

Universidad Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Evaluación de dos diferentes niveles de energía con inclusión de una fuente
de cromo orgánico en parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas
ponedoras Dekalb® White**

Estudiante
Samuel Abudinen Velarde

Asesores
Patricio E. Paz, Ph.D.
Rogel Castillo, M.Sc.

Honduras, julio de 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexo.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Materiales y Métodos	11
Ubicación del Estudio.....	11
Desempeño Productivo.....	12
Calidad de Huevo	12
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	12
Resultados y Discusión.....	14
Conclusiones	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22
Anexo	25

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales utilizados en la evaluación de parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas ponedoras Dekalb® White de 30 semanas de edad con inclusión de CO ± 5% EM	11
Cuadro 2 Evaluación de dos diferentes niveles de energía con inclusión de una fuente de cromo orgánico en parámetros productivos en gallinas ponedoras Dekalb® White.....	14
Cuadro 3 Evaluación de dos diferentes niveles de energía con inclusión de una fuente de cromo orgánico en calidad de huevo en gallinas ponedoras Dekalb® White en la semana 3 y 6 del experimento.....	17

Índice de Anexo

Anexo A Composición de Premezcla de Vitaminas y Minerales por kg.....	25
---	----

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de dos niveles diferentes de energía metabolizable (EM), con inclusión de cromo orgánico (CO), en los parámetros productivos y la calidad del huevo en gallinas ponedoras Dekalb® White. Un total de 315 gallinas, distribuidas en tres tratamientos y cinco repeticiones: dieta control, dieta con un incremento del 5% en EM y CO, y dieta con una reducción del 5% en EM y CO. Los parámetros evaluados fueron el consumo de alimento/ave, el peso vivo/ave, intensidad de puesta y la calidad del huevo. Se usó un diseño completamente al azar y se realizó la prueba Kruskal – Wallis con el programa JMP® Pro-18. Los resultados mostraron que la inclusión de CO + 5% de EM redujo el consumo de alimento ($P \leq 0.05$) frente al tratamiento control y tratamiento con inclusión de CO -5% EM. El tratamiento control con inclusión de CO -5% de EM incrementó la postura ($P \leq 0.05$) frente al tratamiento con inclusión de CO +5% de EM. Para el peso vivo/ave el tratamiento control mostró los mejores valores ($P \leq 0.05$) frente al tratamiento con inclusión de CO +5% de EM. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la calidad del huevo entre los tratamientos a lo largo del experimento. La inclusión de CO con +5% EM afectó los parámetros productivos sin causar un impacto en la calidad de huevo.

Palabras clave: Cromo, energía metabolizable, ponedoras.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the impact of two different levels of metabolizable energy (ME), with the inclusion of organic chromium (CO), on the productive performance and egg quality in Dekalb® White laying hens. A total of 315 hens were distributed among three treatments and five replicates: control diet, diet with a 5% increase in metabolizable energy (ME) and CO, and diet with a 5% reduction in ME and CO. The parameters evaluated were feed intake/bird, body weight/bird, laying intensity, and egg quality. A completely randomized design was used, and the Kruskal – Wallis test was performed with the JMP® Pro-18 program. The results showed that the inclusion of CO +5% ME reduced feed intake ($P \leq 0.05$) compared to the control treatment and the treatment with CO -5% ME inclusion. The control treatment with CO -5% ME inclusion increased egg production ($P \leq 0.05$) compared to the treatment with CO +5% ME inclusion. For body weight/bird, the control treatment showed the best values ($P \leq 0.05$) compared to the treatment with CO +5% ME inclusion. However, no differences in egg quality were found between the treatments throughout the experiment. The inclusion of CO with +5% ME affected the productive parameters without causing an impact on egg quality.

Keywords: Hens, metabolize energy, organic chromium.

Introducción

La avicultura es una de las industrias pecuarias con más rápido crecimiento en el mundo. Proporciona una gran cantidad de proteína animal de alta calidad (carne y huevo) para consumo humano (Guerrero-Legarreta, 2010). La producción de huevos es un gran ejemplo de adaptación frente a los cambios importantes que se han producido en el sector avícola en respuesta a las exigencias por parte del consumidor. Actualmente existe una fuerte presión de los consumidores por el consumo de una proteína animal saludable y sostenible (Hafez y Attia, 2020).

Segun Zaheer (2015), el consumo mundial de huevos se ha triplicado en los últimos 40 años debido al aumento de la población y el fácil acceso a esta proteína animal. El huevo es una importante fuente de proteína, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, antioxidantes y otros componentes importantes para la nutrición humana. Además, debido al alto valor biológico, casi todo el contenido nutricional del huevo es aprovechado por el organismo (Lee et al., 2016).

