

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“Efecto de un producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales (cinamaldehído, carvacrol y timol) y ácidos orgánicos (butirato cálcico y ácido fumárico) microencapsulados sobre los parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas de postura en segunda fase de producción”

Tesis para optar el Título Profesional de:

Médico Veterinario Zootecnista

Melany Yordana Fernández Lovón

Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Lima – Perú

2020

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effects of the inclusion of a commercial product based on microencapsulated essential oil (EA) and organic acid (OA) compounds as an alternative to an antibiotic additive which improves productive performance (Bacitracin Zinc) in commercial laying hens for a period of 6 weeks on the productive parameters and egg quality. It was used 1008 hens (Hisex Brown) of 54 weeks of age, distributed in three treatments with six repetitions and 56 birds per repetition, to which one of the following experimental diets (treatments) was given: T1, basal diet + 500 mg / kg zinc bacitracin; T2, basal diet + 250 mg / kg (AE + OA); T3, basal diet + 500 mg / kg (AE + OC). The following measurements were made: percentage of total and second egg production, egg weight and mass, feed consumption and feed conversion index, weight gain and mortality as productive parameters; shell and yolk color as well as shell weight as measures of egg quality. The one-way analysis of variance (ANOVA) was performed for the parametric observations and the Kruskal Wallis analysis for the non-parametric data, the difference between means was determined by means of the Tukey test with a confidence level of 95 % ($p < 0.05$). No statistical difference was found for the % of total egg production, % of second-rate egg production, egg mass, feed consumption, feed conversion index and weight gain. However, when evaluating the egg weight, a statistical difference was observed ($p < 0.014$), where T3 (65.07 g) was higher compared to the other treatments T2 (64.64 g) and T1 (63.62). Regarding the data obtained from the evaluation of egg quality, a statistical difference ($p < 0.003$) was found for the yolk color, where treatments T3 (7.97) and T2 (7.94) were better than T1 (7.03). It is concluded that the results obtained from the evaluation of the commercial product based on compounds of essential oils and microencapsulated organic acids are similar to those obtained with APC, with the exception of egg weight and yolk color, where it showed positive results.

Keywords: organic acids, essential oils, laying hens, egg production, egg quality.

RESUMEN

El estudio tuvo por objetivo evaluar los efectos de la inclusión en el alimento de un producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales (AE) y ácidos orgánicos (AO) microencapsulados como alternativa a un aditivo antibiótico mejorador del desempeño productivo (Zinc de bacitracina) en gallinas de postura comercial por un periodo de 6 semanas sobre los parámetros productivos y calidad de huevo. Se emplearon 1008 gallinas (Hisex Brown) de 54 semanas de edad, distribuidas en tres tratamientos con seis repeticiones cada una y 56 aves por repetición, a las cuales se les suministró una de las siguientes dietas experimentales (tratamientos): T1, dieta basal + 500 mg/kg de zinc bacitracina; T2, dieta basal + 250 mg/kg (AE+AO); T3, dieta basal + 500 mg/kg (AE+AO). Se realizaron las siguientes mediciones: porcentaje de producción total de huevos y de segunda, peso y masa de huevo, consumo de alimento e índice de conversión de alimento, ganancia de peso y mortalidad como parámetros productivos; color de cáscara y yema así como peso de cáscara como medidas de calidad de huevo. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía a las observaciones paramétricas y el análisis de Kruskal Wallis para los datos no paramétricos, la diferencia entre medias se determinó por medio de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$). No se encontró diferencia estadística para el % de producción total de huevos, % de producción de huevos de segunda, masa de huevo, consumo de alimento, índice de conversión de alimento y ganancia de peso. Sin embargo, al evaluar el peso de huevo se observó diferencia estadística ($p < 0.014$) donde T3 (65.07 g) fue superior en comparación a los otros tratamientos T2 (64.64 g) y T1 (63.62). Respecto a los datos obtenidos a la evaluación de calidad de huevo, se encontró diferencia estadística ($p < 0.003$) para el color de yema, donde los tratamientos T3 (7.97) y T2 (7.94) fueron mejores que el T1 (7.03). Se concluye que los resultados obtenidos a la evaluación del producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales y ácidos orgánicos microencapsulado son similares a los obtenidos con el APC, con la excepción del peso del huevo y coloración de yema, donde mostró resultados positivos.

Palabras clave: Ácidos orgánicos, aceites esenciales, gallinas de postura, producción de huevos, calidad de huevo.

INTRODUCCIÓN

El huevo de gallina presenta una proteína con alto valor biológico (100) y fácil digestión, el cual se debe al contenido de sus aminoácidos (Englert, 1998). El perfil y balance de los aminoácidos es tan bueno, que los nutricionistas e investigadores la utilizan como patrón al comparar con otras fuentes proteicas (Araneda, 2006). Además, es una fuente de proteína animal de bajo costo y fácil conservación o almacenamiento. A pesar de ser un alimento importante en nutrición humana, este debe cumplir ciertos requisitos o características tanto externas como internas para ser aceptado por el consumidor, por ejemplo, la cáscara no debe presentar alteraciones en su apariencia (deformidades, quiebres, color, restos de heces, etc), así como el contenido interno, el cual no debe presentar residuos de productos químicos que puedan alterar su sabor o causar daño al consumidor final (Tsuyoshi, 2002; Mendes, 2010).

En 1951, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos (EEUU) aprobó el uso de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en el alimento para animales sin necesidad de prescripción médica (Jones y Ricke, 2003). Desde ese entonces, estos APC fueron usados sin causar preocupaciones. Pero en 1960, el Servicio de Laboratorio de Salud Pública de Gran Bretaña, presentó datos que demostraban el aumento de resistencia antimicrobiana en el sector agrícola, y propuso la hipótesis de que las bacterias podrían transferir la resistencia antimicrobiana mediante el intercambio de pequeños fragmentos de ADN extracromosómico, llamados plásmidos. Este modo "infeccioso" de proliferación también podía ocurrir entre diferentes especies de bacterias (transferencia horizontal de resistencia) y ser capaz de conferir resistencia contra múltiples antibióticos a la vez, conllevando a la disminución de la eficacia terapéutica y creando poblaciones de microorganismos resistentes (Mehdi *et al.*, 2018; Kirchhelle, 2018). El uso excesivo e inadecuado de los antimicrobianos han generado los problemas de salud pública más importantes a nivel mundial, ocupando un espacio en la agenda política de países y organizaciones internacionales (Gatica y Rojas, 2018).

