



Efecto de *Lithothamnium calcareum* sobre la producción y calidad del huevo en gallinas ponedoras¹

German Oniel Zepeda-Vásquez², Luis Daniel Jiménez-Jara³, Jorge Alberto Elizondo-Salazar⁴

RESUMEN

El uso de fuentes alternativas de calcio en la dieta de gallinas ponedoras ha cobrado interés debido a su posible impacto en la calidad del huevo y la productividad. El presente estudio evaluó el efecto de la inclusión de *Lithothamnium calcareum* (alga calcárea) como fuente alternativa de calcio sobre la calidad del huevo y el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line de 70 semanas de edad. Se utilizaron 342 aves distribuidas aleatoriamente en tres tratamientos: 0,0% (control), 1,5% y 3,0% de inclusión de alga calcárea durante ocho semanas. Se evaluó la resistencia y el grosor de la cáscara, la masa de huevo, el porcentaje de postura y el porcentaje de huevos de primera calidad. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la resistencia de la cáscara (3,5–4,1 N/kg) ni en su grosor (0,34–0,38 mm) entre tratamientos. Sin embargo, en la semana 77, el tratamiento control presentó una

¹Este trabajo formó parte del trabajo final de graduación de los dos primeros autores para optar por el grado de Licenciatura en la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Producción Animal. Universidad Técnica Nacional-Sede Atenas y formó parte del proyecto de acción social ED-2746 inscrito en la Vicerrectoría de Acción Social de la Universidad de Costa Rica.

²Supervisor de producción avícola, Industria Avícola Poasito. Poás, Alajuela, Costa Rica. onielzepeda010@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0007-5198-2357>).

³Representante técnico comercial, DISAGRO. San José, Costa Rica. danieljimja@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0002-0292-8948>).

⁴Universidad Técnica Nacional-Sede Atenas. Carrera de Ingeniería en Sistemas de Producción Animal y Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Cartago, Costa Rica. Autor para correspondencia: jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2603-9635>).

Recibido: 11 noviembre, 2025 Aceptado: 20 septiembre, 2026

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



menor masa de huevo ($5,4 \pm 0,4$ kg) en comparación con los tratamientos con 1,5% ($6,4 \pm 0,2$ kg) y 3,0% ($6,6 \pm 0,2$ kg) de alga ($p < 0,05$). Asimismo, el porcentaje de huevos de primera calidad fue inferior en el grupo control (83%) respecto a los tratamientos suplementados (96 y 99%; $p < 0,05$), al igual que el porcentaje de postura (72% frente a 85–86%). En las demás semanas no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados indican que la inclusión de *Lithothamnium calcareum* no modificó las variables físicas de la cáscara evaluadas y podría constituir una fuente alternativa de calcio para sustituir parcialmente el carbonato de calcio en dietas para gallinas ponedoras de edad avanzada. No obstante, debido a que las diferencias entre tratamientos se observaron al final del período experimental, estos hallazgos deben interpretarse con cautela.

Palabras clave: suplementación, postura, estrés térmico, calidad interna, aditivos nutricionales.

ABSTRACT

Effect of *Lithothamnium calcareum* on egg quality and production in laying hens. The use of alternative calcium sources in laying hen diets has gained increasing interest due to their potential effects on egg quality and productive performance. This study evaluated the effect of including *Lithothamnium calcareum* (*calcareous algae*) as an alternative calcium source on egg quality and productive performance in 70-week-old Hy-Line laying hens. A total of 342 hens were randomly assigned to three dietary treatments: 0.0% (control), 1.5%, and 3.0% *Lithothamnium calcareum* inclusion for eight weeks. Eggshell strength and thickness, egg mass, laying rate, and the percentage of first-grade eggs were evaluated. No significant differences ($p > 0.05$) were observed among treatments in eggshell strength (3.5–4.1 N/kg) or eggshell thickness (0.34–0.38 mm). However, at week 77, the control treatment showed lower egg mass (5.4 ± 0.4 kg) than the 1.5% (6.4 ± 0.2 kg) and 3.0% (6.6 ± 0.2 kg) algae treatments ($p < 0.05$). Likewise, the percentage of first-grade eggs was lower in the control group (83%) than in the

supplemented groups (96% and 99%; $p < 0.05$), as was the laying rate (72% vs. 85–86%). No significant differences among treatments were detected during the remaining weeks of the trial. The results indicate that *Lithothamnium calcareum* supplementation did not modify the evaluated physical eggshell characteristics and could represent an alternative calcium source for partially replacing calcium carbonate in diets for late-cycle laying hens. Nevertheless, because differences among treatments were observed only at the end of the experimental period, these findings should be interpreted with caution.

Keywords: supplementation, laying rate, heat stress, internal quality, nutritional additives.

INTRODUCCIÓN

La avicultura representa uno de los pilares fundamentales del sector agropecuario costarricense. De acuerdo con los informes de la Secretaría de Planificación del Sector Agropecuario (SEPSA, 2025), las actividades pecuarias aportan aproximadamente el 20,9% del valor agregado del sector agropecuario nacional, donde la industria avícola se consolida como un componente clave para la economía rural y la seguridad alimentaria. Dentro de este subsector, la industria del huevo ha evidenciado un crecimiento sostenido; los registros del Servicio Nacional de Salud Animal [SENASA] (2025) y la Cámara Nacional de Avicultores de Costa Rica [CANAVI] (2025) indican que el país cuenta con una infraestructura de aproximadamente 550 granjas que generan una producción diaria de 3,9 millones de unidades, lo que ha impulsado el consumo per cápita hasta alcanzar las 291 unidades por año. Uno de los factores que explica este incremento es el alto valor nutricional del huevo, caracterizado por proteínas de alto valor biológico, vitaminas liposolubles (A, D, E) y del complejo B, así como minerales esenciales, lo que lo convierte en un alimento accesible y económico con gran capacidad para cubrir necesidades nutricionales de la población (Caffa et al., 2025).

