



Original

Respuesta productiva y calidad del huevo en gallinas Leghorn empleando un corrector mineral nacional

Productive response and egg quality in leghorn hens using a national mineral corrector

Pável Adrián Ossorio Alvarez ^{*}, Mario Reinoso Pérez ^{**}, Raciél Lima Orozco ^{***}, Obdulia Rodríguez Pérez ^{****}, Alcides Pérez Bello ^{**}

*Empresa Avícola Santa Clara, Calle Luís Estévez No. 164, entre Julio Jover y Berenguer, Santa Clara 50100, Villa Clara, Cuba.

**Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuani, km 5,5, Santa Clara 54830, Villa Clara, Cuba.

***Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuani, km 5,5, Santa Clara 54830, Villa Clara, Cuba.

****Empresa Geominera del Centro, Carretera de Maleza No. 93 entre Callejón Banguela y Final, Santa Clara 50100, Villa Clara, Cuba.

Correspondencia: paveladrianossorio98@gmail.com

Recibido: Mayo, 2026; Aceptado: Junio, 2026; Publicado: Junio, 2026.

RESUMEN

Antecedentes: La avicultura de postura cubana necesita disminuir la dependencia de insumos importados y optimizar las estrategias de suplementación mineral. **Objetivo.** Evaluar el efecto de la administración de un corrector mineral de producción nacional sobre el comportamiento productivo y la calidad del huevo en gallinas ponedoras Leghorn. **Métodos:** Se utilizaron 180 aves de 16 semanas de edad, distribuidas completamente al azar en tres tratamientos durante 53 días. Cada tratamiento estuvo conformado por 15 unidades experimentales, constituidas por jaulas con cuatro aves cada una (60 gallinas por tratamiento). El corrector mineral se administró en diferentes horarios según el tratamiento. Se registró diariamente la producción de huevos y se determinó semanalmente la intensidad de puesta. En la última semana se evaluó la calidad de 20 huevos por tratamiento. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de proporciones. **Resultados:** El corrector mineral administrado en el horario de la tarde (TC) alcanzó la mayor intensidad de puesta ($p < 0,001$) respecto al tratamiento control. Aunque los indicadores de calidad del huevo no mostraron diferencias ($p > 0,05$) el tratamiento suplementado en la tarde presentó valores numéricamente superiores en peso del huevo y grosor de la cáscara, y menor variabilidad productiva. **Conclusiones:** La administración en el horario de la tarde del

Como citar (APA) Ossorio Alvarez, P. A., Reinoso Pérez, M., Lima Orozco, R., Rodríguez Pérez, O., & Pérez Bello, A. (2026). Respuesta productiva y calidad del huevo en gallinas Leghorn empleando un corrector mineral nacional. *Revista de Producción Animal*, 38. <https://rpa.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e333>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

corrector mineral nacional favoreció el desempeño productivo de las gallinas ponedoras Leghorn, particularmente en la intensidad de puesta. Los resultados sugieren que la sincronización del aporte mineral con los períodos de mayor demanda fisiológica podría contribuir a mejorar la eficiencia productiva en sistemas avícolas tropicales.

Palabras clave: Calidad del huevo, gallinas ponedoras, Leghorn, postura, suplementación mineral (*Fuente: AGROVOC*)

ABSTRACT

Background: The Cuban egg-laying farming needs to reduce its dependence on imported inputs and optimize mineral supplementation strategies. **Objective.** To evaluate the effect of the administration of a national mineral corrector on the productive performance and egg quality in Leghorn laying hens. **Methods:** One hundred and eighty 16-week-old birds were randomly assigned to three treatments over 53 days. Each treatment consisted of 15 experimental units, each with four birds per cage (60 hens per treatment). The mineral supplement was administered at different times depending on the treatment. Egg production was recorded daily, and laying intensity was determined weekly. In the final week, the quality of 20 eggs per treatment was evaluated. Data were analyzed using analysis of variance and comparison of proportions.

