

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFEECTO DE TRES NIVELES DE CALCITA EN LA SEGUNDA FASE
DE POSTURA, DE GALLINAS LÍNEA ISA BROWN (*Gallus gallus
domesticus*), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Omar Oscar Suri Mamani

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2025

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE CALCITA EN LA SEGUNDA FASE DE POSTURA, DE
GALLINAS LÍNEA ISA BROWN (*Gallus gallus domesticus*), EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Omar Oscar Suri Mamani

Asesores:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Lic. Ing. Lic. Med. Vet. Hipolito Ramiro Nina Siñani

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Paulino Bruno Condori Ali

Lic. Ing. Cesar Humberto Quispe Paxipati

Lic. Med. Vet. Alfredo Luis Coria Conde

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

Quiero dedicar a Dios, por su guía constante y su amor incondicional que me sostuvieron en cada paso de este camino para culminar mi carrera.

A mis abuel@s, Carmelo Suri Apaza (†), quien desde el cielo guía e ilumina cada paso que doy y Sabina Titirico de Suri, por su apoyo constante, su amor y fortaleza, han sido una fuente de inspiración a lo largo de este camino.

A mis padres, hermanos y familia, por brindarme su amor incondicional, por sus consejos sinceros, por estar siempre a mi lado y motivarme a superarme cada día. Sin ustedes, este logro no sería posible.

AGRADECIMIENTOS

Al concluir una etapa importante de mi vida, quiero expresar mis sinceros agradecimientos en especial a Dios por darme la vida, fortaleza y sabiduría para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Agradezco a la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto y al personal docente, que hicieron posible mi crecimiento académico.

Agradezco mis asesores a M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raul Ochoa Torrez y Lic. Ing. Lic. Med. Vet. Hipolito Ramiro Nina Siñani, por sus constantes asesoramientos, por el tiempo brindado, por sus valiosas y acertadas sugerencias, en el presente trabajo de investigación.

A mis revisores, Dr. Paulino Bruno Condori Ali, Lic. Ing. Cesar Humberto Quispe Paxipati y Lic. Med. Vet. Alfredo Luis Coria Conde, por su valiosa orientación, por el tiempo dedicado a la revisión y por los consejos brindados, cuyas sugerencias fueron fundamentales para mejorar esta investigación.

Agradezco a toda mi familia, en especial a mis padres Emeterio Suri y Clementina, a mis hermanos quienes han creído en mí. Gracias por su apoyo incondicional y motivación constante para seguir adelante en cada paso hasta culminar esta etapa.

A mi abuela Sabina, por su cariño constante. A mis tías Emiliana Suri (†), Flora Suri y Javier Tito y a toda mi familia extendida, por sus consejos, su compañía y por estar siempre presentes.

Extiendo mi agradecimiento a mis amigos, quienes me acompañaron con su apoyo en las distintas etapas de esta tesis y siguen a mi lado en cada travesía que presenta la vida. Gracias por existir y ser parte de esta historia.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron su granito de arena a lo largo de este camino, gracias de corazón.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
2.1.1. Objetivo general.....	3
2.1.2. Objetivos específicos.....	3
2.2. Hipótesis	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Origen de las gallinas	5
3.1.1. Evolución de la gallina.....	5
3.1.2. Domesticación de las gallinas	5
3.1.3. Clasificación taxonómica	6
3.2. Línea Isa Brown	6

3.3.	Etapas de producción de las aves ponedoras	7
3.4.	Producción de huevos de gallinas ponedoras	8
3.4.1.	Producción de huevo a nivel nacional.....	8
3.5.	Manejo de aves de postura	8
3.5.1.	Agua.....	8
3.5.2.	Bioseguridad	9
3.5.3.	Iluminación	10
3.5.4.	Temperatura	10
3.5.5.	Densidad de población	11
3.5.6.	Ventilación.....	12
3.6.	Alimentación de las gallinas ponedoras	13
3.6.1.	Alimentación durante la fase de producción	13
3.6.2.	Vitaminas y minerales.....	13
3.7.	Sistema digestivo de las aves	15
3.7.1.	Pico	16
3.7.2.	Esófago y buche	16
3.7.3.	Proventrículo y molleja	17
3.7.4.	Intestinos.....	17
3.7.5.	Ciego.....	18
3.7.6.	Colon.....	18
3.7.7.	Cloaca	18
3.8.	Aparato reproductor de la gallina	18
3.8.1.	Ovario y oviducto en la gallina adulta.....	19
3.8.2.	Infundíbulo	20
3.8.3.	Magnum	21
3.8.4.	Istmo.....	21

3.8.5.	Útero.....	21
3.8.6.	Vagina	21
3.9.	Manejo de equipos básicos del galpón	21
3.9.1.	Círculos de crianza	22
3.9.2.	Bebederos.....	22
3.9.2.1.	Bebederos de nipple.....	22
3.9.2.2.	Bebederos de tipo campana	23
3.9.3.	Comederos.....	23
3.9.4.	Cama.....	24
3.10.	Sanidad y vacunas.....	25
3.10.1.	Parásitos internos y externos	25
3.10.1.1.	Parásitos internos.....	25
3.10.1.2.	Control de parásitos internos:	26
3.10.1.3.	Protozoos.....	26
3.10.1.4.	Parásitos externos.....	27
3.10.1.5.	Infecciones bacterianas.....	27
3.11.	Calcio	27
3.11.1.	Absorción del calcio.....	27
3.11.2.	Deficiencia de calcio	28
3.12.	Piedra caliza o calcita	28
3.12.1.	Distribución de calcita.....	29
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1.	Localización	30
4.2.	Materiales.....	30
4.2.1.	Material de estudio	30
4.2.2.	Material de alimentación.....	31

4.2.3.	Material de campo	31
4.2.4.	Material de escritorio	31
4.3.	Metodología	32
4.3.1.	Procedimiento experimental	32
4.3.1.1.	Características del galpón utilizado	32
4.3.1.2.	Metodología	32
4.3.1.3.	Desinfección	32
4.3.1.4.	Armado del sistema automatizado	33
4.3.1.5.	Distribución de las gallinas en los tratamientos	33
4.3.1.6.	Alimentación	33
4.3.1.7.	Suministro de agua	33
4.3.1.8.	Adición de calcita	33
4.3.1.9.	Recolección de huevos	34
4.3.1.10.	Iluminación	34
4.3.2.	Diseño experimental	34
4.3.3.	Factores de estudio	35
4.3.4.	VARIABLES DE RESPUESTA	35
4.3.4.1.	Porcentaje de postura	35
4.3.4.2.	Peso del huevo (g)	35
4.3.4.3.	Altura del huevo (mm)	36
4.3.4.4.	Diámetro del huevo (mm)	36
4.3.4.5.	Grosor de la cáscara del huevo (mm)	36
4.3.5.	Análisis económico	36
4.3.5.1.	Ingreso Bruto	36
4.3.5.2.	Beneficio Costo	37
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38

5.1.	VARIABLES DE ESTUDIO	38
5.1.1.	Variación de la temperatura	38
5.1.2.	Variación de la humedad relativa	39
5.2.	VARIABLES DE RESPUESTA	40
5.2.1.	Porcentaje de postura.....	40
5.2.2.	Peso del huevo (g).....	42
5.2.3.	Altura del huevo (mm)	46
5.2.4.	Diámetro del huevo (mm)	49
5.2.5.	Grosor de la cáscara del huevo (mm).....	52
5.2.6.	Análisis económico	55
5.2.6.1.	Relación de B/C.....	55
6.	CONCLUSIONES	57
7.	RECOMENDACIONES.....	58
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
9.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de <i>Gallus gallus domesticus</i>	6
Cuadro 2.	Características productivas de la línea Isa Brown	7
Cuadro 3.	Parámetros de calidad del agua para consumo en avicultura.....	9
Cuadro 4.	Temperatura ambiental y estrés por calor en aves de postura	11
Cuadro 5.	Requerimiento de espacio para crianza de gallinas en piso	12
Cuadro 6.	Requerimientos de vitaminas y minerales en 1000 kg de dieta completa para aves 15	
Cuadro 7.	Requerimiento de accesorios por número de aves en sistema en piso.....	24
Cuadro 8.	Número de gallinas en postura por tratamiento, con diferentes niveles de calcita 35	
Cuadro 9.	Análisis de varianza para porcentaje de postura	40
Cuadro 10.	Análisis de varianza para peso del huevo.....	43
Cuadro 11.	Análisis de varianza para altura del huevo	46
Cuadro 12.	Análisis de varianza para diámetro del huevo	49
Cuadro 13.	Análisis de varianza para grosor de la cáscara del huevo	52
Cuadro 14.	Relación de beneficio costo.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema digestivo de las aves de postura (Romero, 2023).	16
Figura 2.	Tracto reproductivo de la gallina y formación del huevo (Hy Line, 2017).	20
Figura 3.	Localización de la investigación (Boliviapedia, 2024) y (Google-Earth, 2025). 30	
Figura 4.	Temperaturas (°C) registradas dentro del galpón.....	38
Figura 5.	Humedad relativa (%) registradas dentro del galpón.....	39
Figura 6.	Porcentaje de postura en promedio	41
Figura 7.	Análisis de regresión para porcentaje de postura.....	42
Figura 8.	Peso del huevo en promedio.....	43
Figura 9.	Análisis de regresión para peso del huevo	45
Figura 10.	Variación semanal del peso del huevo con diferentes niveles de calcita. ..	46
Figura 11.	Comparación de medias para altura mm del huevo	47
Figura 12.	Análisis de regresión para altura mm del huevo.....	48
Figura 13.	Variación semanal del largo del huevo con diferentes niveles de calcita. ..	49
Figura 14.	Comparación de medias para diámetro del huevo (mm).....	50
Figura 15.	Análisis de regresión para diámetro del huevo (mm)	51
Figura 16.	Variación semanal del diámetro del huevo (mm) con diferentes niveles de calcita. 52	
Figura 17.	Comparación de medias para grosor de la cáscara	53
Figura 18.	Análisis de regresión para grosor de la cáscara.....	54
Figura 19.	Variación semanal del grosor de la cáscara del huevo (mm) con diferentes niveles de calcita.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Limpieza y desinfección del galpón.....	66
Anexo 2.	Lavado de comederos y bebederos	66
Anexo 3.	Encalado del piso y cama.....	66
Anexo 4.	Armado del sistema automatizado	67
Anexo 5.	Distribución de las gallinas en los tratamientos	67
Anexo 6.	Alimentación.....	67
Anexo 7.	Suministro de agua	68
Anexo 8.	Adición de calcita	68
Anexo 9.	Recolección de huevos.....	68
Anexo 10.	Peso del huevo (g).....	69
Anexo 11.	Altura del huevo (mm)	69
Anexo 12.	Diámetro del huevo (mm)	69
Anexo 13.	Grosor de la cáscara del huevo (mm).....	70
Anexo 14.	Análisis económico	70
Anexo 15.	Alquiler de material de galpón.....	70
Anexo 16.	Costos variables de manejo	71

ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrógeno
cm	Centímetro
mg	Miligramo
S ₂ H	Ácido sulfhídrico
l	Litro
UFC/ml	Unidades Formadoras de Colonias por mililitro
UI	Unidades Internacionales
g	Gramos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
cm	Centímetro
kg	Kilógramo
m	metros
m ²	Metros cuadrados

RESUMEN

En la segunda fase de postura, las gallinas presentan una disminución en la calidad de la cáscara de los huevos debido a deficiencias de calcio en la dieta. Bajo este contexto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar tres niveles de calcita en la segunda fase de postura, de gallinas línea Isa Brown (*Gallus gallus domesticus*), Se realizó en el Centro Experimental de Kallutaca, de la Universidad Pública de El Alto (UPEA). En esta investigación se utilizó el Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos, donde se implementó en la dieta de las gallinas, diferentes niveles de calcita; T1 (sin calcita), T2 (6% de calcita), T3 (9% de calcita) y T4 (12% de calcita). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de postura, peso del huevo, altura del huevo, diámetro del huevo, grosor de la cáscara y relación Beneficio Costo. Los resultados indican que, el porcentaje de postura, el mayor promedio se registró en el T3 (9% de calcita) con 87.49%, en cuanto al peso promedio del huevo, el mayor valor de peso se obtuvo en el T2 (6% de calcita) con 66.33 g, así mismo para la altura del huevo, el mayor promedio correspondió al T3 (9% de calcita) con 56,7 mm, para el diámetro del huevo, el mayor promedio se obtuvo en el T3 (9% de calcita) 44.62 mm, para el grosor de la cáscara, el T4 (12% de calcita) obtuvo mayor grosor con 0.41 mm, seguido de los tratamientos T2 y T3 (6% y 9% de calcita) con 0,40 mm cada uno, finalmente, el análisis económico de la relación beneficio/costo, el T2 que presentó mayor rentabilidad con 1.14 Bs, superando a los demás. Por lo cual, se recomienda tomar en cuenta el nivel de 6% de calcita, que resultó el más conveniente por su buen desempeño productivo y económico.

ABSTRACT

In the second laying phase, hens show a decrease in eggshell quality due to calcium deficiencies in their diet. In this context, the objective of this research was to evaluate three levels of calcite in the second laying phase of Isa Brown (*Gallus gallus domesticus*) hens. The study was conducted at the Kallutaca Experimental Center of the Public University of El Alto (UPEA). This research used a completely randomized design with four treatments, where different levels of calcite were implemented in the hens' diet: T1 (no calcite), T2 (6% calcite), T3 (9% calcite), and T4 (12% calcite). The variables evaluated were: laying percentage, egg weight, egg height, egg diameter, shell thickness, and benefit-cost ratio. The results indicate that the highest average percentage of egg laying was recorded in T3 (9% calcite) with 87.49%. In terms of average egg weight, the highest value was obtained in T2 (6% calcite) with 66.33 g. Similarly, for egg height, the highest average corresponded to T3 (9% calcite) with 56.7 mm. For egg diameter, the highest average was obtained in T3 (9% calcite) with 44.62 mm. For shell thickness, T4 (12% calcite) obtained the greatest thickness with 0.41 mm, followed by treatments T2 and T3 (6% and 9% calcite) with 0.40 mm each. Finally, the economic analysis of the benefit/cost ratio showed that T2 had the highest profitability with 1.14 Bs, surpassing the others. Therefore, it is recommended to consider the 6% calcite level, which proved to be the most convenient due to its good productive and economic performance.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de la cáscara de huevo desempeña un papel económico fundamental en la producción avícola, ya que representa entre el 8% y el 10% de las pérdidas totales debido a la rotura de las cáscaras, lo que ocasiona impactos económicos significativos. Por esta razón, es vital mejorar la calidad de las cáscaras de huevo tanto para la producción destinada al consumo como para la incubación. Las cáscaras están compuestas en un 95% por minerales inorgánicos, de un 3,3% a un 3,5% por matriz orgánica y un 1,6% por agua. Además, el carbonato de calcio constituye el principal componente de la cáscara, representando aproximadamente el 94% (Wang *et al.*, 2021).

Los huevos representan una fuente alimenticia altamente nutritiva y económicamente accesible, que proporciona un equilibrio óptimo de macro y micronutrientes fundamentales para la salud humana. Los huevos aportan proteínas de alto valor biológico, compuestos bioactivos y una variedad de nutrientes que contribuyen a la prevención de diversas enfermedades Réhault-Godbert *et al.*, (2019), a pesar de las preocupaciones previas relacionadas con su contenido de colesterol, investigaciones recientes han evidenciado que el consumo moderado de huevos no incrementa el riesgo cardiovascular en la población general Dussailant *et al.*, (2017). Son particularmente beneficiosos para mujeres embarazadas, niños y ancianos (Pro-Martínez *et al.*, 2023).

De acuerdo la información reflejada por la Asociación de Avicultores de Santa Cruz (ADA), la producción de huevos en Bolivia asciende a los 2.700 millones, la ciudad de Santa Cruz lidera la producción con 1.500 millones (60%), seguido de Cochabamba con 1.000 (35%) y Tarija 137 millones de huevos al año (5%). En 2024 el consumo per cápita de huevos en el país se situó en 206 huevos por persona al año, todavía bajo en comparación con países vecinos como Argentina (322), Brasil (241), Chile (232) y Perú (232). La producción de huevos una de las actividades agropecuarias con menor impacto ambiental porque su producción es eficiente y sostenible (El Deber, 2024).

1.1. Antecedentes

Llusco (2015), realizó un estudio en el Departamento de La Paz, Provincia Murillo, zona de Kupini, esta investigación consistió en el suministro de alimento balanceado implementando calcita en gallinas de postura. El mismo menciona que la calcita influye en el peso, el largo, el diámetro y el grosor de la cáscara del huevo. Este efecto es más evidente en el sistema de producción semi intensivo, donde se aplicó calcita. Los registros indican que, con el uso de calcita, la producción de huevos es mayor.

1.2. Planteamiento del problema

En la segunda fase de postura, las gallinas presentan una disminución en la calidad de la cáscara de los huevos debido a deficiencias de calcio en la dieta. Esta condición provoca que las cáscaras sean más delgadas y frágiles, lo que incrementa el porcentaje de huevos que se quiebran durante el manipuleo, generando mayores pérdidas para los productores.

La línea genética Isa Brown, ampliamente utilizada en sistemas de producción, muestra una alta demanda de minerales durante la etapa de postura. En esta fase, los requerimientos de calcio aumentan, siendo necesario optimizar su suministro para asegurar la formación adecuada de la cáscara.

La calcita es un mineral económico y abundante en nuestro medio que contiene un alto porcentaje de carbonato de calcio, y su disponibilidad local lo convierte en una opción accesible para los productores. Su incorporación en la dieta podría contribuir a mejorar la consistencia y el espesor de la cáscara del huevo en gallinas ponedoras durante la segunda fase de postura. Esto permitiría disminuir la incidencia de quiebres durante el manipuleo, mejorando la calidad de la cáscara del huevo.

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación, realiza una evaluación del efecto de tres niveles de calcita en la segunda fase de postura en gallinas de la línea Isa Brown, con el fin de generar información del nivel adecuado de calcita en la producción de huevos y así disminuir las pérdidas en esta fase, los productores no solo obtendrían mayores ganancias, sino que también podrían ofrecer huevos a un mejor precio, mejorando sus ingresos e incentivando el consumo per cápita. De este modo, se contribuiría a reforzar la seguridad alimentaria, considerando que el consumo per cápita de huevos en el país se situó en 206 huevos por

persona al año, todavía bajo en comparación con países vecinos como Argentina con 322, Brasil 241, Chile 232 y Perú 232 (El Deber, 2024).

En este contexto, es necesario identificar fuentes minerales que, además de ser efectivas, sean accesibles económicamente para los productores avícolas. La calcita es un recurso abundante en el medio local y de bajo costo, con un alto contenido de carbonato de calcio, lo que la convierte en una alternativa viable para suplementar dietas de gallinas ponedoras.

2. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

- Evaluar tres niveles de calcita en la segunda fase de postura, de gallinas línea Isa Brown (*Gallus gallus domesticus*), en el Centro Experimental de Kallutaca.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de postura en gallinas línea Isa Brown (*Gallus gallus domesticus*), en la segunda fase de postura, bajo el efecto de tres niveles de calcita, en el Centro Experimental de Kallutaca.
- Determinar peso de huevo, de gallinas línea Isa Brown, a efecto de tres niveles de calcita, en el Centro Experimental de Kallutaca.
- Determinar altura del huevo, bajo el efecto de tres niveles de calcita, de gallinas línea Isa Brown.
- Determinar el diámetro de los huevos de gallinas línea Isa Brown, por efecto de tres niveles de calcita.
- Determinar el grosor de la cáscara del huevo, a efecto de tres niveles de calcita, de gallinas línea Isa Brown, durante la segunda fase de postura, en el Centro Experimental de Kallutaca.
- Comparar la relación Beneficio Costo entre los tratamientos en gallinas línea Isa Brown, durante la segunda fase productiva.

