

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



Proyecto Especial de Graduación
**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®**

Estudiantes

Carlos Benjamín Guerra Fuentes

Ronaldo Andre Zometa Herrarte

Asesores

Yordan Martínez, D. Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, Julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO, M.SC

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	9
Sitio de Estudio y Condiciones Geo-climáticas	9
Animales, Tratamientos y Dietas	9
Condiciones Experimentales.....	10
Desempeño Productivo	11
Calidad del Huevo	11
Análisis Estadísticos	12
Resultados y Discusión.....	13
Recomendaciones.....	25
Referencias	26

Índice de Cuadros

Cuadro 1 <i>Cuadro de Tratamientos</i>	9
Cuadro 2 <i>Ingredientes y aportes nutricionales de la dieta</i>	10
Cuadro 3 <i>Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® (60-70 semanas)</i>	13
Cuadro 4 <i>Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de (65 semanas)</i>	16
Cuadro 5 <i>Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de (70 semanas)</i>	20

Resumen

El huevo de gallina juega un papel importante en la alimentación humana ya que es una fuente proteica de alto valor nutricional y su costo es de los más baratos. Para la producción de los mismos, mantenimiento y buena calidad del cascarón es esencial el calcio en las gallinas de postura. Además, la adición de ácido propiónico en la dieta, que contribuye al mantenimiento de la biota intestinal de las aves; también dificulta la proliferación de microorganismos patógenos. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la interacción de diferentes granulometrías de carbonato de calcio y ácido propiónico en el desempeño productivo y calidad del huevo de la gallina ponedora Hy-Line Brown® de 60 semanas de edad. Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con ocho tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento y 5 aves por repetición. Los tratamientos y granulometrías de calcio mostraron diferencias notables ($P \leq 0.05$) en la intensidad de puesta, siendo la proporción del 60:40 (grueso: fino) el de mejor resultado. De igual forma una mayor ingesta de calcio grueso provocó un incremento ($P \leq 0.05$) del peso del huevo. Además, los tratamientos experimentales y la interacción de granulometría de calcio x ácido propiónico ($P \leq 0.05$) influyeron en el color de la yema. El uso de una mayor proporción de calcio grueso (2-4 mm) incrementó el peso del huevo y grosor de la cáscara, resistencia a la ruptura del huevo y color de la yema, este último indicador interaccionado con el ácido propiónico.

Palabras claves: Calcio, calidad del huevo, desempeño productivo, gallinas ponedoras, tratamiento.

Abstract

Hen eggs play an important role in human nutrition because they are a protein source of high nutritional value and are among the cheapest. For egg production, maintenance and good shell quality, calcium is essential in laying hens. In addition, the addition of propionic acid in the diet, which contributes to the maintenance of the intestinal biota of the birds, also hinders the proliferation of pathogenic microorganisms. The objective of the study was to evaluate the effect of the interaction of different granulometries of calcium carbonate and propionic acid on the productive performance and egg quality of the 60-week-old Hy-Line Brown®-laying hen. A completely randomized design with eight treatments, 10 replicates per treatment and 5 birds per replicate was used. Treatments and calcium grading showed notable differences ($P \leq 0.05$) in laying intensity, with the 60:40 (coarse: fine) ratio being the best performing. Similarly, a higher intake of coarse calcium caused an increase ($P \leq 0.05$) in egg weight. In addition, the experimental treatments and the calcium x propionic acid particle size interaction ($P \leq 0.05$) influenced yolk color. The use of a higher proportion of coarse calcium (2-4 mm) increased egg weight and shell thickness, egg breakage resistance and yolk color, the latter indicator interacted with propionic acid.

Keywords: Calcium, Egg quality, production performance, laying hens, treatment

Introducción

La avicultura a lo largo de muchos años ha venido creciendo exponencialmente, siendo una de las ramas de mayor importancia en la obtención de alimento diario. Las aves de corral, en el mundo rural en particular, son esenciales para la subsistencia de muchos agricultores de escasos recursos, puesto que a menudo es el único activo que poseen. Este tipo de ave representa aproximadamente el 80 % de las poblaciones de aves de corral en los países con déficit de alimentos, de bajos ingresos y contribuye de forma significativa a la mejora de la nutrición humana, mediante el suministro de alimentos de carne y huevos, con nutrientes y micronutrientes de alta calidad (FAO 2013). Las gallinas son aves de corral y fuente de proteína. De tal manera, es importante conocer varios aspectos sobre las gallinas ponedoras, también llamadas aves de postura (Pérez 2021).

Dentro del sector avícola, en los países desarrollados, la producción para obtener huevos es intensivo y las aves se crían en jaulas, bien por separados o en grandes grupos. Los métodos de producción intensiva incluyen el confinamiento de las aves de corral en jaulas, lo que les permite abaratar costos de producción (Ricaurte 2006). De igual forma, se encuentran una amplia variedad de aves de postura las cuales se diferencian por líneas y razas. Una de las más importantes son las Hy-line Brown®, estas son aves de postura cuya producción de huevos se caracteriza por su pigmentación marrón oscuro. Sin embargo, cada gallina produce más de 467 huevos color marrón oscuro hasta las 100 semanas de edad, según lo menciona la guía de manejo de Hy-line Brown®. Estas características combinadas con una eficiencia alimenticia sin igual, con la mejor calidad interior del huevo en el mercado y con una excelente viabilidad le dan a la Hy-line Brown® el balance perfecto.