Results: The treatment with evening administration of the mineral supplement resulted in the highest laying intensity ($p < 0,001$) as compared to the control group. Although egg quality indicators showed no differences ($p > 0,05$), the group supplemented in the afternoon exhibited numerically higher values for egg weight and shell thickness, and less productive variability.

Conclusions: Evening administration of the national mineral corrector improved the productive performance of Leghorn laying hens, particularly in terms of laying intensity. The results suggest that synchronizing mineral supplementation with periods of peak physiological demand could contribute to improved production efficiency in tropical poultry systems.

Keywords: egg quality, laying hens, Leghorn, mineral supplementation, oviposition (*Source: AGROVOC*)

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción de huevos con gallinas Leghorn en sistemas intensivos enfrenta un desafío crítico durante el ciclo tardío de postura: el declive natural en la producción y la calidad de la cáscara, lo que genera pérdidas económicas. La nutrición mineral tradicional en avicultura se basa en fuentes inorgánicas (sulfatos, óxidos), las cuales presentan una baja biodisponibilidad debido a que se disocian en el tracto gastrointestinal y forman complejos insolubles con antagonistas como los fitatos. Para compensar esta deficiente absorción, se incrementan las dosis, lo que provoca antagonismo mineral, toxicidad, daño oxidativo y una elevada excreción ambiental, evidenciando la necesidad de buscar alternativas más eficientes y sostenibles (Olukosi *et al.*, 2019; Jahangir *et al.*, 2025).

Actualmente, la industria avícola transita hacia el uso de minerales orgánicos o quelatados (unidos a aminoácidos como glicina), que favorecen una mayor estabilidad digestiva y absorción, incrementan la calidad de la cáscara y la resistencia ósea, y reducen la contaminación fecal (Cardoso *et al.*, 2025; Jahangir *et al.*, 2025). Estudios recientes confirman que estas fuentes de alta biodisponibilidad incrementan la actividad de enzimas antioxidantes como la superóxido

dismutasa y pueden generar entre 2,38 y 6,81 huevos adicionales por ave por mes (Jiang *et al.*, 2021). La evidencia sobre el empleo de correctores minerales se extiende a diversas razas de ponedoras en diferentes etapas productivas donde se han reportado efectos beneficiosos de dietas suplementadas con mezclas de minerales traza quelatados sobre la calidad del huevo en la fase inicial de postura (Orimogunje *et al.*, 2025). Sin embargo, persiste una brecha de conocimiento sobre su aplicación en condiciones específicas como las cubanas, con genética Leghorn y correctores minerales de producción nacional, lo que justifica plenamente el interés en producción animal para reducir la dependencia de insumos importados y fortalecer la soberanía alimentaria, generando evidencia científica local, aprovechando además los beneficios documentados de las fuentes orgánicas (menor dosis, mayor absorción, menor impacto ambiental) y adaptándolos al contexto cubano.

Por lo antes expuesto este estudio tiene como objetivo evaluar la respuesta productiva y calidad del huevo en gallinas Leghorn empleando un corrector mineral nacional en la unidad “Pollera El Tity”, de Santa Clara

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del experimento: La investigación se realizó en la unidad “Pollera El Tity” (cuadrante 53:123:39) del productor Noel Morales Rodríguez, miembro de la CCS “El Vaquerito” de Santa Clara, Villa Clara. El experimento tuvo una duración de 53 días enmarcados entre el 5 de diciembre del 2025 y el 26 de enero del 2026.

Animales utilizados: Se emplearon 180 gallinas ponedoras L₃₃ de la raza Leghorn, de 16 semanas de edad, clínicamente sanas al aplicar las invariantes funcionales del método clínico propuestas por Cuesta *et al.* (2007).

Régimen alimentario: Las aves permanecieron bajo iguales condiciones de manejo y disponibilidad de agua *ad libitum* durante todo el experimento. Todas recibieron una ración diaria de 110 g de concentrado ofrecido a las 8:00 a.m. La composición nutricional del concentrado se correspondió con la información suministrada por el proveedor (VMA Agri).

