

Efecto de diferentes niveles de calcio en alimentos balanceados artesanales sobre la calidad de la cáscara y productividad de huevos en codornices japonesas (*Cortunix japonica*)

Julio César Villacrés Matías¹

Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
jvillacres@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0848-8293>

Alisson Mishelle Aquino Rodriguez²

Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
alisson.aquino.rodriguez@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-5056-0057>

Danna Morelia Chonillo Landazuri³

Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
danna.chonillo.landazuri@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-8073-6599>

Elizabeth Monserrate Macias Macias⁴

Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
elizabeth.macias.macias@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-6290-2397>

Jaren Emily Rosado Balon⁵

Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
jaren.rosado.balon@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-4071-3616>

Cómo citar:

Villacrés Matías, J. C., Aquino Rodriguez, A. M., Chonillo Landazuri, D. M., Macias Macias, E. M., & Rosado Balon, J.E. (2026). Efecto de diferentes niveles de calcio en alimentos balanceados artesanales sobre la calidad de la cáscara y productividad de huevos en codornices japonesas (*Cortunix japonica*). *Visión Académica*, 4(3), 950-962. <https://doi.org/10.70577/q3wvs643>

Fecha de recepción: 2026-06-20

Fecha de aceptación: 2026-07-23

Fecha de publicación: 2026-08-26

Resumen

La resistencia de la cascara es uno de los criterios de mayor peso comercial en la producción de huevo de codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), pues su fragilidad genera pérdidas económicas asociadas a roturas durante la recolección, clasificación y comercialización. Ante la escasez de alimentos balanceados especializados para esta especie en el mercado ecuatoriano, el presente estudio evaluó el efecto de tres niveles de inclusión de calcio (3,6%, 3,8% y 4,0%) en dietas artesanales sobre la calidad externa del huevo y el desempeño productivo de codornices en fase de postura y conversión alimenticia junto con variables morfométricas del huevo: peso, proporción y grosor de cascara, proporción de huevos comercializables e índice de forma. El análisis estadístico de los datos evidencio un efecto significativo del nivel de calcio sobre el porcentaje de postura, la conversión alimenticia y el índice de forma, mientras que el peso, la proporción y el grosor de la

cascara no mostraron diferencias entre tratamientos. Los niveles de 3,8% y 4,0% de calcio superaron consistentemente al de 3,6%, sin diferencias relevantes entre ambos, lo que indica que a partir de 3,8% se alcanza una inclusión suficiente para optimizar la respuesta productiva sin requerir cantidades adicionales de este mineral. Estos hallazgos aportan un referente técnico concreto para el ajuste de formulaciones artesanales orientadas al fortalecimiento de la cotornicultura en el Ecuador.

Palabras clave: Alimento balanceado, calcio, calidad de la cascara, cotornicultura, coturnix japónica, productividad.

Effect of different calcium levels in homemade balanced feed on eggshell quality and egg productivity in japanese quail (*Coturnix japonica*)

Abstract

Shell strength is one of the most important commercial criteria in Japanese quail (*Coturnix japonica*) egg production, as its fragility leads to economic losses associated with breakage during collection, grading, and marketing. Given the scarcity of specialized feeds for this species in the Ecuadorian market, this study evaluated the effect of three calcium inclusion levels (3.6%, 3.8%, and 4.0%) in homemade diets on egg external quality and the productive performance of quail during the laying phase, as well as feed conversion ratio, along with egg morphometric variables: weight, shell proportion and thickness, proportion of marketable eggs, and shape index. Statistical analysis of the data revealed a significant effect of calcium level on the percentage of laying, feed conversion ratio, and shape index, while weight, shell proportion, and thickness showed no differences between treatments. Calcium levels of 3.8% and 4.0% consistently outperformed the 3.6% level, with no significant differences between them. This indicates that a calcium level of 3.8% or higher provides sufficient inclusion to optimize productivity without requiring additional amounts of this mineral. These findings offer a concrete technical benchmark for adjusting artisanal feed formulations aimed at strengthening quail farming in Ecuador.

Keywords: Balanced feed, calcium, shell quality, quail farming, Japanese quail, productivity.

Introducción

La cotornicultura, conocida como la crianza de codornices (*Coturnix japonica*) con la finalidad productiva, ha experimentado un crecimiento considerable a escala mundial en las últimas décadas, la cual ha sido impulsada gracias a su alta demanda en productos avícolas, así como el alto valor nutricional. El huevo de codorniz se distingue por su elevado contenido de minerales, proteínas, vitaminas del complejo B, lo que le confiere una posición destacable en los mercados de consumo especializados y de alimentos funcionales. A nivel productivo, esta especie *Coturnix japónica* presenta ventajas a nivel biológico como lo son: precocidad reproductiva, ciclo productivo corto, elevada tasa de postura, y eficiente conversión alimenticia, factores que justifican su creciente adopción en sistemas de producción intensivos y semiintensivos alrededor del mundo.

