



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



CONSTANCIA DE REVISIÓN

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud a la Tesis cuyo título es:

“Reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la respuesta productiva de pollitos en la fase inicial”

presentado por:

ELVIS OBLITAS TARRILLO.

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 13% por el cual se otorga el calificativo de: **APROBADO**, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones: Ninguna

Ica, 18 de septiembre del 2024

.....
Dr. JUAN RAMON CANEPA ARCOS
Director de unidad de investigación
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“Reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la respuesta productiva de pollitos en la fase inicial”

Línea de investigación de la Universidad:

Salud pública y conservación del medio ambiente

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

AUTOR

Bach. ELVIS OBLITAS TARRILLO

ASESOR

ELIAS SALVADOR TASAYCO, PhD.

ICA, Perú

2024

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado especialmente a mi padre y madre que, a pesar de sus pocos recursos y limitada educación, siempre estuvieron allí para darme la fuerza de levantarme cada día y terminar lo que en su momento inicié, ellos hicieron de mí una persona de bien, con el deseo de desarrollarse y triunfar en la vida, inculcando valores morales desde mi infancia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me dieron la fuerza y la motivación para concluir este proyecto de investigación, y la Universidad San Luis Gonzaga de Ica por permitirme usar sus instalaciones, sin duda cada uno de sus consejos fueron fundamentales para este gran logro, que les será de gran utilidad a muchas generaciones que se dedican a este campo.

Agradezco especialmente mi **tío** por darme el apoyo y la oportunidad para inclinarme por esta hermosa profesión.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS Y FOTOS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCION	11
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	15
2.1. Nivel de investigación:	15
2.2. Tipo de investigación:	15
2.3. Periodo de duración del experimento:	15
2.4. Lugar y fecha de ejecución.....	15
2.5. Localización geográfica y meteorológica	15
2.6. Materiales y equipos.....	15
2.7. Alimentación y formulación de las dietas.....	16
2.8. Programa sanitario y de manejo	17
2.9. Técnicas e instrumentos de la recolección de información	17
2.10. Tratamientos experimentales:.....	17
2.11. Diseño estadístico de la investigación:	17
2.12. Modelo matemático	17
2.13. Variables de evaluación:.....	18
III. RESULTADOS	20
3.1. Peso vivo y ganancia de peso	20
3.2. Consumo de alimento y conversión alimenticia	21
3.3. Relación de eficiencia proteica y conversión calórica	22
3.4. Pesos relativos de órganos	23
3.5. Peso relativo de ceniza de tibia	24
3.6. Evaluación económica	25
IV. DISCUSION	26
V. CONCLUSIONES	31

VI.	RECOMENDACIONES	32
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
VIII.	ANEXO	36
8.1.	Fórmulas de las dietas utilizadas	36
8.2.	Resultados de análisis estadísticos.....	51
8.3.	FOTOS DEL PROCESO DE INVESTIGACION	52

INDICE DE TABLAS

N°		Pág.
01	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso vivo (PV) de pollitos en la fase inicial	20
02	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la ganancia de peso vivo (GPV) de pollitos en la fase inicial	21
03	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el consumo de alimento (CA) de pollitos en la fase inicial	21
04	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el índice de conversión alimenticia (ICA) de pollitos en la fase inicial	21
05	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la relación de eficiencia proteica (PER) de pollitos en la fase inicial	22
06	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la conversión calórica (CC) de pollitos en la fase inicial	22
07	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de molleja (PRM) de pollitos en la fase inicial	23
08	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de hígado (PRH) de pollitos en la fase inicial	23
09	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de bazo (PRB) de pollitos en la fase inicial	24
10	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de ceniza de la tibia (PRCT) de pollitos en la fase inicial	24

11	Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el costo de alimentación (CA), margen sobre costo de alimentación (MSCA) y retribución económica (RE) de pollitos en la fase inicial	25
-----------	---	-----------

INDICE DE FIGURAS Y FOTOS

	Pag
01 Preparación de alimento y jaulas	52
02 Llegada y pesaje de pollitos	52
03 Estimulación de alimento y agua	53
04 Segunda semana	53
05 Pesaje de órganos	54
06 Monitoreo y control de temperatura y alimento	55
07 Ultima semana de crianza	56
08 Problemas de patas tercera semana	57
09 Pesaje última semana	58
10 Final del proyecto	59

INDICE DE ANEXOS

N°		Pág.
01	Fórmulas de las dietas utilizadas	36
02	Resultado de análisis estadístico	51
03	Fotos del desarrollo del experimento	52

RESUMEN

“Reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la respuesta productiva de pollitos en la fase inicial”

En la introducción los pollos de engorde actuales tienen un buen rendimiento y una mejor eficiencia alimenticia, sin embargo, hay algunos nutrientes como el calcio que requiere ser reevaluado para optimizar el nivel adecuado en la dieta, especialmente en la fase inicial donde hay una alta intensidad del crecimiento y desarrollo óseo, si bien hay recomendaciones técnicas, existe alguna información que un exceso de calcio podría afectar la respuesta productiva de los pollos de engorde. Para el presente estudio se planteamos la hipótesis que la reducción del nivel de calcio total en la dieta no afecta la respuesta productiva y contenido de ceniza ósea de pollitos de engorde macho en la fase inicial de 0 a 21 días de edad. **OBJETIVO:** Para probar esta hipótesis se realizó el estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la respuesta productiva, peso relativo de órganos, contenido de ceniza ósea y margen sobre costo de alimentación de pollitos de engorde macho en la fase inicial de 0 a 21 días de edad. En el métodos se utilizaron 84 pollitos de engorde de la línea genética COBB 500 recién nacido de sexo macho. Se establecieron 3 dietas con tres niveles de calcio total: 0.76%/0.60% (T-1), 0.86%/0.70% (T-2) y 0.96%/0.80% (T-3) para los periodos de 0 a 14 días y de 14 a 21 días de edad. Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente bajo un diseño de bloques completamente al azar. Cada uno de los tratamientos tuvo 4 repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales. Se evaluaron las variables de peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, conversión calórica, peso relativo de órganos, contenido de ceniza de tibia, costo de alimentación, margen y retribución económica los resultados se encontró una mejora significativa del peso vivo y ganancia de peso a los 7 días con el nivel de 0.86% de calcio. Un mayor consumo de alimento en el periodo de 7 a 14 días y un mejor costo y retribución económica con el nivel de 0.86%. en conclusión se concluye que la reducción del nivel de calcio (0.86%) en la dieta mantiene la respuesta productiva y mejora el costo de alimentación y margen sobre dicho costo.

Palabras claves: pollitos, dieta, calcio, ceniza, peso vivo

ABSTRACT

“Reduction in the level of calcium in the diet on the productive response of chicks in the initial phase”

INTRODUCTION: current broilers have good performance and better feed efficiency, however, there are some nutrients such as calcium that require reevaluation to optimize the adequate level in the diet, especially in the initial phase where there is a high intensity of the bone growth and development, although there are technical recommendations, there is some information that an excess of calcium could affect the productive response of broiler chickens. For the present study, we hypothesize that reducing the level of total calcium in the diet does not affect the productive response and bone ash content of male broiler chicks in the initial phase from 0 to 21 days of age.

OBJECTIVE: To test this hypothesis, the study was carried out with the objective of evaluating the effect of reducing the level of calcium in the diet on the productive response, relative weight of organs, bone ash content and margin on feeding cost of chicks. male fattening in the initial phase from 0 to 21 days of age. **METHODS:** 84 newborn male broiler chicks from the COBB 500 genetic line were used. 3 diets were established with three levels of total calcium: 0.76%/0.60% (T-1), 0.86%/0.70% (T-2) and 0.96%/0.80% (T-3) for periods from 0 to 14 days and 14 to 21 days old. The treatments were randomly distributed under a completely randomized block design. Each of the treatments had 4 repetitions, giving a total of 12 experimental units. The variables of live weight, weight gain, feed consumption, feed conversion, protein efficiency ratio, caloric conversion, relative organ weight, tibia ash content, feed cost, margin and economic remuneration were evaluated **RESULTS:** it was found a significant improvement in live weight and weight gain after 7 days with the 0.86% calcium level. Greater food consumption in the period from 7 to 14 days and a better cost and economic remuneration with the level of 0.86%. **CONCLUSION:** it is concluded that reducing the level of calcium (0.86%) in the diet maintains the productive response and improves the cost of feeding and the margin on said cost.

