

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CONCHILLA EN EL CRECIMIENTO DE GALLINAS DE POSTURA “HY-LINE BROWN” (*Gallus gallus*) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA, CIUDAD DE LA PAZ

(Artículo de investigación)

Andres Manuel Mamani-Ramirez¹, Daniela Vallejos Ponce², Andrea Nicol Cotaña Poma², Veronica Lesly Quispe Serrano², Rosemary Saavedra Paye², Judith Emma Oblea Tonco²

Resumen

La presente investigación evaluó el efecto de diferentes niveles de conchilla en el crecimiento de gallinas Hy-Line Brown (*Gallus gallus*) en el Centro Experimental Cota Cota (La Paz, 3 600 m s.n.m.), ante la problemática de que las condiciones altiplánicas afectan el desarrollo óseo y la uniformidad de los lotes durante la fase de crecimiento, sumado a la falta de datos locales sobre niveles óptimos de suplementación con conchilla en estas condiciones. Utilizando un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos (T1: 90 g alimento + 0 % conchilla; T2: 86 g alimento + 4 % conchilla; T3: 82 g alimento + 8 % conchilla) y cinco repeticiones, se midieron índices zootécnicos. Los resultados mostraron: Primero, ausencia de diferencias significativas ($p>0.05$) en peso final, ganancia de peso, ganancia media semanal y conversión alimenticia; segundo, diferencias altamente significativas ($p<0.01$) en consumo efectivo de alimento; y por último, menor costo de producción en T1 (0 % conchilla). Se concluye que los niveles de conchilla evaluados (4 % y 8 %) no mejoran los parámetros de crecimiento respecto al testigo, siendo T1 la opción más costo-efectiva para la fase de crecimiento en el altiplano boliviano.

Palabras clave: niveles de conchilla, gallinas de postura, índices zootécnicos.

INTRODUCCIÓN

La producción avícola en Bolivia enfrenta desafíos particulares en las regiones de altura como La Paz, donde factores ambientales y nutricionales afectan el desarrollo óptimo de las aves. Estudios recientes destacan que la fase de levante es crítica para el posterior desempeño productivo, siendo la nutrición con minerales como el calcio un factor determinante (Soto, 2020; Aviagen, 2023). En este contexto, la línea Hy-Line Brown, aunque reconocida por su alta productividad (Hy-Line International, 2024), requiere ajustes específicos en su manejo alimenticio cuando se cría en condiciones altiplánicas, donde se han reportado problemas de desarrollo esquelético y uniformidad en los lotes (Laura, 2014; Condori, 2011).

La suplementación con conchilla emerge como una alternativa promisoria, ya que estudios como los de Buendía et al. (2016) y Candela (2024) demuestran su eficacia en la mejora de parámetros productivos. Sin embargo, estos trabajos se han realizado en condiciones ambientales diferentes a las del altiplano boliviano, donde factores como la altura (3 600 m s.n.m.) podrían modificar los requerimientos nutricionales de las aves (Chávez, 2019). Esta brecha de conocimiento adquiere relevancia económica considerando que la avicultura representa una importante actividad para pequeños y medianos productores de la región, donde una optimización en los costos de alimentación durante el levante podría significar ahorros considerables (Aguirre y Pizarro, 2018; Coto, 2011). Además, el impacto social es significativo, pues el huevo constituye una fuente accesible de proteína para la población local, por lo que mejorar la eficiencia productiva del sector contribuiría directamente a la seguridad alimentaria regional.

¹ Estudiante, noveno semestre, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. <https://orcid.org/0009-0003-2267-9667>. andres30mr@gmail.com