En términos productivos, la codorniz japónica (*Coturnix coturnix japonica*) presenta un ciclo biológico particularmente corto y eficiente, iniciando su etapa de postura entre los 35 y 45 días de edad y manteniéndose productiva durante aproximadamente un año a año y medio. Cada huevo requiere

cerca de 22 horas para su formación completa, alcanzando un peso promedio de 10 a 12 gramos, lo que permite una producción anual estimada entre 200 y 300 huevos por ave, con un porcentaje de postura considerado ideal entre el 80% y el 90%. Para un desarrollo óptimo, esta especie requiere un consumo diario de concentrado de 20 a 30 gramos por ave, obteniéndose una conversión alimenticia aproximada de 3:1. Estos parámetros reflejan la eficiencia biológica de la especie, aunque también evidencian su sensibilidad a las condiciones de manejo y alimentación, factores que inciden directamente sobre la calidad del huevo producido (Móran, 2018).

En América Latina, la cotornicultura ha ganado relevancia como alternativa de diversificación en la avicultura. Mas, sin embargo, uno de los desafíos técnicos y económicos que persisten en la región es la fragilidad de la cascara del huevo. La cascara cumple una función protectora indispensable: resguarda el contenido interno durante la recolección, la clasificación automática y el transporte (Faria, 2019). Cuando presenta fragilidad, los huevos se agrietan o se rompen durante el manejo productivo, lo que reduce de manera significativa su valor comercial y genera pérdidas económicas directas tanto para los productores como para las industrias que lo procesan. Los huevos con mala calidad de cáscara no pueden comercializarse o alcanzan un bajo valor en el mercado, lo que reduce su rentabilidad y aumenta el desperdicio del alimento.

En Ecuador, la cotornicultura emerge como una actividad de interés creciente, especialmente en la región costa, donde la producción de huevos de codorniz ha ganado la aceptación en los mercados locales por su alto valor nutricional y su precio accesible. No obstante, el sector enfrenta limitaciones estructurales significativas, entre ellas se destaca la escasez de los alimentos balanceados especializados para *Coturnix japonica* que se comercializan en el país. Situación que obliga a los productores recurrir a dietas genéricas y a su vez con formulaciones artesanales con composiciones nutricionales no siempre ajustadas a los requerimientos fisiológicos de la especie, lo que compromete directamente la calidad de la cáscara del huevo, la productividad de las aves y la sostenibilidad económicas de las explotaciones coturnícolas locales. Adicionando la elevada temperatura característica de la región costa constituye un factor ambiental de riesgo, dado que el estrés calórico desencadena cambios fisiológicos que afectan la ingesta de alimento, alteran la estructura del epitelio intestinal y perjudican la digestibilidad y absorción de nutrientes (Gomes et al., 2025).

Desde el punto de vista nutricional, el calcio (CA) es el mineral más crítico para la formación y la calidad de la cascara del huevo. La composición de la cáscara del huevo ha sido reportada de la siguiente manera: carbonato de calcio (94%), fosfato de calcio (1%), carbonato de magnesio (1%) y materia orgánica (4%), siendo la fase mineral la preponderante con aproximadamente el 95% del total. El calcio es absorbido predominante mediante absorción intestinal y mediante reabsorción ósea y renal. Este proceso implica la transferencia eficiente de calcio desde la sangre hacia el útero, con la participación de transportadores esenciales en el epitelio: el canal de potencial receptor transitorio tipo 6 (TRPV6) y la proteína Calbindin-D28k, que facilita la movilización del calcio mediante las células intestinales (Ramoso, 2026). La expresión génica de estos transportadores resulta determinante para garantizar una mineralización adecuada de la cascara.

El calcio es esencial para la alimentación de las aves de corral debido a su papel fundamental en el desarrollo del esqueleto, la formación de la cascara de huevo, la regulación neuro muscular y las

actividades enzimáticas (Ramoso, 2026). En las aves ponedoras, la deficiencia de calcio perjudica la producción de huevos, produce cascara frágiles, reduce la masa del huevo y compromete la integridad esquelética, lo que lleva a la movilización de reservas óseas y a un mayor riesgo de fatiga. En el caso de las codornices ponedoras *Coturnix japónica*, la calidad de la cascara de huevo se ve afectada de manera directa ante la restricción de calcio en la dieta (Ramoso, 2026). Factores como condiciones de almacenamiento y la nutrición del ave influyen sobre la calidad del huevo desde el momento mismo de la puesta (Gomes, 2025). En experimentos realizadas con diferentes niveles de calcio dietario en codornices demostraron que el nivel de inclusión de calcio incide significativamente sobre la calidad de huevos producidos, el peso del huevo y el consumo de alimento, evidenciando la relevancia del manejo nutricional de calcio en esta especie (Centurion, 2019).