El corrector mineral utilizado fue formulado según los requerimientos nutricionales para gallinas ponedoras en fase de producción, utilizándose para ello materias primas procedentes de diferentes yacimientos minerales de Villa Clara (Zeolita y Carbonato de calcio) y Matanzas (Fosforita Tipo II Mena industrial) en proporciones pre-establecidas y 0,3 % de cloruro de sodio. Se suministró de forma homogénea sobre el pienso según el horario establecido para cada tratamiento experimental.

Tratamientos experimentales: Las aves fueron distribuidas completamente al azar en tres tratamientos de 60 aves cada uno, constituidos por una batería de 15 jaulas con cuatro aves cada una, considerándose cada jaula como una unidad experimental. El corrector mineral se administró en diferentes horarios:

- Tratamiento A (TA): Control, sin administración del corrector, alimentado únicamente con concentrado a las 8:00 a.m.
- Tratamiento B (TB): Administración de 3 gramos por ave por día del corrector mineral a las 8:00 a.m. sobre el concentrado fresco.
- Tratamiento C (TC): Administración de 3 gramos por ave por día del corrector mineral a las 2:00 p.m. sobre el concentrado remanente.

La composición mineral del corrector se presenta en la tabla 1. Cada elemento mineral se determinó por espectrofotometría de absorción atómica en un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM, excepto el fósforo que se determinó por colorimetría, todos según los procedimientos descritos por Miles *et al.* (2001), Estos estudios fueron realizados en el laboratorio de espectrofotometría de absorción atómica del Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV.

Tabla 1. Composición mineral del corrector (% en base fresca).

Minerales	Media	DE	CV (%)	EE
Ca	39,700	1,440	3,63	0,831
P	5,566	0,579	10,41	0,335
Mg	0,390	0,092	23,50	0,053
Cu	0,003	<0,001	2,25	<0,001
Zn	0,021	0,002	10,07	0,001
Mn	0,013	0,001	9,12	0,001
Co	0,016	<0,001	5,00	<0,001
Pb	0,007	<0,001	4,35	<0,001
K	0,144	0,001	0,80	0,001
Fe	1,531	0,022	1,46	0,013

Fuente: Elaboración propia

DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, EE: Error estándar

VARIABLES EVALUADAS

Producción de huevos e intensidad de puesta: En cada unidad experimental se registró diariamente la producción de huevos, a partir de estos registros se calculó semanalmente la intensidad de puesta y se determinó la producción diaria media de huevos por tratamiento durante todo el período de la investigación.

Calidad del huevo: En la última semana experimental se tomó una muestra aleatoria de 20 huevos por tratamiento, procurando representación de las diferentes unidades experimentales. En cada huevo se determinó el peso (g) y el espesor de la cáscara (mm).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para la producción media diaria y las variables relacionadas con la calidad del huevo se realizaron análisis descriptivos, determinándose media, desviación estándar, valores mínimo y máximo, así como coeficiente de variación expresado en porcentaje.

Posteriormente, los tratamientos se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple. Antes de efectuar el análisis se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Steel *et al.*, 1997). Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey.

La intensidad de puesta semanal y acumulada se analizó mediante el procedimiento de comparación para k proporciones utilizando el software XLSTAT versión 2023.2 (Addinsoft, París, Francia), integrado en Microsoft Excel 365 (Microsoft Corporation, Redmond, EE.UU.). Se aplicó la prueba de independencia de chi-cuadrado complementada con simulación de Monte Carlo de 5000 corridas. Cuando se detectaron diferencias significativas, las proporciones se compararon mediante el procedimiento de Marascuilo.

Los análisis descriptivos y de varianza se realizaron con el software IBM SPSS Statistics versión 26 (IBM Corp., Armonk, EE.UU.). En todos los casos se consideró un nivel de significación de $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se observa que durante el experimento el tratamiento donde el corrector mineral se ofreció a las 2.00 p.m. (TC) tuvo una producción media por día superior ($p < 0,001$) al tratamiento control (TA) 4,15 huevos. Sin embargo, el TB mostró resultados similares ($p > 0,05$) a TA y TC.

Tabla 2. Producción media diaria de huevos según tratamiento experimental.