A pesar del incremento en el consumo de esta proteína, la industria avícola enfrenta desafíos importantes hoy en día (Korver, 2023). El crecimiento poblacional en el mundo, la disponibilidad y el costo de las materias primas, la industria avícola y principalmente el sector del huevo, se ve obligado a buscar alternativas para hacer más eficiente los sistemas de producción (Vlaicu et al., 2024). El uso de aditivos alimentarios para mejorar la eficiencia en producción de huevos, mejorar la salud intestinal, y hacer más eficiente la utilización de los nutrientes en el alimento, es una opción para abordar estos desafíos (Pirgozliev et al., 2019).

Se considera que la energía es uno de los componentes más importantes dentro de la alimentación avícola, pero desde el punto de vista de costos y disponibilidad, se vuelve un factor limitante dentro de la producción (Lukaski, 1999). El contenido de energía en las dietas determina la cantidad de alimento consumido, incluyendo la cantidad de proteína, minerales, y vitaminas que contiene el alimento (Ahmed et al., 2005). Los carbohidratos y los lípidos son las principales fuentes de energía en la dieta. Para maximizar el crecimiento, el índice de conversión alimenticia y buenos

consumos de alimento es importante el buen aprovechamiento de la energía por parte del animal (Lyons et al., 2023).

El cromo es un mineral importante que desempeña un papel crucial en el metabolismo de la energía por acción de la insulina (Wang et al., 2022). Cada vez más se evidencia que el cromo proporciona beneficios a la salud y mejora la producción en gallinas ponedoras (Khan et al., 2014). Las formas de cromo más comunes utilizadas como suplemento dietético en las dietas para aves son picolinato de cromo (CrPic), nicotinato de cromo (CrNic), propionato de cromo (CrPro), cromo unido a levadura (Levadura Cr). Siloto et al. (2021) observaron efectos beneficios sobre los indicadores de producción de huevo, eficiencia alimenticia y calidad de huevo cuando se agregó CrPic a las dietas en gallinas ponedoras. Según Ma et al. (2014), la suplementación de CrPro mejoró la producción de huevos y el grosor de cáscara en gallinas ponedoras durante el último ciclo de producción.

En la producción avícola el exceso de energía en las dietas puede afectar la producción de huevos (Costa et al., 2009). En un estudio realizado por Harms et al. (2000) observaron que las gallinas alimentadas con dietas de mayor energía producen huevos más pesados. Por otra parte, el nivel de energía puede afectar significativamente el costo de producción, ya que al aumentar los niveles de energía mediante la adición de grasa puede disminuir considerablemente la ingesta del alimento, aumentar el peso del huevo y mejorar la conversión alimenticia. La energía en sí misma no es un nutriente, sino una propiedad que los nutrientes pueden proporcionar, principalmente a través de carbohidratos, lípidos y proteínas.

Hay pocos estudios en referencia a la asociación entre la adición de cromo y los niveles de energía en las dietas de aves de corral. Teniendo en cuenta el papel del cromo en el metabolismo de la energía a través de la acción de la insulina, se puede plantear la hipótesis de que la adición de cromo orgánico aumentará la utilización de la energía de la dieta, y por tanto mejorará o incluso mantendrá los niveles de producción (Ahmed et al., 2005). Es por esta razón, que esta investigación tiene como objetivos, evaluar el impacto de dos diferentes niveles de energía con inclusión de una fuente de

como orgánico en los parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas ponedoras Dekalb®
White.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

Este estudio se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del año 2024, en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental se encuentra a una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio de 25 °C y una precipitación promedio de 1100 mm anual. En el Cuadro 1 se presenta la composición de las dietas utilizadas, tanto en ingredientes como en los aportes nutricionales de las mismas.