Por esa razón, el calcio es fundamental en las aves de postura, ya que este mineral es uno de los elementos necesarios para el mantenimiento, producción de huevo y buena calidad del cascarón. Además, es el componente inorgánico más abundante del esqueleto y toma parte en su formación y mantenimiento; y es importante en muchas otras funciones biológicas como la coagulación de la sangre, activador y desactivador de enzimas, en la transmisión de los impulsos nerviosos y en la

secreción de hormonas (García 2016). Por otro lado, es de suma importancia la granulometría del calcio en la alimentación, ya que la misma está relacionada con la biodisponibilidad y absorción intestinal (Vera et al. 2012). Las diferentes fuentes de calcio influyen en la liberación lenta en las gallinas ponedoras y permite que estas partículas sean retenidas en la molleja y este calcio sea solubilizado y asimilado lentamente para que en el momento de calcificación la gallina no dependa exclusivamente del calcio proveniente del hueso medular ((Cuca et al. 2007).

En los últimos años en la nutrición avícola se da la tendencia de la implementación de los ácidos orgánicos para reemplazar a los antibióticos promotores de crecimiento (APC). Existe evidencia de que éstos mejoran algunos indicadores del rendimiento productivo de las gallinas, entre ellos la calidad externa e interna del huevo ((Alvarez et al. 2020) . De igual forma, el uso de ácidos orgánicos en la alimentación de las aves, contribuye al mantenimiento de la integridad y estabilidad de la microbiota intestinal; además, dificulta la proliferación de microorganismos patógenos, ayuda a prevenir la aparición de enfermedades y a mejorar el rendimiento productivo ((Ángel Isaza et al. 2019). El objetivo del presente estudio fue: Evaluar el efecto de la interacción de diferentes granulometrías de carbonato de calcio y ácido propiónico en el desempeño productivo y calidad del huevo de la gallina ponedora Hy-Line Brown® de 60 semanas de edad.

Materiales y Métodos

Sitio de Estudio y Condiciones Geo-climáticas

El presente estudio se realizó 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 tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio que oscila en los 26 °C.

Animales, Tratamientos y Dietas

Un total de 400 gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de 60 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, ocho tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento y 5 aves por repetición. Los tratamientos fueron los siguientes:

Cuadro 1

Cuadro de Tratamientos.

Tratamiento	Ca Grueso (2-4mm)	Ca Fino (0.85-2mm)	Ácido Propiónico
T1	60%	40%	
T2	65%	35%	
T3	70%	30%	
T4	75%	25%	
T5	60%	40%	0.03%
T6	65%	35%	0.03%
T7	70%	30%	0.03%
T8	75%	25%	0.03%

Cuadro 2*Ingredientes y aportes nutricionales de la dieta.*

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	60:40	65:35	70:30	75:25	60:40P	65:35P	70:30P	75:35P
Consumo de alimento g/d/ave	120	120	120	120	120	120	120	120
Harina de maíz	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66
Harina de soya	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09	25.09
Cloruro de colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Aceite de palma	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Premezcla Vit+Min ¹	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Sal común	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Biofos [®]	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69
Carbonato de calcio fino	3.82	3.34	2.86	3.82	3.82	3.34	2.86	3.82
Carbonato de calcio grueso	5.73	6.21	6.69	7.16	5.73	6.21	6.69	7.16
Cocciostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mycofix plus 5.0 [®]	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
DL-metionina	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
L-lisina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
L-treonina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Aportes								
EM, kcal/kg	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
PC, %	17	17	17	17	17	17	17	17
P disponible, %	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Ca, %	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Lisina, %	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Met+Cyst, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Treonina, %	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Triptófano, %	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras estuvieron alojadas en un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 x 36 cm, con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se les suministró *ad-libitum* en un bebedero de galón por corral y el consumo de alimento se restringió a 120 g/ave. Se les suministraron 16 horas de luz por cada día y no se empleó ninguna atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental.

Desempeño Productivo

Para evaluar el desempeño productivo se consideraron cinco componentes: 1) intensidad de puesta, 2) peso del huevo, 3) huevos sucios, 4) consumo diario de alimento, 5) conversión masal. El peso del huevo se determinó en todas las semanas experimentales. Se recolectaron 30 huevos de cada tratamiento entre las 08:30 a 09:30 am y posteriormente se pesaron en una balanza técnica digital SARTORIUS modelo BL 1500 con precisión ± 0.1 g y se calculó el peso promedio. El consumo de alimentos se midió diariamente por el método de oferta y rechazo. 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 los huevos sucios, se recolectaron los huevos sucios de cada tratamiento y se calculó un promedio de huevos sucios /tratamiento/semana. La conversión masal se calculó a partir del alimento consumido, el peso del huevo por repetición y el número de huevos puestos.

Calidad del Huevo

En las semanas 65 y 70 se recolectaron 30 huevos por tratamiento y se determinó la calidad externa e interna del huevo en el laboratorio de calidad del huevo en el Centro de Enseñanza e Investigación Avícola 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. La unidad Haugh se calculó con la fórmula $HU = 100 * \log(H + 1.7W^{0.37} + 7.6)$; donde HU es la unidad Haugh, H es la altura de la albúmina y W es el 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.

Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza con factores fijos (granulometría de calcio y ácido propiónico) según un diseño factorial completo (4x2) en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se utilizó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan. El porcentaje de huevo no aptos se determinó por comparación de proporciones. También, se realizó una interacción para la granulometría del calcio y el empleo de ácido propiónico.