La información disponible sobre los niveles óptimos de suplementación de calcio en codornices *Coturnix japónica* y su efecto sobre la calidad de la cascara y la postura siguen siendo limitada y con resultados heterogéneos (Stanquevis, 2021) Determina que el mayor rendimiento productivo en codornices en fase de postura temprana se obtiene con niveles de calcio de 2.68% y fosforo de 0.38% en la dieta, sin embargo, estos valores pueden variar según la formulación, las condiciones ambientales y el tipo de fuente calcio utilizada.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de calcio en la dieta sobre la calidad de la cascara y la productividad de huevos de codorniz (*Coturnix japónica*), mediante la formulación de dietas balanceados artesanales. Se espera que los resultados contribuyan a identificar el nivel óptimo de calcio que maximice el grosor del cascara y el porcentaje de postura, reduciendo pérdidas económicas ocasionadas por la fragilidad del huevo y aportando evidencia científica aplicable al mejoramiento de cotornicultura en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo con el objetivo de analizar los diferentes niveles de calcio en alimentos balanceados artesanales sobre la calidad de la cascara y productividad de los huevos en codornices japonesas. Para respaldar la rigurosidad científica, se aplicó el diseño experimental completamente al azar (DCA).

Se implementó el método experimental con el fin de analizar el efecto de diferentes niveles de inclusión de calcio en el balanceado y el balanceado artesanal sobre la calidad de la cáscara y la productividad de los huevos de codorniz con la comparación de los hallazgos obtenidos de los tres tratamientos. Este método permitió realizar la comparación y registrar los cambios observados de las variables estudiadas. Además, se empleó el método inductivo-deductivo con el fin de evaluar e interpretar los datos obtenidos y así dar las conclusiones generales. Asimismo, se proporcionó el contraste de los resultados del experimento con la información científica sobre la alimentación y nutrición de las aves de codorniz japonesas y la influencia del calcio en la formación de la cáscara del huevo.

Para la recopilación de datos, se revisaron las bases de datos de *Scielo*, *Scopus*, *Dialnet*. Se realizó la búsqueda de los últimos cinco años entre 2021 – 2026 mediante la descripción de “codornices”, “calcio”, “calidad de cáscara”, “calcium”, “quails”, “eggshell quality”. La recopilación de datos solo se dio en artículos científicos con el tema relacionado con el experimento, excluyendo tesis,

documentos sin verificación y publicaciones sin revisión por una revista científica. Además, se realizó la búsqueda no solo en español sino en inglés de la alimentación e inclusión de la dieta de las codornices.

La parte experimental se desarrolló en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas; donde se estableció la infraestructura necesaria para el estudio. Se preparó el lugar con su respectiva limpieza y desinfección, donde se instauró una jaula grande hecha de malla metálica y madera, compartida en 3 partes elevada a unos 80 cm del suelo, cada compartimento tiene 50cm de alto, 50cm de ancho y 60cm de profundidad, con la adición de una jaula adicional de 34 cm de alto, 35cm de ancho y 50cm de profundidad, que fue ubicada en la parte superior de la primera jaula.

En cada sección fueron distribuidas aleatoriamente el total de 15 codornices hembra en 3 grupos de 5 cada una, y en la extensión de jaula se ubicó únicamente al macho de la especie como apoyo y control de postura, mismo que no es estudiado en este trabajo. Estas codornices fueron obtenidas del criadero Azucena, ubicado en Quito, la capital del país. Estas el día de su adquisición registraban 4 semanas de edad y sin aplicación de manejo sanitario preventivo. Mismo que fue aplicado una semana más tarde.

Cada jaula y compartimento contiene una base de periódico sobre la malla, una cama de viruta, una bandeja con tierra y su respectivo comedero y bebedero, todo esto para brindarles las mejores condiciones posibles, mismas que son necesarias para evitar el estrés, salvaguardando su bienestar y mantenimiento de su comportamiento natural. Adicionalmente se estableció un cronograma de actividades para el mantenimiento periódico de las unidades experimentales, con dos limpiezas semanales cada 3 o 4 días en donde se realiza cambio de cama y base de desperdicios con materia orgánica, cada 2 días las bandejas de baño, y a diario una ración de alimento que se suministra una vez al día y dos cambios de agua al día.

Durante las primeras semanas a cada unidad experimental se les abasteció 250 gramos de alimento balanceado comercial con la distribución de 70% crecimiento, 20% postura, 10% alpiste según las recomendaciones del criador, luego, a la sexta semana de edad se realizó un cambio paulatino del alimento comercial a los balanceados artesanales con una modificación de ración a 115 gramos respectivamente a cada tratamiento dado a una evidente reducción del consumo.

Para la elaboración de los tres alimentos balanceados artesanales se utilizó como base las tablas de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), determinando materias primas necesarias para suplir con los requerimientos mínimos para codornices en etapa de postura (FEDNA, 2019), en el cual como tratamientos se definieron tres con diferentes niveles de calcio, estableciendo como nivel de control a la inclusión de 3,6% de Calcio como se encuentra publicado en el alimento balanceado comercial “Aliforte” (Aliforte, 2026), y otros dos como propuestas experimentales de 3,8% y 4% de Calcio respectivamente.