Cuadro 1

Ingredientes y aportes nutricionales utilizados en la evaluación de parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas ponedoras Dekalb® White de 30 semanas de edad con inclusión de CO \pm 5% EM

Ingredientes	Control	Control +5% EM + CO 50 g/ton	Control -5% EM + CO 50 g/ton
Harina de maíz	56.60	53.575	59.565
Aceite de palma africana	3.50	6.00	1.00
Harina de soya	27.50	28.00	27.00
Carbonato de calcio	9.60	9.60	9.60
Biofos	1.76	1.78	1.77
Prebiótico	0.05	0.05	0.05
L-lisina	0.05	0.05	0.06
L-triptófano	0.03	0.03	0.03
DL-metionina	0.30	0.30	0.29
Sal común	0.36	0.36	0.36
Premezcla de vitaminas y minerales ¹	0.25	0.25	0.25
Cromo orgánico	0.00	0.005	0.005
Total	100.00	100.00	100.00
Costo total/tm US\$	528.95	541.49	517.15
<i>Aportes nutricionales</i>			
EM, kcal/kg	2900	3045	2760
PC, %	17.60	17.60	17.60
Ca, %	4.10	4.10	4.10
P, %	0.48	0.48	0.48
Lisina, %	0.98	0.98	0.98
Metionina + cistina, %	0.86	0.86	0.86
Treonina, %	0.67	0.67	0.67
Triptófano, %	0.23	0.23	0.23

Nota. La composición de la premezcla de vitaminas y minerales se encuentra en el anexo A. CO: Cromo orgánico; EM: Energía

Metabolizable.

Desempeño Productivo

Todos los huevos se cosecharon manualmente a diario, la primera cosecha se realizó a las 9:30 am y la segunda cosecha se realizó a las 2:30 pm. Se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. Se registró el número de huevos, peso de huevo y el consumo de alimento desde el primer hasta el último día del periodo experimental. Se calculó el consumo de alimento diario (g/día), índice de postura (%), peso del huevo (g) y se presentaron como promedios para todo el periodo experimental.

Calidad de Huevo

Se seleccionaron 30 huevos al azar de cada tratamiento y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevos del Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, para realizar el análisis de calidad el mismo día de la cosecha. Se utilizó el software Eggware® v4x y un analizador automático TSS EggQuality® (York, Inglaterra).

El peso del huevo se midió utilizando una balanza digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de ± 0.1 g. La resistencia a la ruptura de la cascara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra). Para medir el grosor de la cascara (polo medio) se midió con un micrómetro Mitutoyo® (Tokio, Japón) con precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad interna, se midió la altura del albumen mediante un indicador de albumen QHC® con una precisión ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con microprocesador QCM+® (York, Inglaterra), teniendo en cuenta el peso del huevo y la altura del albumen. El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico QCC® (York, Inglaterra).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Para la investigación, se utilizaron un total de 315 gallinas ponedoras Dekalb® White de 30 semanas de edad. Las aves fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres tratamientos experimentales, cada uno con cinco repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales, con tres jaulas por unidad experimental con 7 aves/jaula. Los tratamientos experimentales consistieron en el aumento/disminución del 5% de energía metabolizable con inclusión de una fuente de cromo orgánico a razón de 50 g/t de alimento. El Cuadro 1, detalla la dieta control la cual se formuló para

satisfacer los requerimientos nutricionales de gallinas ponedoras Dekalb® White de 30 semanas. Las gallinas se alojaron en jaulas de batería (61 × 54 × 36 cm) con bebederos tipo niple y comederos de canal, el agua y el alimento se suministró *ad libitum*. El programa de iluminación dentro del galpón fue de 16:8 horas. Los tratamientos utilizados fueron:

T1: Dieta Control

T2: Dieta control + 5% energía metabolizable + cromo orgánico 50 g/t

T3: Dieta control - 5% energía metabolizable + cromo orgánico 50 g/t

Los datos se procesaron en un programa estadístico JMP® Pro 18, la normalidad de los datos se comprobó con la prueba de Shapiro-Wilk; el análisis de datos productivos se realizó mediante la prueba LSMeans con medidas repetidas en el tiempo y el análisis de los datos se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis con una separación de medias Wilcoxon. El valor de la probabilidad se estableció en $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Desempeño Productivo

Los efectos de incremento y disminución del 5% de energía metabolizable con inclusión de una fuente de cromo orgánico a razón de 50 g/t de alimento sobre los parámetros productivos se presentan en el Cuadro 2. Se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) en las tres variables analizadas, consumo alimento por ave, peso vivo por ave e intensidad de puesta. En comparación con el grupo control, una disminución del 5% de energía metabolizable con inclusión de cromo orgánico a razón de 50 g/t incrementó el consumo de alimento y un incremento del 5% de energía metabolizable con inclusión de cromo orgánico a razón de 50 g/t de alimento disminuyó el consumo de alimento ($P \leq 0.05$). Por otra parte, el peso vivo del ave y la intensidad de puesta muestran diferencias ($P \leq 0.05$) frente al tratamiento control.