Resultados y Discusión

El cuadro 3 muestra el efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en el desempeño productivo de gallinas ponedoras de (60-70 semanas de edad). El peso del huevo, consumo de alimento y conversión masal no indicaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, la intensidad de puesta mostró diferencias notables para los tratamientos y granulometría de calcio ($P \leq 0.05$), siendo el T1 (60:40) y T5(60:40P) los que presentaron los mejores resultados en comparación al T8(75:25P) y T4(75:25P). Destacar, que el tratamiento con 60:40 (grueso: fino) tuvo una mayor producción de huevo que las proporciones 75:25 (grueso: fino). Además, la adición de ácido propiónico no tuvo un efecto marcado en los indicadores medidos. También, el T7(70:30P) mostró el mayor porcentaje de huevos sucios ($P = 0.031$) comparado con T4 (75:25) con la menor cantidad de huevo sucios.

Cuadro 3

Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® (60-70 semanas).

Tratamientos	Indicadores experimentales				
	IP, %	PH, g	HS, %	CA, g	CM, Kg/Kg
T1-60:40	87.41 ^a	62.70	12.90 ^{abc}	116.51	2.12
T2-65:35	83.91 ^{bcd}	63.04	10.50 ^{bc}	115.51	2.17
T3-70:30	84.42 ^{abc}	61.96	14.30 ^b	114.94	2.22
T4-75:25	82.90 ^{cd}	63.46	9.60 ^c	115.72	2.22
T5-60:40P	86.71 ^{ab}	62.92	13.00 ^{ab}	114.78	2.12
T6-65:35P	85.11 ^{abc}	62.34	11.90 ^{abc}	114.54	2.18
T7-70:30P	85.37 ^{abc}	63.07	15.10 ^a	117.38	2.12
T8-75:25P	81.96 ^d	63.51	13.30 ^{ab}	114.94	2.15
EE±	1.209	0.173	1.687	1.11	0.013
<i>Granulometría del calcio (grueso: fino)</i>					
60:40	87.06 ^a	62.81	12.95	115.64	2.12
65:35	84.51 ^b	62.69	11.20	115.14	2.17
70:30	84.90 ^b	62.51	14.70	116.16	2.17
75:25	82.43 ^c	63.48	11.45	115.33	2.19
EE±	0.855	0.934	1.189	0.956	0.026
<i>Ácido propiónico</i>					

Cuadro 3

Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en el desempeño

productivo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® (60-70 semanas).

No	84.66	62.79	11.825	114.67	2.18
Si	84.79	62.96	13.325	115.41	2.14
EE±	0.605	0.03	1.512	1.023	0.018
<i>Valor P</i>					
Tratamientos	0.027	0.326	0.031	0.326	0.241
Granulometría del calcio	0.004	0.073	0.147	0.846	0.282
Ácido propiónico	0.882	0.211	0.296	0.991	0.137
Granulometría del calcio x ácido propiónico	0.741	0.332	0.731	0.996	0.353

Nota. ^{a,b,c,d} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren en $P \leq 0.05$. T1: 60:40% de granulometría de calcio, T2: 65:35% de granulometría de calcio, T3: 70:30% de granulometría de calcio, T4: 75:25% de granulometría de calcio, T1: 60:40% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T2: 65:35% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T3: 70:30% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T4: 75:25% de granulometría de calcio+ácido propiónico. IP: intensidad de puesta; PH: peso del huevo, HS: huevos sucios, CA: consumo de alimento, CM: conversión masal.

Con los resultados del Cuadro 2 se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos referente a la intensidad de puesta de las gallinas ponedoras, en donde el tratamiento (T8 75:25P) mostró una disminución de postura al suministrarle 75% de calcio grueso y 25% de calcio fino. (Gamabaro. 2020) menciona que el tamaño de la partícula del alimento influye en la digestibilidad de los nutrientes, en la motilidad, tránsito intestinal y en la secreción de enzimas digestivas. Sin embargo, a mayor granulometría de calcio, esta permanecerá mayor tiempo en la molleja, de igual manera (Sanmiguel-Plazas et al. 2016) demostraron que al incluir partículas más finas de calcio se mejoran rendimientos de postura y consumo de alimento.

Esto se ve reflejado en los resultados de este estudio, ya que al utilizar niveles altos de calcio grueso en dietas de gallinas ponedoras se observa un efecto negativo en cuanto a la intensidad de puesta. Por otro lado (Diaz 2011) menciona que la madurez sexual y la actividad productiva en las gallinas están influidas por factores como: edad de la gallina, temperatura ambiental, estrés calórico, intensidad lumínica, peso corporal y alimentación. De esta manera, se asegura que la alimentación y

la edad de las gallinas desempeñaron un papel importante en cuanto a la intensidad de postura. Asimismo (Pizzolante et al. 2009) demostraron que las gallinas ponedoras regulan el consumo de alimento según el tamaño de las partículas carbonato de calcio que se les proporcione. (Gudev et al. 2011); (Felver-Gant et al. 2012) indican que al disminuir el consumo voluntario del alimento se afecta en primera instancia la tasa de postura en gallinas ponedoras.

En cuanto al porcentaje de huevos sucios se observa que el tratamiento T7 (70:30P) presentó el mayor porcentaje, cabe mencionar que la adición de ácidos orgánicos (ácido propiónico) provoca una reducción del pH intestinal en las gallinas, lo que facilita una mayor cantidad de nutrientes. (Yesilbag y Colpan 2006) indican que los ácidos orgánicos inhiben el crecimiento bacteriano, preservan un balance microbiano en el tracto gastrointestinal de los animales, lo que modifica el pH del intestino y mejora la solubilidad de los ingredientes, digestión y absorción de nutrientes por lo que genera mayor consumo de alimento. Según (Rosales y Machado-Pinto 2013) reportaron un porcentaje menor de huevos sucios al adicionar 70 por ciento de calcio grueso en la dieta de gallinas Hy-line Brown de 70 semanas de edad. A pesar de los cambios fisiológicos, microbiológicos y bioquímicos comprobados del ácido propiónico, este ácido orgánico provocó al parecer heces más líquida debido a la dilución de la digesta, sin embargo, otros estudios son necesarios para corroborar la hipótesis.