2.2. Hipótesis

H₀: La evaluación de tres niveles de calcita en la segunda fase de postura, de gallinas línea Isa Brown (*Gallus gallus domesticus*), en el Centro Experimental de Kallutaca, no presentan diferencias estadísticas significativas.

H₁: La evaluación de tres niveles de calcita en la segunda fase de postura, de gallinas línea Isa Brown (*Gallus gallus domesticus*), en el Centro Experimental de Kallutaca, presentan diferencias estadísticas significativas.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origen de las gallinas

Las distintas razas de gallinas actuales se originaron en Asia (sureste asiático), donde habitaban diversas especies de gallináceas muy semejantes a los faisanes. Entre las estirpes más reconocidas de gallinas ancestrales se encuentran: el ave gris de la jungla (*Gallus sanneratti*), el ave selvática de Ceilán (*Gallus lafayeti*), el ave selvática de Java (*Gallus varius*) y el ave dorada de la jungla (*Gallus banquiva*). Estudios experimentales han demostrado que todas estas estirpes silvestres pueden cruzarse entre sí y que su descendencia es fértil, lo que sugiere que, tras su domesticación, estas aves se mezclaron entre sí, dando origen a las variedades básicas de las que provienen las gallinas domésticas actuales (FAO, 2008).

El mismo autor menciona que, el antecesor salvaje de la gallina habita zonas tropicales y bordes subtropicales de bosques, y durante su período de reproducción ponía entre 5 y 6 huevos, que incubaba durante 18 a 20 días. Esto contrasta notablemente con las razas modernas de gallinas, que pueden llegar a producir más de 300 huevos al año, evidenciando la intensa selección genética realizada a lo largo del proceso de domesticación y mejoramiento de la especie.

3.1.1. Evolución de la gallina

La evolución de la gallina (*Gallus gallus domesticus*) está profundamente ligada a la historia de su domesticación y cría selectiva, lo que ha dado lugar a una notable diversidad de razas y variedades adaptadas a distintos propósitos, como la producción de huevos, la ornamentación y la exhibición. Las gallinas han desempeñado un papel importante en la cultura, la alimentación y la economía de múltiples civilizaciones en todo el mundo. Sus orígenes e interacción con los seres humanos han sido determinantes en su desarrollo, dando lugar a las gallinas que conocemos hoy (Thomann, 2023).

3.1.2. Domesticación de las gallinas

La domesticación de las gallinas y los gansos comenzó hace más de 3,000 años. Existen evidencias de que, alrededor del 3,200 a.C., ya se domesticaban y criaban gallinas en la India, desde donde se difundieron hacia Persia, Grecia y, finalmente, Europa. En China y Egipto también se ha documentado la crianza de gallinas domésticas desde hace

aproximadamente 1,400 años, lo que demuestra la amplia antigüedad y difusión de esta práctica a lo largo de distintas culturas (FAO, 2008).

El mismo autor señala que, desde el inicio de su domesticación, el ser humano ha seleccionado los ejemplares que presentan las características más deseadas, según el objetivo del avicultor. Entre estas selecciones destacan: aves ágiles y agresivas para peleas, aves con plumajes llamativos para ornato, aves de gran tamaño y musculatura para producción de carne, y aves con elevada capacidad de postura para la producción de huevos.

3.1.3. Clasificación taxonómica

Sánchez (2003), menciona que la clasificación taxonómica de la gallina Isa Brown es la siguiente:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Gallus gallus domesticus*

Reino	Animal
Tipo	Vertebrados
Clase	Ovíparo
Orden	Galliformes
Familia	Fasianidae (phasionidas)
Género	<i>Gallus</i>
Especie	<i>Gallus gallus</i>

Fuente: Sánchez (2003).

3.2. Línea Isa Brown

La Isa Brown es una raza comercial de gallina ponedora híbrida, ampliamente reconocida por su elevada capacidad de producción de huevos. Varios estudios han comparado su desempeño con otras razas, así como su adaptación a distintos sistemas de crianza. En general, las gallinas Isa Brown superan a razas autóctonas como Mos y New Hampshire en producción de huevos y parámetros de calidad (Rakonjac *et al.*, 2021).

Sin embargo, los huevos de razas autóctonas pueden tener un mayor valor nutricional, ya que los huevos contienen más grasa, proteína y ceniza que los huevos Isa Brown Franco *et al.*, (2020). Las gallinas Isa Brown con acceso a pasturas son capaces de mantener niveles de producción de huevos comparables a los estándares establecidos para la raza,

a la vez que presentan cambios en las características de los huevos relacionados con la edad (WingChing-Jones *et al.*, 2023).

El Cuadro 2 presenta las características productivas de la línea Isa Brown, una línea comercial altamente reconocida por su eficiencia en la postura de huevos.

Cuadro 2. Características productivas de la línea Isa Brown

Periodo de puesta	18-90 semanas	
Viabilidad	90.9	%
Edad al 50% de producción	144	días
Pico de puesta	95	%
Peso medio de huevo	62.9	g
Número de huevos por gallina alojada	399	
Masa de huevo por gallina alojada	25.1	kg
Consumo medio diario de pienso	116	g/día
Índice de conversión	2.33	kg/kg
Peso corporal	1975	g
Resistencia de la cascara	4000	g
Color de la cascara	32	
Unidades Haugh	82	

Fuente: ISA (2020).

3.3. Etapas de producción de las aves ponedoras

Antezana (2011), describe la fase productiva de las gallinas ponedoras se estructura en varias etapas. La fase de cría y recría abarca desde la semana 1 hasta la semana 18 de vida, seguida por la fase de pre-postura entre las semanas 18 y 20, durante la cual todas las gallinas homogenizan la postura. A partir de la semana 20 hasta la semana 30, se desarrolla la denominada fase de postura pico, caracterizada por el mayor porcentaje de producción de huevos. Posteriormente, entre las semanas 30 y 50, se identifica la fase de postura uno, en la cual las gallinas, aún jóvenes y con alto potencial productivo, presentan requerimientos nutricionales más moderados, permitiendo una reducción en los niveles de proteína y energía en la dieta. Finalmente, entre las semanas 50 y 72, se inicia la fase de postura dos, etapa en la que se incrementa la suplementación de calcio en la alimentación, debido a que las gallinas ya no son capaces de movilizar calcio eficientemente desde los huesos medulares para la formación de la cáscara del huevo.

3.4. Producción de huevos de gallinas ponedoras

3.4.1. Producción de huevo a nivel nacional

La producción de huevo en Bolivia es un sector significativo de la industria avícola, con una producción anual que se estima en 2.700 millones de huevos. Este volumen se distribuye principalmente entre varios departamentos, siendo Santa Cruz el líder indiscutible, aportando alrededor de 1.500 millones de huevos, lo que representa aproximadamente el 60% de la oferta; le sigue Cochabamba, con una producción de 1.000 millones (35%) y Tarija, con 137 millones (5%), de acuerdo con los datos de la ADA (El-Deber, 2024).

3.5. Manejo de aves de postura

3.5.1. Agua

La calidad del agua es crucial para la producción avícola, afectando tanto la salud como el rendimiento de las aves. Los estudios en Argentina han demostrado que las fuentes de agua para granjas avícolas a menudo tienen problemas químicos y microbiológicos. el 95% de las granjas tenían niveles de pH inadecuados y todas las muestras excedían los límites de contaminación bacteriana (Schroeder *et al.*, 2024).

El agua es el nutriente más crítico en avicultura. Es esencial controlar su consumo diariamente, las aves deben siempre tener un fácil acceso al agua de bebida, y debe ser fresca y limpia. El sabor y el olor parecen tener menos importancia para las aves, pero son indicativos de la calidad del agua (ISA, 2020).

La calidad del agua es un factor crítico para la salud y el rendimiento productivo de las aves. El Cuadro 3 detalla los límites aceptables de diferentes parámetros.

Cuadro 3. Parámetros de calidad del agua para consumo en avicultura

PARÁMETRO	AVICULTURA	
	BUENA CALIDAD	NO USAR
pH	5 – 8,5	<4 y >9
Amonio mg/l	<2,0	>10
Nitritos mg/l	<0,1	>1,0
Nitratos mg/l	<100	>200
Cloro mg/l	<250	>2000
Sodio mg/l	<800	>1500
Sulfatos mg/l	<150	>250
Hierro mg/l	<0,5	>2,0
Manganeso mg/l	<1,0	>2,0
Dureza	<20	>25
“materia orgánica oxidable” mg/l	<50	>200
S2H	No detectable	No detectable
Coliformes ufc/ml	<100	>100
Ufcs totales ufc/ml	<100.000	>100.000

Fuente: ISA (2020).

El consumo de agua depende de la temperatura ambiente y de la humedad del aire. Por encima de los 20°C, el consumo se incrementa para permitir al ave mantener su temperatura corporal (ISA, 2020).

3.5.2. Bioseguridad

La bioseguridad en las granjas avícolas conlleva un conjunto de prácticas y estrategias fundamentales para prevenir la introducción y propagación de agentes patógenos. Estas medidas son clave para reducir el impacto negativo en la producción avícola. Numerosas enfermedades infecciosas están estrechamente vinculadas al nivel de bioseguridad implementado en la granja, siendo su prevención y control altamente dependientes de estas acciones (Cuéllar, 2020).

El mismo autor menciona, que la bioseguridad abarca desde el diseño y la ubicación de la infraestructura física donde se instala la granja avícola, hasta las acciones implementadas por el personal que trabaja en ella y por personas externas. Además de estas medidas estructurales y operativas, existen protocolos específicos orientados al manejo de las aves y al cumplimiento de sus distintos requerimientos, los cuales son igualmente fundamentales para garantizar un entorno sanitario adecuado. Entre las principales enfermedades

asociadas se encuentran el cólera aviar, la enfermedad de Newcastle, la enfermedad de Marek, la salmonelosis, la coccidiosis, la micoplasmosis, la colibacilosis y la influenza aviar, entre otras.

3.5.3. Iluminación

La iluminación juega un papel crucial en la maduración de los órganos sexuales, proceso esencial para el inicio de la postura. A lo largo de la recría, etapa que abarca desde el nacimiento hasta las 17 semanas de vida, si las aves alcanzan los pesos corporales adecuados según las expectativas de la línea genética y se logra una buena uniformidad del lote, se procede a la estimulación lumínica en el momento oportuno. Sin embargo, si el lote es desuniforme, con aves de menor tamaño, aplicar la estimulación con luz de forma anticipada puede afectar negativamente su desarrollo y rendimiento productivo (Fernandez y Zacañino, 2023).

Los mismos autores afirman que, durante la etapa de postura, la iluminación debe sumar luz natural + luz artificial, que debe mantenerse constante entre 16 y 17 horas diarias a lo largo del año. Es recomendable considerar la adición de una hora extra de iluminación en la madrugada, práctica conocida como 'supercena', especialmente en gallinas de mayor edad. Esta estrategia permite un consumo adicional de alimento en horas tempranas, lo que puede contribuir a mejorar la calidad de la cáscara del huevo que se está formando para el día posterior.

3.5.4. Temperatura

Las aves poseen la capacidad de mantener su temperatura corporal dentro de un rango estrecho, gracias a mecanismos fisiológicos de termorregulación. Sin embargo, cuando la temperatura ambiente se eleva por encima de lo óptimo, puede desencadenarse estrés por calor, una condición que provoca alteraciones fisiológicas potencialmente irreversibles, comprometiendo la supervivencia, el bienestar y el rendimiento productivo de las aves (Díaz, 2023).

El mismo autor menciona, que las temperaturas elevadas dentro de los galpones avícolas generan efectos adversos no solo en la producción, tamaño y calidad del huevo, sino también sobre la fisiología general de las aves, incrementando significativamente las tasas de mortalidad. Como respuesta fisiológica al calor, las aves incrementan su frecuencia de

jadeo hasta diez veces cuando la temperatura ambiente supera los límites de la zona. El estrés térmico comienza a manifestarse cuando la temperatura ambiente supera los 26,7 °C, y se intensifica de forma crítica por encima de los 29,4 °C.

En el cuadro 4. Se expresan los diferentes sucesos fisiológicos en las aves a medida que la temperatura ambiental va variando.

Cuadro 4. Temperatura ambiental y estrés por calor en aves de postura

Rango de temperatura (°C)	Descripción
13–24	Zona térmica neutral. Las aves no necesitan alterar su metabolismo para mantener la temperatura corporal.
18–24	Rango ideal de temperatura.
24–29	Pequeña reducción en consumo de alimento. Si el consumo de nutrientes es adecuado, la eficiencia de producción es buena. Tamaño y calidad del huevo pueden reducirse al acercarse al tope de este rango.
29–32	El consumo de alimento se reduce aún más. Menores ganancias de peso. Deterioro del tamaño y calidad del huevo. Se recomienda iniciar enfriamiento antes de llegar a este rango.
32–35	El consumo de alimento sigue reduciéndose. Peligro de postración por calor, especialmente en aves pesadas o en pico de producción. Se deben llevar a cabo procedimientos de enfriamiento.
32–35	La postración por calor es probable. Se pueden necesitar medidas de emergencia. La producción de huevos y el consumo de agua se reducen severamente.
más de 38	Medidas de emergencia para enfriar las aves. La supervivencia es la prioridad.

Fuente: Díaz (2023)

3.5.5. Densidad de población

El galpón o galera es la instalación destinada al alojamiento de las gallinas durante la etapa de postura. Diversos estudios sobre sistemas de alojamiento para gallinas ponedoras han demostrado que el clima es un factor determinante en la definición de la densidad óptima de población. En condiciones de clima frío, se recomienda una densidad de 7 aves por metro cuadrado, en climas cálidos 5 aves por metro cuadrado, con el fin de minimizar el

riesgo de estrés térmico y favorecer el bienestar animal. Este es el espacio requerido para las aves se aplican a partir de las 18 semanas de edad, cuando las aves ingresan a la fase productiva (Rosario *et al.*, 2018).

El cuadro 5. Muestra la crianza de gallinas en piso, donde consiste en tener a las aves en una caseta cerrada, cuyo piso está cubierto de cama, la misma que permite controlar la humedad y la temperatura dentro del galpón.

Cuadro 5. Requerimiento de espacio para crianza de gallinas en piso

Edad en semanas	Tipo de ave	Número de aves por m ²
0-8	Ligeras	10 a 15
0-8	Semi-pesadas	7 a 10
8-18	Ligeras	6 a 8
8-18	Semi-pesadas	5 a 7

Fuente: SENASICA (2019)

3.5.6. Ventilación

Una ventilación adecuada en los gallineros es fundamental para mantener una buena calidad del aire y preservar la salud y el bienestar de las gallinas. La acumulación de amoníaco en concentraciones elevadas, producto de la descomposición de las excretas, puede tener efectos perjudiciales en el desarrollo de las gallinas, provocando irritación ocular, afecciones respiratorias y lesiones en las almohadillas plantares, lo que compromete tanto su confort como su rendimiento productivo (Cohuo *et al.*, 2017).

Una ventilación adecuada es esencial para mantener condiciones óptimas en los sistemas de producción avícola. Los sistemas de ventilación controlada cumplen un papel fundamental en la regulación de la temperatura y la humedad relativa, así como en la dilución de gases nocivos y organismos patógenos presentes en el ambiente. De esta manera, contribuyen a preservar la salud de las gallinas, mejorar su bienestar y optimizar la producción dentro de las instalaciones (Vilela *et al.*, 2020).

la ventilación debe ser una herramienta muy importante en el manejo para proveer un micro-ambiente óptimo para cada ave. La ventilación controlada puede ser muy benéfica para diluir los organismos patogénicos. Para garantizar el bienestar y el desempeño productivo de las aves, se recomienda mantener la temperatura ambiental entre 21 y 27 °C, y una humedad relativa en el rango de 40 a 60 %. Estos parámetros son fundamentales para una

adecuada termorregulación, así como para prevenir condiciones de estrés térmico o desarrollo de microorganismos indeseables (ISA, 2020).

3.6. Alimentación de las gallinas ponedoras

3.6.1. Alimentación durante la fase de producción

Los programas de alimentación deben adaptarse para que coincidan con la ingesta de nutrientes con las demandas de rendimiento y el control del tamaño del huevo (Patiño *et al.*, 2021).

Las aves deben tener acceso continuo al alimento para asegurar un consumo adecuado de nutrientes durante toda la fase de postura. La implementación de un programa de alimentación por fases es fundamental para ajustar el suministro de nutrientes en función del rendimiento productivo y del tamaño deseado del huevo. Las dietas deben ser formuladas considerando el consumo real de alimento y el nivel de producción esperado, a fin de evitar deficiencias o excesos que afecten la eficiencia productiva (Hy-Line, 2016).

El mismo autor menciona, que una práctica recomendada consiste en reducir el nivel de alimento en los comederos al mediodía, con el objetivo de fomentar el consumo de partículas más pequeñas, que contienen nutrientes esenciales y suelen ser rechazadas si hay exceso de partículas gruesas. El consumo de alimento en las aves está influenciado por diversos factores, incluyendo el peso corporal (o edad), la tasa de postura, el peso del huevo, la temperatura ambiental, la textura del alimento y el contenido energético de la dieta. En este contexto, los aceites vegetales, ricos en ácido linoleico, han demostrado ser efectivos para incrementar el tamaño del huevo. El uso de una mezcla de aceites vegetales también puede ser una alternativa viable para alcanzar este objetivo.

3.6.2. Vitaminas y minerales

Las vitaminas y los minerales desempeñan un papel crucial en la salud y la productividad de las gallinas ponedoras. La suplementación vitamínica adecuada es esencial para un rendimiento óptimo, la calidad del huevo y el bienestar (Weber, 2009).

Las vitaminas son compuestos orgánicos que, aunque se requieren en pequeñas cantidades, son indispensables para diversas funciones biológicas. La vitamina A es esencial para la visión, el crecimiento y la reproducción, y su deficiencia puede provocar

problemas oculares y una disminución en la producción de huevos. La vitamina D es crucial para la absorción de calcio y fósforo, lo que influye directamente en la formación de los huesos de las aves y en unas cáscaras de huevo resistentes; una carencia puede resultar en huevos con cáscaras y huesos débiles, así como en malformaciones óseas. Por su parte, la vitamina E actúa como antioxidante y es vital para la función muscular y reproductiva, por lo que su insuficiencia puede causar debilidad muscular y problemas de fertilidad. Asimismo, las vitaminas del complejo B (B1, B2, B6, B12, niacina, ácido fólico, biotina y ácido pantoténico) participan en el metabolismo energético y en la formación de glóbulos rojos, y la falta de estas vitaminas puede llevar a una disminución en la producción de huevos y problemas de crecimiento (Quispe, 2012).