Cuadro 2

Evaluación de dos diferentes niveles de energía con inclusión de una fuente de cromo orgánico en parámetros productivos en gallinas ponedoras Dekalb® White

Tratamientos	Consumo de alimento/ave (g)	Peso vivo/ave (kg)	Intensidad de puesta (%)
Control	99.02 ^b	1.58 ^a	95.60 ^a
Control + 5% EM + 50 g/t CO	95.83 ^c	1.55 ^b	92.89 ^b
Control - 5% EM + 50 g/t CO	100.04 ^a	1.53 ^c	96.42 ^a
EE±	0.2332	0.0110	0.0034
Valor P	<0.0001	<0.0001	0.0080

Nota. EM = Energía metabolizable, CO = Cromo orgánico

Las gallinas ponedoras consumen alimento para satisfacer sus necesidades energéticas, por lo que un aumento del contenido de energía en la dieta debería reducir la ingesta de alimento (Hill et al., 1956). En esta investigación, un incremento del 5% de energía metabolizable resultó en una reducción del 3.22% de consumo de alimento frente al tratamiento control. En estudios realizados por Bouvarel et al. (2010) y Grobas et al. (2001), se demostró que un aumento del contenido de energía disponible en la dieta de 2,750 a 3,050 de EM/kg redujo un 4.7% de consumo de alimento, lo que se traduce en un aumento de la ingesta energética del 5.8%.

El incremento del contenido de energía en la dieta generalmente se logra subiendo la cantidad de grasa y la grasa suplementaria por lo general resulta en una mayor ingesta de energía, probablemente debido a una menor formación de polvo y mayor palatabilidad.

Contrario con los resultados obtenidos en este estudio, Grobas et al. (1999) reportó que la energía metabolizable no muestra un efecto significativo en el consumo de alimento. Lo que discrepa de los resultados obtenidos en esta investigación, ya que si se observaron diferencias en el consumo de alimento.

Además, gallinas Leghorn blancas, que sirvieron como base genética para la creación de Dekalb® White, alimentadas con diferentes niveles de energía desde 2,350 a 2,600 kcal/kg, y gallinas marrones desde 2,650 a 2,850 kcal/kg demostraron diferencias en los parámetros productivos (Rama Rao et al., 2011)

Referente a la variable de peso vivo, este estudio reporta que las gallinas ponedoras Dekalb® White, alimentadas con diferentes niveles de energía y una fuente de cromo orgánico a razón de 50 g/t, experimentaron una disminución significativa en el peso vivo frente al tratamiento control.

Investigaciones previas, como la de Wu et al. (2005), demostraron que incrementos en la energía metabolizable de 2724 kcal/kg a 2963 kcal/kg no tuvieron efectos en el peso vivo de las aves. Además Yildiz et al. (2004), afirman que la suplementación de cromo a razón de 0.25, 0.5, 0.75 y 1 mg/kg no influyó en las variables de peso vivo en codornices suplementadas con cromo.

El estudio de Ribeiro et al. (2014) muestra que una dieta con niveles de energía inadecuados puede llevar a una disminución en el peso corporal, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación. Ya que, en esta investigación no se logró ver aumento de peso en los tratamientos con inclusión de cromo orgánico con diferentes niveles de energía, en especial el tratamiento con una disminución de energía del 5%. La concentración nutricional del alimento es fundamental en la industria avícola, ya que afecta tanto el rendimiento en la producción de huevo y la rentabilidad de la granja (Kim y Kang, 2022).

Referente a la variable de intensidad de puesta, el tratamiento con una reducción del 5% de energía metabolizable con adición de cromo orgánico a razón de 50 g/t y el tratamiento control muestran los mejores valores de intensidad de puesta frente al tratamiento con un incremento del 5% de energía metabolizable con inclusión de cromo orgánico a razón de 50 g/t.

Yu et al. (2009) informaron en un estudio que la producción y el peso del huevo muestran valores mayores en gallinas alimentadas con dietas de 2800 kcal/kg de EMAN/kg (Energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno) que en gallinas alimentadas con dietas de 3080 y 3360 kcal de EMAN/kg.

Abd el Aziz et al. (2019) demostraron que, los grupos de ponedoras alimentadas con dietas bajas en energía con ambas fuentes de cromo (cromo orgánico: cromo – levadura; cromo inorgánico: CrCl_3) aumentaron significativamente la producción de huevo en comparación con el grupo alimentados con dietas bajas en energía, un 18.84% y un 15.71%, respectivamente.