El peso del huevo no cambió con la adición de diferentes granulometrías calcio y ácido propiónico, similar respuesta encontraron (Cuca et al. 2007) donde el peso del huevo no presentó diferencias estadísticas al evaluar el efecto de niveles crecientes de calcio en la calidad interna y externa del huevo en gallinas ponedoras. Con respecto al consumo del alimento, nuestros resultados no variaron entre tratamiento y se mantuvieron en un rango similar. Según (Sanmiguel-Plazas et al. 2016) las gallinas mejoran el consumo de alimento cuando las dietas tienen partículas de carbonato de calcio hasta de 6 mm, mayores a este tamaño no afecta en la calidad de huevo, pero si en el consumo de alimento. (Escalante 2017) indicó que el uso de calcio con partículas gruesas aumenta la conversión masal. Por lo que concuerda con los hallazgos de (Saunders-Blades et al. 2009) quienes

observaron una menor eficiencia en la conversión masal en las gallinas ponedoras a medida que el calcio fino se remplazaba con el calcio grueso.

En el cuadro 4 muestra el efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de 65 semanas. La altura del albumen, unidad Haugh, resistencia a la ruptura y color de la yema no mostraron diferencias notables entre tratamientos. Sin embargo, el peso del huevo indicó diferencias significativas para los tratamientos y granulometría de calcio ($P \leq 0.05$), siendo el T4 (75:25) y T8 (75:25P) los que presentaron los mejores resultados en comparación al T6 (65:35P). Destacar, que los tratamientos con 75:25 (grueso: fino) indicaron un mayor peso en el huevo que las proporciones con 65:35 (grueso: fino). El grosor de la cascara mostró diferencias estadísticas para tratamientos, granulometría de calcio y ácido propiónico ($P \leq 0.05$), siendo el T4 (75:25P) quien presentó los mejores resultados en comparación al T5(60:40P), T6(65:35P) y T8(75:25P). Destacar, que los tratamientos con 75:25 (grueso: fino) presentaron mayor grosor en el cascarón que las proporciones 60:40, 65:35 (grueso: fino). Sin embargo, los tratamientos que no se les agregó ácido propiónico presentaron un efecto mayor en el grosor de la cáscara en comparación a los que si se les adicionó el ácido orgánico.

Cuadro 4

Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de (65 semanas).

Tratamientos	Indicadores Experimentales					
	PH, g	AA, mm	U. H.	RR kg F/cm ²	GC, mm	CY
T1-60:40	63.68 ^b	9.61	95.23	4044.75	0.410 ^b	3.62
T2-65:35	63.47 ^b	9.44	95.53	4278.37	0.421 ^b	3.52
T3-70:30	63.39 ^b	9.48	95.27	4600.00	0.451 ^b	3.71
T4-75:25	67.10 ^a	9.22	93.24	4517.77	0.504 ^a	3.55
T5-60:40P	63.63 ^b	9.41	94.96	4563.83	0.365 ^d	3.30
T6-65:35P	61.81 ^c	9.99	98.53	4317.34	0.360 ^d	3.28
T7-70:30P	63.95 ^b	10.20	98.91	4472.58	0.380 ^c	3.42
T8-75:25P	65.95 ^{ab}	9.69	95.54	4484.46	0.359 ^d	3.47

Cuadro 4.

Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de (65 semanas).

EE±	0.460	0.110	0.572	63.40	0.004	0.03
<i>Granulometría del calcio (grueso: fino)</i>						
60:40	63.65 ^b	9.50	95.09	4304.29	0.387 ^b	3.46
65:35	62.63 ^c	9.71	97.03	4297.86	0.391 ^b	3.39
70:30	63.67 ^b	9.84	97.12	4536.29	0.415 ^{ab}	3.56
75:25	66.30 ^a	9.45	94.39	4501.12	0.433 ^a	3.50
EE±	0.992	0.222	1.148	127.804	0.076	0.005
<i>Ácido propiónico</i>						
No	64.41	9.43	94.82	4360.22	0.447	3.59
Si	63.83	9.82	97.00	4459.55	0.413	3.36
EE±	0.647	0.156	0.806	89.652	0.053	0.003
<i>Valor de P</i>						
Tratamientos	0.041	0.354	0.189	0.363	<.001	0.067
Granulometría del calcio	0.033	0.557	0.218	0.400	<.001	0.448
Ácido propiónico	0.463	0.080	0.061	0.451	<.001	0.060
Granulometría del calcio x ácido propiónico	0.773	0.484	0.631	0.280	<.001	0.681

Nota. ^{a,b,c,d,e} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren en $P \leq 0.05$. T1: 60:40% de granulometría de calcio, T2: 65:35% de granulometría de calcio, T3: 70:30% de granulometría de calcio, T4: 75:25% de granulometría de calcio, T1: 60:40% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T2: 65:35% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T3: 70:30% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T4: 75:25% de granulometría de calcio+ácido propiónico. PH: peso del huevo; AA: Altura del Albumen; UH: Unidad Haugh; RR: Resistencia a la Ruptura; GC: Grosor de la Cascara; C.Y: Color de la Yema.

