

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Efecto de niveles crecientes de DL-metionina en el desempeño productivo y
calidad del huevo de gallinas ponedoras Dekalb White®**

Estudiantes

Luis Enrique Girón Flores

Juan Francisco Castro Baltodano

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio Paz , PhD.

Honduras, mayo 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILA TREJO

Directora Departamento de Ciencias y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Indicé de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	9
Variables Medidas.....	10
Comportamiento Productivo	10
Calidad Externa e Interna del Huevo	10
Diseño Experimental y Análisis Estadísticos	11
Resultados y Discusión.....	12
Conclusiones	18
Recomendaciones.....	19
Referencias.....	20

Indicé de Cuadros

Cuadro 1 Dietas experimentales con niveles crecientes de DL-metionina en gallinas ponedoras dekalb white® (21-35 semanas).....	9
Cuadro 2 Efecto de niveles crecientes de DL-metionina en el desempeño productivo de las gallinas ponedoras dekalb white® (21-35 semanas).....	12
Cuadro 3 Efecto de niveles crecientes de DL-metionina en la calidad externa e interna del huevo de las gallinas ponedoras dekalb white® (21-35 semanas)	15

Resumen

La nutrición de precisión tiene un rol fundamental en la productividad avícola, con énfasis en los aminoácidos. El objetivo fue evaluar el efecto de niveles crecientes de DL-metionina en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras Dekalb White®. Un total de 320 gallinas ponedoras de 21 semanas se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos, 16 repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos consistieron en la formulación de dietas con aportes de 0.74, 0.76, 0.78 y 0.80% de metionina+cisteína. El aporte con 0.80% de metionina+cisteína incrementó el peso vivo, la intensidad de puesta, el consumo de consumo de metionina+cisteína y disminuyó la conversión masal ($P \leq 0.05$). El aporte de 0.76 y 0.78% de metionina+cisteína promovió ($P \leq 0.05$) el consumo de alimentos comparado con el grupo control. Además, los tratamientos experimentales no cambiaron el peso del huevo y los huevos sucios ($P > 0.05$). En la semana 5, el aporte de 0.78% de metionina+cisteína incrementó el peso del huevo, sin embargo, el aporte de 0.76% de metionina+cisteína mejoró la altura del albumen y las unidades Haugh. En la semana 10, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos y en la semana 15, los niveles crecimiento DL-metionina aumentaron las unidades Haugh.

Palabras clave: Conversión masal, gallina ponedora, huevo, índice de postura, metionina+cisteína.

Abstract

Precision nutrition plays a critical role in poultry productivity, with an emphasis on amino acids. The aim of this study was to evaluate the effect of increasing levels of DL-methionine on growth performance and egg quality of Dekalb White[®] laying hens. A total of 320 21-week-old laying hens were randomly distributed into four treatments, 16 repetitions per treatment and five birds per replicate. The experimental treatments consisted in the formulation of diets with contributions of 0.74, 0.76, 0.78 and 0.80% of methionine+cysteine. The contribution with 0.80% methionine + cysteine increased body weight, laying intensity, consumption of methionine + cysteine and decreased mass conversion ($P \leq 0.05$). The contribution of 0.76 and 0.78% of methionine + cysteine promoted ($P \leq 0.05$) feed intake compared to the control group. In addition, the experimental treatments did not change the egg weight and dirty eggs ($P > 0.05$). At week 10, no statistical differences were observed between treatments and at week 15, DL-methionine growth levels increased the Haugh units.

Keywords: Egg, laying hen, mass conversion, methionine+ cysteine, production.

Introducción

Actualmente, el sector avícola continúa creciendo con una industrialización acelerada en muchas partes del mundo. En las últimas tres décadas, la producción mundial de huevos ha aumentado en un 150 %. China es, con diferencia, el mayor productor de huevos del mundo, con el 37 % de la producción mundial, seguido de Estados Unidos (7 %) e India (6 %) (FAO 2019). Para el año 2050, la demanda mundial de huevos de gallina será casi un 40 % mayor (Smith et al. 2015). Este aumento en la demanda, combinado con un aumento global en la competitividad de los recursos relacionados con la agricultura (Godfray et al. 2010) puede afectar directamente la rentabilidad de los sistemas de producción avícola (Astill et al. 2020).

La alimentación de las aves de corral se estima generalmente, que es dos tercios de los costos totales de producción, lo que representa entre 65 y 70%, dependiendo de la composición y tipo de dieta (FAO 2013). Los principales ingredientes que forman parte del alimento de las gallinas son: cereales (maíz, trigo, cebada y avena), fuentes de proteína (harinas de soya, girasol y guisantes), aceites vegetales, vitaminas y minerales (FAO 2019). Otros factores considerados limitantes en las dietas de las aves son la energía y los aminoácidos, ya que son determinantes en el costo de alimentación y rendimiento de la industria avícola (Colas et al. 2018).