² Estudiante, quinto semestre, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Considerando estos antecedentes, el presente estudio busca evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de conchilla (0 %, 4 % y 8 %) en la dieta sobre parámetros de índices zootécnicos en gallinas Hy-Line Brown durante la fase de crecimiento en el Centro Experimental Cota Cota. Esta investigación aportará evidencia científica para optimizar los programas de alimentación en condiciones de altura, con potenciales beneficios tanto para los productores avícolas como para la disponibilidad de alimentos en la región. Los resultados podrían establecer recomendaciones técnicas específicas para el uso de conchilla en la alimentación de gallinas de postura en etapa de crecimiento, considerando las particularidades metabólicas impuestas por la altura y las características propias de la línea genética Hy-Line Brown (Gutiérrez et al., 2007; Hy-Line International, 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se desarrolló en el Centro Experimental Cota Cota (CECC) ($16^{\circ}32'04''$ S, $68^{\circ}03'44''$ O; 3 445 m s.n.m.), dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Esta localización es estratégica para investigación avícola en altiplano, pues como documentan Laura (2014), Condori (2011) y Chávez (2019), los 3 400 m s.n.m. generan condiciones únicas que afectan el metabolismo aviar: hipoxia reduce la eficiencia alimenticia, el frío intenso incrementa requerimientos energéticos, y la radiación UV altera el desarrollo óseo. El CECC ha sido escenario clave para estudios previos que evalúan estos desafíos (Laura, 2014; Condori, 2011), ofreciendo datos comparables sobre adaptación de aves a entornos de altura extrema donde la suplementación mineral adquiere relevancia crítica para la productividad.

Materiales

Unidades experimentales (UE)

- 15 pollitas (gallinas de postura) de dos meses de edad

Materiales de campo

- Comederos y bebederos
- Termómetro
- Balanza
- Cartones y sacaña
- Alambre y alambre tejido
- Flexo
- Alicate, tijeras y lana
- Malla milimétrica
- Focos broasteros
- Cal
- Lysoform (desinfectante)
- Tubo PVC y codos
- Escoba y basurero
- Vasos medidores de alimento
- Pasto seco para camas
- Tablero
- Cámara

Alimentación

- Alimento balanceado CAYCO
- Conchilla
- Agua
- Electrolitos

Metodología

Unidad experimental

Cada unidad experimental (UE), correspondiente a una galina de postura, fue alojada en divisiones individuales construidas con cartón forrado de sacaña y alambre tejido, con dimensiones de 34 cm de ancho × 49 cm de largo × 50 cm de altura, proporcionando un área de 0.16 m²/ave. Este espacio supera el mínimo de 0.1 m²/ave recomendada por Coto (2011) para la fase de levante, asegurando movilidad, alimentación y descanso adecuados. Las UE se distribuyeron en una configuración espacial en 'U' dentro de un corral de 2.44 m × 1.33 m, fijadas con alambre y lana para evitar interferencias entre aves. Dada la influencia crítica de las condiciones ambientales en el desarrollo de aves en altiplano (Laura, 2014; Chávez, 2019), se instaló un termómetro a 55 cm de altura para monitorear temperatura y humedad, variables clave en contextos de altura (>3 400 m s.n.m.). El techo de malla milimétrica garantizó ventilación, alineándose con protocolos de bienestar avícola para sistemas experimentales (Hy-Line International, 2024), como se ilustra en la Figura 1.



Figura 1. Distribución de unidades experimentales.

Nota: Se muestra las jaulas empleadas para el trabajo experimental.

Comederos y bebederos

Los comederos se configuraron con platos plásticos individuales (n=15), fijados con alambre para garantizar estabilidad durante el consumo, siguiendo protocolos de Aviagen (2023) que recomiendan equipos segregados para evitar competencia entre aves. La disposición en 'U' de las unidades experimentales validada por Coto (2011) para sistemas de levante aseguró acceso exclusivo a recursos, eliminando interferencias. Cada comedero se ubicó a 15 cm del suelo, altura óptima para facilitar la ingestión y reducir estrés según estándares de Hy-Line International (2024). Para hidratación, se instalaron dos tuberías de PVC paralelas (240 cm) en extremos posteriores, suministrando agua *ad libitum* conforme a guías de manejo en altura (Chávez, 2019). La unidad central incluyó un bebedero individual adicional para garantizar accesibilidad equivalente, mitigando sesgos posicionales en el diseño experimental (Camaní, 2017), como ilustra la Figura 1.

Toma de datos

Las pollitas Hy-Line Brown de dos meses de edad ingresaron al Centro Experimental Cota Cota (3 445 m s.n.m.) el 28 de agosto de 2024. Siguiendo protocolos de Aviagen (2023) para manejo en altura, se implementó un período de adaptación de 7 días para mitigar el estrés por cambio ambiental, factor crítico en altiplano donde la hipoxia afecta el metabolismo (Chávez, 2019). Previo al inicio experimental, se registró el peso inicial individual de las 15 aves (media: 1 131.53 g) mediante balanza calibrada, método estandarizado por Hy-Line International (2024) para evaluar uniformidad de lotes. Simultáneamente, se cuantificó la totalidad del alimento (balanceado CAYCO y conchilla) requerido para los 35 días del ensayo, asegurando precisión en el cálculo del consumo efectivo (CEA) mediante pesaje diario, tal como recomienda Coto (2011) para estudios zootécnicos en avicultura.