A pesar de lo antes mencionado, la actividad avícola aún sigue usando APC como tetraciclinas, bacitracina, tilosina, virginiamicina, entre otros, con la finalidad de promover el crecimiento y prevenir enfermedades infecciosas. Siendo la bacitracina uno de los APC que más se usa en la producción de pollos de engorde y gallinas de postura (Diarra y Malouin, 2014; Mehdi *et al.*, 2018). La bacitracina es un antibiótico producido por cepas de *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*, se usa tanto como promotor del crecimiento como en algunas preparaciones tópicas en medicina humana y veterinaria (Capitán-Valley *et al.*, 2010). Es activa principalmente contra bacterias gram-positivas debido a que actúa inhibiendo la síntesis de la pared celular bacteriana (Butaye *et al.*, 2003; Quispe, 2014). Según Donoso *et al.* (1970), la bacitracina administrada vía oral podría ser degradada en el tracto gastrointestinal o ser metabolizada a una velocidad

insignificante, y que solo una pequeña cantidad es absorbida a nivel intestinal, mientras que la mayor parte de la dosis administrada se elimina en las heces.

El uso de los APC esta cambiando de forma lenta por una creciente preocupación por los residuos de antibióticos en el alimento y la resistencia bacteriana (Kirchhelle, 2018). Desde 1960 se vienen planteando programas de control de residuos de antibióticos, y se han tomado decisiones importantes como la del 2006, donde se prohíbe el uso de APC por la Unión Europea (UE). Esta erradicación se viene trabajando en otros países como: Japón, India, EE.UU y Brasil, este último prohíbe el uso de tilosina, tiamulina y lincomicina como APCs a partir del año 2020 (Cardinal *et al.*, 2020). Perú no es ajeno a estas nuevas políticas, por ello, el 2016 se presentó la Resolución Ministerial N° 372-2016-MINSA, “Norma Sanitaria que establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios en alimentos de consumo humano”. Posteriormente, la Resolución Directoral 0072-2013-MINAGRI-SENASA-DIAIA prohíbe la importación y comercialización de los principios activos cloranfenicol, nitrofuranos olaquinox y nitroimidazoles. Finalmente, la Resolución Directoral 0091-2019-MINAGRI-SENASA-DIAIA prohíbe la importación, comercialización, fabricación o elaboración de productos veterinarios que contengan el principio activo colistina (polimixina E) o cualquiera de sus sales (SENASA, 2020).

El retiro absoluto de los APC, va a generar una reacción en cadena, y es que el impacto negativo sobre la salud intestinal va a conllevar a la disminución del desempeño productivo así como aumento en la mortalidad, causando una elevación en los costos de producción, reflejándose en un aumento en el precio del producto final (De Freitas, 2012). Para reducir el impacto negativo de la prohibición de los APC, es necesario adoptar nuevas estrategias de manejo, nutrición y sanidad (incluyendo los programas de bioseguridad) (Cardinal *et al.*, 2020).

Desde la década de los 90, la industria avícola apoyado en los centros de investigación gubernamentales y universidades en todo el mundo, viene buscando nuevas alternativas que puedan desplazar a las APC, es así que aditivos a base de ácidos orgánicos, aceites esenciales, prebióticos, probióticos, entre otros, vienen demostrando efectos favorables sobre la salud del tractogastrointestinal (Leeson y Summers, 2008). Por ejemplo, los ácidos orgánicos de cadena corta presentan actividad antimicrobiana y están ampliamente distribuidos en la naturaleza como constituyentes normales de plantas o tejidos animales (Papatsiros *et al.*, 2012). Estos pueden eliminar microorganismos patógenos sin afectar la microbiota intestinal, su modo de acción se basa en crear un medio ácido u hostil para el desarrollo de las bacterias o en alterar la síntesis del ADN, inhibiendo de esta manera la proliferación bacteriana (Fernández-Rubio *et al.*, 2009). Además, pueden ser de disociación rápida o sin protección, lo cuales actúan sobre los patógenos a nivel del sistema digestivo superior (buche, proventrículo y molleja), mientras que

los protegidos presentan una liberación gradual a nivel de todo el tracto gastrointestinal, llegando a la región distal del intestino (Polycarpo *et al.*, 2017). Los ácidos orgánicos como el fórmico, fumárico, sórbico y butírico han sido utilizados con efectos favorables en la alimentación de pollos de engorde y gallinas de postura (Soltan, 2008; Gonzáles *et al.*, 2013).

El ácido butírico o butirato es un importante metabolito energético para los colonocitos (Bedford *et al.*, 2018). Normalmente se produce por fermentación de la fibra a nivel del intestino grueso, y ejerce sus efectos localmente porque es rápidamente utilizado a ese nivel, y es por ello que no se esperan efectos beneficios en el intestino delgado (Van Den Borne *et al.*, 2015). Además, el butirato favorece el desarrollo adecuado del tejido linfoide asociado al intestino (GALT) y se considera un importante modulador del crecimiento de la microbiota intestinal (Sobczak y Kozłowski, 2016). Este aditivo puede ser usado para el control de bacterias patógenas, como *Salmonella enteritidis* en pollos de carne (Fernández-Rubio *et al.*, 2009). El ácido fumárico es un ácido dicarboxílico, presente de forma natural en todos los organismos, ya que desempeña un papel importante en el ciclo de Krebs y en el ciclo de la urea (Jaramillo, 2012; Ding *et al.*, 2020). Por ello, puede ser empleado como fuente de energía por los enterocitos, permitiendo de esta forma el aumento y la capacidad de absorción a nivel del intestino delgado (Skinner *et al.*, 1991; Correa, 2008).

Los aceites esenciales son extraídos de vegetales como semillas, flores, hojas, frutas, raíces, etc (Brenes y Roura, 2010). Proporcionan acción antimicrobiana de amplio espectro contra bacterias, hongos y levaduras, al sensibilizar las paredes celulares y causar un colapso de esta, generando la fuga del contenido intracelular y finalmente la muerte celular (Ultee *et al.*, 2002). El carvacrol es un fenol monoterpenoide que se encuentra predominantemente en el orégano (*Origanum vulgare*), pero también en otras plantas medicinales como el tomillo, comino negro, etc (Abo Ghanima *et al.*, 2020). En su estado no disociado se difunde a través de la membrana celular y se disocia liberando su protón al citoplasma, luego regresa sin disociarse a través de la membrana al ambiente externo llevando un ion de potasio. Fuera de la célula, el carvacrol reemplaza el potasio con protones y vuelve a entrar en la célula de la misma manera, esto genera un agotamiento del ATP intracelular y reduce el potencial eléctrico transmembrana, aumentando su permeabilidad (Baser, 2008).

El timol es un derivado natural monoterpenoide que se encuentra en el tomillo común (*Thymus vulgaris*) y otros tipos de plantas, tiene una considerable actividad antimicrobiana y antifúngica (Abdel-Wareth, 2015). Además, posee características lipofílicas discretas y una solubilidad en agua, lo cual, le permite migrar a través del medio extracelular acuoso, interactuar y dañar las membranas lipídicas (Cristiani, 2007).