Las materias primas seleccionadas para estas formulaciones fueron: maíz, harina de soya, aceite de palma, harina de galleta, avena, arroz pulido, carbonato cálcico y fosfato tricálcico con las respectivas inclusiones: El tratamiento 1 (ver Tabla 1), aporta 2,98 Kcal de energía metabolizable, 20,26% Proteína, 3,56% de Fibra cruda, 3,6% Ca, 0,95% de Fosforo, 1,13% de Lisina y 0,30% de Metionina; el tratamiento 2 (Tabla 2), 2,92 Kcal de energía metabolizable, 20,27% Proteína, 3,53%

de Fibra cruda, 3,8% Ca, 0,93% de Fosforo, 1,11% de Lisina y 0,29% de Metionina. Tratamiento 3 (ver Tabla 3), 2,91 Kcal de energía metabolizable, 20,12% Proteína, 3,28% de Fibra cruda, 4% Ca, 0,54% de Fosforo, 1,10% de Lisina y 0,29% de Metionina. En la Tabla 1 se presenta la composición porcentual de las materias primas utilizadas para formular el alimento balanceado artesanal correspondiente al tratamiento con 3,6 % de calcio.

Tabla 1

Inclusión de materias primas para el Alimento balanceado con 3,6% de Ca.

Materias Primas	Kg Dia
Maíz nacional	27%
Hna. soja 44	38%
Hna. galleta (<3% cen)	7,4%
Avena	4%
Ac. Palma	7,5%
Carbonato cálcico	4,6%
Fosfato monocálcico	4,5%
Arroz pulido	7%

Nota. La formulación del tratamiento con 3,6% de Ca se caracteriza por una mayor participación de harina de soya (38%) y maíz nacional (27%), complementada con fuentes energéticas y minerales.

En la Tabla 2 se detalla la distribución de las materias primas empleadas en la elaboración del alimento balanceado artesanal formulado con una inclusión de 3,8 % de calcio.

Tabla 2

Inclusión de materias primas para el Alimento balanceado con 3,8% de Ca.

Materias Primas	Kg Dia
Maíz nacional	17%
Hna. soja 44	37,5%
Hna. galleta (<3% cen)	24%
Avena	4%
Ac. Palma	6%
Carbonato cálcico	6,5%
Fosfato tricálcico	3%
Arroz pulido	2%

Nota. En este tratamiento predominan la harina de soya (37,5 %) y la harina de galleta (24 %), mientras que el carbonato cálcico alcanza una inclusión de 6,5 % para ajustar el aporte mineral de la dieta.

En la Tabla 3 se muestra la composición de las materias primas utilizadas para formular el tratamiento experimental con 4 % de calcio, correspondiente al mayor nivel de inclusión evaluado.

Tabla 3

Inclusión de materias primas para el Alimento balanceado con 4% de Ca.

Materias Primas	Kg Dia
Maíz nacional	28%
Hna. soja 44	36,99%
Hna. Galleta (<3% cen)	16,9%
Avena	1%
Ac. Palma	6,03%
Carbonato cálcico	4,8%
Fosfato tricálcico	5,28%
Arroz pulido	1%

Nota. La dieta con 4% de Ca contiene principalmente harina de soja (36,99%), maíz nacional (28%) y harina de galleta (16,9%), junto con carbonato cálcico y fosfato tricálcico como fuentes minerales.

Por otra parte, con respecto a las mediciones planteadas para este estudio se tomaron en cuenta indicadores productivos y morfométricos, que serán evaluados con respecto a las inclusiones presentadas determinado de esta manera el efecto de esta con respecto a la productividad y calidad externa del huevo de codorniz (*Cortunix japonica*). Dentro de los cuales se toma el total de la producción de huevos por medición para realizar el análisis correspondiente.

Para tener control de los parámetros se registran las recolecciones diarias y el peso de los huevos por cada unidad experimental y tabuladas en Excel para su conteo, mismos que son codificados para su posterior medición y análisis.

Entre los indicadores productivos principales se propuso determinar: Porcentaje postura semanal (%) y Conversión alimenticia (g).

Porcentaje postura semanal (%)

De acuerdo a la metodología de Ramírez et al. (2025), se definió para conocer la productividad de las codornices durante la semana.

$$\% \text{ Postura} = \frac{\text{Número de huevos}}{\text{Numero de aves} \times \text{días}} \times 100$$

Conversión alimenticia (g)

Para esta medición se calcula primero su consumo de alimento y la masa de huevos producidos. Considerándose valores mayores a 3,5 como una conversión deficiente y valores menores a 2,5 como una conversión bastante eficiente.

$$\text{Consumo de alimento (g)} = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento desperdiciado}$$

$$\text{Masa de huevos producidos} = \text{Número de huevos} \times \text{Peso promedio de huevos}$$

$$CA (g) = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Masa de huevos producidos}}$$

Los parámetros morfométricos principales implementados son: Proporción de cáscara (%) y grosor de la cáscara (mm).