Keywords: chicks, diet, calcium, ash, live weight.

I. INTRODUCCION

Las líneas genéticas actuales de pollos de engorde modernos tienen un gran potencial de crecimiento, sin embargo, para que expresen una buena respuesta se le debe dar las condiciones adecuadas. Debido a esta mejora, los requerimientos nutricionales de estas líneas genéticas han variado, por lo que deben ser reevaluados. Entre estos nutrientes se tiene el calcio, que tiene diferentes funciones fisiológicas y metabólicas en el pollo. Una fuente principal de calcio es el carbonato de calcio. El carbonato de calcio aporta con 35-38% de calcio y el restante (62-65%) es carbonato con características altamente alcalinas por su alta capacidad buffer (ABC), lo que afecta las condiciones del medio gastrointestinal, especialmente el buche, proventrículo, molleja e intestino, afectando negativamente la actividad enzimática que digiere los alimentos. Se ha podido identificar que los niveles de calcio que se utilizan en las dietas a nivel comercial son altos (>1.0%) y que podrían estar afectando la respuesta de los pollitos. La fase inicial de 0 a 21 días de edad es clave en el desempeño posterior de los pollos de engorde, por lo que es necesario prestarle la atención requerida.

Hay resultados de estudios preliminares tanto en pollitos como en pollitas donde indican que con niveles menores de calcio en la dieta no se afecta negativamente la respuesta productiva y contenido de ceniza a nivel de huesos, por lo que esta referencia debería ser probada.

Las fuentes inorgánicas de calcio reemplazan a otros ingredientes en la dieta, el exceso de calcio en la dieta interfiere con la disponibilidad de otros minerales, incluidos el fósforo, el magnesio, el manganeso y el zinc, según NRC (1), lo que implica que un exceso de estas fuentes reduce el espacio en la fórmula para incluir otros nutrientes.

En los años 1984 y 1994 el índice de conversión era mayor a 2, por lo que se requería un mayor consumo de alimento y calcio en la dieta. Hoy en día la conversión es de 1.528 en la línea COBB 500 (2), consecuentemente un menor consumo de alimento y calcio. Esta referencia nos indica que es necesario reevaluar los requerimientos de calcio, ya que como ha cambiado la conversión, es probable que la necesidad de calcio también cambie.

Las ingestas reales de Ca probablemente estén al menos un 20% por debajo de las recomendaciones (3).

Además, altos niveles de calcio pueden reducir el valor energético de la dieta al quelar una parte de la fracción lipídica disponible, lo que hace que algunos lípidos no estén disponibles para la absorción (4,5).

Los resultados de un estudio de Li *et al.* (6), indicaron que el desarrollo óseo y los parámetros de utilización metabólica de Ca o P de los pollos de engorde fueron los más sensibles a la deficiencia

de P en la dieta, seguidos por la deficiencia de Ca en la dieta o las deficiencias de Ca y P. La deficiencia de Ca o P en la dieta perjudicó el desarrollo óseo al regular los parámetros de utilización metabólica de Ca o P relacionados de los pollos de engorde.

Las recomendaciones del nivel de calcio en la fase inicial (0-12 días de edad) es de 0.96% y en la fase de 13-28 días es de 0.80% de calcio en la dieta para pollos medianos y grandes (>50 días) y para pollos pequeños (>29 días) es de 0.96% (0-8 días) y 0.80% (9-18 días) (Guía COBB 500, 2022). Las recomendaciones de los niveles de calcio según la guía del NRC 1984 y 1994 (7, 1) son 1.00, 0.90 y 0.80% para los alimentos de inicio (0 a 21 d), crecimiento (21 a 42 d) y finalización (42 a 56 d), respectivamente.

La relación Ca: NPP en las dietas de las aves juega un papel importante tanto en la absorción como en la utilización de Ca y P, especialmente si la dieta tiene niveles mínimos de inclusión de ambos minerales (8).

Los pollos de engorde de rápido crecimiento son más susceptibles a las anomalías del desarrollo óseo que resultan del suministro inadecuado de minerales, especialmente la deficiencia de Ca o P (9).

La deficiencia de Ca o P en la dieta podría cambiar primero los parámetros de utilización metabólica de Ca o P y luego influir en el desarrollo óseo de los pollos de engorde (6).

El estudio de Li et al. (6) indica que la deficiencia de P en la dieta perjudicó el desarrollo óseo al aumentar el contenido sérico de Ca y la actividad de la fosfatasa alcalina (ALP) de la tibia, pero disminuyó el contenido sérico de P, 25-OHD3 y el contenido de Ca y P de las cenizas de la tibia de los pollos de engorde. La deficiencia de Ca en la dieta perjudicó el desarrollo óseo al aumentar el contenido de Ca en suero, la actividad de ALP en la tibia y el contenido de P en las cenizas de la tibia, pero disminuyó el contenido de P en el suero, el contenido de 25-OHD3 y el contenido de Ca en las cenizas de la tibia de los pollos de engorde.

A nivel local, en la unidad experimental de pollitas de levante y el laboratorio de investigación en nutrición R & d de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", Salvador *et al.* (10) plantearon la hipótesis que se puede reducir el nivel de calcio sin afectar la respuesta productiva de las pollitas de reemplazo para postura, para lo que diseñaron un estudio con el objetivo fue determinar el efecto de la reducción del calcio dietario sobre indicadores productivos y ceniza de tibia en la fase pre inicial de pollitas de reemplazo. Se utilizaron 504 pollitas de la línea LOHMANN Brown de 1 día de edad, distribuidos bajo un diseño completo al azar. Los niveles de calcio: 0.65, 0.85 y 1.05% con 4 repeticiones. Se evaluaron el peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia, longitud del metatarso y % de ceniza de tibia. Se utilizó el procedimiento GLM de SAS v 9.4 para los análisis estadísticos. Los niveles de

calcio no afectaron ($P>0.05$) los indicadores productivos. El peso a los 7 días fue: 68.72, 68.58 y 68.69 g/pollita, la longitud del metatarso: 34, 33 y 34.5 mm y el contenido de ceniza de tibia: 57.16, 57 y 56.30% para los niveles de 0.65%, 0.85 y 1.05% de calcio. El pH de la dieta fue reducido con el menor nivel de calcio. Los investigadores concluyeron que es posible reducir los niveles de calcio en la dieta pre inicial hasta 0.65%, sin afectar la respuesta productiva, además permite reducir el carbonato de calcio y crear espacio en la fórmula para mejorar densidad nutricional y reducir el pH de la dieta en pollitas de reemplazo de postura, que bajo condiciones comerciales sería de gran utilidad en la gestión nutricional.

Driven *et al.* (3) realizaron dos experimentos para examinar los requerimientos de calcio de pollos de engorde alimentados con dietas de harina de maíz y soya. El experimento 1 utilizó un arreglo factorial de $6 \times 2 \times 2$ y se realizó con pollos de engorde en corrales de piso durante la fase de crecimiento (19 a 42 d). Las dietas se mezclaron con 6 niveles de Ca dietético (0,325, 0,4, 0,475, 0,55, 0,625 y 0,9%) y 17 o 23% de proteína cruda (PC) y se alimentaron a machos y hembras por separado. El experimento 2 fue un diseño factorial 6×2 realizado con criadoras de batería Petersime durante la fase inicial (0 a 16 días). Los mismos 6 niveles de Ca en la dieta utilizados en el experimento 1 se administraron por separado a cada sexo, pero solo al nivel del 23 % de PC. Las dietas utilizadas en ambos experimentos se formularon para contener un 0,45 % de fósforo sin fitina. En el experimento 1, los pollos de engorde no demostraron una ganancia significativa de peso corporal (BWG) o una respuesta de índice de conversión alimenticia (FCR) (g de alimento por g de ganancia) a los diferentes niveles de Ca en cualquier nivel de proteína. El porcentaje de ceniza de tibia no respondió al aumento de los niveles de Ca más allá del 0,625 % de Ca en ninguno de los niveles de proteína. En el experimento 2, BWG aumentó linealmente hasta 0,55 y 0,625% de Ca en la dieta para machos y hembras, respectivamente. La tasa de conversión alimenticia disminuyó linealmente con el aumento de Ca en la dieta hasta 0,625% Ca, y la ceniza de tibia fue más alta con 0,9% Ca para ambos sexos. Estos resultados sugieren que los requerimientos actuales de Ca del NRC para el iniciador de pollos de engorde (1,0 %) son suficientes para obtener el máximo de ceniza de hueso, pero que los requerimientos de Ca para las aves de engorde (0,9 %) pueden ser excesivos para obtener BWG, FCR y ceniza de tibia óptimos.