El cinamaldehído es un importante compuesto fenilpropanoide bioactivo, el cual puede ser aislado de diferentes partes de la planta de canela (*Cinamomum verum*) (Friedman, 2017). Di Pasqua *et al.*, (2007), encontraron que el cinamaldehído no genera el colapso de la membrana celular, pero sí un cambio profundo en la composición de los ácidos grasos de la membrana.

Finalmente, se puede concluir que estamos próximos al retiro de los APC en la actividad pecuaria en nuestro país y por ello, nos vemos en la obligación de buscar alternativas comerciales de origen natural. Por lo antes mencionado, se planteó el presente estudio con el objetivo de estudiar el efecto de un producto comercial a base compuestos de aceites esenciales y ácidos orgánicos microencapsulados en los parámetros productivos y la calidad del huevo en gallinas de postura en segunda fase de producción (54 a 59 semanas).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y duración del estudio

El presente trabajo de investigación fue realizado en una granja de postura comercial, ubicada en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima. Tuvo una duración de seis semanas y se llevó a cabo entre los meses de enero a marzo del 2019. La evaluación de la calidad de huevo se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FAVEZ) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH).

Diseño del estudio

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado o al azar (DCA) con tres tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. Cada repetición estuvo conformada por 56 gallinas (336 gallinas por tratamiento). Las repeticiones así como los tratamientos fueron elegidos al azar y el manejo fue similar para todas las aves.

Animales experimentales, alojamiento y ambiente de crianza

Se emplearon 1008 gallinas (*Gallus gallus domesticus*) de la línea genética “Hisex Brown”, con una edad de 54 semanas y aparentemente sanas al iniciar el estudio. La crianza de las aves se realizó en un galpón convencional con ventilación natural. Las aves fueron alojadas en jaulas de alambre galvanizado, con una densidad de 7 aves por jaula (400 cm² por ave).

Las jaulas estuvieron equipadas con un comedero de tipo canaleta lineal y bebederos tipo niple. Se colocó un termómetro digital en el medio del galpón, se registraron las temperaturas máximas y mínimas tres veces al día, a partir de las 7:00 horas, con intervalos de 5 horas cada una (mañana, mediodía y tarde).

La temperatura ambiental estuvo en un rango entre 21 - 27°C en el interior del galpón, la ventilación se manejó por medio de cortinas laterales y se tuvo 12 horas de luz natural (6:00 a 18:00 horas).

Programa de alimentación

Las aves fueron alimentadas dos veces al día (7:00 y 15:00 horas), considerando un consumo promedio de 120 g/ave/día, 6% más a las recomendaciones de la guía de manejo. La

presentación del alimento fue en harina y el agua de bebida se encontraba limpia, fresca, clorada (cloro = 2 ppm), y administrada de forma ad libitum.

Se utilizó como dieta basal al alimento empleado en la granja para gallinas en segunda fase de producción (40 a 60 semanas), el cual fue a base de maíz amarillo, torta de soya, subproducto de trigo, aceite acidulado de soya, bacitracina de zinc como APC, entre otros aditivos (Cuadro 1). El alimento control presentó valores estimados de 2780 Kcal de energía metabolizable aparente (EMa), 14.8% de proteína cruda, 4.0% de calcio y 0.38% de fósforo no fítico, como se puede apreciar en el Cuadro 2.

Producto a evaluar

El producto comercial a evaluar fue un aditivo mejorador del desempeño productivo de origen natural a base de cinamaldehído, carvacrol, timol, butirato cálcico y ácido fumárico, el cual se encuentra recubierto por una capa de lípido para favorecer su paso a través del tracto digestivo superior y su liberación a nivel intestinal. De esta forma los principios activos antes mencionados se liberan al llegar al intestino para ejercer su efecto bactericida/bacteriostático y consecuente control de la microbiota intestinal.

Tratamientos experimentales

Las dietas experimentales o tratamientos fueron los siguientes (Cuadro 1):

- Tratamiento 1 (T1): Grupo control, dieta basal que emplea la empresa, el cual incluye al APC bacitracina de zinc a razón de 500 mg por kilogramo de alimento, sin adición del producto a base de aceites esenciales y ácidos orgánicos.
- Tratamiento 2 (T2): Dieta basal con la adición del producto a base de aceites esenciales y ácidos orgánicos a razón de 250 mg del producto comercial por kilogramo de alimento. Sin adición del APC.
- Tratamiento 3 (T3): Dieta basal con la adición del producto a base de aceites esenciales y ácidos orgánicos a razón de 500 mg de producto comercial por kilogramo de alimento. Sin adición del APC.

Cuadro 1. Composición porcentual de las dietas experimentales

Ingrediente (%)	T1	T2	T3
Maíz amarillo	59.330	59.350	59.330
Torta de soya	20.800	20.800	20.800
Subproducto de trigo	5.000	5.000	5.000
Carbonato de calcio grueso	8.000	8.000	8.000
Carbonato de calcio polvo	2.600	2.600	2.600
Aceite acidulado de soya	2.500	2.5000	2.500
Fosfato bicálcico	1.000	1.000	1.000
Sal industrial	0.210	0.210	0.210
Bicarbonato de sodio	0.060	0.060	0.060
DL – Metionina 99%	0.150	0.150	0.150
Secuestrantes de Micotoxinas	0.100	0.100	0.100
Premezcla vitamínico mineral	0.120	0.120	0.120
Cloruro de colina al 60%	0.080	0.080	0.080
Bacitracina de zinc al 10%	0.050	0.000	0.000
Fitasa 300 FTU	0.006	0.006	0.006
Ácidos orgánicos y aceites esenciales	0.000	0.025	0.050

T1, dieta basal con bacitracina de zinc al 10% (500 mg/Kg); T2, dieta basal + 250 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales; T3, dieta basal + 500 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales.

Cuadro 2. Valor nutricional estimado de las dietas experimentales

Energía Metabolizable aparente, EMa (Kcal)	2750.00	2750.00	2750.00
Proteína Cruda, (%)	14.80	14.80	14.80
Lisina digestible (%)	0.90	0.90	0.90
Metionina digestible (%)	0.48	0.48	0.48
Treonina digestible (%)	0.55	0.55	0.55
Fósforo disponible (%)	0.38	0.38	0.38
Cálcio (%)	4.00	4.00	4.00
Sodio (%)	0.20	0.20	0.20

Parámetros evaluados

Parámetros productivo:

Producción de huevos total (%)

Primero se determinó el porcentaje de producción diaria por repetición, para ello, se recolectó el total de huevos producidos en el día (huevos comerciales y de segunda), y se dividió entre el número de aves por cada repetición, el resultado obtenido fue multiplicado por 100. Para obtener el porcentaje de producción total de huevos, se realizó la sumatoria del porcentaje de producción diaria de huevo y este valor se dividió entre 42 (días de estudio).