En términos nutricionales, el huevo es reconocido por su densidad proteica, bajo contenido calórico y composición equilibrada, siendo un alimento esencial en la dieta humana (Caffa et al., 2025; Réhault-Godbert, 2019). Sin embargo, más allá de su calidad nutricional, la preferencia del consumidor se ha desplazado hacia parámetros de calidad sensorial y comercial, tales como el color de la yema, la integridad de la cáscara, el tamaño del huevo y la frescura (Berkhoff, 2022; Fluck et al., 2023).

Aunque en Costa Rica existe información limitada sobre las preferencias de los consumidores, estudios internacionales indican que atributos como la integridad de la cáscara, el tamaño del huevo y la frescura influyen en la percepción de calidad (Holt et al., 2011). Las pérdidas económicas derivadas de defectos externos en los huevos representan un desafío significativo para la eficiencia del sector. Según la Universidad de Costa Rica (2023), entre el 5 y el 7% de los huevos producidos no llegan a comercializarse, debido a factores relacionados con la puesta y a daños posteriores a la oviposición.

La edad de las ponedoras también constituye un factor determinante en la calidad del huevo, incidiendo en parámetros como el peso, la pigmentación y la resistencia de la cáscara (Guier-Serrano et al., 2021). Ante este contexto, se ha planteado el uso de suplementos nutricionales funcionales que contribuyan a mejorar la eficiencia productiva y mantener la calidad del producto final, especialmente en fases avanzadas del ciclo productivo (L. Liu et al., 2023).

Entre las alternativas de suplementación, destacan los minerales derivados de algas calcáreas como *Lithothamnium calcareum*, una macroalga roja de origen marino, rica en carbonato de calcio y otros oligoelementos. Esta alga ha sido descrita como una fuente biogénica de calcio y minerales traza con potencial para utilizarse en alimentación animal (Carlos et al., 2011). Diversos estudios han evaluado su utilización en aves de postura, con resultados variables sobre parámetros productivos y de calidad del huevo (Mariey et al., 2012; Melo et al., 2008). Su uso responde también a una creciente búsqueda de insumos nutricionales naturales, sostenibles y eficaces en la prolongación del rendimiento productivo en gallinas ponedoras adultas (Ávila et al., 2025).

En este marco, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de *Lithothamnium calcareum* como fuente alternativa de calcio, sobre parámetros productivos y de calidad del huevo en gallinas ponedoras de 70 semanas de edad bajo condiciones comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El ensayo se desarrolló en la granja avícola comercial "Piedras Negras", ubicada en el cantón de Mora, provincia de San José, Costa Rica (9°54'37.5"N, 84°19'20.1"W). La unidad de producción se encuentra a una altitud de 503 m s. n. m, con un rango de temperatura de 16-29 °C y una humedad relativa entre 75 y 91% (Álvarez-Brito et al., 2020).

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 342 gallinas de la línea genética Hy-Line Brown, de 70 semanas de edad, alojadas en jaulas convencionales de tres niveles, con seis aves por jaula. La jaula constituyó la unidad experimental y se conformaron 19 bloques, cada uno integrado por tres jaulas, correspondientes a los tratamientos T1, T2 y T3. La asignación de los tratamientos se realizó aleatoriamente dentro de cada bloque. En total, se dispuso de 57 unidades experimentales, distribuidas en tres tratamientos con 19 repeticiones y 114 aves por tratamiento. La ubicación de las jaulas dentro de la batería, constituida por dos lados (derecho e izquierdo) y tres niveles (alto, medio y bajo), fue considerada durante la distribución de las unidades experimentales, con el propósito de controlar la variabilidad asociada a la posición. Los tratamientos experimentales fueron: T1 (Control), dieta sin inclusión de *Lithothamnium calcareum* (0,0%); T2, dieta con inclusión del 1,5% de harina de *Lithothamnium calcareum* (15 kg/t); y T3, dieta con inclusión del 3,0% de harina de *Lithothamnium calcareum* (30 kg/t).

El ensayo tuvo una duración de ocho semanas, comprendidas entre las semanas 70 y 77 de vida de las aves. Durante este período se realizaron evaluaciones semanales de las variables productivas y de calidad del huevo. Las dietas experimentales fueron formuladas para mantener condiciones isoenergéticas e isoproteicas entre tratamientos y un contenido de calcio total de alrededor de 4,0%, mediante la sustitución parcial del carbonato de calcio por alga calcárea como fuente de este mineral. En el tratamiento T2 se sustituyó aproximadamente el 10,5% del carbonato de calcio de granulometría gruesa de la dieta por *Lithothamnium calcareum*, mientras que en el tratamiento T3 la sustitución correspondió al 28,6% (Cuadro 1).

La formulación de las dietas permitió cubrir los requerimientos nutricionales establecidos para gallinas ponedoras, sin modificar los niveles de energía metabolizable, proteína cruda, aminoácidos digestibles ni los demás nutrientes requeridos para la línea genética Hy-Line Brown. En consecuencia, las diferencias entre tratamientos estuvieron asociadas con la sustitución parcial del carbonato de calcio por alga calcárea y el aporte mineral derivado de esta fuente. La alimentación fue suministrada de manera manual y el consumo de alimento, así como las demás variables evaluadas, se registraron cada día mediante hojas de control previamente establecidas.

Cuadro 1. Composición nutricional del alimento balanceado con inclusión de *Lithothamnium calcareum* para gallinas ponedoras.

Parámetro nutricional	Rango	Tratamientos		
		0,0%	1,5%	3,0%
Humedad (%)	(máximo)	13,0	13,0	13,0
Proteína cruda (%)	(mínimo)	15,0	15,0	15,0
Grasa cruda (%)	(mínimo)	2,5	2,5	2,5
Fibra cruda (%)	(máximo)	5,0	5,0	5,0
Energía metabolizable (kcal/kg)	—	2950,0	2950,0	2950,0
Calcio (%)	(mínimo)	3,8	3,7	3,6
Calcio (%)	(máximo)	4,4	4,3	4,2
Fósforo (%)	(mínimo)	0,5	0,5	0,5
Sal (NaCl) (%)	(mínimo)	0,4	0,4	0,4
Sal (NaCl) (%)	(máximo)	0,5	0,5	0,5

Composición nutricional calculada a partir de los valores declarados en las etiquetas de los alimentos.