Los resultados de este estudio generaran información actualizada sobre niveles de calcio adecuado en la fase inicial de pollitos de engorde que se difundirá para conocimiento técnico y que sea aprovechado por la industria avícola local y nacional.

Los nuevos aportes de conocimiento sobre el tema de niveles de calcio en la fase inicial de pollitos de engorde, a través de este estudio, contribuirán al conocimiento científico y que deberá ser publicada en revista científicas.

La reevaluación de los niveles adecuados de calcio en la dieta en la fase inicial de pollitos de engorde tiene un impacto económico, productivo, sanitario y ambiental. Una reducción del nivel de calcio en la dieta sin afectar la respuesta productiva va a crear espacio en la dieta para incluir otros nutrientes de mejora de respuesta, así como se crean las condiciones adecuadas a nivel del tracto gastrointestinal lo que favorecerá la productividad y mejor margen económico. Desde el punto de vista ambiental, una reducción en la excreción de calcio al ambiente contribuirá a la sostenibilidad del ambiente, a través de reducir la contaminación con minerales como el calcio.

Reducir la cantidad de calcio en la dieta de los pollos de engorde puede mejorar el rendimiento y aumentar la rentabilidad; sin embargo, esto no debería ser a expensas de mayores problemas en las piernas (3), por lo que en este estudio se evaluará el contenido de ceniza ósea (tibia) que servirá como indicador para determinar si es afectado o no.

Los niveles adecuados de Ca y P en las dietas, así como una relación Ca/P de 1,8 a 2:1, son cruciales para su retención por parte de los pollos de engorde (11, 12).

La cantidad de calcio en la dieta tiene importantes implicaciones económicas (3).

La información generada a través de los resultados de este estudio proporcionará las bases científicas que servirán para monitorear y gestionar la homeostasis de calcio en los pollitos en la fase inicial.

Una variedad de factores, como 25-OHD₃ y ALP, podrían regular la utilización metabólica de Ca y P y la homeostasis en suero y hueso de animales. Como metabolito de la vitamina D₃, el 25-OHD₃ participa en la absorción y utilización de Ca y P y, por lo tanto, se requiere para la mineralización adecuada de los huesos y la cáscara de huevo en los pollos (6).

De acuerdo a las Tablas de Brasil (13), el requerimiento de calcio en los pollos de engorde Machos de Desempeño Regular-Medio y Medio-Superior en la fase inicial es 1.006% de 0 a 7 días de edad.

Para el presente estudio se planteamos la hipótesis que la reducción del nivel de calcio total en la dieta no afecta la respuesta productiva y contenido de ceniza ósea de pollitos de engorde macho en la fase inicial de 0 a 21 días de edad, por lo que para probar esta hipótesis se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la respuesta productiva, peso relativo de órganos, contenido de ceniza ósea y margen sobre costo de alimentación de pollitos de engorde macho en la fase inicial de 0 a 21 días de edad.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Nivel de investigación:

Investigación aplicada

2.2. Tipo de investigación:

Investigación experimental

2.3. Periodo de duración del experimento:

La investigación total comprendió un periodo de adaptación, fase del experimento (21 días) procesamiento de datos, análisis estadístico y elaboración del informe final, de acuerdo con la normativa vigente que debe considerar 4 meses como mínimo.

Inicio de la investigación: septiembre del 2022

Término de la investigación: diciembre del 2022

2.4. Lugar y fecha de ejecución

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad de investigación experimental en fase inicial de pollitos y el Laboratorio de Investigación en Nutrición R & D de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” - ICA – Ex - Fundo Hijaya Chincha – Ica – Perú.

2.5. Localización geográfica y meteorológica

La ciudad de Chincha está ubicada a 188 kilómetros al sur de Lima, sobre los 94 m s. n. m. Con una latitud de 13°27'00'' S y longitud de 76°08'00'' O. Una temperatura mínima promedio de 19.25°C y temperatura máxima promedio de 26.95°C. Humedad relativa mínimo promedio de 58.75 % y humedad relativa máxima promedio de 93.25 % (Estación Meteorológica de Chincha, FONAGRO (15).

2.6. Materiales y equipos

a. Instalaciones y jaulas

Las jaulas experimentales tipo batería utilizadas son unidades hechas de acero inoxidable que han sido diseñadas especialmente para las pruebas en la fase inicial de pollitos BB. El material para cada casillero es malla metálica de material de acero inoxidable. Cada uno de los casilleros que representó como unidad experimental tienen sus implementos como bebederos, comederos, calefacción, luz y otros componentes individuales para el confort y bienestar de las aves en experimentación.

b. Tamaño de muestra de pollitos

Se utilizaron 84 pollitos BB de la línea genética COB 500 de sexo macho. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó utilizando el software GRAMNO- 2022 (14):

Dónde:

$Z\alpha$ = valor de Z correspondiente al riesgo α fijado = 0.05 (1.645);

$Z\beta$ = valor de Z correspondiente al riesgo β fijado = 0.20 (0.842);

S = desviación estándar (*) = ± 2.5 (peso del pollito)

(*) = El valor referencial de desviación estándar de la variable peso de pollito a los 21 días de edad se obtuvo de un estudio previo en el galpón experimental (2022).

d = valor mínimo de la diferencia en el peso vivo del pollito que se desea detectar = 4

Proporción prevista de pérdidas de seguimiento = 10%

Tipo de contraste bilateral

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 10 unidades en cada grupo para detectar una diferencia mínima de 4 entre dos grupos, asumiendo que existen 3 grupos y una desviación estándar de 2.5. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 10%.

Según el resultado se precisa de 10 pollitos por tratamiento y 30 pollitos BB en total. Se aumentó a 28 pollitos por grupo o tratamiento, haciendo un total de 84 pollitos.

2.7. Alimentación y formulación de las dietas

Se formularon tres dietas en base a tres niveles de calcio en la dieta (anexo) para el periodo de 0 a 14 días y 3 dietas para el periodo de 14 a 21 días de edad. Las especificaciones de los requerimientos energéticos y nutricionales fueron tomadas de las recomendaciones de la línea genética COBB 500.

Para la elaboración de las fórmulas de la dieta balanceada se utilizó el Software de formulación Animal Feed Optimization Software - AFOS, 2022 (16) y el LP máxima rentabilidad (17).

Definición teórica de la dieta:

Dieta 1: es una dieta con nivel de 0.76% de calcio en fase de 0 a 7 días y luego baja a 0.60% de 8 a 21 días.

Dieta 2: es una dieta con nivel de 0.86% de calcio en fase de 0 a 7 días y luego baja a 0.70% de 8 a 21 días.

Dieta 3: es una dieta con nivel de 0.96% de calcio en fase de 0 a 7 días y luego baja a 0.80% de 8 a 21 días, de acuerdo con la línea genética utilizada

La alimentación fue *ad libitum* de acuerdo con la evaluación previa (preexperimental) y la recomendación de la línea genética.

2.8. Programa sanitario y de manejo

Todas las aves en prueba recibieron un programa sanitario, alimentación, manejo y condiciones ambientales similares, siguiendo los protocolos que normalmente se emplean bajo las condiciones de granja.

2.9. Técnicas e instrumentos de la recolección de información

a. Observación: desde el inicio del experimento todas las unidades experimentales estuvieron bajo observación para verificar que se cumpla con el plan establecido. Se observó el consumo de alimento, ventilación del ambiente, estado sanitario de las aves, temperatura del galpón, características de las heces, mortalidad entre otros factores.

b. Registros: todos los datos que corresponde a las variables dependientes en estudio como es el consumo de alimento, peso vivo, mortalidad, etc., fueron registrados.

c. Hojas de cálculo de Excel: se utilizó las hojas de cálculo de Excel para efectos de estimar y calcular los indicadores de los datos primarios como por ejemplo consumo de alimento semanal y diario, índice de conversión alimenticia, conversión calórica, ganancia de peso.

d. Tablet: este dispositivo fue utilizado para registrar, almacenar y realizar los cálculos de los datos tabulados.