$$\text{Producción de huevos diario (PHD) (\%)} = \frac{\text{Total de huevos recolectados en el día} \times 100}{\text{Número de aves}}$$

$$\text{Producción de huevos totales (PHT) (\%)} = \frac{\text{Sumatoria de la PHD (\%)}}{42}$$

Consumo de alimento total

Según la guía de manejo de la línea genéticas, el consumo diario de alimento es de 113 g/ave/día. Pero por razones del estudio y para poder determinar el consumo real de alimento, se adicionó un 6% más a lo recomendado por la línea genética (120 g/ave/día) por siete días. Al final de la semana, se recolectó el alimento sobrante y esta cantidad se le restó al total de alimento ofrecido y se dividió entre el número de aves en dicha semana, obteniendo el valor del consumo de alimento por ave/día. Posterior a ello, se realizó la sumatoria del consumo semanal de alimento y se dividió entre seis (total de semanas del estudio) para obtener el consumo de alimento promedio total.

$$\text{Consumo de alimento semanal (g)} = \frac{\text{Alimento ofrecido (g)} - \text{Alimento sobrante (g)}}{\text{Número de aves}}$$

Peso de huevo

Del total de huevos recolectados en el día, se tomó y pesó una muestra de 30 huevos por cada repetición, el resultado se dividió entre 30 para obtener el peso promedio de huevo (g).

Luego se sumó el peso promedio de huevo diario obtenido en toda la semana y se dividió entre siete.

$$\text{Peso de huevo diario (g)} = \frac{\text{Peso total de la bandeja con 30 huevos} - \text{tara (peso de bandeja)}}{30}$$

$$\text{Peso de huevo semanal (g)} = \frac{\text{Sumatoria del peso diario de toda la semana}}{7}$$

Masa de huevo

Se obtuvo la masa de huevo al multiplicar el porcentaje de producción semanal con el peso de huevo semanal, el resultado dividido entre 100.

$$\text{Masa de huevo (g)} = \frac{\text{Peso del huevo (g)} \times \text{Producción de huevos (\%)}}{100}$$

Índice de conversión de alimento

La conversión alimenticia se obtuvo de forma semanal, para ello se dividió entre el consumo de alimento (g/a/d) entre la masa de huevos(g).

$$\text{Índice de conversión de alimento} = \frac{\text{Consumo de alimento (g/a/d)}}{\text{Masa de huevo (g)}}$$

Mortalidad acumulada (%)

Se reportó el número total de aves muertas por repetición, estas fueron expresadas en porcentaje en relación con la cantidad de aves al iniciar el estudio (56), para su comparación final entre tratamiento.

$$\text{Mortalidad acumulada (\%)} = \frac{\text{Total de aves muertas}}{56} \times 100$$

Ganancia de peso total

Tomando el criterio de diferencias de media con un nivel de confianza del 99% y una potencia del 90% se seleccionó y pesó una muestra de 28 aves (cuatro jaulas) por repetición al iniciar el estudio y las mismas aves al finalizar el estudio. La diferencia entre el peso final con el peso inicial nos dio la ganancia de peso total.

$$\text{Ganancia de peso total (g)} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial(g)}$$

Calidad del huevo:

Los análisis de calidad externa e interna del huevo fueron realizados al final del estudio. Se tomó una muestra de 30 huevos por repetición (24 huevos por tratamiento), el cual se calculó utilizando el criterio de diferencia de medias, con un nivel de confianza del 99% y una potencia del 90%.

Peso del huevo

Se utilizó una balanza digital con capacidad de medición de 500g con 0.01 g de precisión, los pesos se obtuvieron de forma individual y se obtuvo el peso promedio de los 30 huevos evaluados.

Color de la cáscara

Se determinó con la ayuda de un abanico colorimétrico de la empresa Zinpro®, el cual tiene una escala del 1 al 9, donde se puede observar diferentes tonalidades de blanco a marrón. Se buscó el color del abanico que más se asemeje al color de la cáscara.

Color de la yema

El color se determinó con un abanico colorimétrico de la empresa DSM®, el cual tiene una escala del 1 al 15, donde cada tonalidad de color representa un número, los colores van desde el blanco hasta anaranjado. Se buscó el color del abanico que más se asemeje al color de la yema.

Peso de la cáscara

Se rompieron los huevos para poder obtener la cáscara, se dejó secar por un periodo de 2 horas y luego por medio de una balanza digital con capacidad de medición de 500g y 0.01 g de precisión se procedió al pesaje de forma individual.

Análisis estadístico

Se empleo un diseño completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos y 6 repeticiones por tratamiento. Los datos obtenidos fueron analizados por medio del software estadístico Minitab 17®. Para el caso de las mediciones paramétricas se evaluó primero la normalidad y homogeneidad de varianza, luego de cumplir los supuestos, se determinó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía. En el caso de las mediciones no paramétricas se empleó el análisis de Kruskal Wallis. La diferencia entre medias se determinó por la prueba de Tukey considerando un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$).

RESULTADOS

El Cuadro 3 muestra el efecto del producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales y ácidos orgánicos microencapsulado sobre los parámetros productivos en gallinas de postura en segunda fase de producción. No se encontró diferencia estadística para las variables de % de producción de huevos, % de producción de huevos de segunda, masa de huevo, consumo de alimento, índice de conversión de alimento y ganancia de peso. Sin embargo, se encontró diferencia estadística ($p<0.014$) para la variable peso de huevo.

Cuadro 3. Parámetros productivos de gallinas de postura comercial en segunda fase de producción (54 – 59 semanas de edad), alimentadas con diferentes niveles de un producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales (cinamaldehído, carvacrol y timol) y ácidos orgánicos (butirato cálcico y ácido fumárico) microencapsulados.

	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Producción total de huevos, % ¹	82.71	83.57	83.14
Producción de huevos de segunda, %	10.44	9.03	9.36
Peso de huevo, g	63.62 ^b	64.64 ^{ab}	65.07 ^a
Masa de huevo, g	52.63	54.03	54.12
Consumo de alimento ave/día, g	114.33	112.56	114.66
Índice de conversión de alimento, g/g	2.177	2.085	2.122
Ganancia de peso, g	-17.00	-1.00	7.00
Mortalidad acumulada, %	0.00	0.18	0.18

T1, dieta basal con bacitracina de zinc al 10% (500 mg/Kg); T2, dieta basal + 250 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales; T3, dieta basal + 500 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales.

¹ Los valores son promedios de 6 repeticiones de 56 aves cada una (336 aves por tratamiento)

^{a,b} Letras diferentes simbolizan diferencia significativa ($p<0.05$)

Por otro lado, los datos obtenidos a la evaluación de la calidad de huevo (externa e interna) se muestran en el Cuadro 4. No se encontró inferencia estadística para las variables peso de huevo, peso y color de cáscara, pero sí para la variable color de yema ($p < 0.003$).