Factor de estudio y tratamientos

El factor de estudio (niveles de conchilla) evaluó tres niveles de inclusión de conchilla (0 %, 4 %, 8 %) en dietas para gallinas Hy-Line Brown en fase de levante o crecimiento. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones ($n=15$ aves total), según diseños experimentales validados para avicultura (Camani, 2017). La dosis diaria por ave se fijó en 90 g (equivalente al 8 % del peso vivo inicial de 1 131.53 g), racionada en dos turnos (8:00 y 16:00) para optimizar digestibilidad en condiciones altiplánicas, práctica respaldada por Coto (2011). Los tratamientos se formularon mediante sustitución proporcional del balanceado CAYCO por conchilla: T1 (100 % CAYCO: 90 g), T2 (96 % CAYCO + 4 % conchilla: 86 g + 4 g), y T3 (92 % CAYCO + 8 % conchilla: 82 g + 8 g). Esta graduación consideró que, aunque las aves estaban en crecimiento (no postura), la conchilla podría beneficiar el desarrollo óseo futuro según reportes en altura (Laura, 2014; Chávez, 2019), aun cuando Gutiérrez et al. (2007) y Hy-Line International (2024) advierten que el exceso de calcio en levante o crecimiento puede afectar el balance nutricional. La composición detallada se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Tratamiento	Niveles de conchilla
Tratamiento 1 (Testigo)	Conchilla 0 % (0 g de conchilla) + 100 % alimento balanceado (90 g alimento balanceado CAYCO)
Tratamiento 2 (T2)	Conchilla 4 % (4 g de conchilla) + 96 % alimento balanceado (86 g alimento balanceado CAYCO)
Tratamiento 3 (T3)	Conchilla 8 % (8 g de conchilla) + 92 % alimento balanceado (82 g de alimento balanceado CAYCO)

Nota: Se muestra el detalle de los tratamientos.

Variables de respuesta

- Peso final (PF)
- Ganancia de peso (GP)
- Ganancia media semanal de peso (GMSP)
- Consumo efectivo de alimento (CEA)
- Conversión alimenticia (CA)
- Costos de producción (CP)

Peso final (PF)

El peso final (PF) se registró al término del período experimental (35 días) mediante pesaje individual en balanza calibrada, expresado en gramos. Esta medición es un parámetro zootécnico fundamental para

evaluar el crecimiento en aves de levante, conforme a los protocolos estandarizados por Hy-Line International (2024) para la línea Hy-Line Brown.

Ganancia de peso (GP)

La ganancia de peso (GP) se evaluó durante 35 días (5 semanas), período establecido para la fase de levante según protocolos de Hy-Line International (2024). Se aplica la siguiente fórmula:

$$GP = Pf - Pi$$

Donde: GP: ganancia de peso; Pf: peso final; Pi: peso inicial.

Ganancia media semanal de peso (GMSP)

Este indicador, estandarizado por Hy-Line International (2024) para la línea Hy-Line Brown, evalúa el desarrollo corporal durante la fase de levante previa a la madurez sexual. Su monitoreo es crucial en altura (>3 400 m s.n.m.), donde la hipoxia puede alterar el crecimiento (Chávez, 2019). Se aplica la siguiente fórmula:

$$GMSP = \frac{Pf - Pi}{Nº \text{ semanas}}$$

Donde: GMSP = ganancia media semanal de peso; Pf = peso final; Pi = peso inicial; Nº semanas = número de semanas evaluadas

Consumo efectivo de alimento (CEA)

El consumo efectivo de alimento (CEA) se cuantificó diaria y semanalmente mediante la fórmula:

$$CEA = AO - AR$$

Donde: CEA = consumo efectivo de alimento; AO = alimento ofrecido; AR = alimento rechazado.