2.10. Tratamientos experimentales:

T-1: Dieta con 0.76/0.60% de calcio total

T-2: Dieta con 0.86/0.70% de calcio total

T-3: Dieta con 0.96/0.80% de calcio total

2.11. Diseño estadístico de la investigación:

Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente siguiendo el protocolo de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, obteniendo 12 unidades experimentales.

2.12. Modelo matemático

Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 3$ tratamientos

$j = 4$ repeticiones

$Y_{ij} =$ Observación individual

μ = Promedio general

α_i = Efecto del nivel de calcio

β_j = Efecto del bloque

ϵ_{ij} = error aleatorio

2.13. Variables de evaluación:

Variable independiente

Niveles de calcio en la dieta de pollitos en la fase inicial de 0-21 días de edad

Variables dependientes

a. Peso vivo de los pollitos:

Se pesaron (g) los pollitos BB individualmente con el uso de una balanza electrónica de 2 decimales a los 0, 7, 14 y 21 días de edad.

b. Ganancia de peso vivo

En base al peso vivo de cada semana se calculó la ganancia de peso (g/pollito)

c. Consumo de alimento

Se calculó el consumo de alimento en base a la cantidad ofrecida diariamente y el alimento sobrante cada semana.

d. Índice de conversión alimenticia

Es el cálculo o relación del consumo de alimento entre el peso vivo semanal (relativo)

e. Relación de eficiencia proteica (PER)

Es la relación entre la ganancia de peso y el consumo de proteína semanal del pollito

f. Índice de conversión calórica (Eficiencia energética cuantitativa)

Es la relación entre el consumo de energía metabolizable y la ganancia de peso vivo semanal del pollito

g. Peso relativo de órganos

Es la relación del peso de órganos (molleja, hígado, bazo) y el peso vivo del pollito al inicio y al final del estudio (g/100 g de peso vivo).

h. Ceniza ósea (%)

Es la determinación del contenido de ceniza de la tibia al inicio y al final del experimento.

i. Costo de alimentación

Es el costo de la alimentación por cada kg de ganancia de peso (S/Kg)

j. Margen sobre costo de alimentación

Es el cálculo del margen bruto en base al costo de alimentación y el precio de venta por Kg de ganancia de peso.

k. Retribución económica (%)

Se refiere al porcentaje del margen bruto en comparación a los otros tratamientos

Análisis estadístico

Los datos de las variables cuantitativas fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía (one-way), utilizando el procedimiento GLM del software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2022, v. 9.4) (18). Las variables no paramétricas fueron analizadas con la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.

Cada réplica se consideró como una unidad experimental para todos los análisis. Los análisis de Supuestos estadísticos, como la homocedasticidad y la normalidad (valores numéricos de la variable dependiente siguen una distribución o curva normal) y los valores atípicos se verificaron antes del análisis. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene de los procedimientos UNIVARIATE y GLM de SAS, respectivamente (19).

Se realizaron análisis de comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey para evaluar la diferencia entre los promedios cuando se encontró diferencias estadísticas significativas (19).

La significación estadística y las tendencias se consideraron en $P \leq 0.05$ y $0.05 < P \leq 0.10$, respectivamente.

III. RESULTADOS

3.1. Peso vivo y ganancia de peso

En la tabla 1 se muestran los resultados de los pesos vivos promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). Los pesos vivos a los 7 días de edad fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). Los pollitos que consumieron la dieta con 0.86% de calcio obtuvieron el más alto peso comparado al nivel de 0.76% de calcio que lograron el más bajo peso vivo. Los pesos vivos a los 14 días no fueron afectados significativamente ($P > 0.05$) y mostraron tendencia estadística ($P = 0.078$) a favor del nivel con 0.86%. Los pesos vivos a los 21 días de edad no fueron afectados significativamente ($P > 0.05$)

Tabla 1: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso vivo (PV) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	PV	PV	PV	PV
	(0 días) (g/pollito)	(7 días) (g/pollito)	(14 días) (g/pollito)	(21 días) (g/pollito)
0.76 % Ca	43.73 \pm 0.55	185.94 ^b \pm 13	532.37 \pm 21.1	1082.39 \pm 30
0.86 % Ca	43.46 \pm 0.45	209.53 ^a \pm 7.0	584.62 \pm 19.7	1169.21 \pm 63
0.96 % Ca	43.39 \pm 0.20	208.55 ^{ab} \pm 4.5	563.13 \pm 27.9	1115.71 \pm 55
P-value	0.4917 ^{NS}	0.0328	0.0788 ^{NS}	0.1920 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); $P < 0.05$ = diferencia significativa

En la tabla 2 se muestran los resultados de la ganancia de pesos vivos promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). Las ganancias de pesos vivos a los 7 días de edad fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). Los pollitos que consumieron la dieta con 0.86% y 0.96% de calcio obtuvieron la mejor ganancia de peso comparado al nivel de 0.76% de calcio que lograron la más baja ganancia de peso vivo. Las ganancias de pesos vivos de 7 a 14, 14 a 21 y 0 a 21 días no fueron afectadas significativamente ($P > 0.05$).

Tabla 2: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la ganancia de peso vivo (GPV) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	GPV	GPV	GPV	GPV
	(0-7 días) (g/pollito)	(7-14 días) (g/pollito)	(14-21 días) (g/pollito)	(0-21 días) (g/pollito)
0.76 % Ca	142.21 ^b \pm 13.5	346.42 \pm 10.6	550.02 \pm 20.8	1038.66 \pm 30
0.86 % Ca	166.06 ^a \pm 6.7	375.09 \pm 17.8	584.58 \pm 45.0	1125.74 \pm 63
0.96 % Ca	165.16 ^a \pm 4.4	354.07 \pm 26.2	552.58 \pm 29.9	1072.32 \pm 55
P-value	0.0277	0.2240 ^{NS}	0.4098 ^{NS}	0.1901 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); $P < 0.05$ = diferencia significativa

3.2. Consumo de alimento y conversión alimenticia

En la tabla 3 se muestran los resultados de los consumos de alimento promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). El consumo de alimento a los 7 días de edad fue estadísticamente similar ($P > 0.05$) y mostraron una tendencia estadística ($P = 0.0637$) a favor del nivel de 0.86% de calcio. En el periodo de 7 a 14 días de edad hubo efecto significativo ($P < 0.05$), donde el nivel con 0.86% de calcio logro el mayor consumo de alimento. En el periodo de 14 a 21 y 0 a 21 días de edad no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$).

Tabla 3: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el consumo de alimento (CA) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	CA	CA	CA	CA
	(0-7 días)	(7-14 días)	(14-21 días)	(0-21 días)
	(g/pollito)	(g/pollito)	(g/pollito)	(g/pollito)
0.76 % Ca	178.32 \pm 11.4	406.85 ^b \pm 8.9	735.00 \pm 33	1320.17 \pm 43
0.86 % Ca	188.71 \pm 12.9	438.89 ^a \pm 24.5	735.00 \pm 25	1362.60 \pm 33
0.96 % Ca	186.78 \pm 15.3	402.70 ^b \pm 11.3	751.35 \pm 28	1340.85 \pm 27
P-value	0.0637	0.0038	0.7147 ^{NS}	0.2395 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); $P < 0.05$ = diferencia significativa

En la tabla 4 se muestran los resultados de los índices de conversión alimenticia promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). No se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$) a los 7, 14 y 21 días de edad.

Tabla 4: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el índice de conversión alimenticia (ICA) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	ICA	ICA	ICA
	(7 días)	(14 días)	(21 días)
	(Kg/Kg)	(Kg/Kg)	(Kg/Kg)
0.76 % Ca	0.96 \pm 0.09	1.10 \pm 0.041	1.21 \pm 0.025
0.86 % Ca	0.90 \pm 0.06	1.07 \pm 0.045	1.16 \pm 0.048
0.96 % Ca	0.89 \pm 0.06	1.04 \pm 0.40	1.20 \pm 0.075
P-value	0.2446 ^{NS}	0.4076 ^{NS}	0.4838 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS)

3.3. Relación de eficiencia proteica y conversión calórica

En la tabla 5 se muestran los resultados de las eficiencias de relación proteica promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). No se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$) en los periodos de 0 a 7, 7 a 14, 14 a 21 y 0 a 21 días de edad.