El mismo autor describe la importancia de los minerales en la dieta de las gallinas, destacando que estos son elementos inorgánicos que contribuyen a múltiples procesos fisiológicos. El calcio, por ejemplo, es fundamental para la formación de cáscaras de huevo fuertes y para la salud ósea, y su deficiencia puede resultar en huevos con cáscaras delgadas y fragilidad ósea. El fósforo trabaja en conjunto con el calcio para el desarrollo óseo y la producción de energía, y un desequilibrio entre ambos puede afectar tanto la calidad del huevo como el crecimiento. El magnesio participa en la función muscular y nerviosa, por lo que su carencia puede causar temblores y convulsiones. Por otro lado, el sodio y el cloro son necesarios para mantener el equilibrio de líquidos y la función nerviosa, y su ausencia puede llevar a una disminución en el consumo de alimento y agua. Finalmente, minerales como el zinc y el manganeso son esenciales para el crecimiento, la reproducción y la integridad de la piel y las plumas, y su deficiencia puede provocar retraso en el crecimiento y problemas de plumaje.

El Cuadro 6 presenta los requerimientos de vitaminas y minerales esenciales por cada 1000 kg de dieta completa, diferenciados según la etapa fisiológica de las gallinas. Esta información es fundamental para asegurar un desarrollo óptimo durante el crecimiento y mantener una alta productividad en la fase de postura.

Cuadro 6. Requerimientos de vitaminas y minerales en 1000 kg de dieta completa para aves

Ítem	EN 1000 kg DIETA COMPLETA	
	Período de Crecimiento	Período de Postura
Vitamina A, IU	10000000	8000000
Vitamina D ₃ , IU	3300000	3300000
Vitamina E, g	25	20
Vitamina K (menadiona), g	3.5	2.5
Tiamina (B ₁), g	2.2	2
Riboflavina (B ₂), g	6.6	5.5
Niacina (B ₃), g	40	30
Ácido pantoténico (B ₅), g	30	30
Piridoxina (B ₆), g	4.5	4
Biotina (B ₇), mg	100	75
Ácido fólico (B ₉), g	2	2
Cobalamina (B ₁₂), mg	23	23
Colina, g	110	110
Manganeso, g	90	90
Zinc, g	85	85
Hierro, g	90	80
Cobre, g	15	8
Yodo, g	2	2
Selenio, g	0.25	0.22

Fuente: Hy-Line (2016)

3.7. Sistema digestivo de las aves

El sistema digestivo de las aves está conformado por el pico o cavidad bucal, esófago, buche, estómago (que se divide en dos partes), intestinos, ciegos, colon, cloaca, hígado, páncreas, conductos pancreáticos, duodeno, vesícula biliar y conductos biliares. Su función principal es recibir el alimento y procesarlo tanto física como químicamente, permitiendo así la digestión y la posterior absorción de los nutrientes esenciales para el mantenimiento y bienestar del animal (Romero, 2023).

El tracto gastrointestinal (TGI), es el sitio de entrada de cualquier elemento administrado oralmente, en él se produce la presión del alimento, ablandamiento, molienda, digestión y

la asimilación de sustancias nutritivas que serán aprovechadas para el mantenimiento del organismo (Carmona, 2009).

En la Figura 1 muestra, el sistema digestivo de las aves, donde se compone del pico o boca, esófago, buche, estómago (dividido en dos partes), intestinos, ciego, colon cloaca, hígado, páncreas, conductos pancreáticos, duodeno, vesícula biliar y conductos biliares (Romero, 2023).

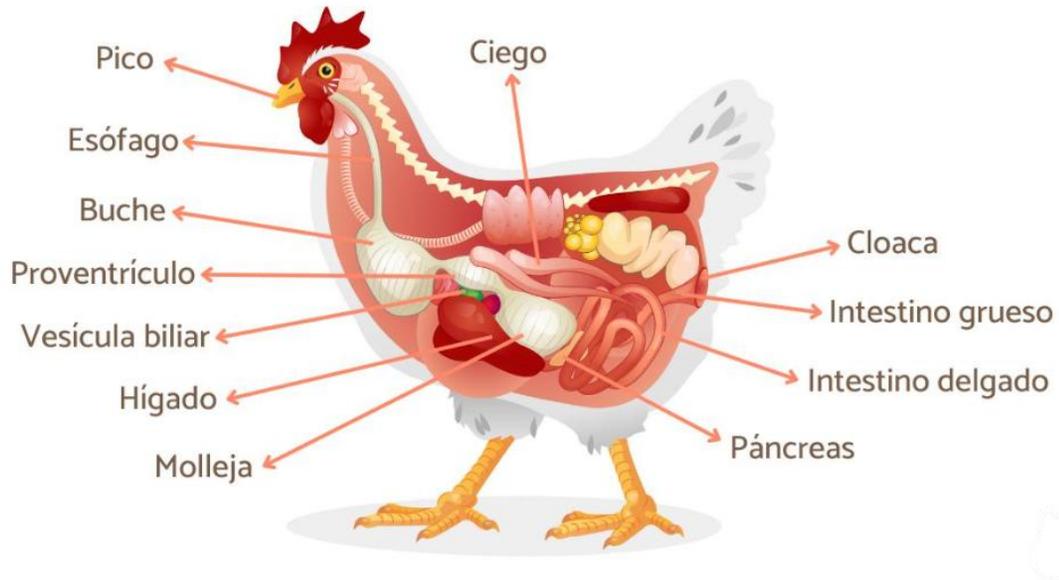


Figura 1. Sistema digestivo de las aves de postura (Romero, 2023).

3.7.1. Pico

Al igual que la mayoría de las aves, las gallinas capturan su alimento utilizando el pico. Una vez ingerido, el alimento ingresa a la cavidad bucal. Como no poseen dientes, las gallinas no pueden masticar. Sin embargo, en la boca se encuentran glándulas salivales que secretan saliva, la cual humedece el alimento para facilitar su paso por el tracto digestivo. Esta saliva también contiene enzimas, como la amilasa, que inician el proceso de digestión. La lengua cumple un papel importante al impulsar el alimento hacia la parte posterior de la boca, permitiendo su deglución (Jacob, 2020).

3.7.2. Esófago y buche

El esófago es un conducto muscular que transporta el alimento desde la faringe hasta el proventrículo. Dado que las aves, como las gallinas, ingieren el alimento entero sin

masticarlo, el esófago debe ser bastante distensible. Su pared está compuesta por una doble capa de músculo liso, circular y longitudinal, que cuenta con glándulas mucosas que lubrican el conducto, facilitando así el paso del alimento. El movimiento es impulsado por contracciones musculares conocidas como peristaltismo (Quispe, 2012).

El mismo autor menciona que en las gallinas, el esófago presenta una estructura especializada llamada buche, que retiene el alimento temporalmente antes de iniciar la digestión. Esta adaptación permite al ave consumir grandes cantidades de alimento en poco tiempo y digerirlo de forma gradual. El buche está recubierto por una mucosa de aspecto liso y color blanco a rosado.

3.7.3. Proventrículo y molleja

El esófago se extiende más allá del buche y lo conecta con el proventrículo. Este último, también conocido como estómago glandular o estómago verdadero, es el sitio donde se inicia de forma más activa la digestión química. En él se secretan ácido clorhídrico y enzimas digestivas, como la pepsina, que comienzan a descomponer los componentes del alimento con mayor profundidad que las enzimas salivales. Sin embargo, en esta etapa el alimento aún no ha sido triturado mecánicamente (Jacob, 2020).

El mismo autor describe el ventrículo, o molleja, forma parte del tracto digestivo de aves, reptiles, lombrices de tierra y peces en el tracto digestivo. La molleja, también llamada estómago muscular o mecánico. Está formada por dos pares de músculos potentes que cumplen una función similar a la de los dientes, permitiendo la trituración y molienda del alimento. Su interior posee un revestimiento grueso que protege las paredes musculares del desgaste. A este órgano llega el alimento junto con los jugos digestivos procedentes de las glándulas salivales y del proventrículo, donde pasan a la molleja para su trituración, mezcla, comprimido y desintegrado para facilitar su posterior digestión y absorción.

3.7.4. Intestinos

En el intestino delgado se distinguen regiones como el yeyuno y el íleon, donde se lleva a cabo gran parte de la digestión química de los nutrientes. Este proceso se ve facilitado por la acción de las sales biliares y diversas enzimas digestivas que actúan sobre los compuestos alimenticios. La superficie interna del intestino presenta numerosas vellosidades, estructuras que aumentan el área de absorción y permiten que los nutrientes

sean incorporados eficientemente al organismo. Según la dieta, el intestino es más largo en aves que consumen granos y hierbas, mientras que tiende a ser más corto en aves carnívoras, lo que refleja una adaptación fisiológica al tipo de dieta predominante (Romero, 2023).

3.7.5. Ciego

Entre el intestino delgado y el recto se localizan los ciegos, estructuras en forma de saco que cumplen un papel importante en la digestión de materia vegetal no descompuesta previamente. En su interior habita una numerosa población de bacterias que fermentan y descomponen los restos fibrosos del alimento, contribuyendo así al aprovechamiento de nutrientes. Generalmente, los ciegos se vacían cada 24 a 48 horas. Además, diversos estudios sugieren que en algunas especies de aves estas estructuras también participan en la respuesta inmunitaria, funcionando como un sitio de interacción con microorganismos que estimulan defensas locales (Romero, 2023).

3.7.6. Colon

En esta última parte del tracto digestivo, la absorción de nutrientes es mínima. Sin embargo, los restos del alimento que llegan a esta zona aún pasan por un proceso de reabsorción de agua, lo que permite compactar la materia y formar la masa fecal. De este modo, se completa el proceso digestivo y se prepara el material para su excreción a través de la cloaca (Jacob, 2020).

3.7.7. Cloaca

La cloaca constituye la parte final del sistema digestivo de las aves, y es el orificio a través del cual se expulsa la materia fecal. Sin embargo, también confluyen en esta estructura los conductos del aparato reproductor y los uréteres del sistema urinario. En aves jóvenes, en la parte dorsal de la cloaca se encuentra un tejido especializado denominado "bolsa de Fabricio", que cumple un papel fundamental en la producción de linfocitos B, células clave en la respuesta inmunitaria del organismo (Romero, 2023).

3.8. Aparato reproductor de la gallina

El sistema reproductivo de las gallinas desempeña un papel crucial tanto en la producción de huevos como en la reproducción (Rodríguez *et al.*, 2024).

La formación del huevo es un proceso complejo que está íntimamente relacionado con la fisiología del aparato reproductor de la gallina, las aves y en particular la gallina se caracteriza por la atrofia o ausencia funcional del ovario y oviducto derechos, desarrollando únicamente el oviducto izquierdo, el cual presenta una estructura alargada y especializada para las distintas etapas de formación del huevo (Martín, 2019).

3.8.1. Ovario y oviducto en la gallina adulta

El ovario de la gallina se caracteriza por su aspecto similar a un racimo, debido a la presencia de numerosos folículos en distintos grados de desarrollo. Este órgano contiene más de 4000 óvulos microscópicos, de los cuales solo una pequeña proporción completará su desarrollo hasta formar la yema de huevo. El ovario presenta una rica inervación y su irrigación sanguínea proviene de la arteria renal anterior. El retorno venoso se realiza a través de las venas ováricas, que desembocan en la vena cava superior (Martín, 2019).

El mismo autor menciona, que el oviducto por su parte, es un órgano tubular de coloración rosada y pálida, que se extiende desde el ovario hasta la cloaca. Está suspendido en la cavidad abdominal mediante dos ligamentos: el dorsal y el ventral. Su estructura especializada permite llevar a cabo las diferentes etapas de formación del huevo, desde la captación del ovocito hasta la deposición del huevo completamente formado.

En la Figura 2 se presenta el tracto reproductivo, el cual está conformado por el infundíbulo, magnum, istmo, útero y vagina (Hy Line, 2017).

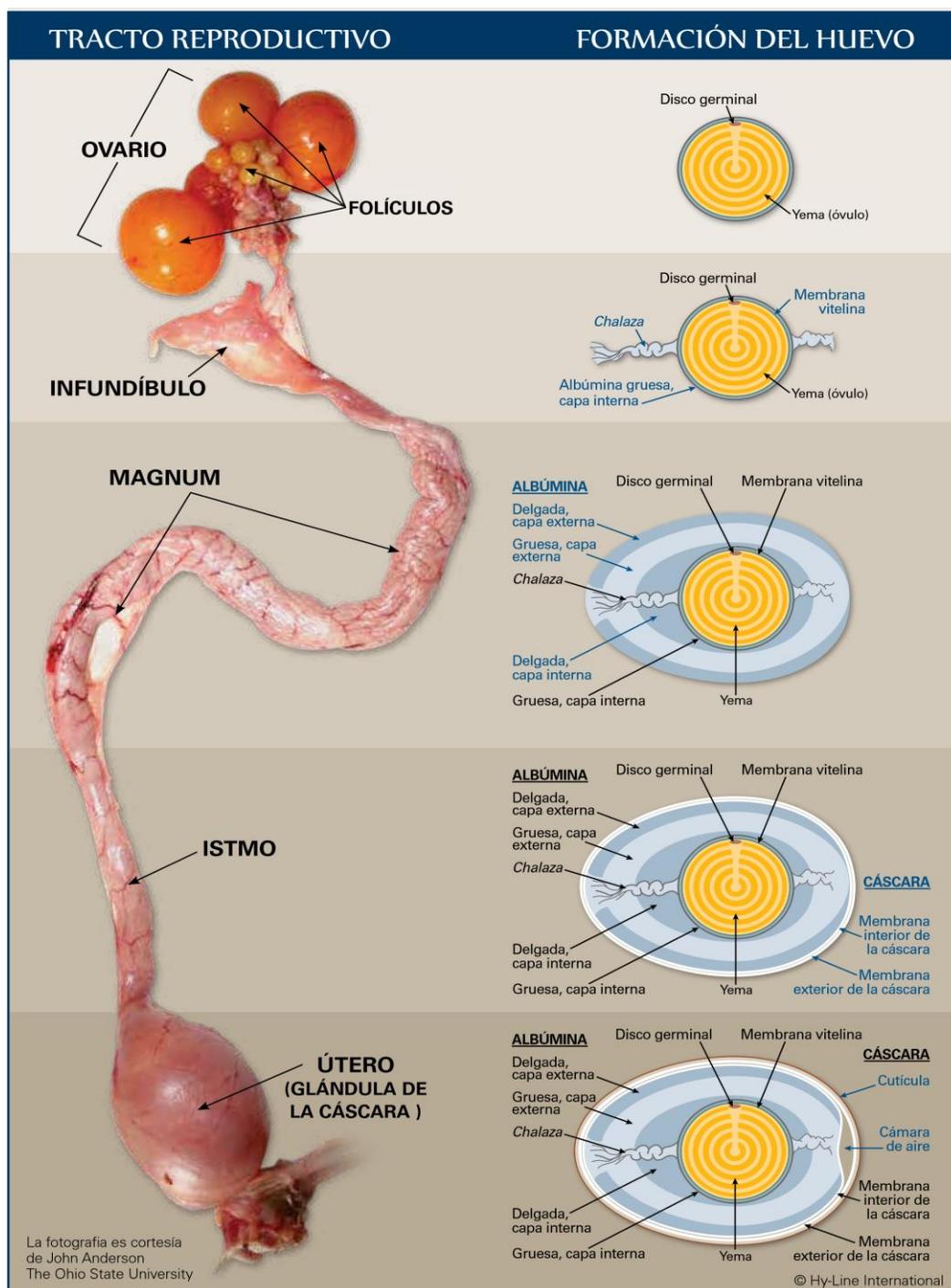


Figura 2. Tracto reproductivo de la gallina y formación del huevo (Hy Line, 2017).

3.8.2. Infundíbulo

El infundíbulo, cuya forma anatómica recuerda a un embudo, cumple la función principal de captar la yema liberada desde el ovario en el momento de la ovulación. En esta región inicial

del oviducto se inicia la formación del huevo mediante la secreción de la primera capa de albúmina gruesa que rodea la yema. Además, en el infundíbulo se incorporan los precursores de la chalaza, estructuras formadas por filamentos de albúmina ubicadas en ambos polos del huevo, cuya función es mantener la yema suspendida en el centro, asegurando su estabilidad durante el movimiento del huevo dentro del oviducto (Hy Line, 2017).

3.8.3. Magnum

Segmento de mayor longitud y con grandes pliegues. En él se encuentran gran cantidad de células y glándulas secretoras que formaran la clara o albumen (Martín, 2019).

3.8.4. Isthmo

El istmo es la región del oviducto en la que se forman las membranas de la cáscara, tanto la interna como la externa, que rodean al huevo en desarrollo. En esta etapa, se secretan estructuras especializadas denominadas cuerpos mamilares, que se incorporan a las membranas y desempeñan un papel crucial en el proceso de calcificación posterior de la cáscara. Estas membranas no solo sirven como soporte estructural para el depósito de carbonato de calcio, sino que también actúan como barrera física que contribuye a la protección del embrión o del contenido del huevo (Hy Line, 2017).

3.8.5. Útero

El útero, también denominado glándula cascarógena, es la región del oviducto donde finaliza el depósito de las sales de calcio de la cáscara. Su aspecto externo se asemeja a una bolsa y su tamaño aproximado es de 11 cm de longitud en la gallina (González y Barbeito, 2014).

3.8.6. Vagina

Une el útero con la cloaca. Tiene una pared interna con pliegues longitudinales y no presenta glándulas secretoras. En este lugar del oviducto se forma la cutícula, que evita el paso de microorganismos (Martín, 2019).

3.9. Manejo de equipos básicos del galpón

A continuación, se describen los equipos de crianza más importantes en la actividad avícola.

3.9.1. Círculos de crianza

Durante las dos primeras semanas de vida, es recomendable instalar círculos de crianza con el fin de evitar que las aves se dispersen por toda la galera. Esta práctica permite que los pollitos permanezcan cerca de la fuente de calor, asegurando una temperatura uniforme y facilitando el acceso al alimento y al agua, factores clave para un buen arranque productivo. Los círculos de crianza pueden confeccionarse con diversos materiales como láminas de zinc liso, cartón, madera, cedazo o sacos, y deben tener una altura de entre 50 y 60 cm. Para alojar adecuadamente a 250 aves, se recomienda un círculo de 2 metros de diámetro, el cual puede construirse uniendo tres medias láminas de zinc (cortadas a lo largo) mediante tornillos o prensas en los extremos (Hy-Line, 2023).

3.9.2. Bebederos

Es fundamental que el tipo de bebederos utilizado durante la etapa de crianza sea el mismo que se empleará en la fase de producción, a fin de evitar cambios que puedan afectar el comportamiento de las aves. Se recomienda el uso de bebederos tipo nipple, preferiblemente aquellos que permiten activación a 360°, especialmente en lotes con tratamiento de pico (IRBT), ya que facilitan el acceso al agua y favorecen el bienestar animal (Hy-Line, 2023).

3.9.2.1. Bebederos de nipple

Los sistemas de bebederos tipo nipple son preferidos por su diseño cerrado, lo que reduce el riesgo de contaminación y mejora la sanidad en el sistema de suministro de agua. Durante los primeros días de crianza (de 0 a 3 días), así como en los primeros 7 días tras el traslado a las instalaciones de producción, es importante ajustar la presión del agua para formar una gota colgante visible en los nipples. Esta gota facilita que los pollitos identifiquen la fuente de agua. Si después de los primeros 7 días aún se observa una gota colgante, puede ser señal de que la presión del agua es demasiado baja y debe ajustarse según la edad del lote (Hy-Line, 2023).