Las proteínas y especialmente los aminoácidos son los componentes que más encarecen la ración de los animales en general y de las aves en particular (De la Cruz 2009). Formulación de las dietas considerando la proteína ideal implica la reducción del nivel proteico y la adición de aminoácidos sintéticos en la formulación de la dieta, lo cual repercute en la disminución de los costos de producción (Campos et al. 2008) y maximizar el aprovechamiento proteico. En este contexto, es más importante el balance de aminoácidos en la dieta, que los requerimientos de aminoácidos individuales (Colas et al. 2018). El uso adecuado de los aminoácidos de la dieta es esencial en todas las fases de producción, y su uso inadecuado aumenta los costos de producción.

La metionina es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las aves y es crucial para la producción de carne, huevos y la síntesis de enzimas y hormonas. Por lo tanto, la deficiencia de metionina es a menudo un obstáculo para el crecimiento y para la producción de huevo (Liu et al. 2004). Los altos niveles de producción de huevos y el crecimiento de las plumas requieren niveles relativamente altos de metionina (FAO 2013). La metionina juega un papel importante en el metabolismo (Shafer et al. 1998; Bunchasak 2009). Así, entre los aminoácidos esenciales, la metionina es el más estudiado por ser el primer aminoácido limitante en la formulación de dietas a base de maíz y harina de soya (Baptista et al. 2012)

Es importante mencionar que la metionina como un aminoácido esencial que contiene azufre, es indispensable para varios procesos fisiológicos y bioquímicos en organismos (Martínez et al. 2017). La metionina tiene varias funciones importantes en la nutrición, siendo indispensables para la síntesis de proteínas (Lemme y La Cruz 2018). Por lo tanto, la determinación del nivel apropiado de este aminoácido es esencial para la formulación de las dietas, ya que, este aminoácido puede interferir directamente en el rendimiento de las aves y en la calidad del huevo (Gallardo y Salvador Tasayco 2016). Por otro lado, el consumo excesivo o deficitario de aminoácidos, provoca una alteración en el desempeño de las aves y consecuentemente influye en el tamaño y el peso del huevo (Koreleski y Swiatkiewicz 2010). El presente estudio tiene como objetivo:

Evaluar el efecto de niveles crecientes de DL-metionina en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras Dekalb White®.

Materiales y Métodos

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C. El estudio se realizó entre los meses de agosto y noviembre del 2021.

Se utilizó un sistema de producción intensivo dentro de un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 × 36 cm, con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 100 g/día/ave en comederos lineales. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se utilizó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizaron 14 días de adaptación a las nuevas dietas.

Los tratamientos experimentales consistieron en la formulación de dietas con aportes de 0.74, 0.76, 0.78 y 0.80% de metionina+cisteína (Cuadro 1).

Cuadro 1

Dietas experimentales con niveles crecientes de DL-metionina en gallinas ponedoras Dekalb White® (21-35 semanas).

Ingredientes	Dietas experimentales			
	0.74% Met	0.76% Met	0.78% Met	0.80% Met
Harina de maíz	49.606	49.606	49.635	49.645
Harina de soya	31.278	31.258	31.23	31.20
Aceite de palma africana	5.685	5.685	5.663	5.663
Enzimas exógenas	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla de minerales y vitaminas	0.35	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
Mycifix plus 5.0	0.17	0.17	0.17	0.17
Carbonato de calcio	10.31	10.31	10.31	10.31
Biosfost	1.73	1.73	1.73	1.73
Bicarbonato de Na	0.28	0.28	0.28	0.28
Sal común	0.23	0.23	0.23	0.23
DL-metionina	0.251	0.271	0.292	0.312
L-treonina	0.01	0.01	0.01	0.01
Aportes nutricionales				
EM, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
PC, %	17.60	17.60	17.60	17.60

Ingredientes	Dietas experimentales			
	0.74% Met	0.76% Met	0.78% Met	0.80% Met
Lisina, %	0.85	0.85	0.85	0.85
Metionina+cisteina, %	0.74	0.76	0.78	0.80
Treonina, %	0.60	0.60	0.60	0.60
Ca, %	4.12	4.12	4.12	4.12
P, %	0.48	0.48	0.48	0.48

Nota. ¹Premezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 1000 UI/kg; Vitamina D3, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K3, 2,0 mg/kg; Vitamina B1, 1,0 mg/kg; Vitamina B2, 6,0 mg/kg; Vitamina B6, 3,5 mg/kg; Vitamina B12, 18 mg/kg; Niacina, 60 mg/kg; Ácido pantoténico, 10 mg/kg; Biotina, 10 mg/kg; Ácido fólico, 0,75 mg/kg; Colina, 250 mg/kg; Hierro, 50 mg/kg; Cobre, 10 mg/kg; Zinc, 70 mg/kg; Manganeso, 70 mg/kg; Selenio, 0,30 mg/kg; Yodo, 1,0 mg/kg.