Tabla 5: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la relación de eficiencia proteica (PER) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	PER	PER	PER	PER
	(0-7 días)	(7-14 días)	(14-21 días)	(0-21 días)
	(g/g)	(g/g)	(g/g)	(g/g)
0.76 % Ca	3.63 \pm 0.43	3.87 \pm 0.07	3.60 \pm 0.11	3.69 \pm 0.07
0.86 % Ca	4.01 \pm 0.28	3.88 \pm 0.16	3.88 \pm 0.19	3.90 \pm 0.17
0.96 % Ca	4.03 \pm 0.32	4.00 \pm 0.35	3.66 \pm 0.29	3.81 \pm 0.23
P-value	0.1618 ^{NS}	0.6877 ^{NS}	0.2547 ^{NS}	0.3607 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS)

En la tabla 6 se muestran los resultados de las conversiones calóricas promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). No se encontraron efectos significativos ($P > 0.05$) en los periodos de 0 a 7, 7 a 14, 14 a 21 y 0 a 21 días de edad.

Tabla 6: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre la conversión calórica (CC) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	CC	CC	CC	CC
	(0-7 días)	(7-14 días)	(14-21 días)	(0-21 días)
	(Mcal/Kg)	(Mcal/Kg)	(Mcal/Kg)	(Mcal/Kg)
0.76 % Ca	3.72 \pm 0.426	3.46 \pm 0.06	4.00 \pm 0.13	3.78 \pm 0.08
0.86 % Ca	3.35 \pm 0.240	3.45 \pm 0.14	3.78 \pm 0.18	3.60 \pm 0.15
0.96 % Ca	3.33 \pm 0.249	3.36 \pm 0.31	4.09 \pm 0.35	3.73 \pm 0.24
P-value	0.1370 ^{NS}	0.7681 ^{NS}	0.2856 ^{NS}	0.4616 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS)

3.4. Pesos relativos de órganos

En la tabla 7 se muestran los resultados de los pesos relativos de molleja promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) al final del estudio

Tabla 7: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de molleja (PRM) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	PRM	PRM
	(0 días)	(21 días)
	(g/100g PV)	(g/100 g PV)
0.76 % Ca	5.62 \pm 0.38	1.55 \pm 0.15
0.86 % Ca	6.87 \pm 1.47	1.52 \pm 0.08
0.96 % Ca	5.62 \pm 0.64	1.64 \pm 0.05
P-value	0.1122 ^{NS}	0.3450 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); PV=peso vivo

En la tabla 8 se muestran los resultados de los pesos relativos de hígado promedios y su desviación estándar ($\bar{x} \pm$). No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) al final del estudio

Tabla 8: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de hígado (PRH) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	PRH	PRH
	(0 días)	(21 días)
	(g/100g PV)	(g/100 g PV)
0.76 % Ca	2.97 \pm 0.27	2.32 \pm 0.16
0.86 % Ca	2.66 \pm 0.51	2.48 \pm 0.28
0.96 % Ca	2.91 \pm 0.20	2.50 \pm 0.22
P-value	0.5110 ^{NS}	0.6156 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); PV=peso vivo

En la tabla 8 se muestran los resultados de los pesos relativos de bazo promedios y su desviación estándar ($\bar{X} \pm$). No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) al final del estudio

Tabla 9: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de bazo (PRB) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	PRB	PRB
	(0 días)	(21 días)
	(g/100g PV)	(g/100 g PV)
0.76 % Ca	0.171 \pm 0.26	0.144 \pm 0.13
0.86 % Ca	0.074 \pm 0.05	0.065 \pm 0.02
0.96 % Ca	0.101 \pm 0.10	0.090 \pm 0.011
P-value	0.4759 ^{NS}	0.3239 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); PV=peso vivo

3.5. Peso relativo de ceniza de tibia

En la tabla 10 se muestran los resultados de los pesos relativos de ceniza de tibia promedios y su desviación estándar ($\bar{X} \pm$). No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) al final del estudio

Tabla 10: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el peso relativo de ceniza de la tibia (PRCT) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	PRCT	PRCT
	(0 días)	(21 días)
	(g/100g PV)	(g/100 g PV)
0.76 % Ca	42.32 \pm 1.68	48.25 \pm 0.78
0.86 % Ca	42.56 \pm 2.57	47.88 \pm 1.64
0.96 % Ca	42.25 \pm 3.35	47.17 \pm 1.52
P-value	0.9831 ^{NS}	0.6437 ^{NS}

$P > 0.05$ = diferencia no significativa (NS); PV=peso vivo

3.6. Evaluación económica

En la tabla 11 se muestra que el nivel con 0.86% de calcio logró el más bajo costo de alimentación por Kg de ganancia de peso (S/kg), el mayor margen sobre costo de alimentación (S/) y mejor retribución económica (%).

Tabla 11: Efecto de la reducción del nivel de calcio en la dieta sobre el costo de alimentación (CA), margen sobre costo de alimentación (MSCA) y retribución económica (RE) de pollitos en la fase inicial

Tratamientos	CA (0-21 días) (S/Kg)	MSCA (0-21 días) (S/)	RE (0-21 días) (%)
0.76 % Ca	3.041	4.228	84.97
0.86 % Ca	2.903	4.976	100.00
0.96 % Ca	3.00	4.505	90.52
P-value			

Precio alimento (S/Kg): T-1: S/ 2.424; T-2: S/2.4249; T-3: S/2.4258

Precio venta de pollo (S/Kg): S/ 7.00

IV. DISCUSION

Las líneas genéticas modernas de pollos de engorde han mejorado grandemente su potencial genético y se requieren hacer evaluaciones constantes de nutrientes principales como el calcio para optimizar la respuesta productiva. En este tema, lo ideal sería considerar el concepto de calcio digestible que es de mayor precisión, sin embargo, aún no existe información suficiente en la literatura científica, por lo que este estudio se realizó en base a calcio total en la dieta. Si bien las tablas nutricionales de las líneas genéticas recomiendan un nivel de alrededor de 1% de calcio en la dieta en la fase inicial de pollitos es necesario hacer reevaluaciones de calcio en las líneas modernas de pollos de engorde y especialmente en la fase inicial. El presente estudio fue diseñado para evaluar la reducción del nivel calcio en la dieta y ver su efecto sobre la respuesta productiva en la fase inicial de 0 a 21 días de edad. La reducción del nivel de calcio en la dieta es una estrategia nutricional que puede tener muchas ventajas, una de ellas es mejorar la eficiencia de utilización del fosforo y del calcio de la dieta.

El fundamento de evaluar dietas con una reducción de niveles de calcio es que la fuente principal de calcio es el carbonato de calcio cuyo contenido de calcio es de 40% (puro) y que dependiendo de la pureza de las fuentes según análisis este nivel fluctúa entre 33 a 38% y el restante es carbonato (62 a 67%) lo que le da la condición de alcalino. En la fase inicial de 0 a 21 días de edad se debe dar una dieta con un pH ácido (5 – 5.5) para mantener inalterado el pH de los órganos anteriores del tractogastrointestinal como son el buche, proventrículo y molleja y mantener en balance la microbiota en dichos órganos ya que tiene un impacto grande sobre la digestión y salud intestinal. Dar un nivel alto de calcio implica mayor contenido de carbonato lo que puede afectar el pH de estos órganos.

En nuestro estudio el nivel de 0.86% de calcio logró significativamente ($P < 0.05$) el mayor peso vivo y ganancia de peso a los 7 días de edad y un menor peso vivo y ganancia de peso con el nivel de 0.76% de calcio. Este resultado es diferente al comparar con el estudio de Mansilla *et al.* (20), quienes con un nivel de 0.6% Ca en la dieta de pre-inicio de pollitos de engorde mejoró el peso corporal y la conversión alimenticia de manera similar al tratamiento con 0.4% de Ca, sin afectar el contenido mineral de ceniza de tibia a los 4 días de edad.