El indicador del peso del huevo está completamente relacionado con la edad de las aves, a medida que las gallinas aumentan de edad, necesitan calcio en granulometrías de mayor tamaño, debido que el calcio fino es de alta solubilidad y no lo pueden retener. De igual manera el peso del huevo depende principalmente de la formación esquelética y el peso corporal de las aves en su madurez (16 a 18 semanas), por lo que coincide con (Guo y Kim 2012); (Anchieta et al. 2011) quienes demostraron que las partículas de carbonato de calcio grueso aumentan el peso del huevo en comparación con las partículas finas. De esta manera, lo antes mencionado difiere con (Cufadar et al.

2011) quienes no encontraron diferencias significativas en el peso del huevo con gallinas de segundo ciclo de producción, utilizando concentraciones de Ca con diferentes granulometrías. En este sentido, (Saunders-Blades et al. 2009) determinan que el peso del huevo se incrementa gradualmente a través del curso de producción, por lo que el peso es menor durante la primera fase y se incrementa gradualmente al final de la fase de producción en relación con la edad y peso corporal. Asimismo, los resultados del presente estudio concuerdan con los parámetros establecidos por la guía de manejo (Hy-Line Brown 2019) donde indica que el peso del huevo en la semana 65 ronda entre los 64gr.

La altura del albumen y la unidad haugh no presentaron diferencias estadísticas, por lo que la adición de ácido propiónico y diferentes granulometrías de calcio no manifestaron efecto alguno. (Garial 2016) menciona que los factores que afectan la calidad del albumen son relacionados a la edad de la gallina, enfermedades (Bronquitis Infecciosa), alimentación (deficiencias en proteínas y aminoácidos) y el manejo relacionado con el programa de intensidad lumínica. Por lo tanto, esto coincide con (Bravo y Zambrano 2016) quienes mencionan que basados en los manuales de postura la altura del albumen debe de estar por encima de 8mm y 88 unidad haugh para ser un huevo de buena calidad.

Las granulometrías con mayor porcentaje de calcio grueso 70:30 y 75:25 (grueso: fino) muestran tener un efecto positivo en la resistencia a la ruptura, debido que, al aumentar el tamaño de las partículas de calcio en las gallinas viejas, se obtiene mayor retención de calcio en la molleja, el que es utilizado para la formación de la cáscara. (Safaa et al. 2008) demuestran que al aumentar el consumo de calcio en las gallinas mejoran el grosor del cascarón, por lo que resiste mayores fuerzas aplicadas. Según, la guía de manejo (Hy-Line Brown 2017) 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 del útero. En cuanto al grosor de la cáscara, se observa que las proporciones con 75:25 y 70:30 (grueso: fino) presentaron mayor grosor en el cascarón que las proporciones 60:40 y 65:35 (grueso: fino). Estos resultados difieren con los de (Rivas y Rivera 2016) quienes no encontraron

diferencias significativas ($P > 0.05$) en el grosor de la cáscara al proporcionar tres diferentes granulometrías de calcio, mencionando que independientemente del tamaño de las partículas de carbonato de calcio, estas no influyeron en el grosor del cascarón. En caso contrario, los resultados de este estudio concuerdan con los de (Koutoulis et al. 2009) quienes observaron diferencias notables en el grosor de la cáscara con el tamaño de la partícula de calcio suplementado a la dieta de gallinas ponedoras. En este sentido, (Loaiza et al. 2015) mencionan que el espesor (grosor) de la cáscara se relaciona con el tamaño del huevo y la edad de la gallina, dado que a medida que la gallina envejece, el tamaño de los huevos aumenta, por lo que la gallina requerirá más calcio disponible para la formación del cascarón. Acorde a (Rodríguez y Vélez 2012) reportaron que los requerimientos de calcio son más elevados durante la formación de la cáscara, que coincide mayoritariamente en la noche, cuando el animal no tiene posibilidad de consumir pienso y la retención del calcio en la molleja permitirá utilizarlo en la calcificación pero depende en gran medida del tamaño de partículas utilizadas.

El color de la yema es uno de los principales criterios del consumidor para juzgar la calidad del huevo, dicho color proviene de los alimentos que se les suministra a las aves en el concentrado. Estos resultados coinciden con (Rivas y Rivera 2016) quienes no encontraron diferencias en el color de la yema al adicionar tres granulometrías de calcio. Según, (Roberts 2004) el color de la yema varía considerablemente dependiendo de la dieta que se les provea a las gallinas.

El cuadro 5 muestra el efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de 70 semanas de edad. El peso del huevo, altura del albumen y la unidad Haugh no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos. No obstante, la resistencia a la ruptura mostró diferencias notables para los tratamientos y granulometría de calcio ($P \leq 0.05$), siendo el T7 (70:30P) el que presentó los mejores resultados en comparación a T1 (60:40), T4 (75:25) y T5 (60:40P). Destacar, que las proporciones con

70:30 (grueso: fino) presentaron mayor resistencia a la ruptura que las proporciones 60:40 (grueso: fino). Con respecto al grosor de la cáscara, éste mostró diferencias estadísticas para los tratamientos y granulometría de calcio ($P \leq 0.05$), siendo el T7 (70:30P) quien presentó mejores resultados en comparación al T1 (60:40), T4 (75:25), T5 (60:40P) y T6 (65:35P). Destacar, que los tratamientos con 70:30 (grueso: fino) mostraron mayor grosor en el cascarón en comparación a las proporciones 60:40 (grueso: fino). El color de la yema indicó diferencias notables para los tratamientos, granulometría de calcio y ácido propiónico ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento T6(65:35P) quien presentó mayores resultados en comparación al T1(60:40) y T2(65:35). Asimismo, las proporciones con 65:35 y 70:30 (grueso: fino) presentaron mayor pigmentación en la yema que la proporción 60:40 (grueso: fino). Sin embargo, la adición de ácido propiónico indicó tener un efecto en el color de la yema, al parecer favorece la incorporación de la absorción de los pigmentos carotenoides como zeaxantina en el lumen intestinal, otros estudios son necesarios para corroborar este planteamiento.