Los niveles de inclusión de *Lithothamnium calcareum* (1,5 y 3,0%) fueron seleccionados con base en reportes previos de investigación en aves de postura, donde se han evaluado diferentes niveles de incorporación de fuentes minerales alternativas como estrategia para sustituir una proporción del carbonato de calcio y determinar sus efectos sobre aspectos productivos y de calidad del huevo (Carlos et al., 2011; Ávila et al., 2025).

Selección y tamaño de la muestra

Para las variables de calidad del huevo (grosor y resistencia de cáscara), se recolectaron cada semana 30 huevos por tratamiento, para un total de 90 huevos por semana y 720 huevos durante todo el experimento. El tamaño de muestra fue determinado con base en los criterios metodológicos propuestos por Plazas et al. (2016), garantizando la representatividad estadística de las evaluaciones.

Variables evaluadas

Durante el estudio se evaluó el consumo de alimento balanceado y cinco variables relacionadas con la producción y calidad del huevo: porcentaje de huevos de primera, porcentaje de postura, masa total de huevo producido, grosor y resistencia de la cáscara. La jaula, conformada por seis aves, constituyó la unidad experimental, por lo que las variables productivas se registraron para cada jaula.

La resistencia de la cáscara se determinó en los 720 huevos muestreados, utilizando un Egg Force Reader®, equipo que mide la presión necesaria (N/kg) para fracturar la cáscara, permitiendo evaluar su resistencia estructural.

El grosor de la cáscara se midió con un micrómetro digital (MCD Lite, Mitutoyo), retirando previamente las membranas internas. Las mediciones se realizaron en el polo del huevo donde se encuentra la cámara de aire, siguiendo el protocolo descrito por Salazar-Sáenz (2008).

El porcentaje de huevos de primera se registró diariamente para cada jaula, considerando solo los huevos que cumplían con los criterios de calidad establecidos por la granja (limpios, grandes y sin daños visibles), y excluyendo aquellos rotos o descartados.

El porcentaje de postura se calculó cada día durante las ocho semanas del experimento para cada jaula, a partir del número de huevos producidos por las seis aves alojadas en cada unidad experimental. Finalmente, la masa total de huevo producido se determinó mediante el pesaje diario de la producción de huevos de cada jaula con una balanza digital marca OHAUS, serie Navigator XT, el valor obtenido se expresó en kilogramos.

Los datos de todas las variables fueron registrados y sistematizados en una hoja de cálculo para su posterior análisis estadístico.

Modelo y análisis estadístico

Las variables de rendimiento zootécnico (porcentaje de postura, masa de huevo, consumo de alimento y porcentaje de huevos de primera) se analizaron mediante un modelo lineal mixto

con medidas repetidas en el tiempo, considerando la jaula como unidad experimental. El modelo incluyó como efectos fijos: el tratamiento, la semana de evaluación y la interacción tratamiento $\times$ semana, mientras que el bloque se consideró un efecto aleatorio. Las mediciones semanales realizadas sobre la misma unidad experimental se modelaron mediante una estructura de covarianza para medidas repetidas, seleccionándose aquella que presentó el menor criterio de información de Akaike (AIC).

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + S_j + (TS)_{ij} + B_k + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : observación de la variable respuesta;

μ : media general;

T_i : efecto fijo del tratamiento ($i=1, \dots, 3$);

S_j : efecto fijo de la semana ($j=70, \dots, 77$);

$(TS)_{ij}$: interacción tratamiento $\times$ semana;

B_k : efecto aleatorio del bloque;

ϵ_{ijkl} : error residual

Las variables de calidad de la cáscara (grosor y resistencia) se analizaron mediante un análisis de varianza correspondiente a un diseño de bloques completos al azar. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2018).

Indicadores de temperatura

Las condiciones ambientales durante el período experimental se evaluaron mediante el índice de temperatura y humedad (ITH) (Ecuación 1), calculado a partir de los registros diarios de temperatura ambiente (16-29 °C) y humedad relativa (75-91%) obtenidos de la plataforma de monitoreo climático de DISAGRO para el cantón de Mora, San José, Costa Rica (DISAGRO,

2024). El ITH se utilizó como indicador de estrés térmico, considerando la clasificación propuesta por la World Meteorological Organization (WMO, 1989), según la cual valores entre 79 y 84 corresponden a condiciones de peligro y emergencia para animales de producción.

$$ITH = (0,8 \times T) + [HR / 100 \times (T - 14,4)] + 46,4 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde T corresponde a la temperatura ambiente (°C) y HR a la humedad relativa (%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo diario de alimento balanceado

Durante las ocho semanas del estudio, el consumo diario de alimento balanceado por ave se mantuvo dentro de rangos normales para gallinas ponedoras en etapa post-pico, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos con 0,0; 1,5 y 3,0% de inclusión de *Lithothamnium calcareum*. En la semana 70, los valores oscilaron entre 99 y 101,5 g/ave/día, y posteriormente, en la semana 71, se observó una reducción generalizada a 90,2 g/ave/día en los tres grupos, coincidiendo con condiciones de estrés térmico registradas durante ese periodo. A partir de la semana 72, aumentó progresivamente en todos los tratamientos, alcanzando entre 100,2 y 105,3 g/ave/día hacia el final del ensayo.

Aunque no se detectaron diferencias significativas, el tratamiento con 3,0% de alga calcárea mostró una recuperación más temprana del consumo tras la caída inicial, manteniéndose ligeramente por encima de los demás grupos en las semanas intermedias. Este patrón se observó en paralelo con un mejor comportamiento en variables productivas como masa de huevo y porcentaje de postura, lo que sugiere un posible efecto positivo indirecto asociado a la estabilidad en el consumo.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Hwang et al. (2025), quienes observaron que gallinas ponedoras entre 75 y 90 semanas de edad mantuvieron consumos diarios promedio entre 98 y 110 gramos por ave, sin diferencias relevantes entre esquemas de alimentación alternativos. De forma similar, investigaciones recientes en ponedoras de ciclo tardío muestran que el consumo diario tiende a estabilizarse en valores cercanos a 100 gramos, incluso ante modificaciones moderadas en la composición mineral de la dieta (Y. Liu et al., 2023). Por tanto, los consumos registrados en este estudio se encuentran dentro del rango esperado para aves en esta etapa fisiológica, y respaldan la hipótesis de que la suplementación con alga calcárea no compromete la ingesta voluntaria de alimento.