VARIABLES MEDIDAS

Comportamiento Productivo

Para determinar la intensidad de puesta, se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 40 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital balanza digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de ± 0.1 g. La mortalidad se determinó teniendo en cuenta las aves muertas entre los animales que iniciaron el experimento. El consumo de alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó tres veces por semana según el método de oferta y rechazo. La conversión masal y los huevos no aptos, se calcularon a partir de las fórmulas 1 y 2:

$$CM = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{No. de huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad [1]$$

$$\text{Huevos no aptos (HNA)} = \frac{\text{HNA} * 100}{\text{Huevos apto.}} \quad [2]$$

Calidad Externa e Interna del Huevo

En las semanas 25, 30 y 35, se recolectaron 40 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La

calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el software Eggware v4x.

La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra). Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.001 mm.

Para la calidad interna del huevo, la altura del albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula 3:

$$HU = 100 * \log (H + 1.7W^{0.37} + 7.6)$$

HU =unidad Haugh

H =altura de la albúmina

W= peso del huevo.

El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC® (York, Inglaterra), que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

Diseño Experimental y Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple según un diseño completamente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios, se utilizó la prueba de rangos múltiples de medias de Duncan. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones y el color de la yema de huevo se determinó por la prueba de Kruskal-Wallis.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2, se observa el efecto de la inclusión de niveles crecientes de DL-metionina en el desempeño productivo de gallinas ponedoras de 21 semanas de edad. El aporte con 0.80% de metionina+cisteina incrementó el peso vivo, la intensidad de puesta, el consumo de metionina+cisteina y disminuyó la conversión masal ($P \leq 0.05$). Sin embargo, los tratamientos experimentales no cambiaron el peso del huevo, consumo de alimento y los huevos sucios ($P > 0.05$).

Cuadro 2

Efecto de niveles crecientes de DL-metionina en el desempeño productivo de las gallinas ponedoras Dekalb White® (21-35 semanas).

Indicadores	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	0.74% Met+cys	0.76% Met+cys	0.78% Met+cys	0.80% Met+cys		
PVI (g)	1254.15	1260.25	1255.17	1258.91	2.189	0.819
PVF (g)	1549.85 ^b	1554.20 ^b	1561.00 ^b	1614.30 ^a	11.627	0.001
IP (%)	87.15 ^c	90.64 ^b	91.48 ^b	93.35 ^a	1.272	0.010
PH (g)	58.99	57.89	58.88	58.66	0.419	0.243
CA (g/ave/d)	95.08	95.35	95.20	94.73	0.196	0.307
CMet+Cys (mg/ave/día)	757 ^b	758 ^{ab}	759 ^a	760 ^a	3.015	0.019
CM (kg/kg)	1.90 ^a	1.85 ^b	1.80 ^c	1.74 ^d	0.014	<0.001
HS (%)	6.95	4.76	5.97	5.62	0.710	0.258

Nota. ^{a,b,c,d}Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

PVI: peso vivo inicial; PVF: peso vivo final; IP: intensidad de puesta; PH: peso del huevo; CA: consumo de alimento; CMet: consumo de metionina+cisteina; CM: conversión masal; HS: huevos sucios

Interesantemente, mayores niveles de inclusión de metionina+cisteina resultó en mejoras en la producción de huevos (Cuadro 2). Resultados similares reportaron Bunchasak y Silapasorn (2005), quienes encontraron que una mayor ingesta de metionina incidió positivamente en la productividad de gallinas ponedoras. De la misma manera, Harms et al. (1998), señalaron que un incremento de la ingesta de aminoácidos azufrados en la dieta provocó una mayor producción de huevos. También, (Akbari Moghaddam Kakhki et al. 2016) mencionaron que, la producción de huevos de gallina mejoró significativamente con un aumento en la dieta de los aminoácidos azufrados.

También, un mayor consumo de metionina + cisteína provocó un incremento ($P=0.019$) del peso vivo final. Se observa una relación entre los datos de peso vivo final e índice de postura, siendo el aporte de 0.80% mayor en ambos casos, lo que, al inicio de la puesta, un mayor peso vivo puede asegurar una disminución de la edad al primer huevo. Sin embargo, Lacin et al. (2008) reportaron que en su experimento el peso vivo de las gallinas no influyó en la producción de huevos. Además, otros estudios no informaron cambios en la producción de huevos dependiendo del peso corporal (Harms et al. 1998; Lacin et al. 2008)

Los tratamientos experimentales no tuvieron efectos ($P = 0.243$) sobre el peso del huevo. Los resultados obtenidos por Novak et al. (2004) concuerdan que, el peso del huevo aumentó significativamente con la ingesta de lisina, pero no con el aumento de la ingesta de metionina o TSAA. Lo que difiere con lo estipulado por Bunchasak y Silapasorn (2005) quienes expresaron que cambiar el consumo de metionina puede alterar el peso del huevo. A pesar de que varios estudios han informado reducciones en el peso del huevo, cuando la metionina en la dieta está por debajo de la concentración recomendada para un rendimiento óptimo (Gomez y Angeles 2009), no se encontraron diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, Gomez y Angeles (2009) expresaron que el tamaño del huevo está directamente relacionado con la cantidad de nutrientes necesarios para la síntesis de proteínas de huevo y otros componentes.