Cuadro 5

Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de (70 semanas).

Tratamientos (%)	Indicadores Experimentales					
	PH, (g)	AA, (mm)	U. H.	RR (kg F/cm ²)	GC, (mm)	CY
T1-60:40	61.60	10.29	99.88	4017.76 ^b	0.361 ^b	1.26 ^c
T2-65:35	63.46	10.38	99.83	4230.41 ^{ab}	0.382 ^{ab}	1.52 ^c
T3-70:30	61.31	10.79	102.29	4148.48 ^{ab}	0.383 ^{ab}	2.74 ^b
T4-75:25	61.51	10.57	101.12	3957.96 ^b	0.366 ^b	2.53 ^b
T5-60:40P	61.93	10.25	100.06	3910.72 ^b	0.370 ^b	2.51 ^b
T6-65:35P	61.89	10.40	100.23	4112.89 ^{ab}	0.368 ^b	4.03 ^a
T7-70:30P	62.13	10.55	101.02	4325.21 ^a	0.401 ^a	2.77 ^b
T8-75:25P	64.10	10.83	101.50	4298.48 ^{ab}	0.374 ^{ab}	2.76 ^b
EE±	0.973	0.226	0.995	143.260	0.007	0.200
<i>Granulometría del calcio (grueso: fino)</i>						
60:40	61.79	10.27	99.93	3964.24 ^b	0.366 ^c	1.89 ^c
65:35	62.67	10.39	100.03	4171.65 ^{ab}	0.375 ^b	2.79 ^a
70:30	61.72	10.67	101.66	4236.79 ^a	0.392 ^a	2.75 ^a

Cuadro 5

Efecto de la interacción de la granulometría de calcio y ácido propiónico en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line Brown® de (70 semanas).

75:25	62.80	10.70	101.31	4128.22 ^{ab}	0.370 ^b	2.65 ^b
EE±	0.689	0.161	0.709	102.740	0.006	0.146
<i>Ácido propiónico</i>						
No	61.97	10.52	100.76	4087.65	0.373	2.01
Si	62.80	10.51	100.70	4161.80	0.378	3.02
EE±	0.483	0.113	0.497	72.050	0.094	0.101
<i>Valor de P</i>						
Tratamientos	0.214	0.570	0.650	0.005	0.003	<.001
Granulometría del calcio	0.114	0.157	0.196	0.050	0.004	<.001
Ácido propiónico	0.228	0.982	0.938	0.105	0.343	<.001
Granulometría del calcio x ácido propiónico	0.057	0.738	0.795	0.064	0.175	<.001

Nota. ^{a,b,c} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren en P<0.05. T1: 60:40% de granulometría de calcio, T2: 65:35% de granulometría de calcio, T3: 70:30% de granulometría de calcio, T4: 75:25% de granulometría de calcio, T1: 60:40% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T2: 65:35% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T3: 70:30% de granulometría de calcio+ácido propiónico, T4: 75:25% de granulometría de calcio+ácido propiónico. PH: peso del huevo; AA: Altura del Albumen; UH: Unidad Haugh; RR: Resistencia a la Ruptura; GC: Grosor de la Cascara; C.Y: Color de la Yema.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el grosor de la cáscara del huevo presentó diferencias notables al implementar proporciones mayores de calcio fino y menores de calcio grueso, provocando una disminución en el grosor del cascarón. (Arias 2016) menciona que, con el aumento de la edad de las gallinas, la digestibilidad y metabolismo del calcio se deterioran, lo que afecta el grosor de la cáscara. Asimismo, (Gongruttananun 2011) indica que las partículas más gruesas proporcionan más calcio disponible para la formación del cascarón provocando un aumento en su grosor. De esta manera, los resultados de la presente investigación concuerdan con los de (Vera et al. 2012) quienes presentaron diferencias estadísticas en el grosor de la cáscara cuando proporcionaron partículas más gruesas de carbonato de calcio en la dieta de gallinas ponedoras. Según (Fernandes et al. 2021) menciona que, para gallinas ponedoras, el tamaño de la partícula de calcio y su fuente asumen diferencias en su liberación y absorción durante el proceso de formación de la cáscara,

una de las posibilidades de poder manipular la calidad de la cáscara, es la utilización de fuentes de calcio grueso que presenta solubilidad más lenta, por lo que al implementar proporciones altas de calcio grueso en las dietas de gallinas ponedoras, se obtienen mayor grosor y calidad de la cáscara del huevo.

En cuanto a resistencia de ruptura, cabe destacar, que las proporciones de calcio con 70:30 (grueso: fino) influyeron en resistir mayores fuerzas aplicadas debido a un mayor grosor en el cascarón. Estos resultados difieren con los hallazgos obtenidos por (Cufadar et al. 2011) quienes demostraron que al tener dietas con disponibilidad de calcio menor no presentan repercusión alguna en los valores de quebradura. Además, (Witt# et al. 2009) identificaron que el tamaño de las partículas de carbonato de calcio mejora la calidad del cascarón lo cual se utiliza con frecuencia como sinónimo de resistencia de la cáscara o capacidad del huevo para resistir fuerzas aplicadas. En este sentido, (Abarca 2011) indica que una cáscara resistente es aquella que puede absorber y tolerar mayor impacto y otras fuerzas físicas sin agrietarse, los huevos con cáscara delgada y muy porosa están sujetos resistir menores fuerzas aplicadas en comparación a los que poseen cascarón grueso y poco poroso. (Swiatkiewicz et al. 2010) indican que la adición de ácidos orgánicos (ácido propiónico) aumenta la disponibilidad de Ca y P, por la disminución del pH en el tracto intestinal superior y la estimulación de la longitud de las microvellosidades, actuando positivamente en resistir quebraduras en los huevos de gallinas ponedoras.