No se consideró el alimento desperdiciado en suelo, ya que las divisiones individuales minimizaron pérdidas por pisoteo, según protocolos de Aviagen (2023). Este método, validado por Hy-Line International (2024) para la línea Hy-Line Brown, asegura precisión al medir la ingesta real. En altiplano (>3,400 msnm), la medición rigurosa del CEA es crucial, pues factores como la hipoxia alteran el comportamiento alimenticio (Chávez, 2019), y el AR refleja palatabilidad de dietas con conchilla (Coto, 2011).

Conversión alimenticia (CA)

Este indicador mide la eficiencia productiva del ave al cuantificar cuánto alimento requiere para ganar una unidad de peso (Aviagen, 2023). Según Hy-Line International (2024), lograr una CA eficiente en la línea Hy-Line Brown exige ajustar manejo y formulaciones dietarias a las condiciones locales, mientras Coto (2011) enfatiza su impacto en la rentabilidad para pequeños productores. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{CEA}{GP}$$

Donde: CA = conversión alimenticia; CEA = consumo efectivo de alimento; GP = ganancia de peso.

Costos de producción

Los costos de producción evaluados se limitaron exclusivamente a gastos de alimentación, siguiendo la metodología de Aguirre y Pizarro (2018) para estudios de viabilidad en avicultura altiplánica. Esta simplificación se justifica porque la alimentación representa entre el 60-70 % de los costos variables en la fase de levante (Coto, 2011), siendo el rubro más sensible a optimizaciones. Para cada tratamiento se calculó el costo por kilogramo de dieta:

- T1 (0 % conchilla): Costo del balanceado CAYCO,
- T2 (4 %): Costo CAYCO + conchilla,
- T3 (8 %): Costo CAYCO + conchilla.

Este enfoque, aplicado en sistemas de pequeña escala del altiplano (Laura, 2014), permite identificar estrategias de suplementación mineral costo-efectivas sin complejizar el análisis con costos fijos.

Diseño experimental y análisis estadístico

El estudio empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA), según las pautas metodológicas descritas por Camani (2017) para experimentos con unidades homogéneas y tratamientos independientes. Este diseño garantiza que cada unidad experimental (UE) tenga igual probabilidad de recibir cualquier tratamiento, minimizando sesgos sistemáticos. Aunque la disposición física de las UE adoptó una configuración espacial en "U" (Figura 2), la asignación de tratamientos a las 15 pollitas se realizó mediante aleatorización estricta, cumpliendo con el principio fundamental del DCA. El modelo estadístico aplicado fue:

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

Donde: Y_{ij} = variable respuesta de la j-ésima unidad experimental en el i-ésimo tratamiento ($i=1,2,3$; $j=1,2,3,4,5$); μ = media general; ai = efecto del i-ésimo tratamiento (nivel de conchilla); ε_{ij} = error experimental asociado a cada observación.

T1R3	T3R1	T1R2	T3R2	T2R1	T3R4	T2R2
T2R5						
T1R1	T2R4	T1R5	T3R3	T2R3	T3R5	T1R4

240 cm

Figura 2. Croquis experimental. Nota: Disposición de UE (Unidades Experimentales). Fuente: Los autores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso final

En la Tabla 1 se evidencia que el efecto de los diferentes niveles de conchilla resultó no significativo ($p>0.05$) con respecto al peso final al cabo de 35 días. El coeficiente de variación (CV%) para la conversión alimenticia nos da un valor de 5.48 % siendo este menor del 30 %, porcentaje considerado como límite para trabajos experimentales.

Tabla 1. Análisis de varianza para peso final al cabo de 35 días, utilizando 3 niveles de conchilla en su ración

Variable de estudio	Niveles de conchilla			Valor P	CV	Significancia
	T1: 0 %	T2: 4 %	T3: 8 %			
Peso final (g)	1 516.2 ^a	1 449.4 ^a	1 551.2 ^a	0.1823	5.48 %	NS

Nota: CV: Coeficiente de variación (%); a: Medias con letras iguales se asemejan estadísticamente ($P>0,05$); NS: Diferencia no significante.

Ganancia de peso

En la Tabla 2 se evidencia que el efecto de los diferentes niveles de conchilla resultó no significativo ($p>0.05$) con respecto a la ganancia de peso al cabo de 35 días. El coeficiente de variación (CV%) para la conversión alimenticia nos da un valor de 28.35 % siendo este menor del 30 %, porcentaje considerado como límite para trabajos experimentales.