Tratamientos experimentales	Producción diaria (Media \pm DE)	Mínimo	Máximo	CV (%)
TA	38,13 \pm 4,84 ^b	28	45	12,68
TB	40,32 \pm 4,07 ^{ab}	32	50	10,10
TC	42,28 \pm 3,98 ^a	34	52	9,42
EE	1,48	-	-	-
Valor de P	<0,001	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

TA: Tratamiento A (Control sin administración del corrector); TB: Tratamiento B (Corrector administrado a las 8:00 a.m); TC: Tratamiento C (Corrector administrado a las 2:00 p.m), DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación (%), EE: error estándar.

Superíndices con letras diferentes (a, b) indican diferencias significativas entre tratamientos según Prueba de rangos múltiples de Tukey HSD ($p < 0,05$)

Estos resultados fueron superiores a los reportados por Vera Rodríguez y Hidalgo Bravo (2019), quienes encontraron porcentajes de postura del 68 % en ponedoras suplementadas con carbonato de calcio en la tarde; aunque significaron inferiores a los obtenidos por Elnesr *et al.* (2024) utilizando sistemas de alta tecnología con minerales orgánicos (72-75 %). Además, este resultado es consistente con el meta-análisis de Yamawaki *et al.* (2025), quienes reportaron que la optimización de la disponibilidad de fósforo mediante fitasa incrementa la producción de huevos

en un 4,85 % ($p < 0,01$). La superioridad del tratamiento experimental (TC) se explica por la sincronización entre el aporte de calcio en horas de la tarde y el período de máxima demanda para la formación de la cáscara del huevo en lo cual concuerda con lo descrito por Maula *et al.* (2025) y confirma lo argumentado por Sinclair-Black *et al.* (2023) sobre la mejora de la eficiencia productiva, ya que la calcificación de la cáscara ocurre predominantemente durante la noche, movilizándolo entre el 20 y el 40 % del calcio desde el hueso medular.

En la tabla 3 se expone la comparación del índice de postura entre los tratamientos experimentales, observándose diferencias entre ellos ($p < 0,05$). El tratamiento aplicado a las 2:00 p.m (TC) presentó la mayor proporción de postura seguido del TB mientras que el tratamiento control (TA) alcanzó el valor más bajo.

Tabla 3. Comparación de la intensidad de puesta entre tratamientos.

Tratamientos experimentales	Proporción \pm DE	Intensidad de puesta (% \pm DE)
TA	0,64 \pm 0,125 ^c	63,6 \pm 12,5
TB	0,67 \pm 0,122 ^b	67,2 \pm 12,2
TC	0,71 \pm 0,118 ^a	70,5 \pm 11,8

Fuente: Elaboración propia.

TA: Tratamiento A (Control sin administración del corrector); TB: Tratamiento B (Corrector administrado a las 8:00 a.m); TC: Tratamiento C (Corrector administrado a las 2:00 p.m)

Superíndices con letras diferentes (a, b) muestran diferencias significativas entre tratamientos según Prueba de Marascuilo ($p < 0,05$).

En un meta-análisis realizado por da Silva *et al.* (2024) que incluyó 18 estudios primarios con el objetivo de cuantificar el efecto del reemplazo total de zinc inorgánico por zinc orgánico en la dieta de ponedoras los resultados mostraron una mejora significativa ($p < 0,01$) en la producción de huevos de 1,46 %, independientemente de otros factores. Este incremento es comparable al observado en este experimento entre el tratamiento control y el tratamiento de la tarde, que representa una diferencia de 6,9 puntos porcentuales, aunque en la investigación influyó también el horario de administración como variable adicional.

En el presente estudio, el suministro del corrector mineral a las 2:00 p.m. (TC) permitió una mayor disponibilidad de calcio durante el período de máxima demanda, lo que explica el incremento significativo en el porcentaje de postura de (TC) con respecto al tratamiento control (TA). La superioridad del tratamiento vespertino (TC) sobre el matutino (TB) respalda los fundamentos de la alimentación circadiana descritos por Do Nascimento *et al.* (2025), quienes señalaron que la calcificación de la cáscara ocurre mayoritariamente por la tarde y la noche, mientras que la síntesis de la clara y la yema predomina durante la mañana. Además, Lin *et al.* (2018) demostraron que las aves alimentadas con niveles más bajos de calcio en la mañana y más altos en la tarde mostraron una mejor conversión alimenticia y una variación circadiana favorable del calcio sérico.