Cuadro 4. Parámetros de calidad interna y externa de los huevos productivos de gallinas de postura comercial en segunda fase de producción alimentadas con diferentes niveles de adición de un producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales (cinamaldehído, carvacrol y timol) y ácidos orgánicos (butirato cálcico y ácido fumárico) microencapsulados.

	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Peso de Huevo, g ¹	63.16	63.92	63.98
Color de cáscara	6.30	6.22	6.22
Color de yema	7.03 ^b	7.94 ^a	7.97 ^a
Peso de cáscara, g	8.60	8.88	8.65

T1, dieta basal con bacitracina de zinc al 10% (500 mg/Kg); T2, dieta basal + 250 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales; T3, dieta basal + 500 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales.

¹ Los valores son promedios de 6 repeticiones de 56 aves cada una (336 aves por tratamiento)

^{a,b} Letras diferentes simbolizan diferencia significativa ($p < 0.05$)

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de un producto comercial a base de compuestos de aceites esenciales (cinamaldehído, carvacrol y timol) y ácidos orgánicos (butirato cálcico y ácido fumárico) microencapsulados a razón de 250 y 500 mg por kilogramo de alimento sobre los parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas de postura en segunda fase de producción por un periodo de seis semanas.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Ding *et al.* (2017), quienes evaluaron el efecto de un producto comercial a base de aceites esenciales (cinamaldehído y timol) a diferentes dosis (50, 100 y 150 mg por Kg de alimento) en gallinas de segunda fase de producción (54 semanas) por un periodo de 12 semanas. El porcentaje de producción de huevos, consumo de alimento y conversión alimenticia no se vieron afectados por la adición del producto comercial en estudio. Asimismo, Bölükbaşı *et al.* (2008), no observaron efecto positivo sobre la producción de huevos, pero sí un aumento en el peso del huevo cuando las dietas se suplementaron a razón de 200 mg/Kg de un producto a base de aceites esenciales de tomillo, salvia y romero (contienen timol como componente principal) durante un período de 12 semanas en gallinas al inicio de producción (24 semanas de edad). Por otro lado, Kazempour y Jahanian (2017), indican que la suplementación con ácidos orgánicos (ácido cítrico y butírico) a una dosis de 500 mg por Kg de alimento en gallinas de 34 semanas de edad, aumenta la producción y masa de huevo. Rahman *et al.* (2008), mencionan que el efecto de la adición de una mezcla de ácidos orgánicos (ácido fumárico, butírico, propiónico y láctico) en la dieta de gallinas de postura de 67 semanas de edad (260, 520 y 780 mg/Kg), mejora la producción de huevo y la conversión alimenticia. Lee *et al.* (2015), evaluaron los efectos de un producto microencapsulado compuesto por una mezcla de ácidos orgánicos a base de ácido fumárico, ácido cítrico, ácido málico con ácidos grasos de cadena media (500, 1000 y 2000 mg/Kg de alimento) en gallinas de 25 semanas de edad durante 10 semanas sobre la producción de huevos, la fuerza del huevo a la ruptura, la concentración de calcio en el cascarón así como el nivel de *Lactobacillus* en las heces, obteniendo efectos positivos en todas las dosis estudiadas.

Esta variabilidad de los resultados podría estar relacionados con la edad de las aves, y es que, tal como menciona French y Tullet (1991) citado por Silva (2019), afirman que las gallinas más viejas sufren una disminución fisiológica en la actividad del sistema reproductor, factor responsable en la reducción de la tasa de postura y calidad del cascarón. Generando que los intervalos entre ovulaciones sea mayor (Suarez *et al.*, 1997). Además, a mayor edad, las aves producen huevos más grandes y pesados, comparados con las aves de inicio de postura (García *et al.* 2010). Otro punto importante es el tipo y las cantidades de aceite esencial y/o ácido orgánico que son incluidas en el alimento. Tal como mencionan Bozkurt *et al.* (2014) las

gallinas ponedoras adultas tienen un sistema digestivo más desarrollado y equilibrado, una inmunidad mejorada y una mayor resistencia a los trastornos intestinales en comparación con las aves más jóvenes, por lo cual, la microbiota intestinal adulta es relativamente estable y difícil de cambiar mediante la administración oral de cualquier componente que mejore el rendimiento.

La ganancia de peso no es un criterio de rendimiento productivo comunmente evaluado en las gallinas de postura, ya que las gallinas son seleccionadas según su porcentaje de producción, eficiencia de conversión alimenticia y masa de huevo (Bozkurt *et al.*, 2014). En el presente estudio no se observó diferencia significativa para la variable ganancia de peso, pero cabe señalar que las gallinas alimentas con 500 mg/kg del producto comercial presentaron una ganancia de 7 g en comparación con el tratamiento control que presentó una reducción de 17 g durante las seis semanas de evaluación. Lo cual difiere de lo encontrado por Rahman *et al.* (2008) quienes reportaron que el efecto de la adición de una mezcla de ácidos orgánicos en la dieta de gallinas de postura de 67 conllevó a la pérdida de peso en todos los tratamientos que contenían ácidos orgánicos. De igual forma, Çabuk *et al.* (2006), observaron que el peso vivo inicial de gallinas con una edad de 54 semanas eran similares, sin embargo, a las 64 semanas la pérdida de peso se hizo resaltante entre los tratamientos (sin mostrar diferencia estadística), finalmente a las 74 semanas, las gallinas suplementadas con la mezcla de aceites esenciales (240 mg/Kg) presentaron pesos corporales más altos que las gallinas del grupo control, a pesar de la pérdida de peso entre los tratamientos evaluados. Así mismo, Özek *et al.* (2011) probaron el efecto de la suplementación de una dieta con aceites esenciales, ácidos orgánicos y la mezcla de ambos, en gallinas de 52 semanas, no observaron efecto positivo sobre la ganancia de peso en ninguno de los tratamientos evaluados. En contraste, Radwan *et al.* (2008) trabajaron con aves de 28 semanas y compararon la suplementación con hierbas de tomillo, orégano, romero y cúrcuma (5 o 10 g/kg de dieta), encontrando que el orégano y el romero a razón de 10 g/kg en la dieta mejoran la ganancia de peso corporal. Khan *et al.* (2007) suplementaron dietas con 2, 6 y 8% de ajo en polvo, en aves de 30 semanas, y obtuvieron que las dietas que contenían ajo en polvo ganaron más peso que las aves alimentadas con dietas sin ajo.