Resistencia de la cáscara

Los resultados obtenidos para la resistencia de la cáscara no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos con 0,0; 1,5 y 3,0% de inclusión de *Lithothamnium calcareum* a lo largo de las ocho semanas del estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resistencia de la cáscara (N/kg) en huevos de gallinas ponedoras suplementadas con diferentes concentraciones de *Lithothamnium calcareum*.

Semana	Tratamiento		
	0,0%	1,5%	3,0%
70	3,7 ± 0,7	3,6 ± 0,9	3,9 ± 0,9
71	4,1 ± 0,7	3,8 ± 0,9	3,8 ± 0,9
72	3,9 ± 0,6	4,0 ± 1,0	3,8 ± 0,7
73	3,9 ± 0,9	3,9 ± 0,6	3,7 ± 0,8
74	3,9 ± 0,5	3,7 ± 0,7	3,8 ± 0,8
75	3,9 ± 0,7	3,7 ± 0,5	3,9 ± 0,6
76	3,5 ± 0,7	3,8 ± 0,8	3,6 ± 0,8
77	3,8 ± 0,6	3,7 ± 0,5	3,9 ± 0,8

Los valores se expresan como media ± desviación estándar.

Las medias de resistencia oscilaron entre 3,5 y 4,1 N/kg, con desviaciones estándar (DE) que variaron entre $\pm 0,5$ y $\pm 1,0$, lo cual indica una baja variabilidad intra-tratamiento y consistencia en la calidad estructural de la cáscara. La mayor resistencia registrada fue de 4,1 N/kg en la semana 71, mientras que la menor fue de 3,5 N/kg en la semana 76.

Estos resultados indican que la incorporación del alga calcárea no influyó significativamente en la resistencia del huevo, en concordancia con reportes previos en gallinas ponedoras de edad avanzada. Melo et al. (2008) y Batalle et al. (2022) señalan la edad, la genética y las condiciones ambientales como factores que pueden limitar la eficacia de las suplementaciones minerales sobre la calidad de la cáscara.

El deterioro natural del tejido calcáreo asociado al envejecimiento, después de las 70 semanas, puede enmascarar o neutralizar los posibles efectos benéficos de las intervenciones dietarias. Asimismo, la composición mineral de *Lithothamnium calcareum* puede variar según su origen geográfico y las condiciones ambientales en las que se desarrolla (Madrigal-Portilla et al., 2023).

Los depósitos de aguas frías presentan mayor concentración y disponibilidad de minerales que los de aguas templadas, por lo que su composición y efectividad de producto pueden variar según la fuente (Genova et al., 2022). El *Lithothamnium calcareum* está compuesto por carbonato de calcio (30–35%) y aporta magnesio y minerales traza como fósforo, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre, yodo y sodio (Días, 2000). Estos minerales podrían contribuir al aporte de nutrientes involucrados en la formación y mineralización de la cáscara; sin embargo, su disponibilidad no se traduce en una mayor resistencia, al contemplar que pueden existir limitaciones fisiológicas asociadas con la edad de las aves. En este estudio, el efecto del *Lithothamnium calcareum* sobre la resistencia de la cáscara fue limitado, comportamiento que se puede relacionar a una menor capacidad de absorción y metabolización del calcio en gallinas de edad avanzada (Ávila et al., 2025).

Grosor de la cáscara

El análisis del grosor de la cáscara de los huevos no reveló diferencias estadísticamente

significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos con 0,0, 1,5 y 3,0% de inclusión de *Lithothamnium calcareum* a lo largo de las ocho semanas (Cuadro 3). Las medias de grosor fluctuaron en un rango estrecho, entre 0,34 y 0,38 mm, con desviaciones estándar constantes ($\pm 0,02$ a $\pm 0,03$), lo que indica una estabilidad en esta característica física independiente de la suplementación.

Cuadro 3. Grosor de la cáscara del huevo (mm) en gallinas suplementadas con diferentes niveles de inclusión de *Lithothamnium calcareum*.

Semana	Tratamiento		
	0,0%	1,5%	3,0%
70	0,34 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,03
71	0,38 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,03
72	0,37 $\pm$ 0,03	0,36 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,03
73	0,36 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,02
74	0,37 $\pm$ 0,03	0,35 $\pm$ 0,03	0,36 $\pm$ 0,03
75	0,37 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,03	0,37 $\pm$ 0,02
76	0,35 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,03	0,35 $\pm$ 0,02
77	0,36 $\pm$ 0,03	0,37 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,03

Los valores se expresan como media $\pm$ desviación estándar.

La ausencia de cambios significativos en el grosor de la cáscara puede atribuirse a la edad avanzada de las gallinas, factor asociado con una menor capacidad de síntesis y mineralización de la cáscara (De Sousa et al., 2024). Asimismo, las dosis de *Lithothamnium calcareum* empleadas podrían no haber alcanzado el umbral necesario para generar modificaciones estructurales apreciables, ya que una respuesta significativa suele requerir una suplementación más elevada o prolongada (Gómez y Martínez, 2022, como se citó en Zepeda Vásquez y Jiménez Jara, 2025).

Otros factores, como la genética, la uniformidad ambiental y el manejo nutricional previo, pueden ejercer una mayor influencia sobre el grosor de la cáscara que la modificación puntual

de una única fuente de calcio (Hernández-Bautista et al., 2013). En conjunto, estos hallazgos respaldan la importancia de evaluar fuentes alternativas de calcio en gallinas de edad avanzada como parte de una estrategia integral para mantener la calidad del huevo en sistemas comerciales (Zhang et al., 2024).

Porcentaje de huevos de primera

Durante las primeras siete semanas del ensayo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el porcentaje de huevos de primera calidad entre los tratamientos con 0,0; 1,5 y 3,0% de inclusión de *Lithothamnium calcareum* (Cuadro 4). Las medias oscilaron entre 90 y 100%, reflejando un nivel productivo adecuado y consistente durante la mayor parte del estudio.