Por su parte, una investigación de autores de AllTech Inc. en el 2023 (Byrne *et al.*, 2023) publicó un metaanálisis que evaluó 32 estudios globales donde los resultados demostraron que la

suplementación con minerales traza orgánicos en forma de proteínatos (Bioplex® Cu, Fe, Mn, Zn) resultó en un aumento del 2,07 % en la producción diaria por ave. Esto confirma que los efectos positivos de la suplementación mineral sobre el índice de postura son consistentes a nivel global, independientemente de las condiciones de producción lo que coincide con los resultados del presente estudio.

En la Tabla 4 se muestra el comportamiento del índice de postura semanal durante el período del experimento, donde se demostró un efecto rápido y contundente del corrector mineral nacional siendo la primera semana la de más diferencia significativa (13,1 %) entre TC con 65,2 % y TA con 52,1 %, y es la única semana donde TA fue diferente ($p < 0,05$) a los demás tratamientos y mostró efecto más claro desde el inicio, en las demás semanas la significación estadística el efecto se comportó de forma más moderada.

Tabla 4. Intensidades de puesta semanales según tratamientos experimentales.

Semanas	TA	TB	TC
	Proporción (\pm DE) % (\pm DE)	Proporción (\pm DE) % (\pm DE)	Proporción (\pm DE) % (\pm DE)
1	0,52 \pm 0,128 ^b	0,64 \pm 0,122 ^a	0,65 \pm 0,122 ^a
	52,1 \pm 12,8	63,4 \pm 12,2	65,2 \pm 12,2
2	0,61 \pm 0,126 ^b	0,68 \pm 0,119 ^{ab}	0,72 \pm 0,113 ^a
	61,0 \pm 12,6	68,1 \pm 11,9	71,9 \pm 11,3
3	0,63 \pm 0,124 ^a	0,63 \pm 0,124 ^a	0,63 \pm 0,124 ^a
	63,3 \pm 12,4	62,9 \pm 12,4	63,3 \pm 12,4
4	0,62 \pm 0,125 ^a	0,60 \pm 0,126 ^a	0,67 \pm 0,121 ^a
	62,1 \pm 12,5	60,2 \pm 12,6	67,1 \pm 12,1
5	0,62 \pm 0,125 ^a	0,65 \pm 0,122 ^a	0,69 \pm 0,119 ^a
	62,1 \pm 12,5	65,2 \pm 12,2	69,4 \pm 11,9
6	0,67 \pm 0,122 ^b	0,72 \pm 0,109 ^{ab}	0,74 \pm 0,112 ^a
	66,7 \pm 12,2	72,4 \pm 10,9	74,3 \pm 11,2
7	0,72 \pm 0,110 ^a	0,71 \pm 0,111 ^a	0,74 \pm 0,112 ^a
	72,1 \pm 11,0	71,4 \pm 11,1	74,3 \pm 11,2
8	0,73 \pm 0,109 ^b	0,78 \pm 0,103 ^{ab}	0,83 \pm 0,094 ^a
	72,9 \pm 10,9	78,3 \pm 10,3	83,3 \pm 9,4

Fuente: Elaboración propia.

TA: Tratamiento A (Control sin administración del corrector); **TB:** Tratamiento B (Corrector administrado a las 8:00 a.m); **TC:** Tratamiento C (Corrector administrado a las 2:00 p.m)

Superíndices con letras diferentes (a, b) muestran diferencias significativas entre tratamientos según Prueba de Marascuilo ($p < 0,05$).