Tabla 2. Análisis de varianza para ganancia de peso al cabo de 35 días, utilizando 3 niveles de conchilla en su ración

Variable de estudio	Niveles de conchilla			Valor P	CV	Significancia
	T1: 0 %	T2: 4 %	T3: 8 %			
Ganancia de peso (g)	385.80 ^a	387.20 ^a	349.20 ^a	0.8163	28.35 %	NS

Nota: CV: Coeficiente de variación (%); a: Medias con letras iguales se asemejan estadísticamente ($P>0,05$); NS: Diferencia no significante.

Ganancia media semanal de peso

En la Tabla 3 se evidencia que el efecto de los diferentes niveles de conchilla resultó no significativo ($p>0.05$) respecto a la ganancia de peso que tuvieron durante los 35 días. El coeficiente de variación (CV%) para la ganancia media semanal de peso nos da un valor de 28.35 % siendo este menor de 30 % se asume que los datos son de confiabilidad.

Tabla 3. Análisis de varianza para ganancia media semanal de peso al cabo de 35 días, utilizando 3 niveles de conchilla en su ración.

Variable de estudio	Niveles de conchilla			Valor P	CV	Significancia
	T1: 0 %	T2: 4 %	T3: 8 %			
Ganancia media semanal de peso (g)	77.16 ^a	77.44 ^a	69.84 ^a	0.8163	28.35 %	NS

Nota: CV: Coeficiente de variación (%); a: Medias con letras iguales se asemejan estadísticamente ($P>0,05$); NS: Diferencia no significante.

Consumo efectivo de alimento

En la Tabla 4 se evidencia que el efecto de los diferentes niveles de conchilla resultó altamente significativo ($p<0.01$) en relación al consumo efectivo de alimento después de los 35 días, lo que nos indica que hubo un menor consumo efectivo de alimento en una ración (T1) sobre las otras (T2 y T3). El coeficiente de variación (CV%) para la conversión alimenticia da un valor de 0.29 % siendo este menor de 30 % se asume que los datos son de confiabilidad.

Tabla 4. Análisis de varianza para consumo efectivo de alimento al cabo de 35 días, utilizando 3 niveles de conchilla en su ración.

Variable de estudio	Niveles de conchilla			p- valor	CV	Significancia
	T1: 0 %	T2: 4 %	T3: 8 %			
Consumo efectivo de alimento (g)	3 086.0 ^a	3 127.2 ^b	3 119.4 ^b	<0.0001	0.29 %	**

Nota: CV: Coeficiente de variación (%); a, b: Medias con letras diferentes difieren ($p<0.01$) donde se obtuvo que T2 es el de mayor consumo efectivo de alimento; **: Diferencia altamente significativa.

Conversión alimenticia

En la Tabla 5 se evidencia que el efecto de los diferentes niveles de conchilla resultó no significativo ($p>0.05$) respecto a la conversión alimenticia. Nótese que T2(4 %) obtuvo un índice de 8.25 similar estadísticamente al Testigo (T1). El coeficiente de variación (CV%) para la conversión alimenticia da un valor de 25.56 % siendo este menor de 30 % se asume que los datos son de confiabilidad.

Tabla 5. Análisis de varianza para conversión alimenticia al cabo de 35 días, utilizando 3 niveles de conchilla en su ración.

Variable de estudio	Niveles de conchilla			Valor P	CV	Significancia
	T1: 0 %	T2: 4 %	T3: 8 %			
Conversión alimenticia (g/g)	9.06 ^a	8.25 ^a	9.17 ^a	0.7821	25.56 %	NS

Nota: CV: Coeficiente de variación (%); a: Medias con letras iguales se asemejan estadísticamente ($P>0.05$); NS: Diferencia no significante.

Los resultados mostraron que ninguno de los niveles de conchilla (4 % y 8 %) mejoró significativamente el peso final, la ganancia de peso, la ganancia media semanal ni la conversión alimenticia (CA) en comparación con el control (T1: 0 % conchilla). Esto contrasta con estudios previos como Buendia et al. (2016) y Candela (2024), quienes reportaron mejoras en parámetros productivos con suplementación de calcio en dietas avícolas. Sin embargo, estos trabajos se realizaron en condiciones ambientales distintas al altiplano boliviano (3600 msnm). La altura podría modular los requerimientos nutricionales de las aves, como señala Chávez (2019), debido a factores metabólicos asociados a la hipoxia. Además, la línea Hy-Line Brown aunque de alta productividad en condiciones estándar (Hy-Line International, 2024) podría tener respuestas diferenciales en altura, donde el estrés oxidativo y la eficiencia digestiva están alterados (Laura, 2014; Condori, 2011).