El mismo autor menciona uso de platos recolectores debajo de los nipples es recomendable durante la crianza y en climas cálidos, ya que ayudan a mantener el área seca y evitan el desperdicio. Los bebederos de nipple con activación a 360° permiten un acceso más fácil al agua y son especialmente útiles en aves con IRBT, así como en combinación con

bebederos suplementarios. Para ponedoras adultas, cada nipple debe suministrar al menos 60 ml de agua por minuto, aunque este valor puede variar de acuerdo con las especificaciones del fabricante del sistema.

3.9.2.2. Bebederos de tipo campana

En aves menores de dos semanas de edad, se recomienda el uso de bebederos plásticos, con una proporción de 2 bebederos por cada 100 aves. Para aves adultas, pueden emplearse bebederos tipo campana, utilizando aproximadamente 6 unidades de 3 litros por cada 100 aves, o alternativamente, bebederos tipo Gaspar conectados a un sistema circulante. Es fundamental evitar derrames de agua dentro de las galeras, ya que estos no solo deterioran las condiciones del ambiente, sino que también favorecen la proliferación de parásitos intestinales como los coccidios, comprometiendo seriamente la salud del lote (Quispe, 2012).

3.9.3. Comederos

Durante la primera semana de vida, la alimentación de los pollitos BB puede realizarse utilizando cajas de cartón de aproximadamente 2,5 cm de alto, elaboradas a partir de los mismos cartones de empaque. También es posible emplear bandejas prefabricadas, distribuidas a razón de una por cada 100 pollitos. A medida que las aves crecen, es necesario realizar un cambio progresivo hacia sistemas de alimentación más adecuados. Se recomienda el uso de comederos tipo tolva, con una proporción de uno por cada 25 gallinas, o comederos lineales tipo Gaspar, con una relación de uno por cada 60 aves, garantizando un espacio lineal mínimo de 2 cm por ave. Es importante destacar que el uso de comederos tipo canoa permite duplicar el área de acceso al alimento concentrado (Quispe, 2012).

El mismo autor afirma el cambio hacia los comederos definitivos debe realizarse de forma gradual para evitar el estrés en las aves. Inicialmente, se puede sustituir solo el plato del comedero, y posteriormente incorporar el comedero lineal o tolva. Además, la altura del borde del comedero debe ajustarse a la altura del dorso del ave, asegurando una postura cómoda durante la alimentación.

En el siguiente cuadro se detallan los accesorios necesarios y la cantidad recomendada por número de aves en cada etapa de producción.

Cuadro 7. Requerimiento de accesorios por número de aves en sistema en piso

Accesorio	Tipo	Etapa		
		Cría	Recría	Producción
Comedero	Charola	1 por 100 aves		
	Tolva		1 por 50 aves	1 por 25 aves
	Lineal de Gaspar		1 por 100 aves	1 por 60 aves
Bebedero	Campana	2 por 100 aves	3 por 100 aves	4 por 100 aves
	Circulante de Gaspar		1 por 200 aves	1 por 150 aves
Campana criadora	De diámetro 1 m	1 por 500 aves		

Fuente: Quispe (2012)

3.9.4. Cama

La cama se utiliza en los galpones avícolas para diluir el estiércol, absorbe la humedad, promueve el bienestar de las aves y les permite expresar comportamientos naturales como los baños de polvo, la búsqueda de alimento y el rascado. Existen diversos materiales que pueden utilizarse como sustrato para cama, pero el material ideal debe ser altamente absorbente, no apelmazarse, ser no tóxico, resistente al crecimiento de moho, biodegradable y con alto contenido de carbono. Utilice al menos 2 pulgadas de cama en los galpones de postura. El manejo adecuado de la cama depende principalmente del control de la humedad. Cuando el contenido de humedad supera el 30 %, puede generarse una acumulación excesiva de amoníaco en el ambiente, lo que afecta la salud respiratoria de las aves y favorece el desarrollo de microorganismos patógenos (Hy-Line, 2016).

Tipos de cama comunes:

- Arena o grava con granulometría de hasta 8 milímetros (mm).
- Viruta de madera
- Trigo, espelta, paja de centeno
- Corteza de árbol
- Pedazos de madera
- Cascarilla de arroz

El mismo autor señala que la selección del material de cama debe considerar un equilibrio entre el bienestar animal, el costo y la sanidad del huevo. Cada tipo de sustrato presenta ventajas y desventajas según sus propiedades físicas, higiénicas y económicas. Es fundamental que las aves tengan contacto con la cama desde las primeras etapas de crecimiento. La exposición temprana a la cama, especialmente durante las dos primeras semanas de vida, contribuye a reducir la incidencia de comportamientos indeseados como el picoteo, promoviendo un ambiente más saludable y menos estresante para el lote.

3.10. Sanidad y vacunas

Existen enfermedades aviares que, por su alta prevalencia o dificultad de erradicación, requieren la implementación de programas de vacunación rutinarios. En términos generales, todos los lotes de gallinas ponedoras deben vacunarse contra la enfermedad de Marek, enfermedad de Newcastle, Bronquitis Infecciosa, enfermedad infecciosa de la Bursa, encefalomiелitis aviar y viruela aviar. No obstante, el diseño del programa de vacunación debe ajustarse a las condiciones específicas de cada unidad productiva, considerando factores como el riesgo de exposición a patógenos, la presencia de inmunidad maternal, el tipo de vacunas disponibles y las rutas de administración más adecuadas. Por estas razones, no es posible establecer un único protocolo de vacunación aplicable universalmente (Hy-Line, 2019).

3.10.1. Parásitos internos y externos

3.10.1.1. Parásitos internos

Los parásitos internos representan un problema significativo en los lotes de aves criadas al aire libre, ya que pueden dañar el tracto intestinal y reducir la capacidad de absorción de nutrientes. Entre los signos clínicos asociados a las infestaciones parasitarias se encuentran: debilitamiento de la cáscara del huevo, alteraciones en el color, tamaño y consistencia de la yema, así como un aumento de peso insuficiente, lo cual puede provocar irregularidades o retrasos en el crecimiento. Las aves afectadas suelen presentar un estado decaído, crestas pálidas, en algunos casos, conductas anómalas como el picoteo de la cloaca (canibalismo), provocado por el esfuerzo durante la defecación. En infestaciones severas, los parásitos pueden causar la muerte (Hy-Line, 2023).

El mismo autor señala, que entre los parásitos internos más comunes en aves de corral se encuentran diversos tipos. Entre los gusanos redondos más relevantes se destaca *Ascaridia galli*, causante de ascaridiasis, que habita en el intestino delgado y puede alcanzar grandes tamaños. También se encuentra *Capillaria spp.*, conocidos como gusanos capilares, que afectan principalmente el tracto digestivo y el tracto respiratorio. Otro parásito frecuente es *Heterakis gallinarum*, un gusano cecal que puede actuar como vector del protozoo. *Histomonas meleagridis*, causante de la histomoniasis. Por último, los cestodos o tenias también pueden estar presentes en aves criadas al aire libre, especialmente cuando tienen acceso a hospedadores intermediarios como lombrices.

3.10.1.2. Control de parásitos internos:

La detección de infestaciones por helmintos en aves se realiza mediante el examen microscópico de las heces, buscando la presencia de huevos de parásitos. Para un control eficaz, se recomienda implementar evaluaciones rutinarias que incluyan necropsias en aves sacrificadas, así como análisis coproparasitológicos para determinar el recuento de huevos presentes. Estas acciones permiten identificar el nivel de infestación y tomar decisiones oportunas. El objetivo principal del control es interrumpir el ciclo de vida del parásito. Para ello, se recurre al uso estratégico de antiparasitarios, los cuales pueden ser administrados a través del agua de bebida o incorporados en el alimento. Es fundamental iniciar el tratamiento durante la fase de crianza y mantener un programa de control durante el período de postura, con el fin de proteger la salud intestinal de las aves y evitar pérdidas productivas (Hy-Line, 2023).

3.10.1.3. Protozoos

La coccidiosis es una enfermedad intestinal causada por protozoos del género *Eimeria*, que puede provocar desde lesiones subclínicas hasta la muerte en infestaciones severas. En casos leves, puede reducir el consumo de alimento y causar daños intestinales crónicos, afectando el crecimiento y el rendimiento productivo de las gallinas. El control se basa en el uso de ionóforos o anticoccidiales químicos en programas rotativos, así como en la aplicación de vacunas vivas, preferidas por su capacidad de estimular una inmunidad más duradera. Estas vacunas se administran generalmente en la incubadora o al momento del alojamiento. El manejo sanitario también es clave: la limpieza, desinfección y el control de vectores como moscas y escarabajos ayudan a reducir la presión de infección, aunque los ovocitos pueden persistir en el ambiente debido a su alta resistencia (Hy-Line, 2023).

3.10.1.4. Parásitos externos

Entre los ectoparásitos más comunes en gallinas ponedoras se encuentran los ácaros rojos (*Dermanyssus gallinae*), los ácaros rojos se alimentan de sangre durante la noche y se refugian durante el día en zonas oscuras del galpón. Su reproducción es rápida en climas cálidos y, aunque la infestación sea leve, puede provocar irritación, disminución del consumo de alimento y baja en la producción y los ácaros del norte (*Ornithonyssus sylviarum*), los ácaros del norte viven en el ave durante toda su vida, alimentándose de sangre y células cutáneas, especialmente en las plumas cercanas a la cloaca. En infestaciones severas afectan la salud y productividad, pudiendo encontrarse incluso en huevos, cintas recolectoras y personal de granja (Hy-Line, 2023).

3.10.1.5. Infecciones bacterianas

Brachyspira pilosicoli es una espiroqueta intestinal que afecta a diversas especies, incluidas las aves, provocando inflamación en el intestino grueso, particularmente tifilitis. Su presencia se asocia con diarrea espumosa de color amarillento, disminución en la producción de huevos y huevos con cáscara sucia. Otras bacterias de importancia sanitaria en gallinas son *Mycoplasma gallisepticum* y *Mycoplasma synoviae*, que afectan principalmente el sistema respiratorio, y la *Escherichia coli*, agente causal de colibacilosis, una infección oportunista que puede generar alta morbilidad y mortalidad en condiciones de manejo deficiente (Hy-Line, 2023).

3.11. Calcio

Las gallinas ponedoras adultas (con más de 18 semanas de edad) requieren entre 4 y 5 gramos de calcio al día, además de otros nutrientes esenciales para la formación de las cáscaras de los huevos, como fósforo, zinc, magnesio, manganeso y vitamina D3. Si una dieta típica contiene un 4% de calcio, una gallina que consuma 120 gramos de alimento diario obtendría 4,8 gramos de calcio, aunque durante el período de puesta puede necesitar hasta 5 gramos o más al día (Díez, 2024).

3.11.1. Absorción del calcio

Villalobos (2024), menciona que los factores que influyen en la absorción de calcio es los siguientes:

- **Nutrición:** La alimentación de las gallinas ponedoras es un elemento fundamental que afecta directamente la absorción de calcio. Una dieta equilibrada y con un contenido adecuado de calcio resulta imprescindible para mantener una salud ósea óptima y asegurar una producción de huevos de alta calidad. La carencia de calcio en la dieta puede ocasionar una absorción deficiente y la formación de huevos con cáscaras frágiles o defectuosas.
- **Vitamina D:** La vitamina D tiene un papel esencial en el proceso de absorción de calcio en las aves. Una insuficiencia de esta vitamina puede reducir la capacidad del intestino para absorber calcio de forma eficiente, aun cuando la dieta contenga cantidades suficientes de este mineral. Una exposición adecuada a la luz solar o la incorporación de suplementos de vitamina D en la dieta son métodos efectivos para mantener niveles óptimos de esta vitamina en las gallinas ponedoras.
- **Edad de las Aves:** La capacidad de las gallinas ponedoras para absorber calcio puede fluctuar según su edad. Las aves jóvenes requieren mayores cantidades de calcio para el desarrollo óseo y la producción de huevos, mientras que las aves adultas pueden experimentar una disminución en la eficiencia de la absorción de calcio debido al envejecimiento y los cambios en su metabolismo.

3.11.2. Deficiencia de calcio

El calcio y la vitamina D son esenciales para las gallinas que producen huevos. Una vez que una gallina alcanza la madurez para la puesta, es probable que requiera un suplemento adicional de calcio en su alimentación de manera ocasional. La vitamina D actúa en conjunto con el calcio, ya que, sin niveles adecuados de esta vitamina D, la gallina no puede absorber el calcio necesario. Este mineral es fundamental para la formación de la cáscara de los huevos. Si la gallina carece de suficiente calcio en su dieta, puede comenzar a poner huevos deformes, con cáscaras blandas o incluso puede experimentar problemas como el estancamiento de los huevos. La falta de calcio también puede llevar a que la gallina utilice sus reservas internas, lo que resulta en huesos débiles y quebradizos, poniendo en riesgo su salud e incluso su vida (Arias, 2024).

3.12. Piedra caliza o calcita

La caliza es una roca sedimentaria compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), en forma de calcita o, con menor frecuencia, aragonito. Se forma a partir de la acumulación de conchas, fragmentos esqueléticos y restos microscópicos de organismos

marinos en ambientes acuáticos, principalmente marinos. Además del carbonato cálcico, puede contener impurezas como arcilla, cuarzo, pirita y carbonato de hierro. Es un recurso ampliamente distribuido en la corteza terrestre, tras su extracción, puede ser procesada en forma triturada, granulada, pulverizada o molida, lo que permite su uso en diversas aplicaciones como la agricultura, la alimentación animal y la industria (Bentz *et al.*, 2015).

La piedra caliza molida es una excelente fuente de calcio natural para las gallinas, y se utiliza principalmente para mejorar la postura y la calidad de la cáscara del huevo. Un aspecto crucial a considerar al elegir este producto es que la piedra caliza debe tener un tamaño de molienda adecuado, aproximadamente entre 1 y 1,5 mm de diámetro. Esto es importante para asegurar que la gallina pueda absorber correctamente los nutrientes. Si, por el contrario, la molienda es demasiado fina, esto podría provocar un aumento temporal en la homeostasis del calcio, lo que obligaría al animal a eliminar el exceso a través de la orina. Como resultado, las gallinas no recibirían los niveles de calcio necesarios para su salud y producción (Gültepe *et al.*, 2021).

3.12.1. Distribución de calcita

La calcita es muy común y tiene una amplia distribución por todo el planeta, se calcula que aproximadamente el 4% en peso de la corteza terrestre es de calcita. La calcita se encuentra en diversas formas, siendo las más comunes los cristales romboédricos, escalenoédricos y prismáticos, así como combinaciones de estas configuraciones. Puede ser incolora o transparente cuando es pura (conocida como espato de Islandia), o puede presentar una amplia gama de colores, dependiendo de la presencia de pigmentos o impurezas (Subramani *et al.*, 2019).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca, de la Universidad Pública de El Alto, ubicada en la Provincia Los Andes, Municipio de Laja, del Departamento de La Paz, a una altitud de 3904 m.s.n.m, a $16^{\circ} 31' 25''$ latitud Sur y $68^{\circ} 18' 30''$ longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (Google-Earth, 2025).

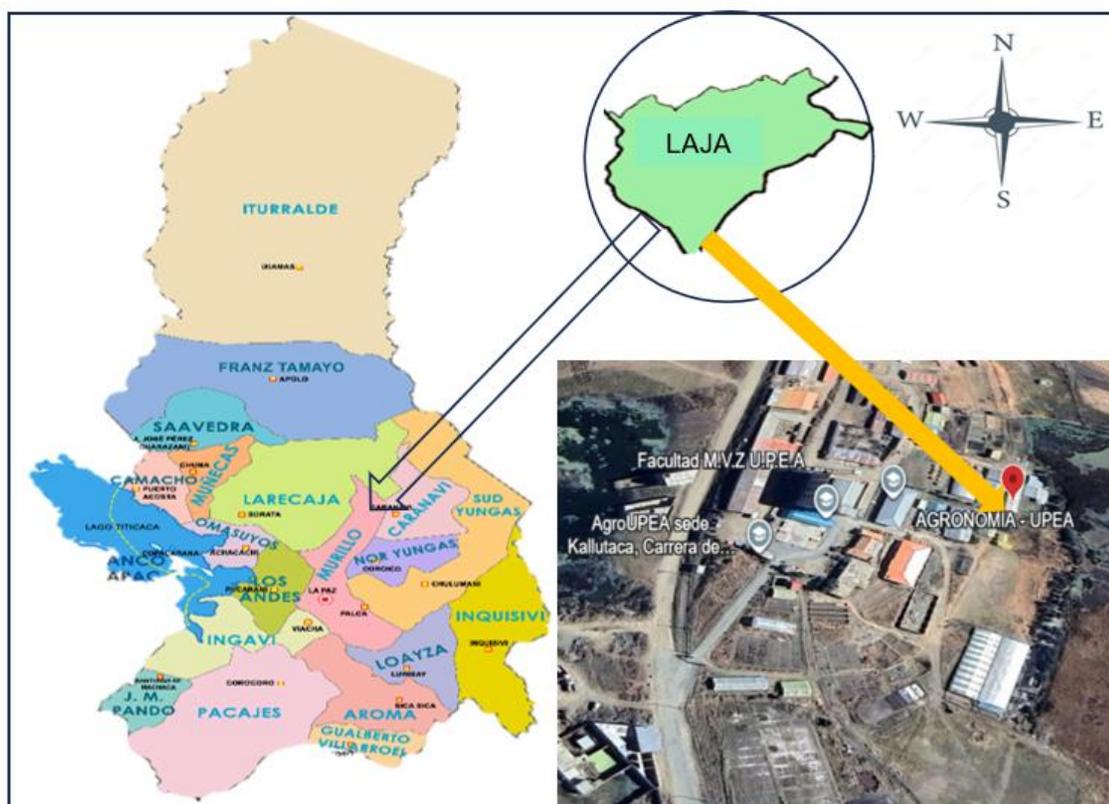


Figura 3. Localización de la investigación (Boliviapedia, 2024) y (Google-Earth, 2025).

4.2. Materiales

4.2.1. Material de estudio

En el presente trabajo de investigación se emplearon 72 gallinas de postura, de la línea Isa Brown en la segunda fase de postura.

4.2.2. Material de alimentación

- Alimento balanceado
- Calcita
- Agua

4.2.3. Material de campo

- Viruta de madera
- Paja
- Mochila aspersora
- 12 comederos de plástico circular
- 12 bebederos de plástico circular
- Maples
- Nidales de madera (40 cm de alto, 30 cm largo y 40 cm ancho)
- Balanza digital
- Balanza de 20 kg de capacidad
- Termómetro ambiental
- Vernier digital

4.2.4. Material de escritorio

- Cámara fotográfica
- Impresora
- Computadora
- Programa Infostat

4.3. Metodología

4.3.1. Procedimiento experimental

4.3.1.1. Características del galpón utilizado

El galpón que se utilizó cuenta con una superficie de 15 x 5 metros, con una cubierta a media agua, y contó con un tanque de agua con capacidad de almacenamiento de 200 litros.

El galpón fue acondicionado con la instalación de 12 jaulas, que funcionaron como unidades experimentales. Cada una de ellas con dimensiones de 2 m de largo, 1,30 m de ancho y 2 m de altura.

4.3.1.2. Metodología

En el presente estudio se evaluaron tres niveles de calcita (9%, 12% y 15%) en la dieta diaria de gallinas ponedoras Isa Brown. La evaluación se realizó en la segunda fase de postura del ciclo productivo.

4.3.1.3. Desinfección

Al inicio de la presente investigación se llevó a cabo un proceso de limpieza y desinfección del galpón, seguido de un flameado minucioso, prestando especial atención a las esquinas y rincones de difícil acceso. Una vez higienizadas las paredes, jaulas, puertas, comederos, bebederos y demás implementos, se procedió a la fumigación del galpón utilizando una solución al 1% de hipoclorito de sodio, preparada mediante la dilución de 10 ml de hipoclorito por cada litro de agua.