Si bien la ganancia de peso en gallinas de postura no es una característica determinante como lo son las otras características de rendimiento productivo, es importante entender esta variabilidad de los resultados. Las gallinas de postura inician la madurez sexual entre las 17 a 20 semanas, culminando esta primera fase productiva entre las 30 a 35 semanas, durante esta fase las aves alcanzan el punto más alto de postura y posteriormente este empieza a descender, además al culminar esta fase, las aves alcanzan el peso vivo adulto (Hy Line, 2016). Durante la segunda fase de producción (40 a 70 semanas de edad), ocurre un proceso fisiológico normal que se conoce como ‘la muda’, esto produce un cambio del plumaje de las aves, durante el cual cesa la

producción de huevos, y cuando culmina reanuda su actividad logrando otro periodo productivo adicional (Rivera, 2015). Tal como mencionan Mrosovsky y Jerez (1980) citado por Sharene (2006), durante este tiempo el ave reduce su ingesta de alimentos y esto se conoce como "anorexia espontánea", por ello pierden peso corporal. Cabe mencionar que no todas las aves inician la muda en el mismo periodo, por ello muchas granjas realizan mudas forzadas para evitar el alargamiento de este proceso (Callejo *et al.*, 2012).

En relación con los datos obtenidos de calidad de huevo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, a excepción del color de yema, donde el T1 (7.03) presentó un menor color de yema en comparación con los otros tratamientos T2 (7.94) y T3 (7.97). De forma similar Bertsch (2020), realizó una prueba con un producto comercial a base de aceites esenciales, polifenoles y polisacáridos (0.5ml/L) en gallinas de 65 semanas de edad, reportando una mayor concentración de carotenos en la yema, lo cual se debió a las mejoras en la integridad de la mucosa intestinal, permitiendo una mejor absorción de los nutrientes y carotenos presentes en la dieta.

Cufadar (2018), evaluó el efecto del aceite esencial de orégano a concentraciones de 50, 100, 150, 200 y 250 mg/kg, en gallinas de segunda fase de producción, donde no observó diferencias significativas a la evaluación de la calidad de huevo. De manera similar, se realizaron mezclas de aceites esenciales (cinamaldehído y timol), y no encontraron diferencias significativas en los parámetros de calidad de huevo, excepto en el espesor de cáscara donde se observó un incremento al final del experimento (Ding *et al.*, 2017). Así mismo, Çabuk *et al.* (2014) suplementaron una dieta con seis tipos de aceites esenciales (derivados de las siguientes hierbas: orégano, semillas de hinojo, cáscara de cítricos y hojas de laurel, salvia y mirto) en codornices de 7 semanas de edad y no se encontraron diferencias significativas en las características cualitativas internas y externas del huevo.

En el estudio realizado por Soltan (2008), donde se evaluó la suplementación de una mezcla de ácidos orgánicos en la dieta de gallinas en segunda fase producción a concentraciones de 260, 520 y 780 mg/Kg sobre la calidad de huevo, el autor encontró que el nivel más alto de inclusión (780 mg/Kg) mejora la calidad de la cáscara, pero no influye en la mejora de las características internas. Por otro lado, Lee *et al.* (2015) evaluaron los efectos de un producto microencapsulado compuesto por una mezcla de ácidos orgánicos (ácido fumárico, ácido cítrico, ácido málico) con ácidos grasos de cadena media en gallinas de 25 semanas durante 10 semanas en proporción de 0.05, 0.1, 0.2 %, no obtuvieron diferencia en las características de calidad del huevo, pero sí se observaron mejoras en las unidades Haugh.

Finalmente, cabe mencionar que la salud y producción de las aves, así como la calidad de su producto (carne o huevo) está muy relacionada con la salud del tracto gastrointestinal, y parte de

ello, se debe a la presencia de una microbiota intestinal equilibrada. Los mejoradores de la salud intestinal van a acondicionar el epitelio intestinal favoreciendo su regeneración. Por ello, es importante que no existan lesiones intestinales y factores que perturben las funciones del tracto gastrointestinal, ya que no solo pueden generar alteraciones en la calidad del huevo, si no también contaminación de estos, con presencia de bacterias que pueden poner en riesgo la salud pública (Verdi, 2013).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en la que se realizó el presente estudio, se concluye lo siguiente:

- El producto comercial respondió de forma similar al uso de un APC (bacitracina de zinc) sobre los parámetros productivos como el % de producción de huevos, % de huevos de segunda, consumo de alimento, índice de conversión de alimento, ganancia de peso y % de mortalidad. Pero sí presentó mejoras relacionadas al peso del huevo.
- El producto comercial no produce mejoras en el color y peso de cáscara, pero sí para el color de yema en comparación al uso del APC (bacitracina de zinc).

LITERATURA CITADA

1. Abdel-Wareth, A.A.A. 2016. Effect of dietary supplementation of thymol, synbiotic and their combination on performance, egg quality and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens. *British Poultry Science*. 57:114-122.
2. Abo Ghanima M.M, Elsadek M.F, Taha A.E, Abd El-Hack M.E, Alagawany M, Ahmed B.M, *et al.* 2020. Effect of housing system and rosemary and cinnamon essential oils on layers performance, egg quality, haematological traits, blood chemistry, immunity, and antioxidant. *Animals*. 10(2):245-261.
3. Araneda, R. 2006. Percepción de calidad de huevo vista por un grupo de consumidores del Gran Santiago. Tesis de Médico Veterinario. Santiago: Universidad de Chile. 72 p.
4. Baser K.H. 2008. Biological and pharmacological activities of carvacrol and carvacrol bearing essential oils. *Curr. Pharm. Des.* 14(29):3106-3120.
5. Bedford A, Gong J. 2018. Implications of butyrate and its derivatives for gut health and animal. *Animal Nutrition*. 4:151-159.
6. Bertsch G. 2020. La salud intestinal y su relación con la calidad del huevo. Engormix [Internet]. [acceso 5 setiembre 2020]. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/salud-intestinal-gallinas-ponedoras-t45398.htm>
7. Bölükbaşı, Ş.C, Erhan M.K, Kaynar Ö. 2008. The effect of feeding thyme, sage and rosemary oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and *Escherichia Coli* count in feces. *Arch.Geflügelk.* 72 (5):231–237.
8. Bozkurt M, Hippenstiel F, Abdel-Wareth A.A.A., Kehraus S, Küçükyılmaz K, Südekum K.-H. 2014. Effects of selected herbs and essential oils on performance, egg quality and some metabolic activities in laying hens – a review. *Europ. Poult. Sci.* 78:1-15.
9. Brenes A, Roura E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*. 158:1–14.
10. Butaye P, Devriese L.A, Haesebrouck F. 2003. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well known antibiotics on gram-positive bacteria. *Clin. Microbiol. Rev.* 16(2):175-188.