Si bien existen diferentes factores que influyen en la respuesta, una explicación parcial de la mejora de peso en esta edad (7 días) podría deberse a una mejora en las condiciones del tracto gastrointestinal, especialmente a nivel de buche, proventrículo y molleja, lo que nos indica que para esa edad es suficiente este nivel de calcio (0.86%) y un aumento de este nivel podría afectar la respuesta a esta edad. En este sentido parte de la explicación de los resultados encontrados esta referido al efecto negativo del exceso de calcio en las dietas que se dan a continuación. Hay diferentes estudios que demuestran que un exceso de calcio en las dietas puede afectar la respuesta

fisiológica de los pollitos. Según Imari (21), el aumento del calcio en la dieta aumenta la excreción de fósforo en el estiércol de los pollos de engorde. El aumento del calcio de la dieta se une al fósforo de la dieta y forma fosfato tricálcico insoluble en el intestino delgado (22). Lo que puede conllevar a un aumento de pérdida de fosforo. Otro estudio indica que la excreción de fósforo aumentó cuando aumentó el calcio en la dieta (11).

El exceso de calcio en la dieta no solo afecta el fosforo, sino también está relacionado con la pérdida de otros minerales. El exceso de Ca en la dieta interfiere con la disponibilidad de otros minerales, incluidos fósforo, magnesio, manganeso y zinc (NRC, 1994). La excreción de oligoelementos aumentaba significativamente con mayores niveles de calcio en las dietas (23). La disminución de la disponibilidad de calcio y el aumento de la excreción de magnesio, zinc, manganeso y fósforo a menudo se asocian con un aumento de calcio en la dieta (24, 25).

El aumento del calcio en la dieta perjudica la digestión y la absorción mediante la formación de elementos insolubles en el tracto intestinal, lo que disminuye la utilización de nutrientes como el fósforo (26).

La cantidad de Ca en la dieta tiene importantes implicaciones económicas. Aparte del hecho de que las fuentes inorgánicas de Ca reemplazan a otros ingredientes de la dieta. Disminuir la cantidad de Ca en la dieta de los pollos de engorde puede mejorar el rendimiento y aumentar la rentabilidad (3), esto es de interés en la formulación de las dietas porque permite un mayor espacio para incluir o aumentar niveles de ingredientes importantes.

Los niveles altos de Ca pueden reducir el valor energético de la dieta al quelar una porción de la fracción lipídica disponible, haciendo así que algunos lípidos no estén disponibles para la absorción (4, 5).

En nuestro estudio se encontró un aumento significativo ($P < 0.05$) del consumo de alimento en el periodo de 7 a 14 días de edad, sin embargo, no fue suficiente para lograr una mejora significativa de la ganancia de peso vivo en este periodo. Este mayor consumo de alimento podría deberse a la mejora de la palatabilidad de la dieta por la reducción de la fuente de calcio (carbonato de calcio) que es una fuente alcalina.

Las variables de respuesta productiva como conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, conversión calórica, así como el peso relativo de molleja, hígado, bazo y ceniza de tibia no fueron afectados significativamente ($P > 0.05$). Esta información generada es muy importante ya que nos indica que para mantener la respuesta de las variables mencionadas es suficiente trabajar con los niveles de calcio reducido a 0.76% en el periodo de 0 a 14 días de edad y de 0.60% en el periodo de 14 a 21 días de edad. Se esperaba que con las dietas de mayor reducción en calcio podría afectar negativamente esta respuesta, pero no fue el caso. Si bien estos resultados

son satisfactorios, sin embargo, se deben realizar pruebas adicionales para validar a nivel de campo, ya que la respuesta puede ser diferente bajo las condiciones comerciales donde existen diferentes desafíos. En esta línea, se demuestra que el requerimiento de calcio en la fase inicial es variable y podría ser mas bajo de lo que se recomienda en las principales líneas genéticas de pollos de engorde.

Al respecto, según David *et al.* (27) indican que determinar un requerimiento óptimo de Ca es difícil por varias razones. Muchos factores interrelacionados influyen en el requerimiento mínimo de Ca y P, Ca y vitamina D se encuentran entre los factores examinados con mayor frecuencia. El fitato y la fitasa microbiana son incorporaciones recientes a esta lista. De estos, el P es el primer factor a considerar en un diseño experimental básico, especialmente porque el requerimiento de Ca puede variar en un rango de ingestas dietéticas de P. Quizás sea necesario considerar el concepto de una gama estrecha de valores, en lugar de un valor fijo, como componente de cualquier recomendación. Un enigma adicional es que es difícil responder con precisión a la pregunta sobre el requerimiento de Ca digestible cuando el estado de conocimiento sobre el requerimiento de P digestible sigue siendo insatisfactorio.

Según las fórmulas elaboradas en el presente estudio, el nivel de P disponible fue de 0.48% en todas las dietas de 0 a 14 días y de 0.40% de 14 a 21 días de edad, mientras que los niveles de P digestible fueron de 0.44% y de 0.38% en todas las dietas de 0 a 14 y de 14 a 21 días de edad respectivamente, lo que indica que fueron valores fijos ante las variaciones de calcio en las dietas.

Un factor que influye sobre la utilización de calcio y/o fosforo en las aves es la relación calcio/fosforo en la dieta, que debe ser considerado. En las dietas comerciales para pollos de engorde se mantiene una proporción de Ca total a P disponible de 2:1 (28).

Tanto el calcio como el fosforo están participando ya sea estructuralmente o en funciones de manera conjunta, por lo que un balance entre estos es de importancia. El exceso o la deficiencia de ya sea del calcio o fosforo puede conducir a una utilización reducida del otro (29).

En nuestro estudio, esta relación Ca total a P disponible fue variable en las tres dietas, siendo de 1.58, 1.79 y 2.0 en el periodo de 0 a 14 días y de 1.50, 1.75, 2.0 en el periodo de 14 a 21 días de edad para las tres dietas respectivamente. Esto indicaría la capacidad de adaptación que tienen los pollitos ante diferentes niveles y relaciones de Ca total a P disponible.

Por otro lado, en términos de precisión sería conveniente utilizar el concepto de calcio digestible. Sin embargo, casi no existen estudios con calcio digestible en pollos de engorde en la fase inicial, hay una recomendación sobre requerimiento de calcio digestible son pollos reportada por Angel (30), Aquí se propone que los requerimientos de Ca digestible y P digestible para pollos de

engorde de 0 a 10 días de edad fueran 6.1 y 5.3 g/k, respectivamente, lo que corresponde a una relación de Ca digerible a P digerible de 1.15 (30, 31).

Un estudio de David *et al.* (32) determinaron los requerimientos de calcio (Ca) y fósforo (P) digestible de pollos de engorde de 10 días de edad, demostraron que el rendimiento del crecimiento, la mineralización ósea y la utilización de Ca y P de los iniciadores de pollos de engorde se optimizaron con una concentración de 5 g/kg de P digestible ileal estandarizado (SID P). La estimación de 5.0 g/kg SID P se compara estrechamente con la recomendación de Ross (2019) para el P disponible (4.8 g/kg). El rendimiento del crecimiento se vio afectado negativamente por concentraciones de SID Ca en la dieta superiores a 5 g/kg con una concentración de SID P de 5 g/kg o inferior. La SID Ca requerida para el máximo aumento de peso y mineralización ósea es 3.32 y 4.36 a 4.78, respectivamente, a 5 g/kg de SID P, que corresponden a proporciones SID Ca a SID P de 0.66 y 0.87 a 0.96, respectivamente. La recomendación de Ca de Ross (2019) (9.6 g/kg de Ca total o 4.4 g/kg de Ca SID) para los iniciadores de pollos de engorde es mayor que la estimación de este estudio (3.32 g/kg de Ca SID) para el aumento de peso. Sin embargo, la mineralización ósea se maximiza alrededor del requerimiento total de Ca de 8.9 a 9.8 g/kg (4.36-4.78 g/kg SID Ca). La mineralización ósea requiere más Ca que el rendimiento del crecimiento, lo que demuestra, que las aves utilizan Ca exclusivamente para la síntesis de tejidos óseos.

En este mismo estudio de David *et al.* (32) determinaron el coeficiente de digestibilidad ileal estandarizado (SIDC) del calcio y fosforo, encontrando que para las concentraciones de 3.3 a 5.5 g/Kg de calcio en la dieta el SIDC del calcio fue de 0.45 a 0.49 y que no fueron afectados significativamente por las concentraciones evaluadas. Sin embargo, el SIDC del fosforo si fue afectado significativamente por las concentraciones de calcio, encontrando valores desde 0.62 a 0.53 para las concentraciones de calcio de 3.3 a 5.5 g/Kg respectivamente, lo que indica que conforme aumenta la concentración de calcio el SIDC del fosforo disminuye significativamente. Este resultado es de interés y está en la línea de nuestro fundamento del presente estudio ya que con una reducción del nivel de calcio de 0.96% que indica la línea a 0.86% de calcio en la dieta se logró un mayor peso vivo a los 7 días y un mejor margen sobre costo de alimentación.