Upadhaya *et al.* (2016) reportaron que la suplementación con mezclas minerales hidrosolubles en gallinas ponedoras de 40 semanas se observó una tendencia al aumento en la producción de huevos desde la primera semana de tratamiento, con mejoras significativas en el grosor de la cáscara a partir de la cuarta semana. Este patrón de respuesta temprana coincide con lo observado en el presente experimento, donde se evidencia que las diferencias en producción fueron lo suficientemente consistentes para detectarse estadísticamente durante el período experimental.

Aunque el presente estudio tuvo una duración de 53 días, los resultados obtenidos coinciden con las tendencias reportadas por Khanal *et al.* (2025), quienes observaron mejoras significativas en el estado mineral y el bienestar animal tras 10 semanas de suplementación con calcio y vitamina D en el agua de bebida vespertina, esto sugiere que los beneficios observados en TC podrían potenciarse en ciclos productivos más prolongados, aspecto que puede ser objetivo en futuras investigaciones.

En la Tabla 5 se muestran los parámetros de calidad de los 20 huevos por tratamientos evaluados al final del experimento. Aunque no se apreció diferencias ($p < 0,05$) en el grosor de la cáscara, se observa una tendencia ($p < 0,10$) favorable en el tratamiento suplementado en la tarde (TC: 0,412 mm) con respecto al tratamiento control (TA: 0,402 mm). Esta tendencia coincide con lo reportado por Pongmanee *et al.* (2020), quienes demostraron que la suplementación con fitasa mejora la calidad de la cáscara y la digestibilidad de calcio y fósforo. Asimismo, Adhikari *et al.* (2020) y Sinclair-Black *et al.* (2023) señalaron que el uso de vitamina D₃ mejora la utilización de minerales y la calidad del huevo, lo que sugiere que la vía endocrina estimulada por la PTH y la 1,25(OH)₂D₃, esto coincide con la respuesta observada en TC.

Tabla 5. Calidad del huevo según tratamientos experimentales.

Tratamientos experimentales	n	Peso huevo(g)	CV (%)	Grosor cáscara(mm)	CV (%)
TA	20	55,65	8,22	0,40	6,06
TB	20	56,63	10,89	0,40	7,21
TC	20	56,18	5,12	0,41	3,96
EE	-	2,90	-	<0,001	-
Valor de P	-	0,809	-	0,369	-

Fuente: Elaboración propia.

TA: Tratamiento A (Control sin administración del corrector); TB: Tratamiento B (Corrector administrado a las 8:00 a.m); TC: Tratamiento C (Corrector administrado a las 2:00 p.m), g: gramos; mm: milímetros n: cantidad de huevos por tratamiento, CV: Coeficiente de variación.

Un hallazgo novedoso del presente estudio fue la notable uniformidad alcanzada en TC, con coeficientes de variación del 5,12 % en el peso del huevo y del 9,42 % en la producción diaria (Tabla 2). Esta mejora en la homogeneidad del lote podría explicarse por la sincronización del aporte mineral descrita por Zarghi *et al.* (2017), quienes plantearon que reducir el fósforo en la tarde-noche y el calcio en la mañana beneficia la calidad de la cáscara. Al ofrecer el corrector en un horario fijo (2:00 p.m.), se redujo la competencia por el alimento en los comederos, permitiendo un consumo más equitativo del suplemento.

La respuesta positiva observada en aves de 16 semanas de edad (inicio de postura) confirma lo señalado por Salehi *et al.* (2025): ajustar los niveles de minerales según la etapa de producción permite un uso más eficiente de los recursos, concentrando los minerales escasos en los momentos de mayor demanda. Los resultados de este estudio coinciden con lo antes expuesto, el corrector mineral nacional, administrado en el horario vespertino, satisface eficazmente las

necesidades de calcio y fósforo durante la fase de máxima formación de la cáscara, sin afectar negativamente la calidad del huevo.

CONCLUSIÓN

El corrector mineral suministrado en cualquiera de los dos horarios mejoró la intensidad de puesta y la producción diaria de huevos en gallinas ponedoras Leghorn. El tratamiento ofrecido en horaario de la tarde mostró tendencias favorables en el grosor de la cáscara y una mayor uniformidad productiva respecto a los demás tratamientos experimentales.