Ahmed et al. (2005) demostraron que la adición de cromo en la dieta de las aves de corral puede aumentar la utilización de la energía metabolizable mediante la estimulación de la acción de la insulina, y por lo tanto, podría ayudar a mantener la producción de huevo, incluso si el nivel de energía metabolizable es bajo. Amatya et al. (2004) indican que la suplementación de cromo mejora la metabolización de los nutrientes orgánicos.

Calidad de Huevo

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del experimento, correspondientes al análisis de calidad del huevo en la semana tres y seis del estudio. A pesar del tiempo transcurrido durante el experimento, el aumento o disminución del 5% en la energía metabolizable y la inclusión de 50 g/t de una fuente de cromo orgánico en la dieta no mostraron cambios significativos en el análisis de calidad del huevo.

Cuadro 3

Evaluación de dos diferentes niveles de energía con inclusión de una fuente de cromo orgánico en calidad de huevo en gallinas ponedoras Dekalb® White en la semana 3 y 6 del experimento

Tratamientos	Peso de Huevo (g)	Altura del Albumen (mm)	Unidades Haugh (UH)	Resistencia a Fractura (g)	Color de Yema (CY)	Grosor de Cáscara (mm)
Semana 3						
Control	60.14	10.12	99.62	5391.23	2.8	0.38
Ctrl+5% EM+50g/t CO	59.96	10.28	100.45	5456.1	2.97	0.36
Ctrl-5% EM+50g/t CO	59.21	10.08	99.56	5421.07	2.9	0.37
EE±	0.4829	0.0971	0.4583	86.97	0.058	0.0055
Valor P	0.5939	0.4311	0.474	0.8475	0.2653	0.1091
Semana 6						
Control	60.08	9.9	98.7	5469.17	2.67	0.3572
Ctrl+5% EM+50g/t CO	58.97	9.37	96.22	5696.9	2.7	0.3577
Ctrl-5% EM+50g/t CO	59.71	9.57	96.99	5831,60	2.63	0.3486
EE±	0.5183	0.1395	0.6472	111.12	0.0851	0.0057
Valor P	0.3882	0.1389	0.1536	0.1395	0.9034	0.8326

Nota. Ctrl = Control, EM = Energía metabolizable, CO = Cromo orgánico

La calidad externa e interna del huevo es un aspecto fundamental en la industria del huevo, ya que influye directamente en la aceptación del producto por parte del consumidor final y, consecuentemente, en la rentabilidad del negocio. Existen diversos factores que pueden afectar la calidad del huevo, incluyendo la nutrición de las aves, las condiciones de manejo y el ambiente. Entre los componentes nutricionales de la dieta, la energía metabolizable (EM) y la proteína cruda (PC) son cruciales, ya que proporcionan los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de los huevos.

Referente a la variable de peso del huevo, un estudio realizado por Jalal et al. (2006) no mostró diferencias significativas en aves alimentadas con diferentes niveles de energía en sistema de producción en jaula. Además, el peso del huevo no se vio influenciado por la concentración de energía en las dietas de acuerdo con un estudio reportado por Grobas et al. (1999a). Estos resultados coinciden con los resultados de este estudio, ya que no se observaron diferencias significativas con relación a la variable de peso del huevo en ninguno de los tratamientos. Alimentar con niveles de energía inadecuados puede reflejarse en una baja producción de huevos y peso corporal, así como en una peor calidad del huevo. Niveles inadecuados de energía pueden sin lugar afectar el tamaño, peso, producción y calidad del huevo. Podemos observar en esta investigación que una disminución o

incremento del 5% de energía metabolizable no genera un impacto significativo en las variables de calidad de huevo, esto puede deberse a que el cromo puede ayudar a que las células respondan mejor a la insulina, lo que permite una mayor captación de glucosa por parte del ave. La glucosa es fundamental para la producción de huevo, ya que es una de las principales fuentes de energía para la célula.

La correcta utilización de los nutrientes, principalmente de la proteína, genera un efecto crucial para los valores de altura del albumen y las unidades Haugh. Un cambio en los valores de energía metabolizable puede afectar el consumo de alimento y consecuentemente afecta la ingesta de aminoácidos necesarios para la formación de proteínas que forman parte del albumen.