Bajo las condiciones de nuestro estudio, las concentraciones de ceniza de tibia a los 21 días de edad de los pollitos no fueron afectadas significativamente por los niveles de calcio en la dieta, encontrando valores desde 482.5, 478.8 y 471.7 g/Kg de ceniza en la tibia para las concentraciones de 0.76, 0.86 y 0.96% de calcio en la dieta. En el estudio de David *et al.* (32) se encontró que los niveles de SID de calcio (3.3 a 5.5 g/Kg) no afectaron significativamente los niveles de ceniza de tibia que oscilaron entre 377 a 387 g/Kg, sin embargo, si fue afectado por los niveles de SID de

fosforo, donde los niveles de ceniza aumentaban (de 342 a 403 g/Kg) conforme aumentaba el SID de fosforo (de 4 a 6 g/Kg) en pollitos de 10 días de edad.

La reducción del nivel de P en la dieta es posible si el nivel de Ca disminuye simultáneamente (33). debido a la menor propensión a los complejos Ca-fosfato y Ca-fitato en el tracto digestivo (34). Los pollos de engorde alimentados con dietas deficientes en Ca y P no fitato (nPP) durante una fase temprana de crecimiento (agotamiento) exhiben una mejor utilización de P y Ca y son capaces de compensar la mineralización ósea (33, 35).

Los pollos se adaptan a la restricción de P y Ca durante los primeros días de vida mejorando la eficiencia de utilización del P. La reducción del contenido de P y Ca en la dieta no tuvo impacto en el rendimiento del crecimiento. Las aves se adaptaron a una dieta baja en contenido de P y Ca aumentando su digestibilidad ileal aparente (AID) de P y Ca acompañado de la estimulación de la expresión del ARNm del transportador de Ca, CALB1. Esta adaptación pareció limitarse a la fase inicial para las aves que recibieron la dieta agotada (34).

Con lo que respecta a la evaluación económica se encontró que el nivel de calcio reducido a 0.86% fue el que logró el menor costo de alimentación (S/Kg) por ganancia de peso, mayor margen sobre costo de alimentación (S/) y consecuentemente mejor retribución económica (%). Este porcentaje de mejora es alto, alrededor de 15% comparado al nivel 0.76% y 9.48% comparado al nivel 0.96% de calcio en la dieta. Aunque este resultado debe ser tomado cuidadosamente a razón que las variables de interés no resultaron diferentes estadísticamente.

Algunas limitaciones del presente estudio están relacionado al sistema de crianza que se utilizó en la prueba que fue jaulas de tres niveles, mientras que en la industria avícola las crianzas se realizan en piso, por lo que es necesario tomar en cuenta para efectos de su aplicación practica comercial. Si bien las dietas fueron diseñadas para evaluar diferentes niveles de calcio, sin embargo, es probable que si se hubiese fijado una misma relación calcio total a P disponible en las tres dietas los resultados podrían cambiar y esto solo se comprobaría con estudio adicionales comparativos con diferentes relaciones y una sola relación.

V. CONCLUSIONES

- 1.1 Los niveles de calcio en la dieta afectaron significativamente el peso vivo y la ganancia de peso a los 7 días de edad. El nivel con 0.86% de calcio logro el mayor peso y ganancia de peso.
- 1.2 El consumo de alimento fue mayor significativamente para el grupo con 0.86% de calcio en el periodo de 7 a 14 días de edad.
- 1.3 Las eficiencias medidas como conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica y conversión calórica no fueron afectadas por los diferentes niveles de calcio en la dieta.
- 1.4 El peso relativo de la molleja, hígado y bazo no fueron afectados significativamente por los niveles de calcio.
- 1.5 Los niveles de ceniza de la tibia fueron estadísticamente similares
- 1.6 El costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y retribución económica fue mejor para el grupo con el nivel con 0.86% de calcio

VI. RECOMENDACIONES

- 1.7 Realizar evaluaciones sobre niveles de calcio en la dieta en las fases de crecimiento y acabado en pollos de engorde en fases separadas.
- 1.8 En futuras investigaciones considerar las relaciones calcio y fosforo digestible para medir su impacto en la respuesta productiva de pollos de engorde.
- 1.9 Realizar evaluaciones con dietas bajas en nivel de calcio en la fase inicial y suplementada con vitamina D.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. National Research Council. Nutrient requirements of Poultry. Ninth Revised Edition. National Academy Press. 1994. Washington, DC. <https://books.google.hn/books?id=bbV1FUqRcM0C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
2. COBB 500 broiler, performance & nutrition supplement, 2022. www.cobb_vantress.com
3. Driver JP, Pesti GM, Bakalli RI, Edwards HM. Calcium Requirements of the Modern Broiler Chicken as Influenced by Dietary Protein and Age. Poultry Science. 2005; 84:1629–1639. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1629>
4. Pepper WF, Slinger SJ, Motzok I. Effect of animal fat on the calcium and phosphorus requirements of chicks. Poult. Sci. 1955; 34:1216. (Abstr.)
5. Edwards HM, Dunahoo WS, Carmon JL, Fuller HL. Effect of protein, energy and fat content of the ration on calcium utilization. Poult. Sci. 1960; 39:1389–1394. <https://doi.org/10.3382/ps.0391389>
6. Li T, Xing, G, Shao Y, Zhang L, Li S, Lu L, Liu Z, Liao X, Luo X. Dietary calcium or phosphorus deficiency impairs the bone development by regulating related calcium or phosphorus metabolic utilization parameters of broilers. Poultry Science. 2020; 99:3207–3214. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.028>
7. National Research Council. Nutrient requirements of Poultry. Eighth Revised Edition. National Academy Press. 1984. Washington, DC.
8. Li, YC, Ledoux, DR, Veum TL, Raboy V, Ertl DS. Effects of low phytic acid corn on phosphorus utilization, performance, and bone mineralization in broiler chicks¹, Poultry Science. 2000; 79(10): 1444-1450. <https://doi.org/10.1093/ps/79.10.1444>
9. Williams B, Solomon S, Waddington D, Thorp B, Farquharson C. Skeletal development in the meat-type chicken. British Poultry Science. 2000; 41(2): 141-149. <https://doi.org/10.1080/713654918>
10. Salvador E, Lujan L, Suly Montoya S, Rodríguez M, Medina G, Goggin J, Falcon P, Portuguez R, Calixto B. Effect of three levels of dietary calcium on the productive response and tibia ash of 7-day-old egg-type pullets. World Poultry Congress. 2022, abstr. https://www.wpsa.fr/images/publications/wpc2021/22WPC_Abstract_book_2022_final.pdf
11. Rao SVR, Raju M, Reddy MR, Pavani P. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in

- commercial broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006; 131:135–150.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.02.011>
12. Delezie E, Bierman K, Nollet L, Maertens L. Impacts of calcium and phosphorus concentration, their ratio, and phytase supplementation level on growth performance, foot pad lesions, and hock burn of broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 2015; 24:115–126.
<https://doi.org/10.3382/japr/pfv011>
 13. Rostagno *et al.* Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 4a Edición. 2017. Universidad Federal de Viçosa Departamento de Zootecnia. 488 p.
 14. GRAMNO. Calculadora para tamaño de muestra de experimentos. 2022. España.
 15. FONAGRO. Información meteorológica diaria de la estación. Chincha. SENAMHI. Dirección Regional de Ica. 24 p. 2019.
 16. AFOS. Formulation of diets. 2022.
 17. Guevara VR. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science.* 2004; 83 (1): 147-151.
<https://doi.org/10.1093/ps/83.2.147>
 18. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User's Guide: Statistics. Versión 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2021
 19. Salvador TE. Curso de Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". 2021.
 20. Mansilla WD, Franco-Rosselló R, Torres CA, Dijkslag A, García-Ruiz AI. The effect of reducing dietary calcium in prestarter diets (0-4 D) on growth performance of broiler chickens, tibia characteristics, and calcium and phosphorus concentration in blood. *Poult Sci.* 2020 Oct; 99(10):4904-4913. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.056.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.056>
 21. Imari ZK. Requirements of dietary calcium for broiler chickens from 11 to 42 days of age. *J. Anim. Health Prod.* 2023; 11(3): 290-295.
<http://dx.doi.org/10.17582/journal.jahp/2023/11.3.290.295>
 22. Heaney RP, Nordin BEC. Calcium effects on phosphorus absorption: implications for the prevention and co-therapy of osteoporosis. *J. American College Nutrit.* 2002; 21(3): 239-244. <https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719216>
 23. Shafey TM. Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium available phosphorus. *World's Poult. Sci.* 1993; 49: 5-18.
<https://doi.org/10.1079/WPS19930002>
 24. Wilkinson SJ, Selle PH, Bedford MR, Cowieson AJ. Separate feeding of calcium improves performance and ileal nutrient digestibility in broiler chicks. *Anim. Prod. Sci.* 2013; 54(2): 172-178. <https://doi.org/10.1071/AN12432>