Proporción de la cáscara (%)

Aquí se debe previamente haber pesado el huevo completo, luego se rompe, se extrae las membrabas internas, se deja secar mínimo 24h al ambiente y se pesa la cáscara para poder hacer su medición, conforme lo que menciona Valentim et al. (2025)

$$\% \text{ Cáscara} = \frac{\text{Peso de cáscara huevos}}{\text{Peso del huevo}} \times 100$$

Grosor de la cáscara (mm)

Este parámetro se mide con la ayuda de utiliza un micrómetro digital Pie De Rey, donde se toma 4 porciones de la cascara, 2 porciones de cada extremo (extremo ancho y extremo estrecho) y dos porciones más de la parte ecuatorial de cada huevo, calculándose así el grosor promedio (Kumar, y otros, 2022).

Como medidas complementarias para este estudio de calidad en huevos de codornices se tomaron en cuenta dos parámetros adicionales para establecer el producto final tras la administración de 3 dietas artesanales formuladas con distintas inclusiones de calcio (Ca). Entre estos se consideraron: la proporción de huevos comercializables, basado en cuantos huevos intactos produjeron frente a los huevos que presentaron alguna fisura o rotura en su cáscara sobre la producción total por cada tratamiento, y el índice de forma que presentaron para conocer qué tan redondos o alargados son los huevos producidos entre los grupos, considerando índices mayores al 76% como huevos redondeados, en cambio, índices menores al 76% como huevos alargados. (Ramírez, Aleman, Andrade, & Chuim, 2025).

Resultados y discusión

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, se organizaron en hojas de cálculo para su respectiva valoración estadística en el software gráfico y estadístico Jamovi.

En la tabla 4, se muestra los estadísticos descriptivos de las variables productivas y de calidad de la cáscara de huevos de codornices alimentadas con diferentes niveles de Calcio (3,6%, 3,8% y 4%), donde se evidencia un incremento del porcentaje de postura entre los tratamientos. Registrando un aumento entre los tratamientos de 3,6% a 3,8%, al pasar de $16 \pm 1,73$ a $47 \pm 17,1$. Aunque este último presenta mayor variabilidad que el nivel de 4%, sigue teniendo una media similar con $47,3 \pm 9,07$, evidenciando que un incremento de inclusión de Calcio sobre el 3,8% no produce un aumento en la productividad y postura apreciable. Esta tendencia coincide con lo discutido en investigaciones recientes, donde se recopila que la dosificación de calcio en niveles cercanos al 3,5% optimiza los índices de desempeño productivo al proveer una mayor disponibilidad de calcio para satisfacer los requerimientos fisiológicos (Hurtado, Guevara, & Forero, 2018).

La conversión alimenticia demostró ser menos eficiente con el tratamiento 3,6% Ca con una media de $2 \pm 0,436$. En contraste, los tratamientos de 3,8% y 4% de Ca presentaron conversiones mucho más eficientes y estables, con valores de $0,933 \pm 0,513$ y $0,967 \pm 0,0577$, respectivamente. Indicando una mejor conversión con un nivel de calcio $\geq 3,8\%$.

En cuanto al grosor de cáscara, un mayor grosor promedio se obtuvo con el tratamiento de 3,8% Ca ($0,760 \pm 0,01$ mm). Las diferentes fuentes de calcio independiente a su tratamiento no difirieron significativamente en el grosor de la cáscara ($P > 0,05$) en los hallazgos de (Stanquevis CE y otros, 2021). El mayor porcentaje de cáscara se registró en el mismo tratamiento de Ca con un 7.70 ± 0.116 , mientras que los tratamientos de 3.6% y 4% obtuvieron valores ligeramente inferiores de $7.44 \pm 0.655\%$ y $7.36 \pm 0.445\%$. En los resultados obtenidos (Stanquevis CE y otros, 2021) es similar registraron el porcentaje de la cáscara del huevo se dio de forma cuadrática al incremento de calcio en la dieta su nivel óptimo fue 3,0 % de calcio, el adecuado aporte de calcio favorece una mejor formación del cascarón.

Tabla 4

Análisis descriptivo de resultados obtenidos entre los tres tratamientos aplicados

Tratamientos	% Postura	Conversión alimenticia	Grosor cáscara	%Cáscara
3,6% Ca	$16 \pm 1,73$	$2 \pm 0,436$	$0,663 \pm 0,136$	$7,44 \pm 0,655$
3,8% Ca	$47 \pm 17,1$	$0,933 \pm 0,513$	$0,760 \pm 0,01$	$7,70 \pm 0,161$
4% Ca	$47,3 \pm 9,07$	$0,967 \pm 0,057$	$0,697 \pm 0,0473$	$7,36 \pm 0,445$

Nota. Los resultados se expresan como media $\pm$ desviación estándar.