Posteriormente, todos los utensilios, como comederos, bebederos y baldes, fueron lavados cuidadosamente con agua, detergente y lavandina, con el objetivo de asegurar una desinfección completa.

Finalmente, se realizó el encalado del piso como medida de bioseguridad, para área destinada a la cama de viruta de madera, aplicando cal viva en una proporción de 1 kg por cada 4 m².

4.3.1.4. Armado del sistema automatizado

Se inició con la instalación de un interruptor térmico, un temporizador mecánico y focos. El temporizador fue programado para encender automáticamente la iluminación a las 18:00 y apagarla a las 22:00 horas, con el objetivo de completar las 16 horas de luz diarias en el galpón.

4.3.1.5. Distribución de las gallinas en los tratamientos

Las gallinas fueron distribuidas en las unidades experimentales mediante un proceso de selección al azar con seis aves a cada unidad, lo que totalizó 72 gallinas. Cada gallina fue identificada para cada tratamiento mediante una cinta de color colocada en una de sus patas. Asimismo, cada unidad experimental fue equipada con los implementos necesarios para el manejo adecuado de las gallinas, incluyendo comedero, bebedero y nidal.

4.3.1.6. Alimentación

La alimentación de las gallinas fue suministrada de acuerdo a la tabla establecida por Isa Brown. La cantidad de alimento suministrado fue determinada en función de la edad y el peso de las aves. Durante la etapa de postura, se proporcionó a cada gallina un total de 115 gramos de alimento por día, divididos en dos raciones diarias, una cantidad del 40% por la mañana (8:00am) y el 60% por la tarde (16:00 pm).

4.3.1.7. Suministro de agua

El suministro de agua es un elemento primordial dentro de la dieta, por esta razón se realizó de forma continua, con bebederos de campana automática. Se prestó especial atención a mantener el agua siempre fresca y limpia, asegurando su disponibilidad constante para garantizar un consumo óptimo por parte de las gallinas.

4.3.1.8. Adición de calcita

Se incorporó calcita a la dieta de las gallinas de postura de la línea Isa Brown en tres niveles: 6%, 9% y 12%, correspondientes a los tratamientos dos, tres y cuatro, respectivamente.

4.3.1.9. Recolección de huevos

Para el presente trabajo de investigación, la recolección de huevos se realizó dos veces al día en cada unidad experimental. La primera recolección se llevó a cabo por la mañana, después de suministrar el alimento, y la segunda en horas de la tarde, al concluir la última alimentación. Esta programación tuvo como finalidad evitar el estrés en las gallinas al momento de retirar los huevos de los nidales, asegurando así el bienestar de las gallinas.

4.3.1.10. Iluminación

Un factor fundamental para asegurar una postura constante en las gallinas es el control adecuado de las horas luz. En ese sentido, se realizó el control de las horas luz durante el día con luz natural y durante la noche con luz artificial para completar las 16 horas en la etapa productiva. Este control lumínico favorece el mantenimiento de la actividad metabólica necesaria para una producción óptima de huevos.

4.3.2. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en el presente estudio fue, Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones, estas se dividen en 12 unidades experimentales. Por cada tratamiento se evaluó 6 gallinas haciendo un total de 72 aves. El modelo lineal fue lo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta.

μ = Media general.

α_i = Efecto del tratamiento i ; $i=1,2,\dots,t$.

ε_{ij} = Error experimental.

4.3.3. Factores de estudio

Los tratamientos evaluados en este estudio corresponden a diferentes niveles de calcita como factor de estudio, aplicados durante en la segunda fase de postura en gallinas de la línea Isa Brown, los cuales se detallan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Número de gallinas en postura por tratamiento, con diferentes niveles de calcita

Tratamientos	Alimentación	N° de gallinas
(testigo)	Alimento balanceado	18
6% de calcita	Alimento balanceado	18
9% de calcita	Alimento balanceado	18
12% de calcita	Alimento balanceado	18
Total de gallinas		72

4.3.4. Variables de respuesta

4.3.4.1. Porcentaje de postura

La recolección de huevos producidos por cada unidad experimental se realizó de manera diaria, para su posterior estudio individual y registro. El porcentaje de postura representa la proporción de gallinas que se encuentran en producción activa. Este indicador es fundamental para determinar la relación entre aves en postura y aquellas fuera de postura.

$$\% \text{ Postura} = \frac{\text{Total de huevos}}{\text{N}^\circ \text{ de gallinas total}} \times 100$$

4.3.4.2. Peso del huevo (g)

Este parámetro es de gran importancia, ya que según el peso se puede identificar posibles problemas que estén afectando la calidad del huevo, en especial su tamaño. Entre estos factores se incluyen deficiencias de calcio, baja calidad del alimento, presencia de enfermedades, entre otros. Para esta variable se realizó el pesaje de tres huevos elegidos aleatoriamente cada semana, con una balanza de precisión de cada unidad experimental.

4.3.4.3. Altura del huevo (mm)

La medición de la longitud de los huevos se efectuó mediante la toma de medidas externas con un calibrador vernier digital. Este procedimiento se realizó semanalmente, utilizando tres huevos seleccionados aleatoriamente de cada unidad experimental y los datos obtenidos se expresaron en mm.

4.3.4.4. Diámetro del huevo (mm)

El diámetro de los huevos se determinó con un calibrador vernier digital. La medición se efectuó semanalmente, utilizando tres huevos seleccionados aleatoriamente de cada unidad experimental y los datos obtenidos se expresaron en mm.

4.3.4.5. Grosor de la cáscara del huevo (mm)

La medida está directamente relacionada con la resistencia de la cáscara del huevo, ya que una mayor firmeza indica una mejor estructura y calidad, lo cual es fundamental para minimizar pérdidas por roturas durante la recolección, almacenamiento y transporte. Para determinar el grosor se realizó la medición semanalmente con la ayuda de un calibrador digital de tres huevos por cada unidad experimental, elegidos aleatoriamente.

4.3.5. Análisis económico

Se realizó un análisis económico de relación Beneficio Costo, en la evaluación de los niveles de calcita en la crianza de gallinas en postura, siguiendo los lineamientos propuestos por la MacNeil (2024), de acuerdo al siguiente procedimiento.

4.3.5.1. Ingreso Bruto

El ingreso bruto representa la suma total de beneficios obtenidos por la venta del producto, antes de aplicar cualquier tipo de deducción (MacNeil, 2024).

$$\text{I.B.} = \text{R} * \text{P}$$

Dónde:

I.B. = Ingreso bruto

R = Rendimiento

P = Precio del producto

4.3.5.2. Beneficio Costo

El análisis de beneficio costo, es una herramienta que te ayuda a identificar los mayores beneficios en la toma de decisiones a la hora de elegir con qué acciones se podría mejorar el sistema de postura (MacNeil, 2024).

$$\mathbf{B/C = B.E./C.P.}$$

Dónde:

B.E. = Beneficio en efectivo

C.P. = Costo de producción en Bs/m².

La relación de beneficio costo se denomina de la siguiente forma:

La relación $B/C > 1$ indica que los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, por lo tanto, la crianza de gallinas en postura es rentable y el productor obtiene ganancias.

La relación $B/C = 1$ Los ingresos económicos son iguales a los gastos de producción, el cual nos es rentable solo cubre los gastos de producción, el productor no gana ni pierde.

La relación $B/C < 1$ No existe beneficios económicos, por lo tanto, la crianza de gallinas en postura no es rentable, el productor pierde.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables de estudio

5.1.1. Variación de la temperatura

La Figura 4 muestra las temperaturas máximas, promedio y mínimas registradas durante los 93 días del estudio entre el 01 de diciembre de 2024 al 03 de marzo de 2025. Durante este periodo, la temperatura presentó variaciones donde los valores máximos oscilaron entre 24 y 29 °C, la temperatura promedio se mantuvo entre 18 y 19 °C, evidenciando condiciones relativamente constantes, mientras que las mínimas fluctuaron entre 10 y 13 °C, registrándose más bajas al inicio del estudio.

Estos resultados se encuentran dentro del rango de confort térmico recomendado para gallinas ponedoras de línea Isa Brown, lo que probablemente contribuyó a la estabilidad en la persistencia de la postura y al bienestar general de las aves. Rosario *et al.* (2018) señalan que la zona de confort higrotérmico para gallinas de postura se sitúa entre 18 y 22 °C, con humedad relativa de 60 a 70%, coincidiendo con las condiciones promedio observadas en este estudio. Por otro lado, Díaz (2023) advierte que temperaturas superiores a los valores óptimos pueden inducir estrés calórico en las aves, generando alteraciones fisiológicas que pueden llegar a ser irreversibles, comprometiendo tanto la supervivencia como el bienestar y el rendimiento productivo.

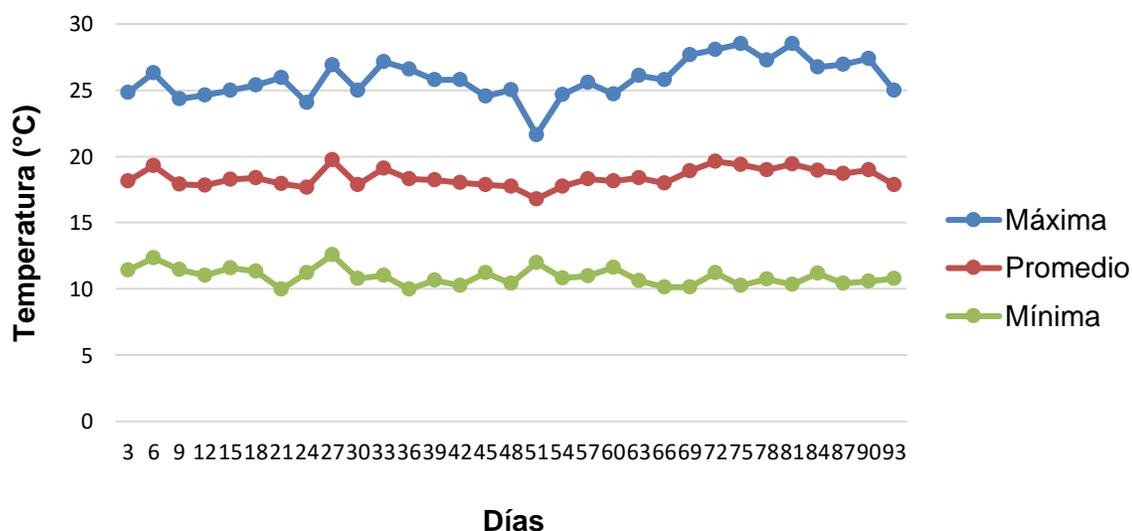


Figura 4. Temperaturas (°C) registradas dentro del galpón

5.1.2. Variación de la humedad relativa

La Figura 5 muestra la variación de la humedad relativa ambiental durante los 93 días de estudio. Durante este periodo, la humedad relativa máxima osciló entre 68 y 80 %, mientras que la humedad promedio se mantuvo entre 56 y 62 %, evidenciando condiciones estables y adecuadas. La humedad mínima fluctuó entre 42 y 50 %, niveles que favorecen el confort de las gallinas en postura, evitando tanto la sequedad excesiva como la saturación ambiental que podría generar problemas sanitarios o afectar el bienestar de las aves.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Kim *et al.*, (2024a), quienes investigaron los efectos de distintos niveles de humedad relativa (25%, 50% y 75%) combinados con una temperatura de 30 °C, no afectaron significativamente en la producción diaria, el peso, ni en la masa total de huevo. Sin embargo, el consumo de alimento fue menor en el grupo 25%. Por otro lado, en relación al estrés por calor, Kim *et al.*, (2024b), demostraron que condiciones de alta temperatura y humedad reducen significativamente la ingesta de alimento y la producción de huevos, además de afectar negativamente la calidad del huevo y alterar perfiles sanguíneos, evidenciando el impacto fisiológico del estrés térmico en las gallinas. En el presente estudio, aunque se registraron valores máximos de humedad relativa de hasta 80 %, estos no superaron de manera sostenida los rangos óptimos, lo que contribuyó a mantener la estabilidad en el desempeño productivo y el confort de las aves.

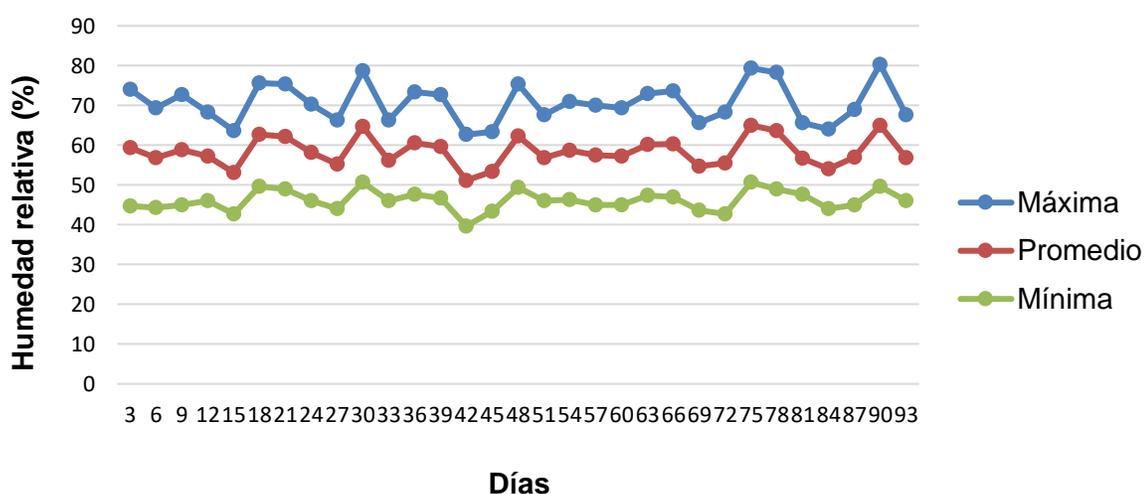


Figura 5. Humedad relativa (%) registradas dentro del galpón

5.2. Variables de respuesta

5.2.1. Porcentaje de postura

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de varianza, correspondiente al porcentaje de postura en gallinas ponedoras. Se observa que no existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p=0.5018$). Este resultado indica que los diferentes niveles de calcita aplicados no generaron un efecto claro sobre el porcentaje de postura. El coeficiente de variación fue de 3.85 %, lo cual refleja que los datos son confiables, ya que se encuentra dentro del rango aceptable.

Cuadro 9. Análisis de varianza para porcentaje de postura

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr > F
Tratamiento	28.01	3	9.34	0.86	0.5018 NS
Error	87.24	8	10.9		
Total	115.24	11			
Promedio (%) = 85.71					
CV (%) = 3.85					
NS = no significativo ($p>0.05$)					

Los promedios para el porcentaje de postura se evidencian en la Figura 6, destacando que el mayor promedio se obtuvo con 9% de calcita 87.49%, seguido muy de cerca por 6% de calcita 86.08%, mientras que el tratamiento con 12% calcita alcanzó 86.01% y finalmente el tratamiento sin calcita presenta menor porcentaje de postura con 83.27%. Estos resultados sugieren que la inclusión de calcita en la dieta mejora la producción de huevo, siendo más favorable el 9% de calcita en la dieta suplementada.

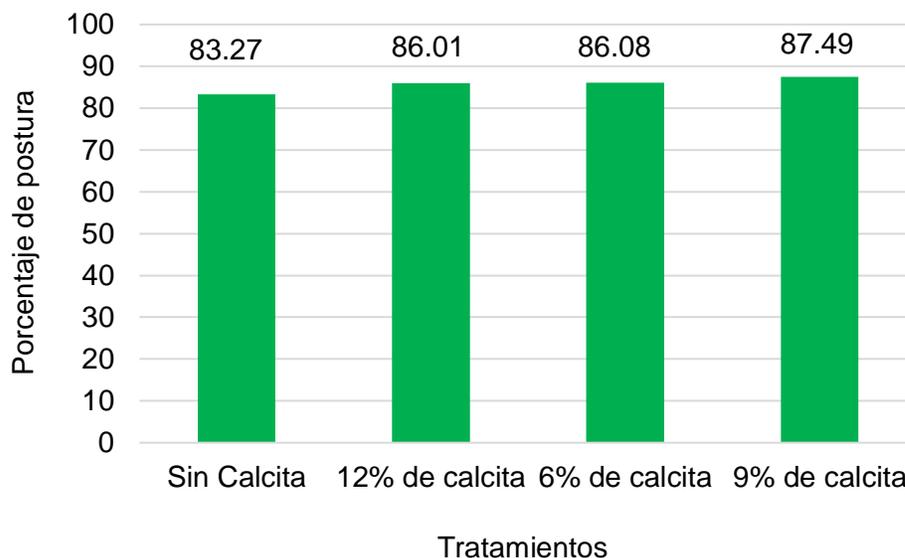


Figura 6. Porcentaje de postura en promedio

Los tratamientos con la suplementación del 9% de calcita destacó 87.49%, en comparación con el testigo sin calcita 83.27%. Esto sugiere que la inclusión de fuentes de calcio en la dieta puede favorecer a la producción de huevos. El menor porcentaje de postura registrado en el tratamiento sin calcita se debe a la ausencia de una fuente adicional de calcio en la dieta, lo que obligó a las aves a depender únicamente del aporte basal del alimento y de sus reservas óseas para cubrir la elevada demanda mineral que implica la formación del cascarón reduciendo la postura.

Estos resultados tienen relación con lo reportado por Ketta *et al.*, (2020), quienes revelaron una producción de 84,2% en gallinas Isa Brown suplementadas con 3,5% de calcio, valor intermedio respecto a los obtenidos en este estudio, lo que indica que la respuesta productiva mejora conforme se optimiza el nivel de suplementación de calcita. De igual manera, Sanmiguel *et al.*, (2022), reportaron un 81,60% de postura con suplementación de CaCO_3 , los autores afirman que la inclusión de CaCO_3 en el alimento tuvo un efecto beneficioso en el rendimiento productivo de las gallinas ponedoras, incluyendo la producción de huevos y la calidad de la cáscara, reforzando la importancia de ajustar el aporte de calcio para maximizar la persistencia de la producción.

Asimismo, Pelicia *et al.*, (2011) demostraron que diferentes niveles y tamaños de partícula de calcita incrementaron la producción de huevos en gallinas Isa Brown de 23 semanas de edad, lo que coincide con los resultados observados en nuestro estudio, donde la suplementación con 9 % de calcita generó un efecto positivo frente a la dieta sin aporte adicional de calcio.

En la Figura 7 se observa el análisis de regresión para los tratamientos con diferentes niveles de calcita y el porcentaje de postura en gallinas. La línea de tendencia muestra una pendiente positiva, lo que indica que, a medida que se avanza los niveles de calcita, el porcentaje de postura tiende a aumentar ligeramente. La dispersión de los puntos refleja cierta variabilidad entre las observaciones, lo que sugiere que el efecto de los tratamientos sobre la postura no es completamente uniforme. Sin embargo, la dirección ascendente de la recta sugiere que existe una tendencia favorable de los tratamientos hacia la mejora del rendimiento en postura.