Cuadro 4. Porcentaje de huevos de primera calidad en gallinas ponedoras con dietas suplementadas con *Lithothamnium calcareum*.

Semana	Tratamiento		
	0,0%	1,5%	3,0%
70	96 ± 4	98 ± 7	98 ± 3
71	93 ± 4	96 ± 4	100 ± 6
72	96 ± 1	97 ± 3	97 ± 4
73	94 ± 4	99 ± 6	97 ± 5
74	94 ± 5	99 ± 4	98 ± 4
75	90 ± 3	97 ± 4	99 ± 3
76	90 ± 5	97 ± 4	98 ± 4
77	83 ± 5 ^b	96 ± 3 ^a	99 ± 3 ^a

Los valores se expresan como media ± desviación estándar. ^{ab} Diferente letra en una misma fila representa diferencia estadística significativa ($p < 0.001$).

Sin embargo, en la semana 77 se evidenciaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$), en donde el grupo control (0,0%) registró un porcentaje inferior ($83 \pm 5\%$) en comparación con los tratamientos con 1,5% ($96 \pm 3\%$) y 3,0% ($99 \pm 3\%$) de alga calcárea.

Esta disminución en la calidad de los huevos en el grupo control coincide con una disminución paralela en el porcentaje de postura (Cuadro 5), indicando un deterioro productivo y cualitativo al final del ciclo. La diferencia estadística observada en la semana 77 se debió a la disminución del porcentaje de huevos de primera calidad en el tratamiento control, mientras que los tratamientos suplementados con *Lithothamnium calcareum* mantuvieron porcentajes superiores durante la última semana de evaluación.

Este comportamiento sugiere que la suplementación pudo contribuir a mantener el porcentaje de huevos de primera calidad al final del período experimental. Sin embargo, la ausencia de una evaluación individual de los defectos asociados con la clasificación comercial, entre ellos quebraduras, suciedad, deformaciones y tamaño, limita la posibilidad de establecer cuáles características fueron responsables de las diferencias observadas entre tratamientos.

Porcentaje de postura

El porcentaje de postura del grupo control (0,0% de *Lithothamnium calcareum*) disminuyó de 85% en la semana 70 a 72% en la 77, mientras que los tratamientos con 1,5 y 3,0% mantuvieron una producción estable entre 84 y 88% durante el periodo evaluado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de postura semanal en gallinas ponedoras con distintos niveles de inclusión de *Lithothamnium calcareum*.

Semana	Tratamiento		
	0,0 %	1,5 %	3,0 %
70	85	87	86
71	83	84	88
72	85	86	85
73	84	87	85
74	83	87	85
75	79	87	86
76	78	86	86
77	72	85	86

Aunque las diferencias semanales no alcanzaron significancia estadística, el comportamiento observado representa una diferencia funcional relevante desde el punto de vista productivo.

La caída de 13 puntos en el porcentaje de postura del grupo control contrasta con la estabilidad sostenida en los grupos suplementados, sugiriendo que la incorporación de *Lithothamnium calcareum* pudo contribuir a preservar la capacidad productiva de las gallinas en esta etapa avanzada de su ciclo.

Durante el período experimental no se registraron cambios en las condiciones de manejo, alimentación, suministro de agua o estado sanitario que afectaran a alguno de los tratamientos. No obstante, durante la última semana de evaluación se registraron condiciones ambientales compatibles con estrés térmico, las cuales afectaron por igual a todas las aves. En este contexto, la disminución observada en el tratamiento control, en contraste con la estabilidad de los tratamientos suplementados con *Lithothamnium calcareum*, propone que la suplementación pudo contribuir al mantenimiento del porcentaje de postura bajo las condiciones ambientales

registradas. Este comportamiento podría estar asociado a la mejora en el metabolismo mineral y al aporte de minerales presentes en el alga calcárea (fósforo, potasio, hierro, manganeso, zinc, cobre, yodo y sodio), los cuales participan en procesos fisiológicos relacionados con el metabolismo del calcio, la actividad enzimática, la respuesta antioxidante y la formación de la cáscara del huevo (Ávila et al., 2025).

Masa de huevo producido

Durante las primeras siete semanas, la masa total de huevo no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos con 0,0; 1,5 y 3,0% de *Lithothamnium calcareum*, con promedios de 6,0 a 6,7 kg/semana (Cuadro 6). Sin embargo, en la semana 77 se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$), donde el control produjo $5,4 \pm 0,4$ kg, un 17,2% menos que el tratamiento con 3,0% ($6,6 \pm 0,2$ kg). La prueba de Tukey confirmó diferencias entre el control y ambos tratamientos suplementados, sin diferencias entre las dosis de alga.

Cuadro 6. Masa de huevo (kg) de las aves alimentadas con las tres dietas (0,0; 1,5 y 3,0% de *Lithothamnium calcareum*).

Semana	Tratamiento		
	0,0%	1,5%	3,0%
70	$6,5 \pm 0,3$	$6,6 \pm 0,5$	$6,5 \pm 0,3$
71	$6,3 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,5$	$6,6 \pm 0,4$
72	$6,5 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,1$	$6,5 \pm 0,3$
73	$6,4 \pm 0,3$	$6,7 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,3$
74	$6,4 \pm 0,3$	$6,6 \pm 0,3$	$6,4 \pm 0,3$
75	$6,1 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,2$	$6,6 \pm 0,2$
76	$6,0 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,3$
77	$5,4 \pm 0,4$ b	$6,4 \pm 0,2$ a	$6,6 \pm 0,2$ a

Los valores se expresan como media $\pm$ desviación estándar. ^{ab} Diferente letra en una misma fila representa diferencia estadística significativa ($p < 0,001$).

El grupo control evidenció una disminución progresiva en la masa de huevo a partir de la semana 74, acentuándose hacia el final del ensayo, lo que apunta a una menor persistencia productiva, característica de gallinas en etapas avanzadas sin suplementación específica. En contraste, la inclusión de *Lithothamnium calcareum* habría contribuido a sostener la producción durante el período evaluado. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Hy-Line (2018), que describe una reducción gradual de la persistencia productiva en gallinas de edad avanzada.