En cuanto al consumo de alimento, los niveles de metionina+cisteína no afectó ($P=0.307$) el consumo de alimento diario. Estos resultados son similares a lo reportado por Liu et al. (2017), quienes considera que el consumo total de metionina depende de la alimentación dinámica, y no tanto del nivel de los aminoácidos sintéticos suplementarios. Existen resultados contradictorios sobre el efecto del total de aminoácidos a sulfurados en el alimento consumido. En ese sentido, Shafer et al. (1996) no informaron ningún efecto significativo en el consumo de alimento. En cambio, Bunchasak y Silapasorn (2005); Gomez y Angeles (2009) observaron impactos significativos en el consumo de alimento con un aumento de la concentración de metionina dietética.

En cuanto a conversión masal, la metionina+cisteina indicó cambios notables entre tratamientos ($P=0.001$). El aporte nutricional con 0.80% de metionina+cisteina tuvo una respuesta similar a los resultados obtenidos por Clark et al. (2019), estos autores mencionaron que una reducción de este indicador con la utilización de aminoácidos suplementarios mejoró la eficiencia alimenticia en las aves. En este sentido Hurnik et al. (1977) expresaron que la variación en la eficiencia de conversión masal depende principalmente del número de huevos producidos (51%), seguido del consumo de alimento (31%), y el peso del huevo (18%). Al contrario de este estudio otros mostraron que no hubo efectos significativos de los niveles de Met+Cys en la masa del huevo (García et al. 2005).

Los tratamientos experimentales no tuvieron efectos ($P = 0.258$) sobre el porcentaje de huevos sucios. En este estudio se evaluaron gallinas ponedoras en sus primeras 15 semanas de postura, lo que mostró bajos niveles de huevo sucios, esto concuerdan con lo que menciona Navarro (2020), que el factor más influyente en el porcentaje de huevos no aptos es la edad del lote de producción. Al parecer, estos tratamientos no tuvieron déficit de proteína cruda dietética, según Santomá y Mateos (2018) niveles altos de proteína suple la mayoría de los aminoácidos esenciales, no contemplados por el nutricionista, un déficit provoca una mayor desaminación de los AA, con lo que repercute directamente en la incidencia de huevos sucios. Igualmente, Lopez et al. (2016) mencionan que factores como el manejo, la recolección, el conteo y el cuidado sanitario del alimento tienen mucha influencia en el porcentaje huevos no aptos.

En el Cuadro 3, se observa el efecto de la inclusión de niveles creciente de DL-metionina en la calidad externa e interna del huevo en gallinas ponedoras. En la semana 5, el aporte de 0.78% de metionina+cisteina incrementó el peso del huevo, sin embargo, el aporte de 0.76% de metionina+cisteina mejoró la altura del albumen y las unidades Haugh. En la semana 10, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos y en la semana 15, los niveles crecimiento DL-metionina aumentaron las unidades Haugh.

Cuadro 3

Efecto de niveles crecientes de DL-metionina en la calidad externa e interna del huevo de las gallinas ponedoras Dekalb White® (21-35 semanas).

Indicadores	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	0.74% Met+cys	0.76% Met+cys	0.78% Met+cys	0.80% Met+cys		
<i>Semana 5</i>						
PH (g)	56.75 ^b	57.62 ^{ab}	58.69 ^a	56.45 ^b	0.547	0.002
AA (mm)	10.72 ^b	11.21 ^a	11.05 ^{ab}	10.93 ^{ab}	0.137	0.008
UH	102.85 ^b	104.63 ^a	103.76 ^{ab}	103.82 ^{ab}	0.552	0.016
RRC	5769.05	5719.63	5743.03	5681.85	24.890	0.315
GC	0.39	0.39	0.38	0.38	0.003	0.084
CY	3.00	3.00	3.00	3.00	0.084	0.190
<i>Semana 10</i>						
PH (g)	60.99	59.46	60.69	59.905	0.686	0.373
AA (mm)	10.40	10.67	10.92	10.82	0.180	0.193
UH	100.58	102.02	102.78	102.45	0.782	0.207
RRC	5490.62	5430.05	5451.0	5473.05	21.384	0.147
GC	0.37	0.37	0.38	0.37	0.004	0.125
CY	2.00	2.00	2.00	2.00	0.116	0.250
<i>Semana 15</i>						
PH (g)	62.90	62.01	61.06	61.29	0.689	0.388
AA (mm)	10.09	10.53	10.54	10.68	0.257	0.407
UH	99.08 ^b	101.16 ^a	101.40 ^a	101.94 ^a	0.182	0.050
RRC	5450.58	5465.43	5446.13	5446.65	19.773	0.582
GC	0.39	0.39	0.38	0.38	0.012	0.121
CY	2.00	2.00	2.00	2.00	0.108	0.180