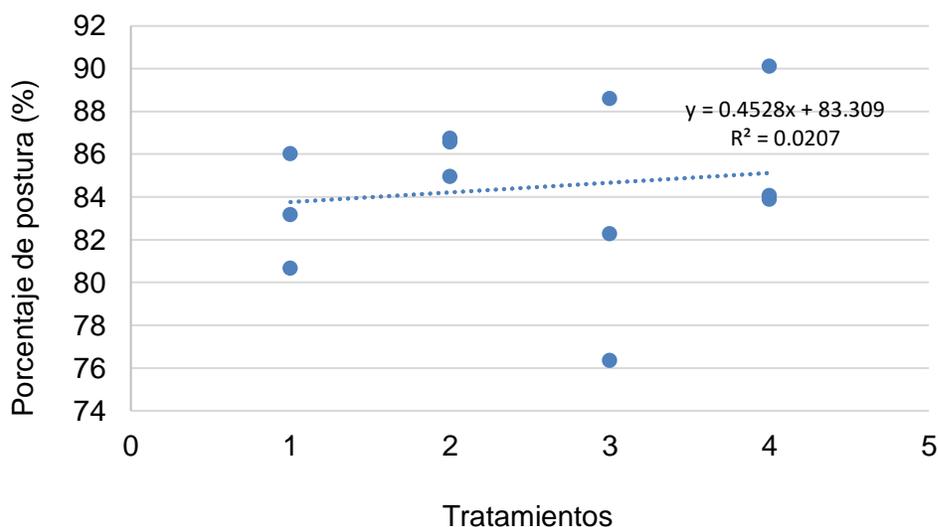


Figura 7. Análisis de regresión para porcentaje de postura

5.2.2. Peso del huevo (g)

En el Cuadro 10 se puede observar el análisis de varianza realizado para el peso del huevo, mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p=0.377$), lo que indica que con o sin calcita se observa que no influyeron de manera significativa sobre esta variable, dando valores similares en las 12 semanas que se realizó la

investigación. El coeficiente de variación fue de 2.40 %, indicando que los tratamientos fueron evaluados correctamente, lo cual muestra que los datos son confiables.

Cuadro 10. Análisis de varianza para peso del huevo

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr > F
Tratamiento	8.25	3	2.75	1.18	0.377 NS
Error	18.67	8	2.33		
Total	26.92	11			

Promedio (g) = 63.59

CV (%) = 2.40

NS = no significativo ($p > 0.05$)

La Figura 8 refleja el peso del huevo en promedio, en lo cual muestran que el nivel de 6% de calcita en la dieta de las gallinas ponedoras registró el mayor peso promedio de huevo con 64.67 g, superando a los demás tratamientos, como el tratamiento con 12% de calcita alcanzó un valor intermedio 63.67 g y el 9% y sin calcita mostraron valores bajos con 63.33 g.

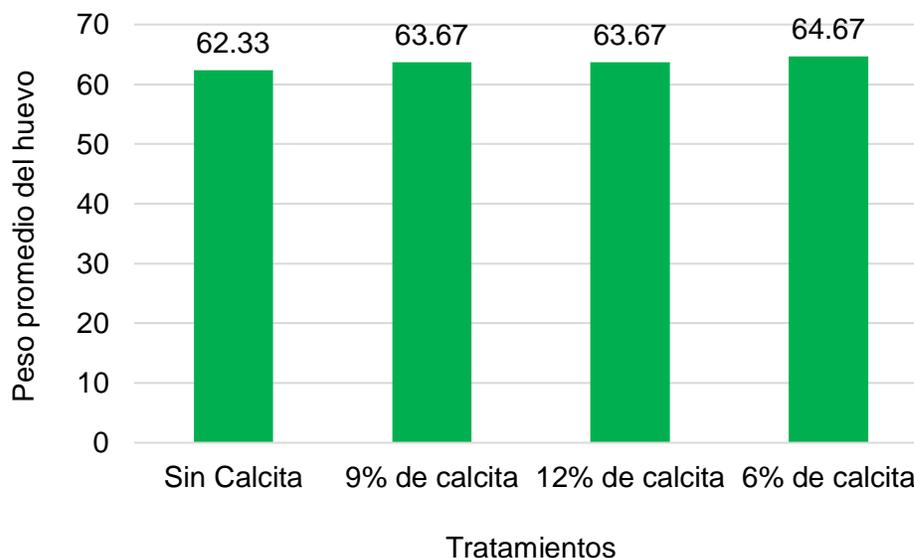


Figura 8. Peso del huevo en promedio

Se puede observar un incremento mayor con el tratamiento de 6% de calcita alcanzando 64.67 g. Esto se debe a que favorece el desarrollo del huevo en cuanto al peso proporcionando una cantidad adecuada de calcio, porque las gallinas lograron absorber y utilizar eficientemente para una correcta función metabólica, digestiva y reproductiva, interpretándose en un mayor peso del huevo. En cambio, niveles más altos 12% o la

ausencia de calcita podrían generar desequilibrios minerales o limitar la absorción eficiente del calcio, afectando el crecimiento óptimo del huevo.

Estos resultados son comparables con lo señalado por Ruhnke *et al.*, (2021), quienes reportaron un peso promedio de 64,3 g que al suplementar calcio en la dieta de gallinas Isa Brown con 20 g/kg, valor cercano al resultado obtenido en nuestro tratamiento con 6% de calcita. De igual forma, Islam y Nishibori (2021) encontraron que al suplementar 4% de piedra caliza lograron mayor peso promedio de 59,05 g en gallinas Isa Brown de 36 semanas, destacando además que el peso del huevo tiende a incrementarse con la edad de las aves, lo que también podría explicar en parte las diferencias observadas entre estudios.

Por otro lado, Sanmiguel *et al.*, (2022) reportaron un peso promedio de $58,90 \pm 4,80$ g con suplementación de 2 g de CaCO_3 por ave, valor inferior en comparación con el presente estudio. Esto sugiere que el 6 % de calcita evaluado, pueden resultar más efectivos para alcanzar huevos de mayor peso, siempre que no se excedan los niveles que limiten la absorción mineral.

En la Figura 9 se presenta el análisis de regresión para el peso del huevo, el cual muestra que, a medida que aumentan los niveles de calcita en los tratamientos, el peso del huevo no presenta diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, la dispersión de los datos indica un efecto débil y con alta variabilidad. Esto sugiere que los tratamientos no generan un cambio marcado en el peso del huevo, aunque podría existir una relación mínima de incremento conforme se incrementa el nivel de calcita.

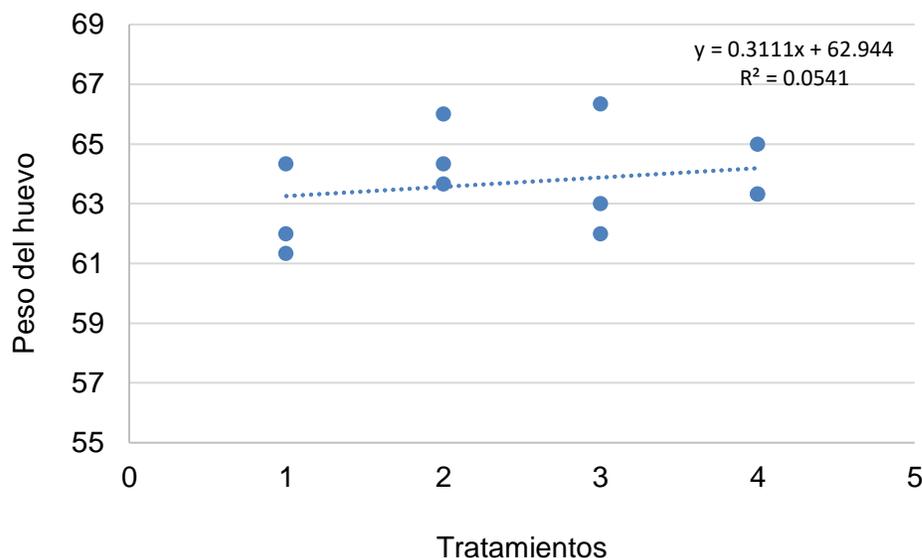


Figura 9. Análisis de regresión para peso del huevo

En la Figura 10 se observa la variación semanal del peso promedio del huevo en gallinas de la línea Isa Brown durante la segunda fase de postura, sometidas a diferentes niveles de calcita. Los resultados muestran un comportamiento fluctuante a lo largo de las 12 semanas de evaluación, sin evidenciarse diferencias marcadas entre los tratamientos. En las 12 semanas, los pesos oscilaron entre 58 y 64 g, con ligeras caídas en la semana 5 y una recuperación progresiva hacia el final del periodo, donde se observaron los valores más altos, especialmente en los tratamientos T2 y T3. Estos resultados sugieren que la inclusión de calcita en la dieta permitió mantener la estabilidad productiva, favoreciendo una tendencia ascendente en la fase final del experimento

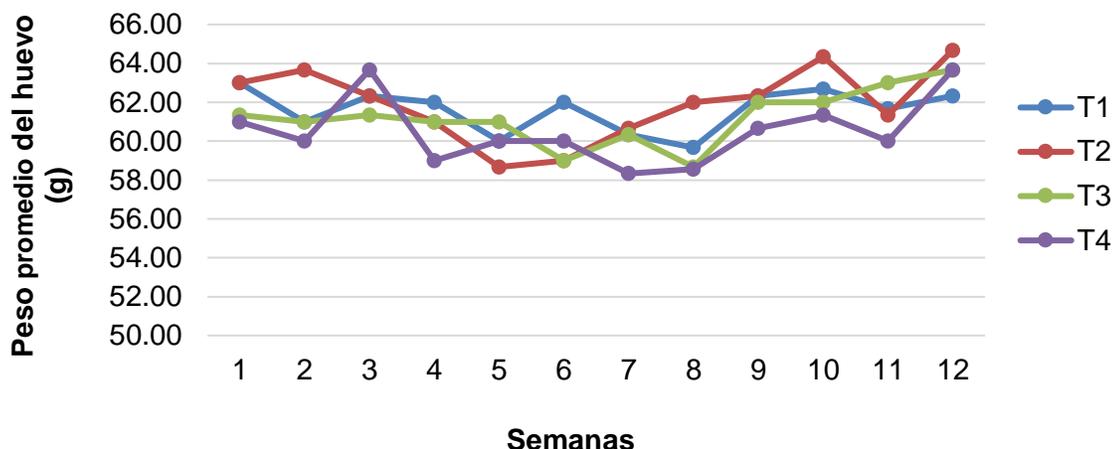


Figura 10. Variación semanal del peso del huevo con diferentes niveles de calcita.

5.2.3. Altura del huevo (mm)

De acuerdo al Cuadro 11 se observa el análisis de varianza para altura del huevo, en el cual el análisis mostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.0499$). Esto indica que los diferentes niveles de calcita evaluados en la dieta de gallinas en postura tuvieron diferencias. El coeficiente de variación fue de 1.20 %, lo cual refleja una uniformidad en los datos, respaldando la confiabilidad de los datos obtenidos.

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura del huevo

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr > F
Tratamiento	5.39	3	1.8	3.98	0.0499*
Error	3.61	8	0.45		
Total	9	11			

Promedio (mm) = 56.19

CV (%) = 1.20

* = significativo ($p < 0.05$)

Los promedios para la altura del huevo se muestran en la Figura 11, donde evidencia que el tratamiento con 9% de calcita obtuvo la mayor altura del huevo con 56.7 mm, seguido muy de cerca por los tratamientos con 6% con 56.59 mm y 12% de calcita con 56.44 mm conformados en un grupo con la letra A. En cambio, el tratamiento sin calcita con 55.04 mm, las diferencias entre los valores son mínimas. Estos resultados indican que una suplementación adecuada de calcita de 9%, podría estar relacionada con una mejor estructura del huevo, reflejando en una mayor altura.

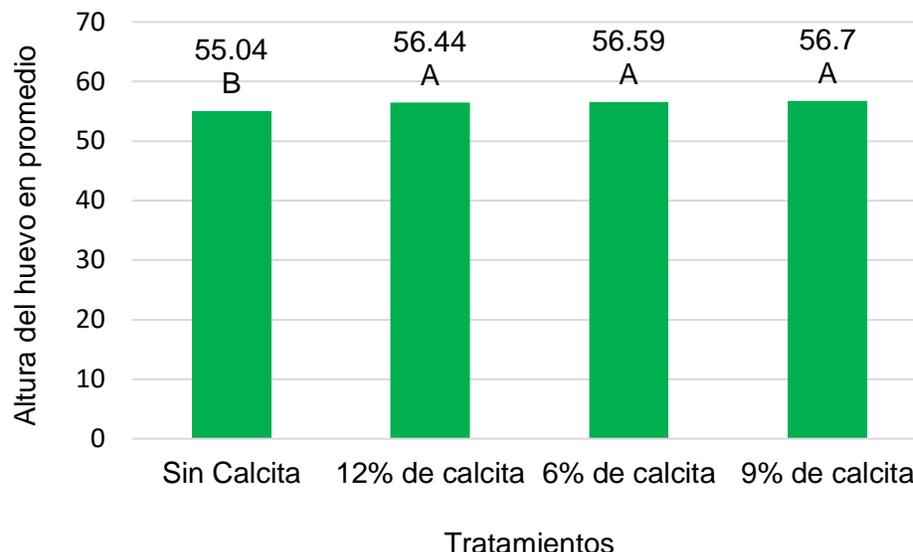


Figura 11. Comparación de medias para altura mm del huevo

La altura promedio del huevo varió con la adición de diferentes niveles de calcita. El tratamiento con 9% de calcita obtuvo la mayor altura, con 56.7 mm, mientras que el valor bajo se registró en el tratamiento sin calcita con 54.06 mm. Esta variación se relaciona con la absorción de calcio, ya que un nivel adecuado favorece al organismo de la gallina, permitiéndole utilizar eficientemente el calcio suministrado. Este mineral se destina tanto a la formación de la cáscara como al equilibrio fisiológico del ave, mejorando la formación y estabilidad del albumen, lo cual puede influir directamente en la altura del huevo. Por otro lado, el tratamiento sin calcita presentó la menor altura del huevo, lo cual indica que la ausencia de suplementación con calcio puede afectar negativamente en la calidad del huevo.

Los resultados del presente estudio se relacionan con lo descrito por Vera *et al.*, (2016), quienes señalaron que la suplementación con carbonato de calcio contribuye a mejorar significativamente la calidad del huevo, al suministrar 1,5 g diarios por gallina con partículas de 2 a 4 mm. Asimismo, Llusco (2015) reportó que el tratamiento con 9% de calcita alcanzó el mayor largo del huevo con 5,71 cm en gallinas Isa Brown de 50 semanas, resultado que efectivamente coincide con nuestro estudio y respalda la eficacia de este nivel de suplementación para optimizar parámetros morfométricos del huevo.

Los resultados evidencian que la adición de 9% de calcita no solo mejora la persistencia de postura, sino que también se refleja en un mayor desarrollo estructural del huevo,

confirmando que el aporte de calcio es determinante en la calidad interna y externa del huevo.

En la Figura 12 se observa el análisis de regresión, donde indica que los tratamientos aplicados generan un efecto positivo en la altura del huevo, con una tendencia ascendente conforme aumenta los niveles de calcita. Este resultado es relevante, ya que una mayor altura se asocia con mejores características de calidad del huevo, lo que podría influir en la aceptación comercial.

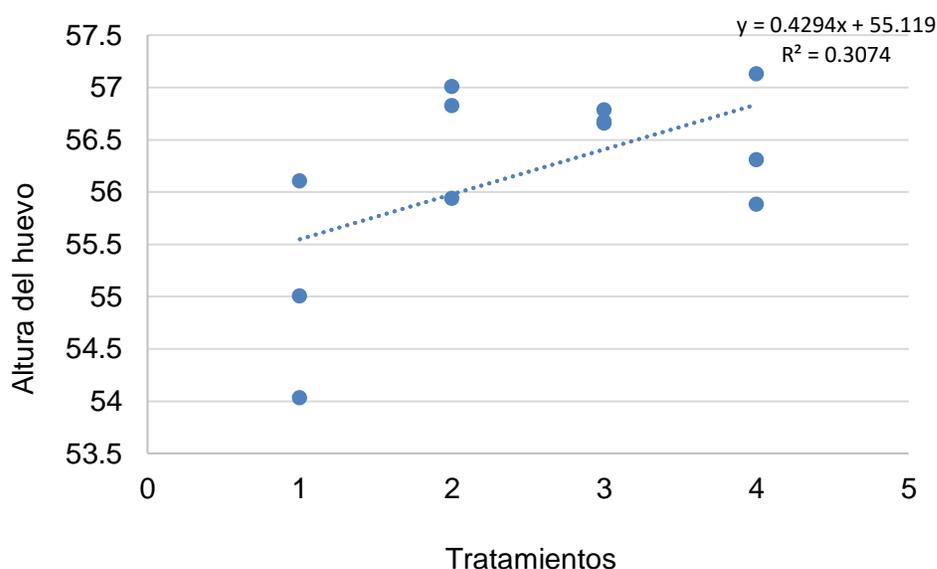


Figura 12. Análisis de regresión para altura mm del huevo

En la Figura 13 de la evaluación del largo promedio del huevo en gallinas Isa Brown, durante la segunda fase de postura y a lo largo de 12 semanas, los resultados presentaron valores que oscilaron entre 55 y 57 mm en la mayoría de los tratamientos. No se evidenciaron diferencias marcadas entre los grupos, aunque se observaron ligeras variaciones en semanas intermedias, con descensos puntuales alrededor de la semana 8 y una tendencia a la recuperación en las semanas finales. Estos resultados indican que la suplementación con distintos niveles de calcita permitió mantener la uniformidad en la altura del huevo, sin evidenciar una influencia clara de la suplementación sobre este parámetro.

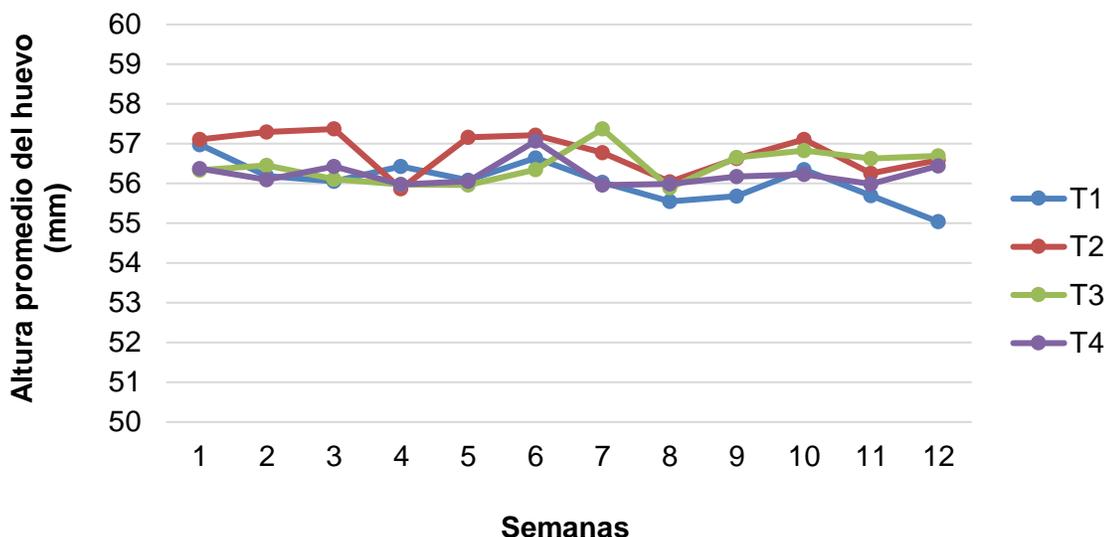


Figura 13. Variación semanal del largo del huevo con diferentes niveles de calcita.