Con respecto al color de la yema, (Bertoncelj et al. 2019) menciona que el color de la yema es uno de los factores más importantes para la evaluación de la calidad de los huevos y le afecta el alimento de las aves, en su mayoría el contenido del pigmento, el tipo de la cría de las gallinas ponedoras y los efectos genéticos. Por otro lado, (Park et al. 2009) presentaron una mejora en la productividad en gallinas ponedoras aumentando los valores en los parámetros de calidad de huevo (color de la yema) al adicionarle ácidos orgánicos en las formulaciones. Lo antes mencionado coincide con los resultados obtenidos en este estudio, en donde los tratamientos con inclusión de ácido

propiónico mostraron un mayor valor, lo que equivale a una coloración más saturada de la yema y por ende una mayor calidad del huevo.

Conclusiones

La granulometría del calcio afectó la intensidad de puesta, peso del huevo y consumo de alimento en gallinas ponedoras Hy-Line Brown®, sin efecto para el empleo del ácido propiónico.

El uso de una mayor proporción de calcio grueso (2-4 mm) incrementó el peso del huevo y grosor de la cáscara, resistencia a la ruptura del huevo y color de la yema, este último indicador interaccionado con el ácido propiónico.

Recomendaciones

Realizar el estudio desde las 18 semanas de vida para determinar su influencia en las fases productivas.

Se recomienda realizar un estudio similar con otra línea genética de gallinas ponedoras teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del ave.

Referencias

- Abarca L. 2011. Análisis del cascarón del huevo. Industria Avícola. <https://www.industriaavicola.net/uncategorized/analisis-del-cascaron-del-huevo/>.
- Álvarez CH, Craveri AM, Cappelletti GS, Perrotta CH, Savoy JC, Savoy Juan Pablo, Viola MN, Antruejo AE, editores. 2020. Efecto de la incorporación de acidificantes en la dieta de gallinas ponedoras sobre algunas características de calidad del huevo. Argentina: [sin editorial]. ISBN: 978-987-702-435-7. <https://cutt.ly/rmLlj3N>.
- Anchieta J, Vilar JH, Costa FG, Sousa JM, Givisiez PE, Sakomura NK. 2011. Effect of the levels of calcium and particle size of limestone on laying hens. R. Bras. Zootec. 40(5):997–1005. doi:10.1590/S1516-35982011000500009.
- Ángel Isaza J, Mesa Salgado N, Narváez Solarte W. 2019. Ácidos orgánicos, una alternativa en la nutrición avícola: una revisión. Ces. Med. Vet. Zootec. 14(2):45–58. doi:10.21615/cesmvz.14.2.4.
- Arias A. 2016. Factores relacionados con el metabolismo y suplementación con calcio en gallinas ponedoras. Colombia: Universidad de la Salle. <https://cutt.ly/CmLIK6a>.
- Bertoncelj J, Gašperlin A, Korošec M. 2019. Yolk colour of eggs from different housing systems. Meso (Online). 21(4):378–385. doi:10.31727/m.21.4.4.
- Bravo KD, Zambrano RP. 2016. Evaluación de cuatro programas de alimentación en las líneas genéticas Hy-Line W36® y Dekalb White® de la semana 24 a la 29 [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5923/1/CPA-2016-T016.pdf>.
- Cuca M, Valdés V, Suárez 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 cascarón en gallinas pelechadas. Sitio Argentino de Producción Animal. 1–5. <https://cutt.ly/cmLI2EV>.

- Cufadar Y, Olgun O, Yildiz A. 2011. The effect of dietary calcium concentration and particle size on performance, eggshell quality, bone mechanical properties and tibia mineral contents in moulted laying hens. *Br Poult Sci.* 52(6):761–768. eng. doi:10.1080/00071668.2011.641502.
- Diaz G. 2011. El calcio y fósforo como protagonistas en la nutrición de ponedoras. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/alimentacion-de-gallinas-ponedoras-t29028.htm>.
- Escalante V. 2017. Evaluacion de calcio y fosforo fino y grueso en la dieta de gallinas ponedoras en dos frecuencias de suministro sobre la calidad de la cascara de huevo. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/evaluacion-calcio-fosforo-fino-t39995.htm>.
- FAO. 2013. Función de las aves de corral en la nutrición humana. Produccion Avilcola de laFAO. 7–9. <http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>.
- Felver-Gant JN, Mack LA, Dennis RL, Eicher SD, Cheng HW. 2012. Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry science.* 91(7):1542–1551. eng. doi:10.3382/ps.2011-01988.
- Fernandes M, Bonilla C, Olvera M, Villar G, Casarín A. 2021. Factores que afectan la calidad del huevo. *Avicultura.mx.* <https://cutt.ly/emLOua3>.
- Gamabaro. 2020. Granulometria del alimento. Engormix. <https://www.engormix.com/Articles/References.aspx?Id=46895>.
- García MC. 2016. Estudios Recientes con Calcio en Gallinas de Postura. Engormix; [consultado el 11 de may. de 2021]. <https://cutt.ly/XmLOjuW>.
- Garial M. 2016. Factores que afectan al albumen del huevo. *Veterinaria Digital.* <https://www.veterinariadigital.com/articulos/factores-que-afectan-al-albumen-del-huevo/>.
- Gongruttananun N. 2011. Effects of eggshell calcium on productive performance, plasma calcium, bone mineralization, and gonadal characteristics in laying hens. *Poultry science.* 90:524–529. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01003>.