Los resultados evidencian que la oferta del corrector en el horario vespertino puede constituir una estrategia nutricional para sincronizar el aporte de calcio y fósforo con los períodos de mayor demanda fisiológica durante la formación del huevo.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Geominera del Centro de Villa Clara, Cuba, particularmente al Ing. Kemer Alonso Carreras, por el apoyo logístico durante la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- Adhikari, R., White, D., House, J. D., & Kim, W. K. (2020). Effects of additional dosage of vitamin D₃, vitamin D₂, and 25-hydroxyvitamin D₃ on calcium and phosphorus utilization, egg quality and bone mineralization in laying hens. *Poultry Science*, 99(1), 364-373. <https://doi.org/10.3382/ps/pez502>
- Byrne, L., Ross, S., Taylor-Pickard, J., & Murphy, R. (2023). The effect of organic trace mineral supplementation in the form of proteinates on performance and sustainability parameters in laying hens: A meta-analysis. *Animals*, 13(19), Artículo 3132. <https://doi.org/10.3390/ani13193132>
- Cardoso, H. M. C., da Silva, F. L., dos Santos, R. G., de Oliveira, M. T. S., da Conceição, E. C., & Nunes, L. C. (2025). Benefits of supplementation organically complexed trace minerals (Zn, Cu, Mn and Fe) in poultry and swine: A mini-review. *Research, Society and Development*, 14(9), e49508. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i9.49508>
- Cuesta, M., Montejo, E., & Duvergel, J. (2007). Medicina Interna Veterinaria. Tomos I y II. La Habana: Editorial Félix Varela. Ministerio de Educación Superior. *Tomo I*, 2, 978-959. <https://isbn.cloud/9789590704970/medicina-interna-veterinaria-tomo-i/>

- da Silva, G. D., Maia, J., da Silva Costa, L., de Oliveira Sá, G. F., Mendes, M. T. O. G., Chaves, N. R. B., Fonseca, B. B., & Vieira, B. S. (2024). Organic or inorganic zinc for laying hens? A systematic review and meta-analysis of the effects of zinc sources on laying performance, egg quality, and zinc excretion. *Biological Trace Element Research*, 202(6), 2812-2827. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03861-3>
- Do Nascimento, C. H., De Lima, A. V., De Souza, P. E. L., De Souza Filho, D. F., Santos Silva, R. D., Rodrigues, A. B., Neto, R. D. C. L., De Lima, M. R., Guerra, R. R., Ribeiro, A. G., Carvalho, L. R. R. A., & Costa, F. G. P. (2025). Split feeding for laying hens: a step beyond precision nutrition. *Poultry Science*, 104(7), 105158. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105158>
- Elnesr, S. S., Mahmoud, B. Y., Da Silva Pires, P. G., Moraes, P., Elwan, H. A. M., El-Shall, N. A., El-Kholy, M. S., & Alagawany, M. (2024). Trace minerals in laying hen diets and their effects on egg quality. *Biological Trace Element Research*, 202(12), 5664-5679. <https://doi.org/10.1007/s12011-024-04121-8>
- Jahangir, M. A., Muneeb, M., Iqbal, M. F., Hussain, S. M., Habib, S. S., Ahmad, S., Abass, K. S., Mukhtar, N., Alhotan, R. A., Al Sulaiman, A. R., & Abudabos, A. E. (2025). Organic glycinate trace minerals improve hatchability, bone and eggshell breaking strength, and mineral uptake during late laying cycle in layer breeders. *Veterinary Sciences*, 12(10), 927. <https://doi.org/10.3390/vetsci12100927>
- Jiang, Q., Sun, J., He, Y., Ma, Y., Zhang, B., Han, Y., & Wu, Y. (2021). Hydroxychloride trace elements improved eggshell quality partly by modulating uterus histological structure and inflammatory cytokines expression in aged laying hens. *Poultry Science*, 100(12), 101453. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101453>
- Khanal, T., Choct, M., Cowieson, A. J., & Ruhnke, I. (2025). Afternoon calcium and vitamin D supplementation in water: A targeted approach to improve laying hen nutrition. *Animals*, 15(5), 720. <https://doi.org/10.3390/ani15050720>
- Lin, X., Liu, Y., Xie, C., Wu, X., & Yin, Y. (2018). Circadian rhythms and dynamic dietary calcium feeding affect laying performance, calcium and phosphorus levels in laying hens. *Biological Rhythm Research*, 49(2), 227-236. <https://doi.org/10.1080/09291016.2017.1354552>
- Maula, M. R. H., Habibi, F., Syakban, F. L., AriFathir, D., Nurrizqi, M. N., Nurrofinhah, U., & Nafisah, A. (2025). The critical role of calcium and phosphorus metabolic balance in determining eggshell quality and bone health in laying hens. *Journal of Tropical Animal Science and Feed Technology*, 6(1), 1-9. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jtasft/article/view/36509>