Nota. ^{a,b,c,d} Medias con letras diferentes en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

PH: peso del huevo; AA: altura del albumen; UH: unidad Haugh; RRC: resistencia a la ruptura de la cáscara; GC: Grosor de la cáscara; CY: color de la yema.

Uno de los objetivos en este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles crecientes de metionina en el peso del huevo. Este experimento demuestra que el efecto en aves jóvenes es netamente productivo, no tiene influencia en el peso del huevo. Sin embargo, Martínez et al. (2020) mencionaron que los aminoácidos azufrados son los principales promotores del peso del huevo, asimismo, Sá et al. (2013) mencionaron que en el período de crecimiento, las aves utilizan grandes cantidades de aminoácidos azufrados (metionina + cistina), siendo los principales limitantes en los alimentos que generalmente son suplementados con el aminoácido sintético.

En las semanas 10 y 15 no se observaron diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$). A pesar que numerosos estudios mencionan que la metionina como esencial para aumentar el tamaño y peso

de huevo (Calatayud 2015; Zaviezo 2022), en el presente estudio no se observó tales efectos. Al parecer, los niveles recomendados de estos AA en las gallinas actuales son diferentes, sin embargo, otros estudios son necesarios para demostrar la hipótesis.

La altura del albumen es uno de los factores utilizados para conocer la calidad del huevo. Según Mamani Silvestre (2016) la calidad del albumen relaciona con su fluidez y se valora a través de la altura de su densa capa externa. Este valor junto con el peso del huevo es utilizado para calcular las unidades Haugh, el cual calcula la frescura del huevo. Estos resultados son incongruentes con lo mencionado por Fariborz et al. (2007) y Ribeiro Jr V et al. (2016) de que la nutrición de la gallina no parece tener gran efecto en la calidad del albumen. Eso concuerda con lo observado en las semanas 10 y 15 donde no observaron diferencias ($P > 0.05$). Según estos autores, el factor más importante que afecta la calidad del albumen en huevos recién puestos es la edad de las aves. La calidad inicial del albumen decrece rápidamente con el avance de la edad de la parvada y además, existe un aumento concomitante en su variabilidad dentro de la parvada (Williams 1992).

Las unidades Haugh es una medida frescura del huevo, y está influenciado por la altura del albumen y el peso del huevo. Según la revisión realizado, pocos estudios han relacionado un incremento de las unidades Haugh y los niveles crecientes de metionina, sin embargo, estudios reflejan una interacción de la calidad del albumen y uso aditivos dietéticos acidificantes (cloruro de amonio o ácido clorhídrico). Con énfasis en la mejora en las unidades Haugh, aunque con una reducción concomitante en el grosor de la cáscara y una caída en la intensidad de postura (Hall y Helbacka 1959). Esto fue avalado por Williams (1992) donde los cambios en la dieta influyeron directamente en los porcentajes de postura e indirectamente, provocaron un cambio inverso en las unidades Haugh.

En cuanto a la resistencia de la ruptura no se observaron efecto entre los tratamientos. Esto puede ser debido a lo planteado en la guía de manejo de la línea Hy-Line (2017) que la resistencia de la cáscara está determinada por el metabolismo del calcio en la gallina, el cual es un flujo dinámico

entre el calcio aportado por el alimento y el hueso medular. De acuerdo a los estudios de Cuca et al. (2007) y Safaa et al. (2008) se logra una mejora de la calidad del cascarón con un incremento de hasta el 3.80% de calcio en la dieta, por lo influye directamente en la vida anaquel del huevo. Además, de acuerdo a lo presentado por Guerra y Zometa (2021) se observa un efecto positivo al aumentar el porcentaje de calcio grueso, con una mayor retención del calcio en la molleja y posterior utilización para la formación de la cáscara en el útero.