La disminución del porcentaje de postura observada en el tratamiento control correspondió a un descenso progresivo a lo largo de las ocho semanas de evaluación y no a un evento puntual ocurrido al final del ensayo. Durante este período no se registraron cambios en el manejo, formulación o lote del alimento, suministro de agua, estado sanitario o presencia de plagas que pudieran explicar dicha disminución. Todas las aves permanecieron bajo las mismas condiciones experimentales durante el estudio.

Los resultados del presente estudio sugieren que la sustitución parcial del carbonato de calcio por *Lithothamnium calcareum* podría contribuir al mantenimiento del porcentaje de postura y del porcentaje de huevos de primera calidad al final del segundo ciclo de producción. No obstante, debido a que las diferencias entre tratamientos se observaron durante la última semana del período experimental, estos hallazgos deben interpretarse con cautela. Se requieren estudios de mayor duración para confirmar estos resultados y establecer si este efecto se mantiene en el tiempo bajo diferentes condiciones de producción.

Influencia del estrés térmico y el papel de la suplementación mineral

Durante la octava semana del estudio (del 27 de mayo al 2 de junio), el análisis ambiental reveló la presencia de condiciones compatibles con estrés térmico, con un índice de temperatura y humedad (ITH) entre 79 y 84 (Figura 1), valores que, según la clasificación de la World Meteorological Organization (WMO, 1989), corresponden a niveles de peligro y emergencia para animales de producción.

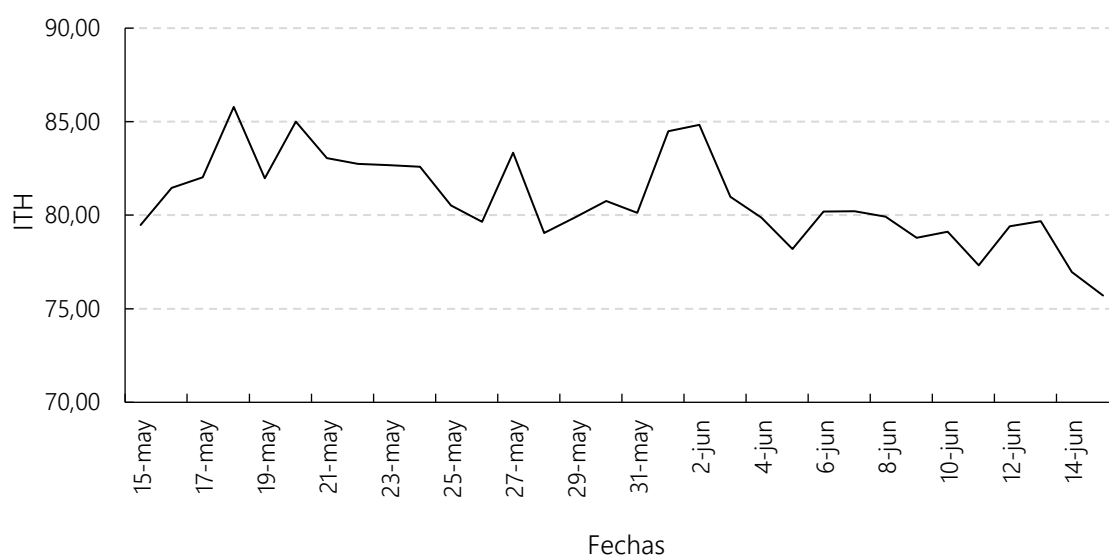


Figura 1. Índice de temperatura y humedad en el cantón de Mora, provincia de San José, Costa Rica en el año 2024. Fuente: DISAGRO, 2024.

El estrés térmico provoca un incremento en la frecuencia respiratoria de las aves, lo que reduce la presión parcial de dióxido de carbono en sangre, altera la relación entre bicarbonato (HCO_3^-) y CO_2 ; lo que favorece el aumento del pH sanguíneo (Franco-Jiménez et al., 2007; Koelkebeck & Odom, 1994). Esta condición disminuye la biodisponibilidad del calcio al favorecer su unión a proteínas plasmáticas, limitando su disponibilidad para la formación de la cáscara del huevo (Samara et al., 1996). Asimismo, se ha descrito que el estrés térmico altera el equilibrio ácido-base y el metabolismo del calcio en gallinas ponedoras, comprometiendo su desempeño productivo (Kim et al., 2024).

En este contexto, el grupo control (0,0% de *Lithothamnium calcareum*) presentó la mayor disminución en la masa de huevo y el porcentaje de postura durante la última semana del ensayo, mientras que los tratamientos suplementados mantuvieron un comportamiento productivo más estable. Estos resultados infieren que la sustitución parcial del carbonato de calcio por *Lithothamnium calcareum* pudo haber contribuido al mantenimiento del desempeño

productivo bajo las condiciones ambientales registradas. No obstante, la suplementación no produjo diferencias significativas en la resistencia ni en el grosor de la cáscara, por lo que el posible efecto observado no parece estar asociado a cambios en estas variables de calidad del huevo.

Estos resultados coinciden con las recomendaciones de la guía de manejo de Hy-Line (2020), que enfatiza la importancia de optimizar la nutrición y el manejo de las aves a partir de las 70 semanas de edad para preservar la persistencia productiva. Asimismo, estudios previos han señalado que la edad y el peso corporal influyen significativamente sobre la producción y la masa de huevo, parámetros que pueden verse afectados bajo condiciones de estrés térmico (Bermúdez, 1997, como se citó en García et al., 2016; Pampin, 1981; Sánchez et al., 2010).

Aunque el mejor desempeño de los tratamientos suplementados coincidió con un período de condiciones ambientales compatibles con estrés térmico, el presente estudio no fue diseñado para evaluar la respuesta fisiológica de las aves a este factor. Por ello, los resultados deben interpretarse como una asociación observada durante el período experimental y no como evidencia de un mecanismo fisiológico específico.