La similitud en la conversión alimenticia (CA) entre tratamientos (Tabla 5) sugiere que la conchilla no optimizó la eficiencia del alimento. Esto coincide con Gutiérrez et al. (2007), quienes indican que el exceso de calcio en fases tempranas (levante o crecimiento) no siempre se traduce en mejoras de CA, ya que los requerimientos para crecimiento óseo son menores que en la postura. Así, la fase evaluada (2–3.5 meses) podría no requerir suplementación adicional al aporte del balanceado CAYCO.

El CEA fue mayor en T2 (4 %) y T3 (8 %) que en T1 ($p<0.01$; Tabla 4), lo que podría atribuirse a la palatabilidad de la conchilla o a su rol en la motilidad gástrica, como reporta Coto (2011). Sin embargo, este mayor consumo no se tradujo en mejor crecimiento, indicando una posible ineficiencia en la utilización del nutriente. En altura, la capacidad metabólica para asimilar minerales podría estar limitada, como advierte Chávez (2019). Además, la inclusión de conchilla redujo la proporción de alimento balanceado (T2: 86 g; T3: 82 g vs. T1: 90 g), lo que pudo afectar el balance de otros nutrientes esenciales (proteínas, energía) no considerados en el estudio.

Costos de producción

En cuanto a los costos de producción, el menor costo de producción en T1 (34.94 Bs/kg vs. 44.28 Bs/kg en T3; Tabla 6) respalda su viabilidad económica, especialmente para pequeños productores del altiplano. Esto es crucial en contextos como el boliviano, donde la avicultura es clave para la seguridad alimentaria (Aguirre y Pizarro, 2018). La conchilla incrementó costos sin beneficios en crecimiento, lo que cuestiona su uso en la etapa de crecimiento. Coto (2011) destaca que optimizar costos en esta fase es vital para la rentabilidad, ya que incide en el 60 % del gasto total.

Tabla 6. Promedios de costo de producción en alimentación por tratamiento.

Variable de estudio	Niveles de conchilla		
	T1: 0 %	T2: 4 %	T3: 8 %
Costos de producción (Bs.)	34.94	35.08	44.28

Análisis de costo de producción al cabo de 35 días, utilizando 3 niveles de conchilla en su ración.

CONCLUSIONES

La presente investigación demuestra que la suplementación con conchilla (4 % y 8 %) no mejora significativamente los parámetros de crecimiento (peso final, ganancia de peso, ganancia media semanal ni conversión alimenticia) en gallinas *Hy-Line Brown* durante la fase de levante en condiciones altiplánicas (3 445 m s.n.m.), comparado con el tratamiento control (T1: 0 % conchilla). Aunque se observó un consumo efectivo de alimento (CEA) significativamente mayor ($p<0.01$) en T2 y T3, este incremento no se tradujo en mejoras productivas, sugiriendo una posible ineficiencia metabólica para asimilar el calcio en altura, donde la hipoxia altera la utilización de nutrientes (Chávez, 2019). Además, el menor costo de producción en T1 (34.94 Bs/kg vs. 44.28 Bs/kg en T3) confirma su viabilidad económica, especialmente relevante para pequeños productores del altiplano boliviano, donde la alimentación representa el 60-70 % de los costos variables (Coto, 2011; Aguirre y Pizarro, 2018).

Estos hallazgos contrastan con estudios realizados en condiciones no altiplánicas (Buendía et al., 2016; Candela, 2024), subrayando que los requerimientos de calcio en levante son inferiores a los de la postura (Gutiérrez et al., 2007), y que el exceso de suplementación mineral puede comprometer el balance nutricional sin beneficios en desarrollo óseo o uniformidad (Hy-Line International, 2024; Laura, 2014). Por tanto, se concluye que T1 (0 % conchilla) es la opción más costo-efectiva para la fase de crecimiento en el altiplano, aunque futuras investigaciones deberían evaluar su impacto en la fase de postura, donde la conchilla podría ser relevante para la calidad de la cáscara del huevo.

Agradecimientos

Agradecer a Dios por brindarnos la oportunidad de realizar estas actividades.