Los parámetros estudiados cumplen en su totalidad con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Pues la prueba de Sapiro-Wilk manifiesta que las variables mostraron valores de significancia superiores a 0,05: porcentaje de postura ($W = 0.948$; $p = 0.667$), conversión alimenticia ($W = 0.970$; $p = 0.895$), Grosor de cáscara ($W = 0.931$; $p = 0.490$), proporción cáscara ($W = 0.971$; $p = 0.903$). Demostrando que los factores evaluados siguieron una distribución normal proporcionándonos una mayor fiabilidad de las estimaciones reduciendo el riesgo de caer en conclusiones sesgadas.

Igualmente, en la prueba de Levene con valores $p > 0.05$: porcentaje de postura ($F(2,6) = 2.93$; $p = 0.130$), conversión alimenticia ($F(2,6) = 4.04$; $p = 0.077$), grosor de cáscara ($F(2,6) = 3.62$; $p = 0.093$), proporción cáscara ($F(2,6) = 1.48$; $p = 0.300$). Complementando así, mediante la comprobación de homogeneidad de varianzas el respaldo para la realización de un ANOVA con mayor solidez estadística.

Al realizar el Análisis ANOVA se constató que los parámetros productivos estudiados: porcentaje de postura ($F(2,6) = 7.723$; $p = 0.022$) y conversión alimenticia ($F(2,6) = 7.25$; $p = 0.025$) presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Este comportamiento entre las variables sugiere los niveles de calcio evaluados ejercieron un efecto directo sobre el rendimiento productivo de las codornices.

En comparación a los parámetros morfométricos que se presentaron estadísticamente iguales: grosor de cáscara ($F(2,6) = 1.05$; $p = 0.408$) y proporción de cáscara ($F(2,6) = 0.433$; $p = 0.668$). Indicando que las inclusiones cálcicas implementadas en la etapa experimental atribuyeron cantidades suficientes de calcio que desde el punto de vista biológico fueron capaces de cubrir el requerimiento sobre el mantenimiento adecuado del proceso de mineralización de la cáscara.

Tabla 5

ANOVA de un factor de las variables realizado con el estadístico Fisher

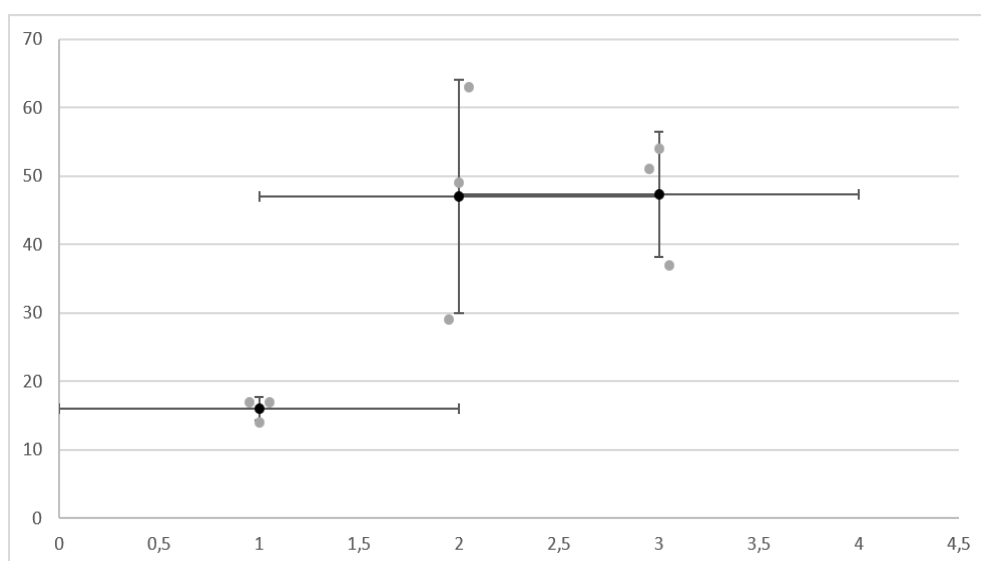
Variable	Estadístico	p
Porcentaje de postura	F (2,6) = 7,723	0,022
Conversión alimenticia	F (2,6) = 7,248	0,025
Grosor cáscara	F (2,6) = 1,045	0,408
Proporción cascara	F (2,6) = 0,433	0,668

Nota. El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el porcentaje de postura ($p = 0,022$) y la conversión alimenticia ($p = 0,025$); mientras que el grosor ($p = 0,408$) y la proporción de cáscara ($p = 0,668$) no presentaron diferencias significativas.