Con respecto al grosor de la cáscara no se obtuvo diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). El grosor de la cáscara es un parámetro que está relacionado con la resistencia a la ruptura del huevo. Según Cuca et al. y Safaa et al. (2008) la calidad del cascarón depende directamente del calcio en la dieta. Además, Savón et al. (2007) reportaron que el mejoramiento de la salud intestinal incrementa la absorción del calcio en el lumen intestinal, porque es necesario condiciones idóneas de pH por la insolubilidad o inestabilidad de este mineral. También, Elaroussi et al. (1994) mencionaron que los estrógenos son los principales transportadores del carbonato cálcico del intestino a los huesos y, a su vez, entran al ciclo homeostático del calcio, lo que reduce la incidencia de problemas de patas y el grosor de la cáscara. Aunque según Martínez et al. (2020) se requieren posteriores estudios para validar esta hipótesis.

El color de yema no cambió, este es uno de los factores más importantes pues según Guerra y Zometa (2021) es uno de los principales criterios del consumidor para juzgar la calidad del huevo. Lo que demuestra que un mayor consumo de metionina+cisteína no tiene influencia en la absorción de pigmentos carotenoides u otros compuestos químicos colorantes. La pigmentación de la yema es debido a la inclusión en la dieta de alimentos ricos en betacarotenos (principalmente) o productos sintéticos en gallinas ponedoras. Roberts (2004) mencionó que el color varía considerablemente dependiendo de la dieta que se les provee a las gallinas. Así, Martínez et al. (2020) afirmaron que el incremento de la coloración de la yema de huevo es un valor agregado al producto.

Conclusiones

El aporte nutricional con 0.80% de metionina+cisteina incrementó el peso final vivo, la intensidad de puesta, el consumo de metionina+cisteina y disminuyó la conversión masal comparado a una dieta control en gallinas ponedoras Dekalb White®.

Los tratamientos experimentales tuvieron similar peso del huevo, porcentaje de huevos sucios y consumo de alimento de gallinas ponedoras Dekalb White®.

Dietas formuladas con niveles crecientes de DL-metionina en gallinas ponedoras Dekalb White® mejoraron la calidad interna del huevo en las semanas 5 y 15, aunque en la semana 10 no se encontraron cambios notables.

Recomendaciones

Utilizar el aporte de 0.80% de metionina+cisteina para maximizar el potencial genético de las gallinas ponedoras desde el inicio de la puesta.

Evaluar diferentes niveles de DL-metionina, en toda la etapa productiva de las gallinas ponedoras.

Realizar un estudio similar considerando otras líneas genéticas, las condiciones de tenencias y la forma de presentación del alimento.

Referencias

- Akbari Moghaddam Kakhki R, Golian A, Zarghi H. 2016. Effect of digestible methionine + cystine concentration on performance, egg quality and blood metabolites in laying hens. *Br Poult Sci.* 57(3):403–414. eng. doi:10.1080/00071668.2016.1173199.
- Astill J, Dara RA, Fraser ED, Roberts B, Sharif S. 2020. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture.* 170:105291. doi:10.1016/j.compag.2020.105291.
- aviNews. 2016. La importancia de los aminoácidos suplementarios y la tecnología NIRS en la nutrición de aves. [sin lugar]: La Revista Global de Avicultura. <https://avicultura.info/la-importancia-los-aminoacidos-suplementarios-la-tecnologia-nirs-la-nutricion-aves/>.
- Baptista M, Cardozo R, Souza VL, Rickli M. 2012. Níveis de metionina+cistina no desempenho de poedeiras comerciais leves com. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.* 10(4):1496.
- Bunchasak C. 2009. Role of Dietary Methionine in Poultry Production. *The Journal of Poultry Science.* 46(3):169–179. doi:10.2141/jpsa.46.169.
- Bunchasak C, Silapasorn T. 2005. Effects of Adding Methionine in Low-Protein Diet on Production Performance, Reproductive Organs and Chemical Liver Composition of Laying Hens under Tropical Conditions. *International Journal of Poultry Science.* 4:301–308.
- Calatayud A. 2015. Evaluacion del efecto de tres niveles de DL-metionina en el comportamiento productivo de gallinas de postura de la linea Hy line-Brown en la estacion expetimental de Cota Cota [Tesis de Grado]. La Paz – Bolivia: Universidad mayor de San Andres.
- Campos A, Salguero S, Albino L, Rostagno H. 2008. Aminoacidos en la nutrición de pollos: Proteína Ideal. [sin lugar]: Univesidad Federal de Vicosá; [consultado el 1 de jul. de 2022]. <https://docplayer.es/31337843-Aminoacidos-en-la-nutricion-de-pollos.html>.
- Clark CEF, Akter Y, Hungerford A, Thomson P, Islam MR, Groves PJ, O'Shea CJ. 2019. The intake pattern and feed preference of layer hens selected for high or low feed conversion ratio. *PLoS One.* 14(9):e0222304. eng. doi:10.1371/journal.pone.0222304.
- Colas M, Pérez EO, Támbara Y. 2018. Influencia del hidrolizado de proteínas en el comportamiento bioproductivo en gallinas de la línea L1 White Leghorn. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.* 65(2). doi:10.15446/rfmvz.v65n2.75635.
- Cuca M, Valdes V, Pro A, Suarez M, Figueroa J, González M. 2007. Nivel de calcio y relación carbonato de calcio pulverizado: granulado y su efecto en producción de huevo y calidad del cascara en gallinas ponedoras. Universidad Autónoma Chapingo. México: Sitio Argentino de Producción Animal.
- De la Cruz. 2009. Aumentar la proteína balanceada en ponedoras mejora el desempeño independientemente de la energía. México: Altech Mexico; [consultado el 1 de jul. de 2022]. http://www.alltechmexico.net/articulostecnicos/flashs_tecnicos/aves/aves_14.pdf.
- Elaroussi A, Forte R, Eber L, Biellier V. 1994. Calcium homeostasis in the laying hen.: 1. Age and dietary calcium effects. *Poult Sci.* 73(10):1581–1589.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2013. Poultry development review. Rome [Italy]: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1 online resource. ISBN: 978-92-5-108067-2.

- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2019. Gateway to poultry production and products: Production. [sin lugar]: Food and Agriculture Organization; [consultado el 1 de jul. de 2022]. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/en/>.
- Fariborz K, Faraji M, Dehkordi SK. 2007. Effects of Reduced- Protein Diets at Constant Total Sulfur Amino Acids: Lysine Ratio on Pullet Development and Subsequent Laying Hen Performance. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2(4):89–92.
- Gallardo C, Salvador Tasayco E. 2016. Efecto de los niveles de aminoácidos azufrados sobre la calidad del huevo en gallinas de postura en el primer ciclo de producción. [sin lugar]: Revista electrónica de Veterinaria; [consultado el 1 de jul. de 2022]. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456004.pdf>.
- Garcia EA, Mendes AA, Pizzolante CC, Saldanha E, Moreira J, Mori C, Pavan AC. 2005. Protein, Methionine+Cystine and Lysine Levels for Japanese Quails During the Production Phase. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 7(1):11–18.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 327(5967):812–818. eng. doi:10.1126/science.1185383.
- Gomez S, Angeles M. 2009. Effect of threonine and methionine levels in the diet of laying hens in the second cycle of production. *Journal of Applied Poultry Research*. 18(3):452–457. doi:10.3382/japr.2008-00090.
- Guerra CB, Zometa RA. 2021. Efecto de la interacción de la granulometría del calcio y ácido propiónico en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown®. [Tesis de grado]. Francisco Morazan, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Hall K, Helbacka N. 1959. Improving albumen quality. *Poultry Science*. *Poult Sci*; [consultado el 1 de jul. de 2022]. 38(1):11–114. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119560084>.
- Harms RH, Russell GB, Harlow H, Ivey FJ. 1998. The Influence of Methionine on Commercial Laying Hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 7(1):45–52. doi:10.1093/japr/7.1.45.
- Hurnik JF, Summers JD, Walker JP, Szkotnicki W. 1977. Production Traits Influencing the Individual Feed Conversion Ratio. *Poult Sci*. 56(3):912–917. doi:10.3382/ps.0560912.
- Hy-Line. 2017. La ciencia de la calidad del Huevo. Hy-Line Internacional. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jul. de 2022]. <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20EQ%20SPN.pdf>.
- Koreleski J, Swiatkiewicz S. 2010. Effect Of Methionine And Energy Level In High Protein Organic Diets Fed To Laying Hens. *Annals of Animal Science*. 10:83–91.
- Lacin E, Yildiz A, Esenbuga N, Macit M. 2008. Effects of differences in the initial body weight of groups on laying performance and egg quality parameters of Lohmann laying hens. *Czech Journal of Animal Science*. 53(11):466–471. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/02704.pdf>.
- Lemme A, La Cruz C de. 2018. Nutrición de Metionina y Cisteína en Ponedoras Con Enfoque en la Nutrición de las Fuentes de Metionina. *BMeditores: Evonik*; [consultado el 1 de jul. de 2022]. <https://bmeditores.mx/avicultura/nutricion-de-metionina-y-cisteina-en-ponedoras-con-enfoque-en-la-nutricion-de-las-fuentes-de-metionina-1408/>.