- Gudev D, Popova S, Yanchew I, Moneva P, Petkov E, Ignatova M. 2011. Effect of betaine on egg performance and some blood constituents in laying hens reared indoor under natural summer temperatures and varying levels of air ammonia. *Journal of Agricultural Science*. 17(6):859–866. <https://www.agrojournal.org/17/06-19-11.pdf>.
- Guo XY, Kim IH. 2012. Impacts of Limestone Multi-particle Size on Production Performance, Egg Shell Quality, and Egg Quality in Laying Hens. *Asian-Australas J Anim Sci*. 25(6):839–844. eng. doi:10.5713/ajas.2011.11468.
- Hy-Line Brown. 2017. La ciencia de la calidad del Huevo. Hy-Line Internacional. 1–8. <https://www.hyline.com/ViewFile?id=88df674d-2faf-411b-a883-d64770fcb740>.
- Hy-Line Brown. 2019. Ponedoras comerciales Hy-Line Brown. Hy-Line Internacional. 15(02). <https://cutt.ly/lmLOUpd>.
- Koutoulis KC, Kyriazakis I, Perry GC, Lewis PD. 2009. Effect of Different Calcium Sources and Calcium Intake on Shell Quality and Bone Characteristics of Laying Hens at Sexual Maturity and End of Lay. *International J. of Poultry Science*. 8(4):342–348. doi:10.3923/ijps.2009.342.348.
- Loaiza P, Giraldo J, Mejia L. 2015. El calcio y el grosor de la cascara del huevo en gallinas de postura. Colombia: Universidad de Caldas. <https://cutt.ly/1mLOVql>.
- Park KW, Rhee AR, Um JS, Paik IK. 2009. Effect of dietary available phosphorus and organic acids on the performance and egg quality of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 18(3):598–604. doi:10.3382/japr.2009-00043.
- Pérez M. 2021. Definición de Avicultura. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado 31 de enero del 2021]. <https://conceptodefinicion.de/avicultura/>.
- Pizzolante CC, Saldanha E, Laganá C, Kakimoto SK, Togashi CK. 2009. Effects of calcium levels and limestone particle size on the egg quality of semi-heavy layers in their second production cycle. *Rev. Bras. Cienc. Avic*. 11(2):79–86. doi:10.1590/S1516-635X2009000200002.

- Ricaurte SL. 2006. Importancia de un buen manejo de la reproducción en avicultura (Importance of a good handling of the reproduction in poultry keeping). *Revista Electronica de Veterinaria REDVET*. VII(04). <https://cutt.ly/GmLO7oW>.
- Rivas C, Rivera L. 2016. Efecto de tres granulometrías de carbonato de calcio en dietas de pollas Dekalb White® de 13 hasta 20 semanas de edad. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5883/1/CPA-2016-T082.pdf>.
- Roberts JR. 2004. Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *Jpn. Poult. Sci.* 41(3):161–177. doi:10.2141/jpsa.41.161.
- Rodriguez JH, Vélez M. 2012. Adición de carbonato de calcio en la dieta para mejorar parámetros productivos en ponedoras isa brown fase I. Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE. <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/518/1/TMV57.pdf>.
- Rosales G, Machado-Pinto O. 2013. Producción y calidad del huevo en las líneas Hy-Line CV22® y Hy-Line Brown® alimentadas con diferentes concentraciones de Calcio, Fósforo y relación Calcio/Fósforo. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1727/1/CPA-2013-011.pdf>.
- Safaa HM, Serrano MP, Valencia DG, Frikha M, Jiménez-Moreno E, Mateos GG. 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. *Poultry science*. 87(10):2043–2051. eng. doi:10.3382/ps.2008-00110.
- Sanmiguel-Plazas RA, Mejía-Rojas GR, Lozano-Covaleda LM, Castañeda-Serrano RD. 2016. Evaluación de diferentes granulometrías de calcio en la alimentación de gallinas ponedoras. *Cien. Agri.* 13(2):67–72. <https://cutt.ly/3mLPsfl>. doi:10.19053/01228420.v13.n2.2016.5554.
- Saunders-Blades JL, Maclsaac JL, Korver DR, Anderson DM. 2009. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Poultry science*. 88(2):338–353. eng. doi:10.3382/ps.2008-00278.

- Swiatkiewicz S, Koreleski J, Arczewska A. 2010. Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Journal Animal Science*. 55(7):294–306. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/24034.pdf>.
- Vera JH, Vélez Pinargote MV, Muñoz Cedeño JO. 2012. Adición de carbonato cálcico y su repercusión económica sobre el grosor del cascarón en ponedoras. *Revista ESPAMCIENCIA*. 3(1):1–7. http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/46.
- Witt# F de, Kuleile N, Fair M, Van Der Merwe. 2009. Effect of limestone particle size on egg production and eggshell quality of hens during late production. *South African Journal of Science*. 39(1). <http://www.scielo.org.za/pdf/sajas/v39n5/v39n5a09.pdf>.
- Yesilbag D, Colpan I. 2006. Effects of organic acid supplemented diets on growth performance, egg production and quality and on serum parameters in laying hens. 157(5):280–284. https://www.revmedvet.com/2006/RMV157_280_284.pdf.