Los resultados en la prueba de comparación múltiples de Tukey demostraron que hay diferencias estadísticamente de los tratamientos T1 y T2 ($p = 0.034$), T1 y T3 ($p = 0.033$) correspondiendo a un nivel de significancia <0.05 . Esto nos demuestra que los tratamientos T2 y T3 tienen una gran diferencia significativa con respecto al T1 (3,6% Ca). Entre T2 y T3 no hay diferencias significativas ($p = 0.999$), esto nos demuestra que ambos tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente semejante en el porcentaje de postura, solo el T1 presentó diferencias significativas evidentes. Donde a pesar de obtener porcentajes de postura bajos y medios-bajos ($T1 = 16 \pm 1,73$; $T2 = 47 \pm 17,1$; $T3 = 47,3 \pm 9,07$) mantuvieron una producción creciente (Figura 1), pudiéndose limitar por el número de repeticiones realizadas evitando estimar una curva más robusta sobre esta variable. No obstante, se observó una mayor variabilidad individual en T2, evidenciada por la amplitud de su desviación estándar vertical, mientras que T3 mostró un comportamiento más consistente entre sus repeticiones.

Figura 1

Porcentaje de postura de las codornices según el tratamiento (T1, T2 y T3)



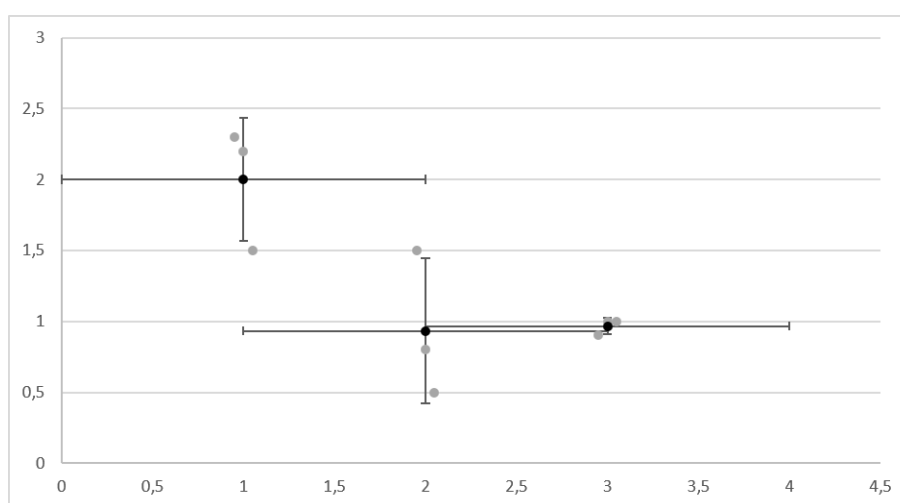
Nota. Los puntos representan las repeticiones individuales y los símbolos centrales representan la media $\pm$ desviación estándar.

Siguiendo con Tukey, la conversión alimenticia también demuestra diferencias significativas entre

T1 y T2 ($p = 0.036$) y de T1 y T3 ($p = 0.040$) como resultado ambos valores fueron inferiores ($p < 0.05$). Estos hallazgos confirman que tratamiento T1 divergió de manera significativamente los tratamientos T2 y T3 en la conversión, ambos tienen una eficiencia similar con valor $p = 0.994$, lo cual refleja que no se presentaron diferencias estadísticas entre estos tratamientos, a su vez que demuestran su eficiencia de conversión entre todos los tratamientos, $T1 = 2 \pm 0.436$; $T2 = 0.933 \pm 0.513$; $T3 = 0.967 \pm 0.057$ pero con mayor realce en T2 y T3. Es importante destacar que, aunque ambos tratamientos disminuyeron drásticamente el alimento requerido por unidad de producto, el Tratamiento 3 exhibió la menor dispersión de datos (mayor homogeneidad), lo que sugiere una respuesta biológica más uniforme y estable ante este tratamiento nutricional.

Figura 2

Conversión alimenticia de las codornices según el tratamiento (T1, T2 y T3)



Nota. Los puntos representan las repeticiones individuales y los símbolos centrales representan la media $\pm$ desviación estándar.

Adicionalmente, para complementar este estudio se estimó la proporción de huevos comercializables respecto a su producción total obteniendo una media superior en el tratamiento 2 ($100.0\% \pm 0.0$), sobresaliendo de los demás tratamientos ($T1 = 88.9\% \pm 19.2$; $T3 = 92.3\% \pm 13.3$) y el índice de forma ligeramente ideal en el tratamiento 3 (79.7 ± 0.202) en contraste con T1 (82.3 ± 1.76) y T2 (82.7 ± 0.216), que resultaron ser más redondeados alejándose del rango ideal ($69\% - 77\%$) (Ramírez, Aleman, Andrade, & Chuim, 2025).