- Liu Y, Lin X, Zhou X, Wan D, Wang Z, Wu X, Yin Y. 2017. Effects of dynamic feeding low and high methionine diets on egg quality traits in laying hens. *Poult Sci.* 96(5):1459–1465. eng. doi:10.3382/ps/pew398.
- Liu Z, Bateman A, Sohail S, Zinner B, Roland D. 2004. Statistical Sensitivity Required to Detect Any Potential Difference of Bioavailability Between DL-Methionine and DL-Methionine Hydroxy Analogue in Layers. *International Journal of Poultry Science.* 3(11):697–703. doi:10.3923/ijps.2004.697.703.
- Lopez JR, Arias CP, Siever MC, Daphne RD, Cueva WM. 2016. Expendio de huevos no aptos para consumo humano en los Andes centrales del Perú. *Revista electrónica de Veterinaria*; [consultado el 1 de jul. de 2022]. 17(12):1–8. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649052014.pdf>.
- Mamani Silvestre H. 2016. Evaluacion del efecto de tres niveles de " DL-metionina" en la produccion de aves de postura de la linea (Hy line brown) en fases de postura uno y dos, en el Centro Experimental de Cota Cota [Tesis de grado]. La Paz – Bolivia: Universidad Mayor de San Andres, Carrera de ingenieria agronomica; [consultado el 5 de jul. de 2022]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10330>.
- Martínez Y, Li X, Liu G, Bin P, Yan W, Más D, Valdivié M, Hu C-AA, Ren W, Yin Y. 2017. The role of methionine on metabolism, oxidative stress, and diseases. *Amino Acids.* 49(12):2091–2098. eng. doi:10.1007/s00726-017-2494-2.
- Martínez Y, Rodriguez R, Pupo G, Rosabal O, Olmo C, Valdivié M. 2020. Efecto fitobiótico del polvo de hojas de Psidium guajava en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras. *Cuban Journal of Agricultural Science*; [consultado el 1 de jul. de 2022]. 54(4). https://www.researchgate.net/profile/Roman-Bertot/publication/347247924_Phytobiotic_effect_of_Psidium_guajava_leaf_powder_on_productivity_and_quality_of_the_egg_of_laying_hens_Efecto_fitobiotico_del_polvo_de_hojas_de_Psidium_guajava_en_la_productividad_y_calidad_del_huevo/links/5fd8d272299bf14088118ae2/Phytobiotic-effect-of-Psidium-guajava-leaf-powder-on-productivity-and-quality-of-the-egg-of-laying-hens-Efecto-fitobiotico-del-polvo-de-hojas-de-Psidium-guajava-en-la-productividad-y-calidad-del-huevo.pdf.
- Navarro R. 2020. Calidad de cascara en huevos de consumo. [sin lugar]: Nutega; [consultado el 1 de jul. de 2022]. <https://nutega.com/wp-content/uploads/2020/11/CALIDAD-DE-CASCARA-EN-HUEVOS-DE-CONSUMO-RN.pdf>.
- Novak C, Yakout H, Scheideler S. 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in Dekalb Delta laying hens. *Poult Sci.* 83(6):977–984. eng. doi:10.1093/ps/83.6.977.
- Ribeiro Jr V, Salguero SC, Vieira RA, Silva LM, Silva DL, Hannas LM, Albino LFT, Rostagno HS. 2016. Niveles de proteína bruta en dietas para gallinas ponedoras. *Archivos de Zootecnia.* 65(250):225–229. doi:10.21071/az.v65i250.492.
- Roberts J. 2004. Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *The Journal of Poultry Science.* 41(3):161–177.
- Sá L, Nogueira E, Goulart C, Perazzo F. 2013. Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 7 de ene. de 2022]. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/aminoacidos-nutricion-pollos-engorde-t40165.htm>.

- Safaa HM, Serrano MP, Valencia DG, Frikha M, Jiménez-Moreno E, Mateos G. 2008. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. *Poult Sci.* 87(10):2043–2051.
- Santomá G, Mateos GG, editores. 2018. Necesidades nutricionales para avicultura: Normas FEDNA. 2ª ed. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 194 páginas. ISBN: 978-84-09-06529-5.
- Savón L, Scull I, Martínez M. 2007. Integral foliage meals of three tropical legumes for poultry feeding. Chemical composition, physical properties and phytochemical screening. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 41(1):359-341.
- Shafer DJ, Carey JB, Prochaska JF. 1996. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. *Poult Sci.* 75(9):1080–1085. eng. doi:10.3382/ps.0751080.
- Shafer DJ, Carey JB, Prochaska JF, Sams AR. 1998. Dietary methionine intake effects on egg component yield, composition, functionality, and texture profile analysis. *Poult Sci.* 77(7):1056–1062. eng. doi:10.1093/ps/77.7.1056.
- Smith D, Lyle S, Berry A, Manning N, Zaki M, Neely A. 2015. Internet of Animal Health Things (IoAHT) Opportunities and Challenges. [sin lugar]: Centre for Digital Innovation, Zoetis. en.
- Williams KC. 1992. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal.* 48(1):5–16. doi:10.1079/wps19920002.
- Zaviezo D. 2022. Puntos críticos en la nutrición de gallinas ponedoras.: Congreso Nacional en Nutrición Animal y Producción Industrial de Alimentos Balanceados. aviNews; [consultado el 4 de jul. de 2022]. <https://avinews.com/gallinas-ponedoras-actuales-puntos-criticos-nutricion/>.