La altura del albumen y las unidades Haugh se utilizan para determinar la calidad del huevo. Resultados contradictorios han aparecido en los estudios sobre los efectos de la suplementación con cromo en las unidades Haugh. En un estudio realizado por Sirirat et al. (2013), las unidades Haugh aumentaron para gallinas ponedoras suplementadas con 500 o 3,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de PicCr. Mathivanan y Selvaraj (2003) encontraron diferencias significativas en la variable de unidades Haugh, una suplementación de 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de PicCr incrementa el valor de las unidades Haugh. Por otra parte, Kang et al. (2018) determinaron que las unidades Haugh no fueron influenciadas por la inclusión de dietas con densidad energética y de nutrientes (2,700 o 2,800 kcal/kg AMEn). Un aumento de la energía metabolizable y de otros nutrientes (aminoácidos, Ca, P disponible) incrementó significativamente el peso del albumen, lo que resultó en un aumento significativo en el peso del huevo (Wu et al., 2007). Por otra parte, en otra investigación realizada por Junqueira et al. (2006) demostraron que la altura del albumen y las unidades Haugh no se vieron afectadas por los niveles de energía metabolizable. En este sentido, a pesar de que hubo una disminución del 5% de energía metabolizable no hubo un impacto negativo en la variable de altura del albumen y unidades Haugh, probablemente por un efecto mediado por la adición de cromo a la dieta.

Con relación al color de la yema tampoco se observan diferencias entre los tratamientos evaluados. Esto debido a que la energía y el cromo orgánico no tienen una relación directa con el

color de la yema. El color está influenciado por los pigmentos carotenoides principalmente xantofila y betacaroteno en la dieta. Estos son responsables del color amarillo y naranjas en la yema de huevo.

La relación entre los niveles de energía metabolizable y el calcio es vital para la salud de las gallinas ponedoras y la calidad de los huevos. Un equilibrio adecuado entre estos nutrientes asegura una buena calidad de la cáscara. Un estudio realizado por Jiang et al. (2013), demostraron que dietas altas en energía metabolizable tienen efectos negativos en la homeostasis metabólica del calcio y por ende en la absorción para la formación de la cascara. Un exceso de energía metabolizable en la dieta de gallinas ponedoras puede afectar negativamente la absorción de calcio ya que el metabolismo puede volverse menos eficiente y el equilibrio hormonal puede alterarse (Kleyn et al., 2021). Es posible que el cromo tenga un efecto positivo sobre la calidad del huevo principalmente. El cromo es capaz de mantener los parámetros relacionados con la absorción del calcio para la formación de la cáscara mediante la optimización de los nutrientes dentro de la dieta (Uyanik et al., 2002).

Conclusiones

La inclusión de cromo orgánico y la modificación de los niveles de energía metabolizable afectaron el consumo de alimento, el peso vivo y la intensidad de puesta en gallinas ponedoras.

La inclusión de cromo orgánico y las variaciones en los niveles de energía metabolizable no afectaron la calidad del huevo, tanto en la semana 3 como en la semana 6.

Recomendaciones

Adicionar dos tratamientos más con diferentes niveles de energía sin la adición de una fuente cromo orgánico.

Incluir fuentes y niveles diferente de cromo orgánico en las dietas para gallinas ponedoras.

Referencias

- Abd el Aziz, A., Abou-Shehema, B., El-deken, M. y Farag, M. (2019). Influence of chromium sources on performance of gimmizah chickens fed low metabolizable energy and crude protein diets. *Egyptian Poultry Science Journal*, 39(2), 423–442. <https://doi.org/10.21608/epsj.2019.35047>
- Ahmed, N., Haldar, S., Pakhira, M. C. y Ghosh, T. K. (2005). Growth performances, nutrient utilization and carcass traits in broiler chickens fed with a normal and a low energy diet supplemented with inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. *The Journal of Agricultural Science*, 143(5), 427–439. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005617>
- Amatya, J. L., Haldar, S. y Ghosh, T. K. (2004). Effects of chromium supplementation from inorganic and organic sources on nutrient utilization, mineral metabolism and meat quality in broiler chickens exposed to natural heat stress. *Animal Science*, 79(2), 241–253. <https://doi.org/10.1017/S135772980009010X>
- Bouvarel, Nys, Panheleux y Lescoat (2010). How hen's diet influences eggs quality. *INRA Production Animal*, 23, 167–182.
- Costa, F. G. P., Da Costa, J. S., Goulart, C. d. C., Figueiredo-Lima, D. F., Da Lima Neto, R. C. y Quirino, B. J. d. S. (2009). Metabolizable energy levels for semi-heavy laying hens at the second production cycle. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 38(5), 857–862. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500011>
- Grobas, S., Mendez, J., Blas, C. de y Mateos, G. G. (1999). Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poultry Science*, 78(11), 1542–1551. <https://doi.org/10.1093/ps/78.11.1542>
- Grobas, S., Méndez, J., Lázaro, R., Blas, C. de y Mateo, G. G. (2001). Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry Science*, 80(8), 1171–1179. <https://doi.org/10.1093/ps/80.8.1171>
- Guerrero-Legarreta, I. (2010). *Handbook of Poultry Science and Technology*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470504475>
- Hafez, H. M. y Attia, Y. A. (2020). Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 516. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00516>
- Harms, R. H., Russell, G. B. y Sloan, D. R. (2000). Performance of Four Strains of Commercial Layers With Major Changes in Dietary Energy. *Journal of Applied Poultry Research*, 9(4), 535–541. <https://doi.org/10.1093/japr/9.4.535>
- Hill, F. W., Anderson, D. L. y Dansky, L. M. (1956). Studies of the Energy Requirements of Chickens. *Poultry Science*, 35(1), 54–59. <https://doi.org/10.3382/ps.0350054>
- Jalal, M. A., Scheideler, S. E. y Marx, D. (2006). Effect of bird cage space and dietary metabolizable energy level on production parameters in laying hens. *Poultry Science*, 85(2), 306–311. <https://doi.org/10.1093/ps/85.2.306>
- Jiang, S., Cui, L., Shi, C., Ke, X., Luo, J. y Hou, J. (2013). Effects of dietary energy and calcium levels on performance, egg shell quality and bone metabolism in hens. *Veterinary Journal (London, England : 1997)*, 198(1), 252–258. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.07.017>