5.2.4. Diámetro del huevo (mm)

En el Cuadro 12 para el análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre los tratamientos respecto al diámetro del huevo (0.05). Esto indica que con la implementación con los diferentes niveles de calcita incluido en la dieta de las gallinas en postura sí tuvieron diferencias entre tratamientos, en la etapa de investigación durante 12 semanas. El coeficiente de variación fue de 0.94%, lo cual es excelente, ya que indica una alta uniformidad de los datos, por lo tanto, son confiables los resultados obtenidos de esta variable.

Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro del huevo

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr > F
Tratamiento	2.11	3	0.7	4	0.05*
Error	1.41	8	0.18		
Total	3.52	11			

Promedio (mm) = 44.36

CV (%) = 0.94

* = significativo ($p < 0.05$)

La prueba de medias Duncan de la Figura 14 para diámetro del huevo, refleja dos grupos diferentes, donde el primer grupo con la letra A conformado por el T3 (9% de calcita) con 44.62 mm, T2 (6% de calcita) con 44.61 mm y T4 (12% de calcita) con 44.58 mm mostrando

mayores promedios para el diámetro del huevo, significativamente diferente al T1 (testigo) con 43.64 mm evidenciando menor promedio.

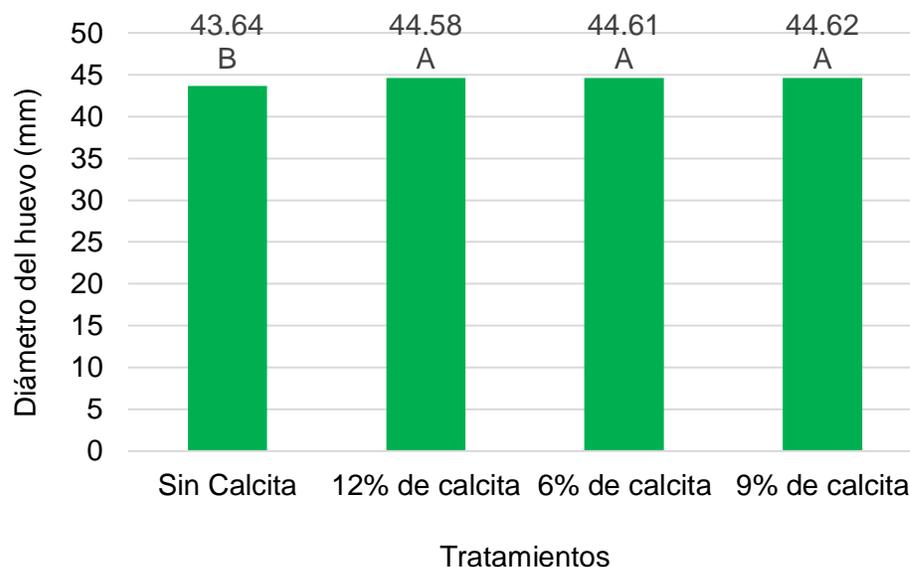


Figura 14. Comparación de medias para diámetro del huevo (mm)

Para el diámetro del huevo, los tratamientos con 9% y 6% de calcita obtuvieron los mayores promedios, con 44.62 mm y 44.61 mm, superando al tratamiento sin suplementación de calcita, que alcanzó 43.64 mm. Estos resultados se deben a que el calcio no solo interviene en la formación del cascarón, sino también en los procesos fisiológicos relacionados con la secreción de albúmina y la estabilización del volumen del huevo. Por otro lado, el tratamiento sin suplementación de calcita presentó el menor valor de diámetro, lo que refleja que la ausencia de una fuente adicional de calcio limita la capacidad productiva de la gallina, ya que depende únicamente de reservas óseas, comprometiendo la uniformidad y calidad de los huevos.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Li *et al.*, (2024), quienes destacan que el suministro de calcio en la dieta es esencial tanto para el desarrollo óseo como para la producción y calidad de los huevos, aunque advierten que su disponibilidad depende de la cantidad incorporada y de la eficiencia en la absorción intestinal y el metabolismo óseo. De manera complementaria, Llusco (2015) reportó que el mayor diámetro de huevo correspondió al tratamiento con 9% de calcita (4,44 cm), seguido muy de cerca por el 12% (4,42 cm), confirmando que este nivel de suplementación optimiza las características morfométricas del huevo en gallinas.

En comparación con otros estudios respalda que niveles intermedios de suplementación (6% y 9%) garantizan un mayor diámetro del huevo, asegurando una producción de mejor calidad frente a dietas sin aporte adicional de calcio.

La Figura 15 para análisis de regresión muestra la relación entre los tratamientos con niveles de calcita y el diámetro del huevo. Se observa una tendencia positiva, es decir, a medida que aumentan los niveles de calcita, el diámetro del huevo tiende a incrementarse ligeramente. La línea de regresión presenta una pendiente ascendente, lo cual indica que el suplemento de calcita contribuye a mejorar el tamaño de los huevos en términos de diámetro.

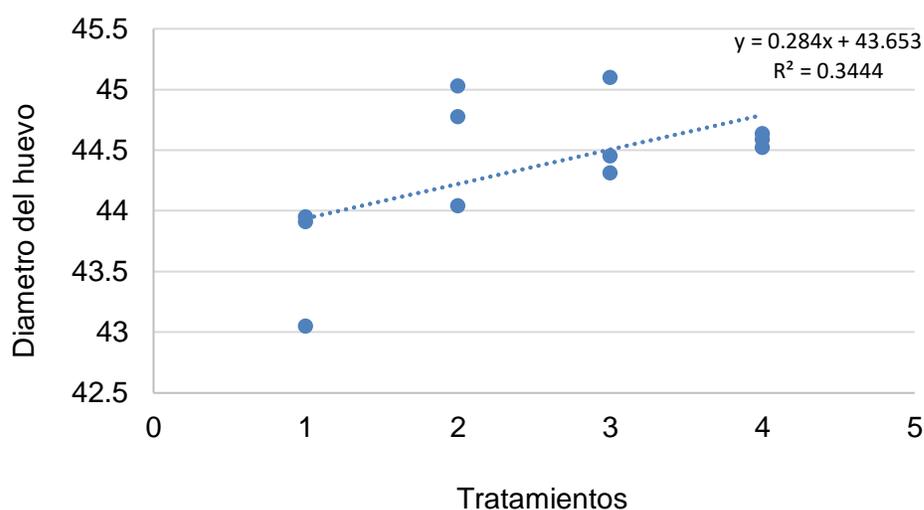


Figura 15. Análisis de regresión para diámetro del huevo (mm)

En la Figura 16 muestra que el diámetro promedio del huevo se mantuvo estable durante las 12 semanas de evaluación, con valores cercanos a los 44 a 45 mm en todos los tratamientos. Se aprecian ligeras oscilaciones semanales, especialmente en T1, que presentó una leve tendencia a la baja hacia el final del periodo, mientras que T2, T3 y T4 conservaron una línea más uniforme. En general, no se observan diferencias claras entre los tratamientos, lo que indica que los diferentes niveles de calcita no generaron un efecto significativo sobre el diámetro del huevo.

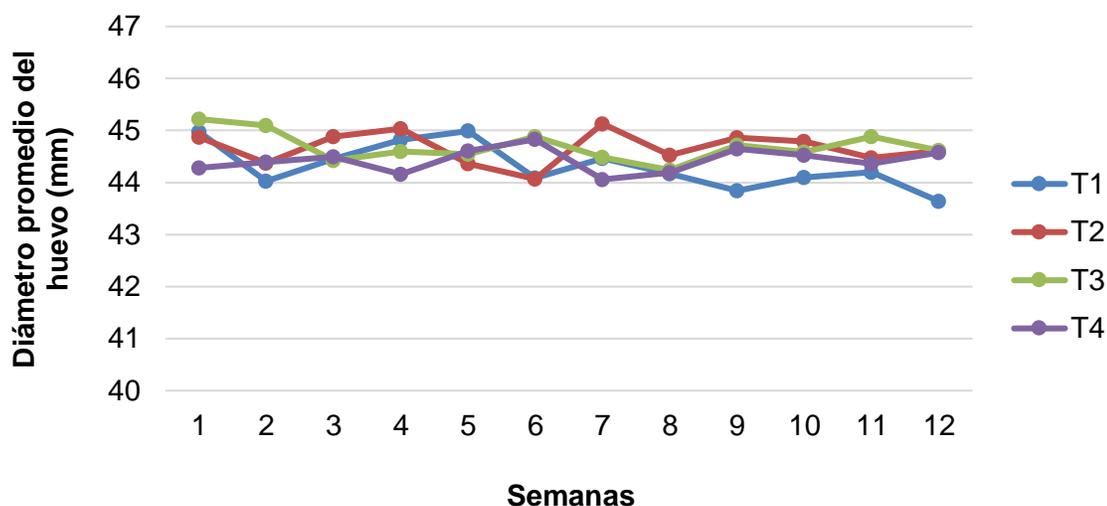


Figura 16. Variación semanal del diámetro del huevo (mm) con diferentes niveles de calcita.

5.2.5. Grosor de la cáscara del huevo (mm)

En el cuadro 13 del análisis de varianza para grosor de la cáscara del huevo, muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (0.0392). Esto indica que los diferentes niveles de calcita en la dieta de las gallinas sí tuvo un efecto significativo. El coeficiente de variación fue de 3.74 %, el valor es inferior al rango establecido al 30%, lo que indica que los datos obtenidos en campo son confiables.

Cuadro 13. Análisis de varianza para grosor de la cáscara del huevo

F.V.	SC	GL	CM	F	Pr > F
TRA	0.00290	3	0.00098	4.51	0.0392 *
Error	0.00170	8	0.00022		
Total	0.00470	11			

Promedio (mm) = 0.40

CV (%) = 3.74

* = significativo (p<0.05)

Para el grosor de la cáscara en la Figura 17 muestra los resultados mediante la prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de significancia, se observa que donde el primer grupo con la letra A conformado por los tratamientos T4 (12% de calcita), T2 (6% de calcita) y T3 (9% de calcita) muestra mayores promedios 0.41 mm, 0.40 mm y 0.40 mm, siendo

diferentes significativamente al tratamiento T1 (testigo) evidenciando menor grosor de 0.37 mm.

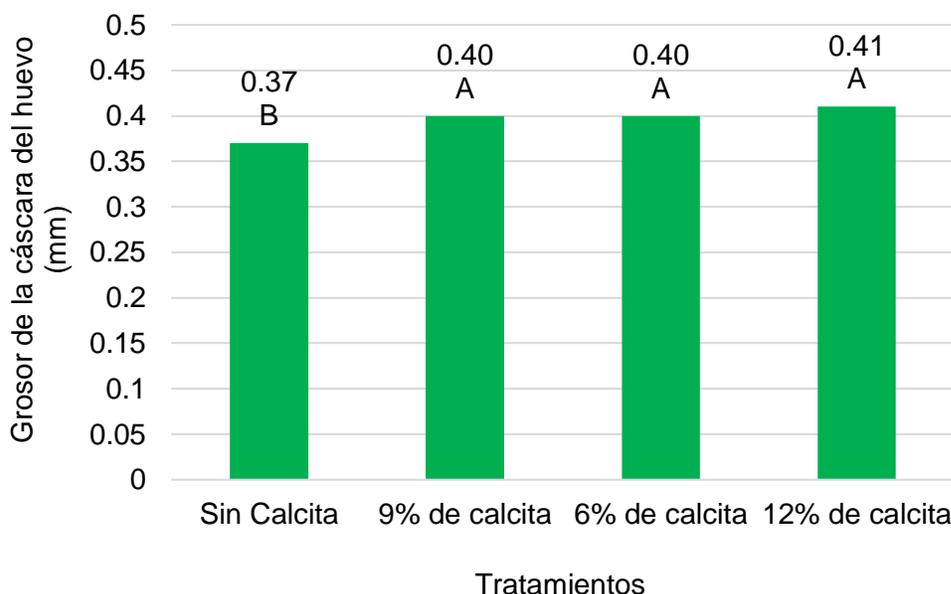


Figura 17. Comparación de medias para grosor de la cáscara

El grosor de la cáscara del huevo con 12% de calcita fue 0.41 mm, mientras que el tratamiento sin calcita presentó un valor de 0.37 mm. Estos resultados confirman que la presencia de calcita en la dieta de las gallinas ponedoras contribuye directamente a una mejor calcificación de la cáscara, debido a su alto contenido de carbonato de calcio, compuesto fundamental en la formación de una cáscara resistente. La cáscara del huevo está compuesta principalmente por carbonato de calcio, en aproximadamente un 94%, por lo tanto, la disponibilidad de este mineral en la dieta de las gallinas es crítica para mantener su espesor y asegurar la calidad del huevo con fines comerciales. Por el contrario, la ausencia de suplementación en el T1 sin calcita, se tradujo en una menor resistencia estructural, incrementando el riesgo de fisuras y pérdidas económicas durante la manipulación y el transporte.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Vera *et al.*, (2016), quienes destacan que el calcio desempeña un papel esencial en la formación óptima del cascarón, y que niveles inadecuados pueden comprometer tanto la productividad como la calidad del huevo. De manera similar, Ruhnke *et al.*, (2021), reportaron un grosor de 0,41 mm en gallinas Isa

Brown al suplementar con 40 g/kg de calcio, valor similar con el obtenido en nuestro tratamiento con 12% de calcita.

Finalmente, Vera e Hidalgo (2019), también reportaron un grosor superior de 0,45 mm al suministrar 1,5 g de carbonato de calcio por ave al día en Hy-Line Brown, lo que sugiere que el ajuste en la cantidad y forma de suministro de calcio puede potenciar aún más este parámetro.

En la Figura 18 muestra el análisis de regresión, donde indica una relación positiva entre el nivel de calcita en los tratamientos y el grosor de la cáscara, evidenciando que a mayor inclusión de este mineral en la dieta de las gallinas de postura se obtiene un cascarón más grueso, aunque se observa cierta dispersión en los datos, la tendencia general indica un incremento de aproximadamente 0.05 a 0.07 mm, lo cual es relevante en términos productivos, ya que un cascarón más resistente reduce pérdidas por fracturas y mejora la calidad del huevo.

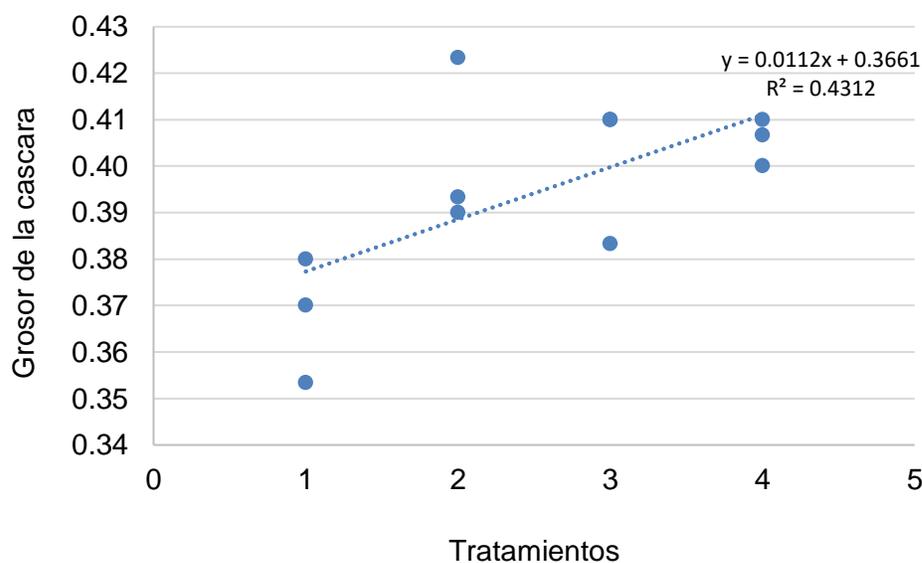


Figura 18. Análisis de regresión para grosor de la cáscara

En la Figura 19 la variación semanal del grosor de la cáscara de los huevos en gallinas Isa Brown durante la segunda fase de postura, bajo la influencia de diferentes niveles de calcita, evidenció que se mantuvo relativamente constante durante las 12 semanas de evaluación, con valores que oscilaron entre 0.39 y 0.43 mm en la mayoría de los tratamientos. Se observan pequeñas fluctuaciones semanales, destacándose incrementos en la semana 5 y

en la 11, especialmente en T2 y T4, mientras que T1 y T3 presentaron ligeros descensos en algunos momentos. Estos resultados sugieren que el incremento del aporte de calcita en la dieta tiene un efecto positivo sobre la consistencia del grosor de la cáscara, favoreciendo la resistencia y disminuyendo la susceptibilidad a pérdidas de calidad durante el periodo productivo.

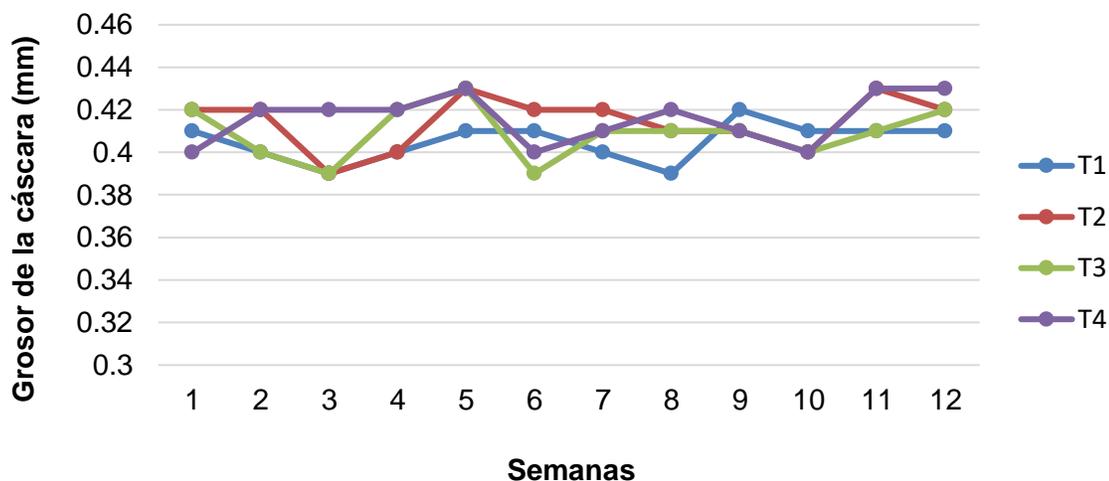


Figura 19. Variación semanal del grosor de la cáscara del huevo (mm) con diferentes niveles de calcita.

5.2.6. Análisis económico

Se realizó el análisis económico donde se evaluó los costos de producción para cada tratamiento, el parámetro utilizado fue la relación Beneficio/Costo y el cálculo realizado fue en bolivianos (Bs).

5.2.6.1. Relación de B/C

En el cuadro 14 de ingresos se aprecia que el total generado alcanzó los 8833 Bs, con una distribución entre tratamientos que varía de 2.162 a 2.281 Bs, siendo el T2 el de mayor ingreso de 2.281 Bs debido principalmente a una mayor venta de huevos con 1.196 Bs. Las principales fuentes de ingreso provienen de la comercialización de gallinas por un total de 4.140 Bs y de huevos con 4.493 Bs, mientras que la gallinaza alcanza 200 Bs.

