary Probiotic Supplementation on Egg Quality during Storage. *Poultry*, 1(3), 180–192. <https://doi.org/10.3390/POULTRY1030016>
- Lu, M. Y., Xu, L., Qi, G. H., Zhang, H. J., Qiu, K., Wang, J., & Wu, S. G. (2021). Mechanisms associated with the depigmentation of brown eggshells: a review. *Poultry Science*, 100(8), 101273. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2021.101273>
- Macit, M., Karaoglu, M., Celebi, S., Esenbuga, N., Yoruk, M. A., & Kaya, A. (2021). Effects of supplementation of dietary humate, probiotic, and their combination on performance, egg quality, and yolk fatty acid composition of laying hens. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1). <https://doi.org/10.1007/S11250-020-02546-6>
- Maguregui, E. (2020). *El color de la yema del huevo y los pigmentantes. La importancia del color*. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-color-de-la-yema-del-huevo-y-los-pigmentantes/>
- Mazanko, M. S., Gorlov, I. F., Prazdnova, E. v., Makarenko, M. S., Usatov, A. v., Bren, A. B., Chistyakov, V. A., Tutelyan, A. v., Komarova, Z. B., Mosolova, N. I., Pilipenko, D. N., Krotova, O. E., Struk, A. N., Lin, A., & Chikindas, M. L. (2018). Bacillus Probiotic Supplementations Improve Laying Performance, Egg Quality, Hatching of Laying Hens, and Sperm Quality of Roosters. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 10(2), 367–373. <https://doi.org/10.1007/S12602-017-9369-4>
- Miao, S., Zhou, W., Li, H., Zhu, M., Dong, X., & Zou, X. (2021). Effects of coated sodium butyrate on production performance, egg quality, serum biochemistry, digestive enzyme

- activity, and intestinal health of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1452–1461. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1960209>
- Mishra, B., Sah, N., Wasti, S., Mishra, B., Sah, N., & Wasti, S. (2019). Genetic and Hormonal Regulation of Egg Formation in the Oviduct of Laying Hens. *Poultry - An Advanced Learning*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.85011>
- Molnár, A., Hamelin, C., Delezie, E., & Nys, Y. (2018). Sequential and choice feeding in laying hens: Adapting nutrient supply to requirements during the egg formation cycle. *World's Poultry Science Journal*, 74(2), 199–210. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000247>
- NABEL. (2020a). *Digital Egg Tester DET6500 able to measure the Haugh unit and yolk index*. <https://digitaleggtester.com/en/>
- NABEL. (2020b). *Digital Egg Tester DET6500 was used to select the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries' Award*. <https://nabel.com/news/2020/11/09/1507/>
- Narushin, V. G., Romanov, M. N., & Griffin, D. K. (2021). A novel Egg Quality Index as an alternative to Haugh unit score. *Journal of Food Engineering*, 289, 110176. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2020.110176>
- Oviedo, E. (2019). Revisión sobre la salud intestinal de las aves. *Animal Feed Science & Tech*, 250(4), 1–18. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2019/6/10-19-SA201906-SALUD-AVIAR-revision-salud-intestinal-de-las-aves.pdf>
- Pascual, A., Trocino, A., Birolo, M., Cardazzo, B., Bordignon, F., Ballarin, C., Carraro, L., Xiccato, G., di Agronomia, D., & naturali Ambiente, R. (2020). Dietary supplementation with sodium butyrate: growth, gut response at different ages, and meat quality of female and male broiler chickens Dietary supplementation with sodium butyrate: growth, gut response at different ages, and meat quality of female and male broiler chickens Ant on Pascual. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 1134–1145. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1824590>

- Pires, M. F., Leandro, N. S. M., Jacob, D. v., Carvalho, F. B., Oliveira, H. F., Stringhini, J. H., Pires, S. F., Mello, H. H. C., & Carvalho, D. P. (2020). Performance and egg quality of commercial laying hens fed with various levels of protected sodium butyrate. *South African Journal of Animal Science*, 50(5), 758–765. <https://doi.org/10.4314/SAJAS.V50I5.14>
- Popov, I. v., Algburi, A., Prazdnova, E. v., Mazanko, M. S., Elisashvili, V., Bren, A. B., Chistyakov, V. A., Tkacheva, E. v., Trukhachev, V. I., Donnik, I. M., Ivanov, Y. A., Rudoy, D., Ermakov, A. M., Weeks, R. M., & Chikindas, M. L. (2021). A Review of the Effects and Production of Spore-Forming Probiotics for Poultry. *Animals 2021, Vol. 11, Page 1941*, 11(7), 1941. <https://doi.org/10.3390/ANI11071941>
- Qorbanpour, M., Fahim, T., Javandel, F., Nosrati, M., Paz, E., Seidavi, A., Ragni, M., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2018). Effect of Dietary Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and Multi-Strain Probiotic on Growth and Carcass Traits, Blood Biochemistry, Immune Responses and Intestinal Microflora in Broiler Chickens. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/ANI8070117>
- Ramlucken, U., Ramchuran, S. O., Moonsamy, G., Laloo, R., Thantsha, M. S., & Jansen van Rensburg, C. (2020). A novel *Bacillus* based multi-strain probiotic improves growth performance and intestinal properties of *Clostridium perfringens* challenged broilers. *Poultry Science*, 99(1), 331–341. <https://doi.org/10.3382/PS/PEZ496>
- Reuben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Alam, R. U., & Jahid, I. K. (2019). Isolation, characterization, and assessment of lactic acid bacteria toward their selection as poultry probiotics. *BMC Microbiology*, 19(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S12866-019-1626-0/TABLES/9>
- Ricke, S. C., Lee, S. I., Kim, S. A., Park, S. H., & Shi, Z. (2020). Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome. *Poultry Science*, 99(2), 670–677. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2019.12.018>