- Junqueira, O. M., Laurentiz, A. C. de, Da Silva Filardi, R., Rodrigues, E. A. y Casartelli, E. M. C. (2006). Effects of Energy and Protein Levels on Egg Quality and Performance of Laying Hens at Early Second Production Cycle. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(1), 110–115. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.110>
- Kang, H. K., Park, S. B., Jeon, J. J., Kim, H. S [Hyun Soo], Park, K. T., Kim, S. H., Hong, E. C. y Kim, C. H. (2018). Effect of increasing levels of apparent metabolizable energy on laying hens in barn system. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(11), 1766–1772. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0846>
- Khan, R. U., Naz, S., Dhama, K., Saminathan, M., Tiwari, R., Jeon, G. J., Laudadio, V. y Tufarelli, V. (2014). Modes of Action and Beneficial Applications of Chromium in Poultry Nutrition, Production and Health: A Review. *International Journal of Pharmacology*, 10(7), 357–367. <https://doi.org/10.3923/ijp.2014.357.367>
- Kim, C.-H. y Kang, H.-K. (2022). Effects of Energy and Protein Levels on Laying Performance, Egg Quality, Blood Parameters, Blood Biochemistry, and Apparent Total Tract Digestibility on Laying Hens in an Aviary System. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/ani12243513>
- Kleyn, F. J., Chrystal, P. V. y Ciacciariello, M. (2021). The Impact of Genotype and Age on Energy and Protein Utilization in Individually Housed Brown Laying Hens. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/ani11123508>
- Korver, D. R. (2023). Review: Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. *Animal : An International Journal of Animal Bioscience*, 17 Suppl 2, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755>
- Lee, J.-Y., Kang, S.-K., Heo, Y.-J., Shin, D.-W., Park, T.-E., Han, G. G., Jin, G.-D., Lee, H.-B., Jung, E., Kim, H. S [Hee Sung], Na, Y., Kim, E. B. y Choi, Y.-J. (2016). Influence of Flaxseed Oil on Fecal Microbiota, Egg Quality and Fatty Acid Composition of Egg Yolks in Laying Hens. *Current Microbiology*, 72(3), 259–266. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0946-z>
- Lukaski, H. C. (1999). Chromium as a supplement. *Annual Review of Nutrition*, 19, 279–302. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.19.1.279>
- Lyons, A. M., Granghelli, C. A. y Persia, M. E. (2023). Estimating energy utilization in laying hens: what are the best response criteria? *Journal of Applied Poultry Research*, 32(3), 100357. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100357>
- Ma, W., Gu, Y., Lu, J., Yuan, L. y Zhao, R. (2014). Effects of chromium propionate on egg production, egg quality, plasma biochemical parameters, and egg chromium deposition in late-phase laying hens. *Biological Trace Element Research*, 157(2), 113–119. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9875-5>
- Mathivanan, R. y Selvaraj, P. (2003). Influence of dietary chromium on egg production and quality parameters in layers. *Indian Journal of Poultry Science*, 38, 51.
- Pirgozliev, Vasil, Rose, Stephen, Ivanova y Sonya (2019). Feed additives in poultry nutrition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25, 8–11.
- Rama Rao, S. V., Ravindran, V., Srilatha, T., Panda, A. K. y Raju, M. (2011). Effect of dietary concentrations of energy, crude protein, lysine, and methionine on the performance of White Leghorn layers in the tropics. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(4), 528–541. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00355>