Cuadro 14. Relación de beneficio costo

INGRESOS	COSTO BS	T1	T2	T3	T4
Venta de Huevos	4493	1095	1196	1077	1125
Venta de Gallinaza	200	50	50	50	50
Venta de gallinas	4140	1035	1035	1035	1035
Total, ingresos	8833	2180	2281	2162	2210
Total, egresos	7998.5	1995	2003.4	2007	2011.1
Beneficio/costo		1.09	1.14	1.08	1.10

El Cuadro 14, muestra la relación de beneficio/costo para cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), tomando en cuenta el costo total de egresos y el ingreso en Bs. La relación beneficio/costo revela que T2 con 6 % de calcita presenta la mayor rentabilidad económica, con un valor de 1.14, seguido de T4 de 12 % de calcita con 1,10, T1 sin calcita de 1,09 y T3 con 9 % de calcita con un valor de 1,08. Estos resultados evidencian que, aunque la diferencia entre tratamientos es pequeña, la suplementación aplicada en T2 se destacó como la alternativa más rentable dentro de esta investigación.

6. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- El porcentaje de postura no está influenciado por los niveles de calcita evaluados, lo que indica que la suplementación con este mineral no generó variaciones significativas, sin embargo, el mayor promedio se registró en el T3 (9 % de calcita), mientras que el T1 (testigo) como menor porcentaje de postura, en gallinas Isa Brown durante la segunda fase de postura.
- En cuanto al peso promedio del huevo, no está influenciado por los tratamientos evaluados, donde el mayor valor de peso se obtuvo en el T2 (6% de calcita), mientras el T1 (testigo) alcanzó valores bajos.
- Respecto a la altura del huevo, sí está influenciado por los diferentes niveles de calcita, observándose que la adición de calcita contribuyó a una mejora en el T3 (9% de calcita), en comparación con T1 (testigo), que presentó el menor valor.
- El diámetro del huevo está influenciado los tratamientos con la adición de calcita, que mostraron valores superiores en el T3 (9% de calcita) frente al T1 (testigo), en gallinas línea Isa Brown.
- En el grosor de la cáscara se encontraron diferencias entre los niveles de calcita, donde el T4 (12% de calcita) favoreció la formación de una cáscara más consistente, mientras que el T1 (testigo) presentó el menor valor.
- Finalmente, el análisis económico mostró que la inclusión de calcita resultó rentable en la etapa de postura, identificándose en un mejor beneficio/costo con el T2 con (6 % de calcita) en comparación con el T1 (testigo) sin suplementación.

7. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda determinar la influencia de diferentes granulometrías de calcita (fina media y gruesa) sobre la postura, el peso del huevo y el grosor de la cáscara en gallinas ponedoras de línea Isa Brown.
- Se recomienda evaluar formulaciones de raciones balanceadas utilizando insumos locales, orientadas a reducir costos de producción y cubrir los requerimientos nutricionales óptimos para una buena productividad.
- Se recomienda comparar el carbonato de calcio con otras fuentes de calcio (como conchas de ostras, fosfatos u otras mezclas minerales) para determinar su biodisponibilidad, costo y efecto sobre la calidad de la cáscara del huevo.
- Se recomienda explorar el efecto de distintos niveles de calcio combinados con aditivos nutricionales (enzimas, prebióticos y ácidos orgánicos) sobre la absorción del mineral y la mejora del grosor de la cáscara.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Antezana, F. 2011. Manual de Crianza Tecnificada de Pollos Parrilleros y Aves de Postura. Compendio de Elementos Contables, de Costos y Técnicas de Producción Pecuaria para Productores 4-12.
- Arias, D. 2024. Importancia del calcio en ponedoras. veterinaria digital. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-del-calcio-en-ponedoras/>
- Bentz, D.;Ardani, A.;Barrett, T.;Jones, S.;Lootens, D.;Peltz, M.;Sato, T.;Stutzman, P.;Tanesi, J.;Weiss, W. y Building, M. 2015. Multi-scale investigation of the performance of limestone in concrete. Construction and Building Materials. 75 1-10. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061814011878>
- Boliviapedia. 2024. Departamento de La Paz, Bolivia: Aspectos generales, división política, orografía e hidrografía. Consultado 30 jul. 2025. Disponible en <https://boliviapedia.com/departamento-de-la-paz-bolivia/>
- Carmona, J. 2009. Zootecnia Avícola. 1 ed. México, UNAM.
- Cohuo, J.;Salinas, J.;Hernández, A.;Hidalgo, J. y Velasco, J. 2017. El amoniaco en las explotaciones avícolas: efectos sobre las aves y el ambiente. Tecnociencia Chihuahua. 11(2): 82–91. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://revistascientificas.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/160>
- Cuéllar, J. 2020. Bioseguridad en la granja avícola. Veterinaria Digital. 10. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://www.veterinariadigital.com/articulos/bioseguridad-en-la-granja-avicola/>
- Díaz, G. 2023. Cómo manejar el estrés por calor en gallinas ponedoras comerciales. aviNews. 10. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://avinews.com/como-manejar-el-estres-por-calor-en-gallinas-ponedoras-comerciales/>
- Díez, D. 2024. Importancia del calcio en ponedoras. veterinaria digital 6. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-del-calcio-en-ponedoras/>
- Dussaillant, C.;Echeverría, G.;Rozowski, J.;Velasco, N.;Arteaga, A. y Rigotti, A. 2017. Consumo de huevo y enfermedad cardiovascular: una revisión de la literatura científica. Nutr Hosp. 34 710-718. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309251456030.pdf>
- El-Deber. 2024. El 60% de la producción de huevos corresponde a Santa Cruz El Deber, Santa Cruz de la Sierra; 11 de octubre. Consultado 29 abr. 2025 Disponible en https://eldeber.com.bo/mundo/quienes-viajan-en-avion-privado-emiten-500-veces-mas-co2-que-un-ciudadano-medio_390601/
- El Deber. 2024. El 60% de la producción de huevos corresponde a Santa Cruz El Deber, Santa Cruz de la Sierra. Consultado 29 abr. 2025 Disponible en

https://eldeber.com.bo/mundo/quienes-viajan-en-avion-privado-emiten-500-veces-mas-co2-que-un-ciudadano-medio_390601/

- FAO. 2008. Manejo Eficiente de Gallinas de Patio. 4 ed. Nicaragua, INTA-INATEC. en línea. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f7f91adf-0c5c-40f8-b61d-7790ed15e88f/content>
- Fernandez, E. y Zacañino, G. 2023. Manejo de luz en Ponedoras. Vetifarma. 8. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://www.vetifarma.com.ar/publicaciones/manejo-de-luz-en-ponedoras-04-20-2023/>
- Franco, D.;Rois, D.;Arias, A.;Justo, J.;Marti-Quijal, F.;Khubber, S.;Barba, F.;López-Pedrouso, M. y Manuel, J. 2020. Effect of Breed and Diet Type on the Freshness and Quality of the Eggs: A Comparison between Mos (Indigenous Galician Breed) and Isa Brown Hens. Foods 9(3): 12. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.3390/foods9030342>
- González, N. y Barbeito, C. 2014. Histología de las aves. Buenos Aires, Argentina, Edulp.
- Google-Earth. 2025. Estación Experimental de Kallutaca, La Paz, Bolivia. Google. en línea. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://earth.google.com/>
- Gültepe, E.;Iqbal, A.;Uyarlar, C.;Çetingül, I.;Özçinar, Ü. y Bayram, I. 2021. Effects of partial replacement of conventional limestone with dietary micro-calciumcarbonate on performance, egg quality, hematology, and calcium metabolism of laying hens during peak production. Revista Turca de Ciencias Veterinarias y Animales 45(5): 851-862. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol45/iss5/8/>
- Hy-Line. 2016. Guía de Manejo. Hy-Line International. 49 p.
- Hy-Line. 2019. Recomendaciones de vacunación. Boletín Técnico. 4. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20VACC%20SPN.pdf>
- Hy-Line. 2023. Guía de manejo Hy-Line Brown Sistemas convencionales. 112 p. en línea. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://es.scribd.com/document/726307141/GUIA-DE-MANEJO-2023-BROWN>
- Hy Line. 2017. La ciencia de la calidad del huevo. Boletín Técnico. 8. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://www.hyline.com/ViewFile?id=88df674d-2faf-411b-a883-d64770fcb740>
- ISA. 2020. Guía de Manejo-Sistemas de producción alternativos. Institut de Sélection Animale BV. 16. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en https://images.poultry.com/files/company/5554/isa_brown_product_guide_alternative_production_systems_sp_vs1410.pdf
- Islam, M. y Nishibori, M. 2021. Use of extruded eggshell as a calcium source substituting limestone or oyster shell in the diet of laying hens. Vet Med Sci. 7(5): 1948-1958. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.1002/vms3.544>

- Jacob, J. 2020. Sistema digestivo aviar. Universidad de Kentucky. 8. Consultado 20 jun. 2025. Disponible en <https://poultry.extension.org/articles/poultry-anatomy/avian-digestive-system/>
- Ketta, M.;Tůmová, E.;Englmaierová, M. y Chodová, D. 2020. Combined Effect of Genotype, Housing System, and Calcium on Performance and Eggshell Quality of Laying Hens. *Animals*. 10(11): 12. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ani10112120>
- Kim, D.-H.;Kim, Y.;Lee, S. y Lee, K. 2024a. Effects of relative humidity on physiology and behavior of laying hens exposed to high ambient temperatures. *Trop Anim Health Prod*. 56(8): 275. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ani11010056>
- Kim, H.-R.;Ryu, C.;Lee, S.-D.;Cho, J.-H. y Kang, H. 2024b. Effects of Heat Stress on the Laying Performance, Egg Quality, and Physiological Response of Laying Hens. *Animals (Basel)*. 14(7): 12. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ani14071076>
- Li, X.;Uyanga, V.;Jiao, H.;Wang, X.;Zhao, J.;Zhou, Y.;Li, H. y Lin, H. 2024. Effects of low dietary calcium and lipopolysaccharide challenges on production performance, eggshell quality, and bone metabolism of laying hens. *Front. Physiol*. 15 14. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2024.1396301>
- Llusco, E. 2015. Evaluación de tres niveles de calcita en producción de la calidad del huevo de la línea Isa Brown en la fase final, Provincia Murillo. Tesis Ing. Agr. . La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 60 p. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/5841/T-2096.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MacNeil, C. 2024. Desmitificación del análisis de costo-beneficio: 5 pasos para tomar mejores decisiones. asana. Disponible en <https://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis>
- Martín, N. 2019. Fisiología de la puesta de la gallina. *Veterinaria Digital*. 9. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://www.veterinariadigital.com/articulos/fisiologia-de-la-puesta-de-la-gallina/>
- Patiño, J.;Guerra, C. y Mosquera, J. 2021. Comportamiento productivo y económico de gallinas de postura Hy-Line Brown en semipastoreo con la inclusión de dos tipos de dietas. *Revista Universidad Católica De Oriente*. 31(46): 127-145. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.47286/01211463.322>
- Pelicia, K.;Mourao, J.;Garcia, E.;Pinheiro, V.;Berto, D.;Molino, A.;Faitarone, A.;Vercese, F.;Santos, G. y Silva, A. 2011. Effects of dietary calcium levels and limestone particle size on the performance, tibia and blood of laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 13(1): 29-34. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://www.scielo.br/j/rbca/a/5fZzQDBJq6HZv5qJbxfjxP/?format=html&lang=en#>

- Pro-Martínez, A.;Velasco-Estrada, A.;Gallegos-Sánchez, J. y González-Cerón, F. 2023. Mitos y realidades sobre el consumo de huevo. *Agro-Divulgación*. 3(5): 55-58. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.54767/ad.v3i5.246>
- Quispe, E. 2012. *Brown guía de manejo aves de postura*. 1 ed. La Paz, Bolivia, gaspar srl. 44 p. en línea. Consultado 20 jun. 2025. Disponible en <https://es.scribd.com/document/536489201/Manual-de-Aves-Postura>
- Rakonjac, S.;Dosković, V.;Bogosavljević-Bošković, S.;Škrbić, Z.;Lukić, M.;Petričević, V. y Petrović, M. 2021. Production performance and egg quality of laying hens as influenced by genotype and rearing system. *Scielo Brazil*. 23(02): 7. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1045>
- Réhault-Godbert, S.;Guyot, N. y Nys, Y. 2019. The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*. 11(3): 26. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/3/684>
- Rodríguez, L.;Rodríguez, A.;Zúñiga, E.;Ronquillo, E.;Vargas, A.;Pérez, J. y Leyva, H. 2024. Gallo criollo El gallo criollo: una descripción de su aparato reproductor. *XAHNI Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 6*. 2(3): 15-18. Consultado 25 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.29057/xahni.v2i3.12959>
- Romero, N. 2023. Sistema digestivo de las aves. *Curiosidades del mundo animal*. 8. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://www.expertoanimal.com/sistema-digestivo-de-las-aves-26432.html>
- Rosario, L.;Ramírez, R.;Caballero, M.;Chiñas, F.;Montes, J. y Silva, M. 2018. Análisis de condiciones higrotérmicas para las gallinas de postura en el estado de Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc, Texcoco*. 9(21): 4317-4327. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000904317#t2
- Ruhnke, I.;Aker, Y.;Sibanda, T.;Cowieson, A.;Wilkinson, S.;Maldonado, S.;Singh, M.;Hughes, P.;Caporale, D.;Bucker, S. y O'Shea, C. 2021. The Response of Layer Hen Productivity and Egg Quality to an Additional Limestone Source When Offered Diets Differing in Calcium Concentrations and the Inclusion of Phytase. *Animals*. 11(10): 15. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ani11102991>
- Sánchez, C. 2003. *Crianza, razas y comercialización de gallinas ponedoras*. Perú, Ripalme. 135 p.
- Sanmiguel, R.;Dedousi, A.;López, J.;Sierra, D. y Sossidou, E. 2022. Effects of feeds, supplemented with humic substances and calcium carbonate, on performance, egg quality and heart rate variability in laying hens. *Veterinary Research Forum*. 13(4): 461-467. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/630d2131-8cf2-4127-8086-241db9b93f33/content>

- Schroeder, M.;Yfran, M.;Bóbeda, G.;Rodríguez, S. y De-Asmundis, C. 2024. Calidad de agua para aves en granjas de Corrientes. *Revista Veterinaria*. 35(2): 93-99. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.30972/vet.3527869>
- SENASICA. 2019. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de huevo para plato. 3 ed. México, Secretaría de agricultura y desarrollo rural. en línea. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859951/Manual_de_BPP_de_Produccion_de_Huevo_Para_Plato_2019-comprimido.3.pdf#page=44.43
- Subramani, S.;Fernández, F.;Santos, A.;Río, D. y López, O. 2019. Efectos de la humedad en la calcita natural, aragonita y portlandita de las piedras de cal de construcción = Effects of moisture on natural calcite, aragonite and portlandite building limestones. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Efectos-de-la-humedad-en-la-calcita-natural%2C-y-de-%3D-Subramani-Fern%C3%A1ndez/57a8789aa51f0c4e7498b9fa8bc80c29920a72c3#citing-papers>
- Thomann, M. 2023. Origen y evolución de la gallina. *Bióloga*. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en <https://www.expertoanimal.com/origen-y-evolucion-de-la-gallina-26619.html>
- Vera, J.;Vélez, M. y Muñoz, J. 2016. Adición de carbonato cálcico y su repercusión económica sobre el grosor del cascarón en ponedoras. *researchgate*. 1-8. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164596793>
- Vera, J. y Hidalgo, G. 2019. Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cascara del huevo. *Rev Colombiana Cienc Anim. Recia*. 11(2): 718-725. Consultado 21 jul. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.719>
- Vilela, M.;Gates, R.;Souza, C.;Martins, M.;Tinôco, I. y Teles, C. 2020. Ventilation systems in brazilian poultry: State of the art. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. 14(2): 152–171. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n2p152-171>
- Villalobos, G. 2024. Factores que Afectan la Absorción de Calcio en la Gallina Ponedora y sus Consecuencias en la Calidad del Huevo. *Salud Intestinal*. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://saludintestinal.ch/factores-que-afectan-la-absorcion-de-calcio-en-la-gallina-ponedora-y-sus-consecuencias-en-la-calidad-del-huevo/>
- Wang, X.;Zhu, P.;Sun, Z.;Zhang, J. y Sun, C. 2021. Uterine Metabolomic Analysis for the Regulation of Eggshell Calcification in Chickens. *Metabolites*. Place Published, (9): 16. Consultado 29 abr. 2024. Disponible en <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8469744/>
- Weber, G. M. 2009. Improvement of flock productivity through supply of vitamins for higher laying performance and better egg quality. *World's Poultry Science Journal*. Place Published, (3): 443-458. Consultado 10 de jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S0043933909000312>

WingChing-Jones, R.;Zamora, R. y Chavarría-Zamora, S. 2023. Egg quality and productive performance of ISA Brown laying hens with grazing access. *Agronomía Mesoamericana*. 34(2): 16. Consultado 10 jun. 2025. Disponible en <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51511>

9. ANEXOS

Anexo 1. Limpieza y desinfección del galpón



Anexo 2. Lavado de comederos y bebederos



Anexo 3. Encalado del piso y cama



Anexo 4. Armado del sistema automatizado



Anexo 5. Distribución de las gallinas en los tratamientos



Anexo 6. Alimentación



Anexo 7. Suministro de agua



Anexo 8. Adición de calcita



Anexo 9. Recolección de huevos



Anexo 10. Peso del huevo (g)**Anexo 11. Altura del huevo (mm)****Anexo 12. Diámetro del huevo (mm)**

Anexo 13. Grosor de la cáscara del huevo (mm)



Anexo 14. Análisis económico

Anexo 15. Alquiler de material de galpón

ITEM	costos Bs	T1	T2	T3	T4
Alquiler de material de galpón					
Jaulas de madera	120	30	30	30	30
Nidales	24	6	6	6	6
Bebederos	24	6	6	6	6
Comederos	24	6	6	6	6
Termómetro	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Temporizador	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Térmico	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Bañador	5	1.5	1.5	1.5	1.5
Flameador de gas	5	1.5	1.5	1.5	1.5
Carretilla	5	5	5	5	5
Vernier digital	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Balanza	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Costo total de alquiler	257	68.5	68.5	68.5	68.5
Tasa de cambio paralelo en \$us	37	9.93	9.93	9.93	9.93

Anexo 16. Costos variables de manejo

Costos variables de manejo	costos Bs	T1	T2	T3	T4
Gallinas	4320	1080	1080	1080	1080
Focos	15	3.75	3.75	3.75	3.75
Maples	33	8.25	8.25	8.25	8.25
Viruta de madera	300	75	75	75	75
Alimento balanceado	2720	680	680	680	680
Calcita	36.5	0	8.4	12	16.1
Agua	45	11.5	11.5	11.5	11.5
Electricidad	30	7.5	7.5	7.5	7.5
Agua oxigenada	18	4.5	4.5	4.5	4.5
Yodo	20	5	5	5	5
Algodón	2	0.5	0.5	0.5	0.5
Cal viva	50	12.5	12.5	12.5	12.5
Escoba	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Recogedor de basura	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Detergente	16	4	4	4	4
Esponja	6	1.5	1.5	1.5	1.5
Lavandina	10	2.5	2.5	2.5	2.5
Compra de alimento	50	12.5	12.5	12.5	12.5
Costos variables de manejo total	7691.5	1914	1922.4	1926	1930.1
COSTO TOTAL EGRESOS	7948.5	1982.5	1990.9	1994.5	1998.6