CONSIDERACIONES FINALES

La incorporación de *Lithothamnium calcareum* en la dieta de gallinas ponedoras a partir de la semana 70 no modificó significativamente la resistencia ni el grosor de la cáscara durante el período experimental. Sin embargo, al final del ensayo, los tratamientos suplementados presentaron mayores porcentajes de postura y de huevos de primera calidad en comparación con el tratamiento control, lo que sugiere un posible beneficio sobre el mantenimiento del desempeño productivo en esta etapa del ciclo.

Durante la octava semana de evaluación, se observó que, en condiciones ambientales asociadas a estrés térmico, las aves suplementadas manifestaron una respuesta más favorable

en el desempeño productivo en comparación con el grupo control. Aunque este comportamiento podría indicar una mayor capacidad para sostener la producción bajo dichas circunstancias, el diseño experimental no permite establecer una relación causal entre la suplementación y una respuesta fisiológica frente al estrés térmico.

En conjunto, los resultados indican que *Lithothamnium calcareum* podría constituir una fuente alternativa de calcio, permitiendo una sustitución parcial de carbonato de calcio en dietas de gallinas ponedoras de edad avanzada, sin afectar negativamente las variables de calidad de huevo evaluadas. No obstante, debido a que las diferencias entre tratamientos se observaron principalmente al final del período experimental, se recomienda realizar estudios de mayor duración y bajo condiciones controladas que permitan confirmar estos hallazgos y esclarecer los mecanismos involucrados.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Brito, R., Rojas-Bourrillon, A., & López-Herrera, M. (2020). Efecto del guineo cuadrado sobre la proteína cruda, almidón, fibra y fermentación ruminal de ensilados de leguminosas. *Nutrición Animal Tropical*, 14 (2), 131-155. <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.44684>
- Ávila, L. R., Cruz, F. K., Leite, B. K. V., & Garcia, E. R. M. (2025). Calcareous algae (*Lithothamnium calcareum*) as an alternative source of calcium in commercial layer diets. *Tropical Animal Science Journal*, 48 (3), 221-230. <https://doi.org/10.5398/tasj.2025.48.3.221>
- Batallé, M., Marra, F., y Valle, J. (2022). Evaluación de la calidad del huevo con la incorporación de algas calcáreas (*Lithothamnium calcareum*) al alimento en gallinas ponedoras. *Revista Agroindustria*, 27, 16-19. https://issuu.com/caenaarg/docs/revista_final_agroindustria_157

- Berkhoff, J., Alvarado-Gilis, C., Keim, J. P., Alcalde, J. A., Vargas-Bello-Pérez, E., & Gandarillas, M. (2020). Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poultry Science*, 99 (11), 6239-6246. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>
- Bermúdez, A. C., WingChing-Jones, R., & Sanabria, R. (2021). Factibilidad de la producción de huevos de gallinas ponedoras con acceso a pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 32 (2), 573-586. <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.39673>
- Caffa, I., Proietti, E., Turrini, F., Borgarelli, C., Ferrando, M. R., Formisano, E., de Cassya Lopes Neri, L., Martini, D., Angelino, D., Tagliabue, A., & Pisciotta, L. (2025). Nutritional aspects of eggs for a healthy and sustainable consumption: A narrative review. *Food Science & Nutrition*, 13 (9),1-13. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70285>
- Cámara Nacional de Avicultores de Costa Rica. (2025). *Indicadores y estadísticas de consumo masivo en la avicultura nacional*. aviNews de Avicultura. <https://avinews.com/costa-rica-enfrenta-el-alza-en-el-precio-del-huevo-causas-y-perspectivas-del-mercado/>
- Carlos, A. C., Sakomura, N. K., Pinheiro, S. R., Toledano, F. M., Giacometti, R. A., & Da Silva Júnior, J. W. (2011). Uso da alga *Lithothamnium calcareum* como fonte alternativa de cálcio nas rações de frangos de corte. *Ciencia e Agrotecnología*, 35 (4), 833-839. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542011000400025>
- De Sousa, F. P., De Souza, B. B., De Azevedo Silva, A. M., Brandão, P. A., Soares, Y. G. D. S., Benício, T. M. A., De Barros Carvalho, A., Da Silva, M. R., & Fernandes, D. L. (2024). A influência do *lithothamnium calcareum* e do ambiente na qualidade de ovos de poedeiras comerciais semipesadas no final de ciclo de produção. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22 (1), 634-649. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-034>
- Días, G.T. (2000). Granulados bioclásticos. Algas calcáreas. *Braz. J. Geophys.*, 18, 307-318. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2000000300008>
- DISAGRO. (2024). Índice de temperatura y humedad en el cantón de Mora, provincia de San José, Costa Rica en 2024. <https://www.disagro.co.cr/clima-inteligente>

- Fluck, A. C., Cardinal, K. M., Costa, O. A. D., Piffer de Borba, L., & da Silva Pires, P. G. (2023). Yolk and eggshell colour: are these the parameters that influence egg purchasing? A systematic review. *World's Poultry Science Journal*, 79 (3), 551-562. <https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2234341>
- Franco-Jimenez, D. J., Scheideler, S. E., Kittok, R. J., Brown-Brandl, T. M., Robeson, L. R., Taira, H., & Beck, M. M. (2007). Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 16 (4), 628-634. <https://doi.org/10.3382/japr.2005-00088>
- García, Y., Martínez, R. G., Tuero, O., Cruz, L. E. y Estévez, M. (2016). El peso corporal y su efecto sobre indicadores bioproductivos en gallinas White Leghorn L33. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(3), 180-189. unirioja.es
- Genova, J., Oliveira, N., Scherer, C., Carvalho, P., Costa, A. B. S., Artoni, S., Júnior, A., Santos, L., Carvalho, S., & Bortoluzzi, J. (2022). Bone, microbiological and intestinal characteristics of piglets fed diets containing *Lithothamnium calcareum*. *South African Journal of Animal Science*, 52(1), 98-110. <https://doi.org/10.4314/sajas.v52i1.12>
- Guier-Serrano, M., Davidovich-Young, G., Wong-González, E., & Cubero-Castillo, E. (2021). Calidad microbiológica y fisicoquímica y sabor de huevos de gallina de producción convencional o pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 33 (1), 45264. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.46140>
- Hernández-Bautista, J., Pérez-León, I., González-Martínez, A., Villegas-Aparicio, Y., Rodríguez, G., & Meza-Villalvazo, V. M. (2013). Calidad de huevo de cuatro líneas genéticas de gallinas en clima cálido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263128353003.pdf>
- Holt, P. S., Davies, R., Dewulf, J., Gast, R. K., Huwe, J. K., Jones, D. R., Waltman, D., & Willian, K. R. (2011). The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science*, 90 (1), 251-262. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00794>