- Ribeiro, P. A., Matos Jr, J. B., Lara, L. J., Araújo, L. F., Albuquerque, R. y Baião, N. C. (2014). Effect of dietary energy concentration on performance parameters and egg quality of white leghorn laying hens. *Revista Brasileira De Ciência Avícola*, 16(4), 381–388. <https://doi.org/10.1590/1516-635X1604381-388>
- Siloto, E. V., Sartori, J. R., Santos, T. S. d., Fascina, V. B., Centenaro, L. P., Miranda, C. C. de, Testa, C. A. E. P. y Da Sartori, D. R. S. (2021). Effects of chromium yeast supplementation on productive and metabolic responses of laying hens fed diets containing different energy levels. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 50, Artículo e20200173. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200173>
- Sirirat, N., Lu, J.-J., Tsubg-Yu Hung, A. y Lien, T.-F. (2013). Effect of Different Levels of Nanoparticles Chromium Picolinate Supplementation on Performance, Egg Quality, Mineral Retention, and Tissues Minerals Accumulation in Layer Chickens. *Journal of Agricultural Science*, 5(2). <https://doi.org/10.5539/jas.v5n2p150>
- Uyanik, F., Kolsuz, A. H., Eren, M. y Ahýn, N. (2002). The Effect of Chromium Supplementation on Egg Production, Egg Quality and Some Serum Parameters in Laying Hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences.*, 26, 379–387.
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E. y Oancea, A. G. (2024). Sustainable Poultry Feeding Strategies for Achieving Zero Hunger and Enhancing Food Quality. *Agriculture*, 14(10), 1811. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101811>
- Wang, G., Li, X., Zhou, Y., Feng, J. y Zhang, M. (2022). Effects of Dietary Chromium Picolinate on Gut Microbiota, Gastrointestinal Peptides, Glucose Homeostasis, and Performance of Heat-Stressed Broilers. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/ani12070844>
- Wu, G., Bryant, M. M., Gunawardana, P. y Roland, D. A. (2007). Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial leghorn strains during phase one. *Poultry Science*, 86(4), 691–697. <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.691>
- Wu, G., Bryant, M. M., Voitle, R. A. y Roland, D. A. (2005). Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poultry Science*, 84(10), 1610–1615. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1610>
- Yildiz, A. Ö., Parlat, S. S. y Yazgan, O. (2004). The Effects of Organic Chromium Supplementation on Production Traits and Some Serum Parameters of Laying Quails. *Revue De Médecine Vétérinaire*, 155(12), 642–646.
- Yu, D.-J., Na, J.-C., Choi, H.-C., Bang, H.-T., Kim, S.-H., Kang, G.-H., Kang, H.-K. y Suh, O.-S. (2009). Effects of Varying Levels of Dietary Metabolizable Energy and Crude Protein on Performance and Egg Quality of Organic Laying Hens. *Korean Journal of Poultry Science*, 35(4), 367–373. <https://doi.org/10.5536/KJPS.2009.35.4.367>
- Zaheer, K. (2015). An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health. *Food and Nutrition Sciences*, 06(13), 1208–1220. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.613127>

Anexo

Anexo A

Composición de Premezcla de Vitaminas y Minerales por kg

Nutriente	Cantidad por kg (UI/mg)
Vitamina A	6,600,000.00 UI/kg
Vitamina E	10,000.00 UI/kg
Vitamina D3	2,600,000.00 UI/kg
Vitamina B1	1,000.00 mg/kg
Vitamina B2	3,600.00 mg/kg
Vitamina B6	1,800.00 mg/kg
Ácido pantoténico	4,600.00 mg/kg
Vitamina K3	1,300.00 mg/kg
Vitamina B12	9.00 mg/kg
Niacina	16,000.00 mg/kg
Ácido fólico	180.00 mg/kg
Manganeso	46,000.00 mg/kg
Hierro	33,000.00 mg/kg
Zinc	43,000.00 mg/kg
Cobre	6,600.00 mg/kg
Yodo	750.00 mg/kg
Selenio	150.00 mg/kg
Cobalto	60.00 mg/kg
Excipientes C.S. P	1.00 kg