Finalmente, aunque muy similares las medias de los valores obtenidos entre T2 y T3, está claro definir que un mejor resultado en términos de productividad se obtuvo del Tratamiento 2 ($3.8\% \text{ Ca}$) dado que se logró estadísticamente el mismo desempeño productivo (Porcentaje de postura $p = 0.999$; Conversión alimenticia $p = 0.994$) utilizando un nivel inferior de Calcio al máximo empleado experimentalmente.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten establecer que el nivel de calcio incorporado en un alimento balanceado artesanal ejerce una influencia directa sobre el desempeño productivo de la codorniz japonesa, expresada en un mayor porcentaje de postura y una conversión alimenticia más eficiente

conforme se incrementó la inclusión de calcio de 3,6% a 3,8% y 4,0%. Este comportamiento respalda el papel del calcio no solo como componente estructural de la cascara, sino como factor determinante del rendimiento fisiológico general del ave durante la etapa de postura.

En contraste, variables como el peso del huevo la proporción y el grosor de la cascara y la proporción de huevos comercializables, no mostraron diferencias relevantes entre los tratamientos evaluados. Esta estabilidad sugiere que los tres niveles de calcio probados incluido el más bajo resultaron suficientes para sostener el proceso de mineralización de la cascara y que la variabilidad remanente en estas características podría estar asociada a otros factores, como el manejo, las condiciones ambientales o la variabilidad individual de las aves, más que el aporte cálcico en sí.

Un resultado de particular relevancia practica es que el tratamiento con 3,8% de calcio alcanzo un desempeño productivo equivalente al de 4,0%, lo que lo posiciona como el nivel más eficiente dentro del rango evaluado: permite obtener los mismos beneficios productivos con un menor requerimiento de este mineral, con la consiguiente ventaja en termino de costo de formulación.

De este modo, el estudio confirma que las dietas artesanales, cuando se formulan con un nivel de calcio técnicamente sustentado, representan una alternativa viable frente a la limitada oferta de balanceados especializados para Coturnix japónica en el país. Se recomienda ampliar estas evaluaciones con un mayor número de aves y periodos de observación más extensos, de manera que los efectos aquí identificados puedan confirmarse con mayor solidez y contribuir al desarrollo técnico de la cotornicultura ecuatoriana.

Referencias bibliográficas

- Aliforte. (2026). Alimento Balanceado para Aves: pollos de engorde, gallinas ponedoras y codornices. Quito, <https://aliforte.com.ec/aviforte/>. Obtenido de <https://aliforte.com.ec/aviforte/>
- Centurion Benitez, R. F. (2019). Niveles de calcio en la produccion de huevos de codorniz, Departamento de concepcion. *Revista Científica El Surco*, 2((1)), 27-31. doi:<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2395>
- Faria, D. (2019). Methods to evaluate the eggshell quality of table eggs. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola* , 21(04). doi:<https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1046>
- FEDNA. (2019). www.fundacionfedna.org. Obtenido de Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal: <https://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>
- Gomes R., A., Dos Santos, R. B., Albuquerque, D., Dos Santos, J., Galdino, E., Paes, E., . . . Romão, R. (2025). Gene expression of calcium transporters Calbindin-D28K and TRPV6 in Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to phytase super-dosing and under different temperatures. *Poultry Science*, 104(4), 104937. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.104937>
- Gomes Ribeiro, A. D. (2025). Gene Expression of calcium transporters Calbindin-D28K and TRPV6 in Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to phytase super-dosing and under different temperatures. *Poultry Science*, 104(4). doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.104937>

- Hurtado, V., Guevara, J., & Forero, D. (2018). Niveles de calcio para codornices en postura. *Orinoquia*, 21(2), 46-50. doi:<https://doi.org/10.22579/20112629.417>
- Kumar, M., Dahiya, S., Ratwan, P., Sheoran, N., Kumar, S., & Kumar, N. (2022). Assessment of egg quality and biochemical parameters of Aseel and Kadaknath indigenous chicken breeds of India under backyard poultry farming. *Poultry Science*, 101(2), 101589. doi:10.1016/j.psj.2021.101589
- Móran, M. (2018). *Evaluación de la infusión de hierba luisa (Cymbopogon citratus) y oreganón (plectranthus amboinicus) como prebiótico en codorniz de carne*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33190>
- Ramírez, A., Aleman, A., Andrade, V., & Chuim, J. (2025). Indicadores productivos, calidad y conservación del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) en codornices amazónicas. *Revista Multidisciplinaria Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 7(1), 1-7. doi:<https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/dateh/es/article/view/1021/1511>
- Ramoso, R. F. (2026). Effects of fermented fish waste and meat-bone scraps on laying performance and profitability in Japanese quail. *World Veterinary Journal*, 16((1)), 43-53. doi:<https://dx.doi.org/10.54203/scil.2026.wvj4>
- Stanquevis, C. E.-B. (2021). Calcium and available phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage. *Poultry Science*, 100((1)), 147-158. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.030>
- Valentim, J., Serpa, F., Burbarelli, M. d., Almeida, A. d., Heiss, V. d., Braz, P., . . . García, R. (2025). Influencia de las fuentes lipídicas en el rendimiento, la calidad de los huevos y el metabolismo en la colocación de codornices. *Animales*, 15(21), 3120. doi:<https://doi.org/10.3390/ani15213120>