- Hwang, H. S., Lim, C., Eom, J., Cho, S., & Kim, I. H. (2025). Split-feeding as a sustainable feeding strategy for improving egg production and quality, nutrient digestibility, and environmental impact in laying hens. *Poultry Science*, 104 (6), 105100. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105100>
- Hy-Line. (2018). Mejorando el tamaño del huevo en las ponedoras comerciales. <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20EGG%20SPN.pdf>
- Hy-Line. (2020). La ciencia de la calidad del huevo. <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20EQ%20SPN.pdf>
- Kim, H.-R., Ryu, C., Lee, S.-D., Cho, J.-H., & Kang, H. (2024). Effects of heat stress on the laying performance, egg quality, and physiological response of laying hens. *Animals*, 14 (7), 1076. <https://doi.org/10.3390/ani14071076>
- Koelkebeck, K. W., & Odom, T. W. (1994). Laying hen responses to acute heat stress and carbon dioxide supplementation: I. Blood gas changes and plasma lactate accumulation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 107 (4), 603-606. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)90358-1](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)90358-1)
- Liu, L., Zhang, G., Qu, G., Liu, B., Zhang, X., Li, G., Jin, N., Li, C., Bai, J., & Zhao, C. (2023). Effects of dietary *Lactobacillus rhamnosus* GG supplementation on the production performance, egg quality, eggshell ultrastructure, and lipid metabolism of late-phase laying hens. *BMC Veterinary Research*, 19(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03719-9>
- Liu, Y., Uyanga, V. A., Jiao, H., Wang, X., Zhao, J., Zhou, Y., & Lin, H. (2023). Effects of feeding strategies on eggshell quality of laying hens during late laying period. *Poultry Science*, 102 (2), 102406. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102406>
- Madrigal-Portilla, J., Salas-Durán, C., & Macaya-Quirós, S. (2023). Efecto de temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad del huevo de gallinas. *Agronomía Mesoamericana*, 51223. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51223>

- Mariey, Y. A., Samak, H. R., e Ibrahim, M. A. (2012). Effect of using *Spirulina platensis* algae as a feed additive for poultry diets: 1- Productive and reproductive performances of local laying hens. *Egyptian Poultry Science Journal*, 32(1), 201–215.
- Melo, T. V., Ferreira, R. A., Oliveira, V. C., Carneiro, J. B. A., Moura, A. M. A., Silva, C. S., y Nery, V. L. H. (2008). Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. *Archivos de Zootecnia*, 57(219), 313-319.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3027788>
- Pampin, M. (1981). Análisis del índice de bajas por mortalidad y selección y el índice de consumo de pienso como factores de influencia en la producción de huevos en Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Avícolas*, 8(1), 23-30.
- Sanmiguel-Plazas, R. A., Mejía-Rojas, G. R., Lozano-Covaleda, L. M., y Castañeda-Serrano, R. D. (2016). Evaluación de diferentes granulometrías de calcio en la alimentación de gallinas ponedoras. *Ciencia y Agricultura*, 13(2), 67-72.
<https://doi.org/10.19053/01228420.v13.n2.2016.5554>
- Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The golden egg: Nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*, 11 (3), 684.
<https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Salazar-Sáenz, G. Y. (2008). *Evaluación de la adición de minerales orgánicos vs. minerales inorgánicos sobre la calidad externa de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras comerciales en jaula* [Tesis doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7154/>
- Samara, M. H., Robbins, K. R., & Smith, M. O. (1996). Interaction of feeding time and temperature and their relationship to performance of the broiler breeder hen. *Poultry Science*, 75(1), 34-41. <https://doi.org/10.3382/ps.0750034>
- Sánchez, A., López, A., García, M., Lamazares, M., Pérez, M., Trujillo, E., & Sardá, R. (2010). *Salud y producción de las aves*. La Habana (CU): Editorial Félix Varela.

- SAS Institute Inc. 2018. SAS/STAT 15.1 User's guide. Version 9.4 ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Secretaría de Planificación del Sector Agropecuario. (2025). *Boletín Estadístico Agropecuario N° 35: Otra perspectiva del sector*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. infoagro.go.cr
- Servicio Nacional de Salud Animal. (2025). Estrategias de control y registro de la producción avícola nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://avinews.com/costa-rica-enfrenta-el-alza-en-el-precio-del-huevo-causas-y-perspectivas-del-mercado/>
- Universidad de Costa Rica. (2023, marzo 15). *Conozca las diferencias entre los huevos convencionales y de pastoreo*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2023/3/15/conozca-las-diferencias-entre-los-huevos-convencionales-y-de-pastoreo.html>
- World Meteorological Organization. (1989). *Animal health and production at extremes of weather: Reports of the CAgM Working Groups on Weather and Animal Disease and Weather and Animal Health* (Technical Note No. 191; WMO-No. 685). Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization
- Zhang, H., Wang, Y., Wang, Y., Wei, B., Wang, L., Nguyen, M. T., Lv, X., Huang, Y., & Chen, W. (2024). Fermented calcium butyrate supplementation in post-peak laying hens improved ovarian function and tibia quality through the "gut-bone" axis. *Animal Nutrition*, 16, 350-362. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.10.008>
- Zepeda Vásquez, G. O. y Jiménez Jara, L. D. (2025). *Algas calcáreas (Lithothamnium calcareum) como suplemento en la alimentación de aves de postura para la mejora de parámetros productivos y de calidad del huevo* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Nacional]. Repositorio Institucional UTN. <https://repositorio.utn.ac.cr/handle/20.500.13077/3>