- Miles, P. H., Wilkinson, N. S. Y., & Mcdowell L. R. (2001). Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research. 3rd ed. *Department of Animal Science, University of Florida, Gainesville, US*, 117.
- Olukosi, O. A., Van Kuijk, S. J. A., & Han, Y. (2019). Sulfate and hydroxychloride trace minerals in poultry diets – comparative effects on egg production and quality in laying hens and growth performance and oxidative stress response in broilers. *Poultry Science*, 98(10), 4961-4971. <https://doi.org/10.3382/ps/pez261>
- Orimogunje, A. A., Fafiolu, A. O., Adetola, O. O., Olanloye, S. A., Bolatito, O., & Orakwe, O. K. S. (2025). Effects of chelated organic trace mineral blends based diet on egg-quality characteristics of early-lay birds. *Nigerian Journal of Animal Production*, 52(2) 1258-1261. <https://njap.org.ng/index.php/njap/article/view/8534>
- Pongmanee, K., Kuhn, I., & Korver, D. R. (2020). Effects of phytase supplementation on eggshell and bone quality, and phosphorus and calcium digestibility in laying hens from 25 to 37 week of age. *Poultry Science*, 99(5), 2595-2607. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.059>
- Salehi, V., Vakili, R., & Torshizi, M. E. (2025). Effects of calcium carbonate particle size, phytase and midnight feeding on performance, egg and bone quality and blood parameters in laying hens. *Veterinary Medicine and Science*, 11(2), e70248. <https://doi.org/10.1002/vms3.70248>
- Sinclair-Black, M., Garcia, R. A., & Ellestad, L. E. (2023). Physiological regulation of calcium and phosphorus utilization in laying hens. *Frontiers in Physiology*, 14, 1112499. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1112499>
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., & Dickey, M. (1997). Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Company In Company. New York. p. 666. ISBN: 978-0-07-061028-6.
- Upadhaya, S. D., Lee, B. R., Park, J. W., & Kim, I. H. (2016). Effects of Supplementation of Ionized or Chelated Water-Soluble Mineral Mixture on the Live Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profile, Egg Quality, and Excreta Microbiota of Laying Hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(2), 239-246. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0023>
- Vera Rodríguez, J. H., & Hidalgo Bravo, G. A. (2019). El efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el grosor de la cáscara del huevo. *Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA*, 11(2). <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.719>

Yamawaki, R. A., Hickmann, F. M. W., Andretta, I., Vieira, B. S., & Maiorka, A. (2025). Impact of phytase supplementation on performance and egg quality traits in broiler breeders: A meta-analysis. *Poultry Science*, *104*(12), 106053. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106053>

Zarghi, H., Zakizadeh, S., & Zeaei, A. (2017). Effect of split diets on laying performance and egg quality of hens during the late laying period by manipulating the time of access to calcium and phosphorus. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, *1*, 220. <https://doi.org/10.1017/S2040470017001205>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: PAOA, MRP, RLO, APB; recolección de datos primarios: PAOA, MRP, ORP; recopilación de la literatura utilizada: PAOA, ORP; análisis e interpretación de datos: PAOA, MRP, APB; escritura del borrador original: PAOA; revisión y corrección del manuscrito; MRP, RLO, APB; edición y visualización de la versión final: PAOA, MRP.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.