A nuestro docente Ing. Juan José Vicente Rojas por transferirnos sus conocimientos, por su paciencia y dedicación en cada clase.

Al ingeniero Juan José Quenallata por darnos la oportunidad de trabajar con sus aves, guiándonos y enseñándonos mucho de ellas.

A nuestro auxiliar de docencia Andrés Manuel Mamani Ramírez, por el apoyo que nos brindó durante la realización de este diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Aviagen. (2023). *Manual de manejo de reproductoras* [Manual técnico en español]. Aviagen. https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Aviagen_Ross_PS_Handbook_2023_Interactive_ES.pdf
- Aguirre, R. y Pizarro, M. J. (2018). *Panorama y mercado del huevo* [Artículo]. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa). <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/2581/Huevos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Buendía, M., Vergara, V., Cruz, J., y Adama, E. (2016). Adición de agregado calcáreo y conchuela en dietas de pollos de carne y su efecto en la producción. *Agroindustrial Science*, 6, 195-205. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1276/1211>
- Camani, C. (2017). *Diseño completamente al azar* [Tesis de suficiencia profesional, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/305/Cesar_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf

5. Candela Muñoz, J. D. (2024). *Caracterización química y física del huevo de gallinas ponedoras (Hy-Line Brown) alimentadas con harina de conchilla como fuente parcial de minerales* [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6263/1/Candela%20Mu%C3%B1oz%20Joel%20David.pdf>
6. Chávez, M. A. (2019). *Fuentes y tamaños de partículas de calcio como suplemento en la alimentación para la codorniz (Coturnix coturnix japónica T y S) en fase de postura* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/df55ad06-f87e-4f95-85fd-a1dac03ed1c5/content>
7. Condori, S. (2011). *Evaluación del efecto de tres niveles de la fórmula probiótica comercial Poultry Vit Tropical en aves de postura (Isa Brown) en etapa de crecimiento en el Centro Experimental Cota Cota* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/31518/TV-3099.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. Coto, B. (2011). *Guía para el manejo de una granja avícola* [Manual técnico]. https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/58802416/tec_granja-libre.pdf?1554485771=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGUIA_PARA_EL_MANEJO_DE_UNA_GRANJA_AVICOL.pdf&Expires=1751739995&Signature=YNaJaJvyYUixAmEwfj-j2NxBY0kpaOydfKvXApCWUR3b-BccLpmOl80s2y~mLPrAHWgMSrXELpQNDq4ORWEwlVhUqLnJnagpVDHfahT-z~6tpqRtRvPdGHZ3tve2~ARcrglQwfuiXe0fRKh6kAyQpqfcBJ1I7enilCULJlI4ZDvc~OXHdFRj~GhOxLYPIL13MWgU1~SCv-8KXhyUvWxJ4K~YObiDyimP0uh5keK-UukBewXrOjAfmvNBfg5CeXDUusBJPXoOFoVwSwS8x3CVVKTIQD5MtHUCWhnhBAC99c4PiLhjy8ePR45tCk4rB1w6W-GX9M5hByZVdd9JQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
9. Gutiérrez, D., Cuca, M., y Becerril, M. (2007). Validación de los niveles óptimos biológicos de calcio y fósforo en gallinas en postura de primer ciclo. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-4. https://produccionanimal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/73-Gutierrez-calcio_fosforo.pdf
10. Hy-Line International. (2024). *Guía de rendimiento Hy-Line Brown sistemas convencionales*. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20STD%20SPN.pdf>
11. Laura, L. T. (2014). *Efecto del jipi de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en aves de postura de la línea Isa Brown en la fase de crecimiento y prepostura en la ciudad de El Alto* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. https://web.archive.org/web/20180505230240id_/http://bibliotecadigital.umsa.bo:8080/rddu/bitstream/123456789/4228/1/T-1915.pdf
12. Soto, L. (2020, 5 de julio). *Manejo técnico de gallinas ponedoras: 10 recomendaciones para el levante* [Post en página web]. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/manejo-tecnico-gallinas-ponedoras-t45032.htm>

Nota: La revista estudiantil AGRO-VET publica principalmente resultados de las investigaciones realizadas en el marco de las asignaturas que se cursan en las carreras de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por lo que, se tratan de artículos que no cumplen con la rigurosidad de un artículo científico.