- Rutten, P. (2018). Important parameters for managing good internal egg quality. *International Poultry Production*, 26(6). http://www.positiveaction.info/pdfs/articles/pp26_6p7.pdf
- Sánchez, I., Posadas, E., Sánchez, E., Fuente, B., Hernández, J., Laparra, J., & Ávila, E. (2009). Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales. *Veterinaria México*, 40(4), 397–403. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922009000400006
- Scanes, C. G. (2020). Avian Physiology: Are Birds Simply Feathered Mammals? *Frontiers in Physiology*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2020.542466/XML/NLM>
- Shang, Y., Kumar, S., Oakley, B., & Kim, W. K. (2018). Chicken gut microbiota: Importance and detection technology. *Frontiers in Veterinary Science*, 5(OCT), 254. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2018.00254/BIBTEX>
- Sjofjan, O., Adli, D. N., Sholikin, M. M., Jayanegara, A., & Irawan, A. (2021). The effects of probiotics on the performance, egg quality and blood parameters of laying hens: A meta-analysis. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 30, 11–18. <https://doi.org/10.22358/jafs/133432/2021>
- Sun, C., Liu, J., Yang, N., & Xu, G. (2019). Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon. *Poultry Science*, 98(10), 4516–4521. <https://doi.org/10.3382/PS/PEZ259>
- Tamiru, H., Duguma, M., Furgasa, W., & Yimer, L. (2019). Review on Chicken Egg Quality Determination, Grading And Affecting Factors. *Asian Journal of Medical Science Research & Review*. https://www.researchgate.net/publication/330597988_REVIEW_ON_CHICKEN_EGG_QUALITY_DETERMINATION_GRADING_AND_AFFECTING_FACTORS

- Tang, R. Y., Wu, Z. L., Wang, G. Z., & Liu, W. C. (2018). The effect of *Bacillus amyloliquefaciens* on productive performance of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 436–441. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1394169>
- Tarradas, J., Tous, N., Esteve-garcia, E., & Brufau, J. (2020). The Control of Intestinal Inflammation: A Major Objective in the Research of Probiotic Strains as Alternatives to Antibiotic Growth Promoters in Poultry. *Microorganisms*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS8020148>
- Valls, J. (2020). Valoración de la Integridad Intestinal en aves. *NutriNews, La Revista de Nutrición Animal*, 1–17. <https://nutrinews.com/valoracion-de-la-integridad-intestinal-en-aves/>
- Vasileva, A. v., Gorbunova, E. v., Vasilev, A. S., Peretyagin, V. S., Chertov, A. N., & Korotaev, V. v. (2018). Assessing exterior egg quality indicators using machine vision. *British Poultry Science*, 59(6), 636–645. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1523535>
- Wang, B., Zhou, Y., Tang, L., Zeng, Z., Gong, L., Wu, Y., & Li, W. F. (2021). Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* Instead of Antibiotics on Growth Performance, Intestinal Health, and Intestinal Microbiota of Broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 499. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2021.679368/XML/NLM>
- Xiao, S. S., Mi, J. D., Mei, L., Liang, J., Feng, K. X., Wu, Y. B., Liao, X. di, & Wang, Y. (2021). Microbial Diversity and Community Variation in the Intestines of Layer Chickens. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 11(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ANI11030840>
- Yin, Z. T., Lian, L., Zhu, F., Zhang, Z. H., Hincke, M., Yang, N., & Hou, Z. C. (2020). The transcriptome landscapes of ovary and three oviduct segments during chicken (*Gallus gallus*) egg formation. *Genomics*, 112(1), 243–251. <https://doi.org/10.1016/J.YGENO.2019.02.003>

- Zhang, J., Wang, Y., Zhang, C., Xiong, M., Rajput, S. A., Liu, Y., & Qi, D. (2019). The differences of gonadal hormones and uterine transcriptome during shell calcification of hens laying hard or weak-shelled eggs. *BMC Genomics*, *20*(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1186/S12864-019-6017-2/FIGURES/4>
- Zhang, Q., Zhang, K., Wang, J., Bai, S., Zeng, Q., Peng, H., Zhang, B., Xuan, Y., & Ding, X. (2022). Effects of coated sodium butyrate on performance, egg quality, nutrient digestibility, and intestinal health of laying hens. *Poultry Science*, *101*(9), 102020.
<https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2022.102020>
- Zhou, Y., Li, S., Pang, Q., & Miao, Z. (2020). *Bacillus amyloliquefaciens* BLCC1-0238 Can Effectively Improve Laying Performance and Egg Quality Via Enhancing Immunity and Regulating Reproductive Hormones of Laying Hens. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *12*(1), 246–252. <https://doi.org/10.1007/S12602-019-9524-1>