11. Çabuk M, Bozkurt M, Alçiçek A, Çatl A.U, Başer K.H. 2006. Effect of a dietary essential oil mixture on performance of laying hens in the summer season. South African Journal of Animal Science. 36(4):215-221.
12. Çabuk M, Eratak S, Alçiçek A, Bozkurt M. 2014. Effects of herbal essential oil mixture as a dietary supplement on egg production in quail. The ScientificWorld Journal. 2014:1-4.
13. Callejo A, Nicodemus N, Buxadé C. 2012. Inducción de la muda en gallinas ponedoras mediante el uso de alimentos bajos en energía y/o proteína: efectos en la producción y en la calidad de huevo postmuda. 49º Simposio Científico de Avicultura. Barcelona: Universidad Politécnica de Madrid.
14. Capitán-Valley L.F, Navas N, Titos A, Checa R. 2001. Determination of the antibiotic Zinc Bacitracin in animal food by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. Chromatographia. 54:15-20.
15. Cardinal K.M, Da Silva J.P, Machado A. 2020. Growth promoter in broiler and pig production. Pubvet. 14:1-11.
16. Correa W. 2008. Suplementação com acidificante em rações para leitões abatidos: desempenho e digestibilidade. Tesis de Maestría en Nutrición y Producción Animal. São Paulo: Universidad de São Paulo Brasil. 52 p.
17. Cristiani M, D'Arrigo M, Mandalari G, Castelli F, Sarpietro M, Micieli D, *et al.* 2007. Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. J. Agric. Food. Chem. 55:6300-6308.
18. Cufadar Y. 2018. Effects of dietary orégano essential oil supplementation on performance and eggshell quality in laying hens. J. Agric. Food. Sci. 32(2):158-161.
19. De Freitas T. 2012. Avaliação de extratos vegetais na produção de frangos de corte. Tesis de Maestría en Nutrición y Producción Animal. São Paulo: Universidad de São Paulo Brasil. 59 p.
20. Di Pasqua R, Betts G, Hoskins N, Edwards M, Ercolini D, Mauriello G. 2007. Membrane toxicity of antimicrobial compounds from Essential Oils. J. Agric. Food Chem. 55:4863-4870.
21. Diarra M.S, Silversides F.G, Diarrassouba F, Pritchard J, Masson L, Brousseau R, *et al.* 2007. Impact of feed supplementation with antimicrobial agents on growth performance of broiler chickens, *Clostridium perfringens* and *Enterococcus* counts, and antibiotic resistance phenotypes and distribution of antimicrobial resistance determinants in *Escherichia coli* isolates. Appl. Environ. Microbiol. 73:6566-6576.

22. Ding J, He S, Xiong Y, Liu D, Dai S, Hu H. 2020. Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance, blood hematological and biochemical profile of broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 22(1):1-8.
23. Ding X, Yu Y, Su Z, Zhang K. 2017. Effects of essential oils on performance, egg quality, nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in laying hens. *Anim Nutr*. 3(2):127-131.
24. Donoso J, Craig G, Baldwin R. 1970. The distribution and excretion of Zinc Bacitracin-¹⁴C in rats and swine. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 17: 366-374.
25. Englert, S. 1998. *Avicultura: tudo sobre as raças, manejo e nutrição*. 7ª ed. Guaíba: Agropecuária Ltda.
26. Fernández-Rubio C, Ordóñez C, González A, García-Gallego A, Honrubia M, Mallo J, *et al*. 2009. Butyric acid-based feed additives help protect broiler chickens from *Salmonella Enteritidis* infection. *Poultry Science*. 88:943–948.
27. Friedman M. 2017. Chemistry antimicrobial mechanisms, and antibiotic activities of cinnamaldehyde against pathogenic bacteria in animal feeds and human foods. *J. Agric. Food. Chem*. 65:10406-10423.
28. García E.R, Orlandi C.C, Oliveira C.A, Cruz F.K, Santos T.M, Otutumi L.K. 2010. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção*. 11(2):505-518.
29. Gatica M.A, Rojas H. 2018. Gestión sanitaria y resistencia a los antimicrobianos en animales de producción. *Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública*. 35(1):118-125
30. Gonzáles S, Icochea E, Reyna P, Guzmán J, Cazorla F, Lúcar J, *et al*. 2013. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 24(1):32-37.
31. Hy Line. 2016. Guía de manejo en sistemas alternativos. Hy Line International [Internet]. [acceso 09 setiembre 2020]. Disponible en: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/Brown%20Alt/BRN%20ALT%20COM%20SPN.pdf>
32. Jaramillo Á. 2012. Evaluación de la mezcla de un ácido orgánico y un prebiótico en los parámetros productivos y alométricos de pollos de engorde con alimentación controlada. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 5(1):52-66.

33. Jones F.T, Ricke S.C. 2003. Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in poultry feeds. *Poultry Science*. 82(4):613-617.
34. 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.
35. Khan S.H, Sardar R, Anjum M.A. 2007. Effects of dietary garlic on performance and serum and egg yolk cholesterol concentration in laying hens. *Academic Journal of Poultry Science*. 1(1):22-27.
36. Kirchhelle, C. 2018. Pharming animals: a global history of antibiotics in food production (1935-2017). *Palgrave Communications*. 4(96):1-13.
37. Lee S.I, Kim H.S, Kim I. 2015. Microencapsulated organic acid blend with MCFAs can be used as an alternative to antibiotics for laying hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 39:520-527.
38. Leeson S, Summers J.D. 2008. *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd ed. Ontario: University Books. 413 p.
39. Mehdi Y, Létourneau-Montminy MP, Gaucher ML, Chorfi Y, Suresh G, Rouissi T, *et al*. 2018. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Anim Nutr*. 4(2):170-178.
40. Mendes, A. 2011. Poultry and egg production in south america – consumer behavior, trends and perspectives. *European Poultry Club Conference*. Buenos Aires: European Poultry Club.
41. Özek K, Wellmann K.T, Ertekin B, Tarım B. 2011. Effects of dietary herbal essential oil mixture and organic acid preparation on laying traits, gastrointestinal tract characteristics, blood parameters and immune response of laying hens in a hot summer season. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 20:575-586.
42. Papatsiros V, Christodouloupoulos G, Filippopoulos L.C. 2012. The use of organic acids in monogastric animals (swine and rabbits). *Journal of Cell and Animal Biology*. 6(10):154-159.
43. Polycarpo G, Andretta I, Kipper M, Cruz- Polycarpo V, Dadalt D, Rodrigues P, *et al*. 2017. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. *Poultry Science*. 96(10):3645-3653.
44. Quispe V. 2014. Efecto de tres promotores de crecimiento sobre los parámetros productivos en pollos de engorde desafiados experimentalmente con *Clostridium*

- perfringens. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 66p.
45. Radwan L, Hassan R, Qota E, Fayek H. 2008. Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. *International Journal of Poultry Science*. 7(2):134-150.
46. Rahman M. S, Howlider M, Mahiuddin M, Rahman M.M. 2008. Effect of supplementation of organic acids on laying performance, body fatness and egg quality of hens. *Bang. J. Anim. Sci*. 37(2):74-81.
47. Rivera L. 2015. Evaluación de tres programas de muda forzada en gallinas ponedoras. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 79p.
48. SENASA. 2020. Sustancias restringidas y prohibidas para su uso en animales. SENASA. [Internet]. [acceso 09 setiembre 2020]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/sustancias-restringidas-y-prohibidas-para-su-uso-en-animales/>
49. Sharene C. 2006. High fiber low energy diet for molt induction in laying hens: the impacto of alfalfa on physiology, immunology and behavior. PhD Tesis. Texas: Texas A&M University. 206p.
50. Silva M. 2019. Uso da farinha de alga *Lithothamnium calcareum* na dieta de poedeiras comerciais. Tesis de Maestría en Nutrición y Producción Animal. São Paulo: Universidad de São Paulo Brasil. 77 p.
51. Skinner J, Izat A, Waldroup P. 1991. Research note: fumaric acid enhances performance of broiler chickens. *Poultry Science*. 70:1444-1447.
52. Sobczak A, Kozłowski K. 2016. Effect of dietary supplementation with butyric acid or sodium butyrate on egg production and physiological parameters in laying hens. *Europ. Poult. Sci*. 80:1-14.
53. Soltan M.A. 2008. Effect of dietary organic acid supplementation on egg production egg quality and some blood serum parameters in laying hens. *International Journal of Poultry Sciences*. 7(6):613-621.
54. Suarez M.E, Wilson H.R, Mather F.B, Wilcox C.J, Mcpherson B.N. 1997. Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. *Poultry Science*. 76(7):1029-1036.

55. Tsuyoshi D. 2002. Efeito fracionamento de cálcio e granulometria de calcário sobre o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais brancas. Tesis de Maestría em Calidad y Producción Animal. São Paulo: Universidad de São Paulo Brasil. 74 p.
56. Ultee A, Bennik M.H.J, Moezelaar R. 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. Appl. Environ Microbiol. 68(4):1561-1568.
57. Van Den Borne J.J.G.C, Heetkamp M.J.W, Buyse J, Niewold T.A. 2015. Fat coating of Ca butyrate results in extended butyrate release in the gastrointestinal tract of broilers. Livestock Science. 175:96-100.
58. Verdi S. 2013. Microbiota intestinal das aves de produção. Seminario presentado en el Programa de Maestría en Ciencia Animal. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 42p.

ANEXO

Anexo 1. Parámetros productivos semanales obtenidos del experimento con relación a la edad de gallinas de postura en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Producción de huevos					
	Edad					
	54 sem	55 sem	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
T1	83.93	78.43	84.95	82.36	87.12	79.44
T2	82.18	87.95	82.71	84.40	82.57	81.63
T3	86.10	78.02	86.07	81.10	86.49	81.04
Tratamientos	Producción de huevos de segunda					
	54 sem	55 sem	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
T1	10.56	8.12	9.50	12.80	9.83	11.83
T2	10.36	7.13	10.08	7.80	9.51	9.27
T3	8.70	10.10	9.05	10.49	7.41	10.43
Tratamientos	Peso de huevo					
	54 sem	55 sem	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
T1	63.90	63.59	63.85	63.46	64.00	62.90
T2	64.55	65.21	65.02	65.12	64.19	63.72
T3	66.43	65.25	65.46	64.16	65.70	63.40
Tratamientos	Masa de huevo					
	54 sem	55 sem	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
T1	53.63	49.89	54.24	52.28	55.75	49.97
T2	53.04	57.36	53.79	54.96	53.01	52.01
T3	57.21	50.90	56.34	52.03	56.83	51.38
Tratamientos	Consumo de alimento					
	54 sem	55 sem	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
T1	117.64	112.27	116.36	110.13	117.44	112.14
T2	106.26	115.15	113.01	115.75	111.27	113.94
T3	117.35	110.03	118.14	113.84	119.17	109.42
Tratamientos	Conversión de alimento					
	54 sem	55 sem	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
T1	2.19	2.25	2.15	2.11	2.11	2.25
T2	2.00	2.01	2.10	2.11	2.10	2.19
T3	2.05	2.16	2.10	2.19	2.10	2.13

T1, dieta basal con bacitracina de zinc al 10% (500 mg/Kg); T2, dieta basal + 250 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales; T3, dieta basal + 500 mg/Kg de producto a base de ácidos orgánicos y aceites esenciales.

Anexo 2. Pesos al inicio y final del experimento en las diferentes repeticiones por cada tratamiento.

Repetición*	Peso Inicial		
	Tratamiento		
	T1	T2	T3
R1	1,854	1,762	1,843
R2	1,811	1,852	1,893
R3	1,827	1,837	1,899
R4	1,920	1,856	1,853
R5	1,850	1,854	1,907
R6	1,844	1,898	1,879
	Peso Final		
R1	1,645	1,747	1,882
R2	1,833	1,875	1,869
R3	1,870	1,847	2,012
R4	1,921	1,900	1,808
R5	1,861	1,798	1,938
R6	1,871	1,883	1,809

* Cada repetición estuvo conformada por 56 gallinas.

Anexo 3. Análisis estadístico usando el software Minitab ® 17 para los parámetros productivos obtenidos del experimento.

	Normalidad		Homogenidad		ANOVA		Tukey
Variable	<i>P-value</i>	AD	<i>P-value</i>	Bartlett	<i>P-value</i>	F	Diferencias
<i>Paramétrica</i>							
Producción de huevos	0.621	0.298	0.654	0.85	0.81	0.12	No diferencia significativa
Producción de huevos de segunda	0.550	0.274	0.743	0.59	0.225	1.65	No diferencia significativa
Peso de huevo	0.185	0.497	0.100	4.61	0.014	5.78	Diferencia significativa
Masa de huevo	0.16	0.521	0.639	0.90	0.514	0.70	No diferencia significativa
Consumo de alimento	0.09	0.620	0.827	0.38	0.578	0.57	No diferencia significativa
Conversión de alimento	0.358	0.384	0.748	0.58	0.064	3.32	No diferencia significativa
Ganancia de peso	0.052	0.710	0.140	3.91	0.822	0.20	No diferencia significativa
					Kruskal-Wallis		No diferencia significativa
<i>No paramétrica</i>					<i>P-value</i>		
Mortalidad					0.752		

Normalidad = Anderson-Darling

Anexo 4. Análisis estadístico usando el software Minitab ® 17 para los parámetros de calidad de huevo obtenidos del experimento.

Variable	Normalidad		Homogenidad		ANOVA		Tukey
	<i>P-value</i>	AD	<i>P-value</i>	Bartlett	<i>P-value</i>	F	Diferencias
<i>Paramétrica</i>							
Peso de huevo	0.58	0.287	0.967	0.07	0.53	0.66	No diferencia significativa
Peso de cáscara	0.519	0.312	0.791	0.47	0.128	2.36	No diferencia significativa
					Kruskal-Wallis		
<i>No paramétrica</i>					<i>P-value</i>		
Color de cáscara						0.752	No diferencia significativa
Color de Yema						0.003	Diferencia significativa

Normalidad = Anderson-Darling