25. Gautier AE, Walk CL, Dilger RN. Influence of dietary calcium concentrations and the calcium-to-nonphytate phosphorus ratio on growth performance, bone characteristics, and digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 2017; 96(8): 2795-2803. <https://doi.org/10.3382/ps/pex096>
26. Tamim NM, Angel R, Christman M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2004; 83(8): 1358-1367 <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1358>
27. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR, Bedford MR, Ravindran V. Calcium Nutrition of Broilers: Current Perspectives and Challenges. *Animals.* 2023; 13:1590. <https://doi.org/10.3390/ani13101590>
28. Angel R. Calcium to phosphorous ratios in broilers. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 2013; 24:10–13. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133410022>
29. Shafey TM, McDonald MW, Dingle JG. Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. *Br. Poult. Sci.* 1991; 32:185–194. <https://doi.org/10.1080/00071669108417339>
30. Angel CR. Optimizing calcium and phosphorus nutrition for poultry: the importance of calcium digestibility. *Proc. 11th Asia Pacific Poult. Conf.* 2018. Bangkok, Thailand.
31. van Krimpen MM, van Emous RA, Spek JW, Kwakernaak C. Phytase degradation in broilers. Wageningen Livestock Research Report 978, 2016. Wageningen Univ., the Netherlands. <https://research.wur.nl/en/publications/phytase-degradation-in-broilers>
32. David LS, Abdollahi MR, Bedford MR, Ravindran V. Requirement of digestible calcium at different dietary concentrations of digestible phosphorus for broiler chickens. 1. Broiler starters (d 1 to 10 post-hatch). *Poult. Sci.* 2021 Nov;100(11):101439. <https://doi.org/10.1016%2Fj.psj.2021.101439>
33. Rousseau X, Valable AS, Létourneau-Montminy MP, *et al.* Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions. *Poult. Sci.* 2016; 95: 2849–2860. <https://doi.org/10.3382/ps/pew172>
34. Valable AS, Létourneau-Montminy MP, Klein S, Lardic L, Lecompte F, *et al.* Early-life conditioning strategies to reduce dietary phosphorus in broilers: underlying mechanisms. *Journal of Nutritional Science.* 2020; 9: 10.1017/jns.2020.17. hal-02905428. <https://doi.org/10.1017%2Fjns.2020.17>
35. Yan F, Angel R, Ashwell C, *et al.* Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. *Poult. Sci.* 2005 84: 1232–1241. <https://doi.org/10.1093/ps/84.8.1232>

VIII. ANEXO

8.1. Fórmulas de las dietas utilizadas

T-1 0.76% Ca (0-14 d)

Plant: POLLITOS

Batch Size(USD/kg): 22.0000

Cost in USD/kg: 2.4240

Batch Cost(in USD): 53.3281

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			58.0825	12.7782	23.7674	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			36.4132	8.0109	20.5079	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.8386	0.4045	2.6494	
ACEITE DE SOYA	4.5			1	0.22	0.99	
CARBONATO DE CALCIO POLVO	0.25			0.9083	0.1998	0.05	
METIONINA	19.8			0.3527	0.0776	1.5363	
SAL COMUN	0.515			0.2756	0.0606	0.0312	
LISINA	17			0.2601	0.0572	0.9729	
BICARBONATO DE SODIO	4.8			0.25	0.055	0.264	
TREONINA	15			0.1223	0.0269	0.4037	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.0264	0.66	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1005	0.0221	0.1592	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.022	0.418	
VALINA	20			0.0562	0.0124	0.2471	
ZINC BACITRACINA	13	0.05	0.05	0.05	0.011	0.143	
COCCIDIOSTATO	24	0.05	0.05	0.05	0.011	0.264	
SULFATO NEOMICINA 50	60	0.02	0.02	0.02	0.0044	0.264	

22

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			1.9595	
Alanina SID		%			0.2846	
Alanina T	2	%			1.1117	
Almidon	3	%			39.1475	
Arginina SID	4	%			1.3554	
Arginina T	5	%			1.4639	
ASP SID		%			0.1162	
Asp T	6	%			1.341	
BED	7	mEq/Kg			215.7895	
Calcio	8	%	0.76		0.76	0.0061
Ceniza	9	%			3.0726	
Cloro	10	%	0.18		0.2992	
Colina	11	mg/kg	1900		1900	
Cystina SID	12	%			0.2925	
Cystina T	13	%			0.3464	
EM pollos		kcal/kg	2950		2950	0.0005
EN pollos		kcal/kg			2331.8103	
Extracto etereo	24	%			4.1828	
FDA	25	%			4.6756	
FDN	26	%			12.9676	
Fenylalanina SID	27	%			0.9782	
Fenylalanina T	28	%			1.0852	
Fibra cruda	29	%			2.567	
Gli SID		%			0.1394	
GLU SID		%			0.5111	
Glu T	30	%			2.0113	
Gly + Ser T	31	%			2.0714	
Glicina T	32	%			0.9214	
Histidina SID	33	%			0.5247	
Histidina T	34	%			0.5873	
Isoleucina SID	35	%	0.81		0.8422	
Isoleucina T	36	%			0.9448	
Leucina SID	38	%	1.39		1.6938	
Leucina T	39	%			1.859	
Lysina SID	40	%	1.26		1.26	0.1919
Lysina T	41	%			1.3815	
Materia seca	42	%			90.0724	
Met + Cys T	43	%			1.0179	
Met + Cys SID	44	%	0.94		0.94	0.1751
Methionina SID	45	%	0.48		0.6438	
Methionina T	46	%			0.6679	
P Dig BRASIL		%			0.4385	

P Dig cvb	47	%			0.4476	
P Dig FEDNA	48	%			0.4589	
P disponible	49	%	0.48		0.48	0.3066
P fitico	50	%			0.2429	
P total	51	%			0.7403	
PNA	53	%			15.0407	
Potasio	54	%			0.8522	
Prolina SID		%			0.4414	
Prolina T	55	%			1.3277	
Proteina cruda	56	%	22		22.0741	
Serina SID		%			0.1859	
Serine T	57	%			1.1499	
Sodio	58	%	0.19		0.19	0.0125
Threonina SID	59	%	0.86		0.86	0.1351
Threonina T	60	%			0.9626	
Tryptophano SID	61	%	0.21		0.2497	
Tryptophano T	62	%			0.2752	
Tyrosine T	63	%			0.7817	
Valina SID	64	%	0.96		0.96	0.1768
Valina T	65	%			1.091	

T-2 0.86% Ca (0-14 d)

Plant: POLLITOS

Batch Size(USD/kg): 22.0000

Cost in USD/kg: 2.4249

Batch Cost(in USD): 53.3472

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			57.798	12.7156	23.6509	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			36.2782	7.9812	20.4319	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.8404	0.4049	2.652	
CARBONATO DE CALCIO POLVO	0.25			1.1721	0.2579	0.0645	
ACEITE DE SOYA	4.5			1.1385	0.2505	1.1271	
METIONINA	19.8			0.3551	0.0781	1.5469	
SAL COMUN	0.515			0.2757	0.0607	0.0312	
LISINA	17			0.2653	0.0584	0.9923	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.055	0.264	
TREONINA	15			0.1253	0.0276	0.4136	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.0264	0.66	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1015	0.0223	0.1608	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.022	0.418	
VALINA	20			0.0598	0.0132	0.2631	
ZINC BACITRACINA	13	0.05	0.05	0.05	0.011	0.143	
COCCIDIOSTATO	24	0.05	0.05	0.05	0.011	0.264	
SULFATO NEOMICINA 50	60	0.02	0.02	0.02	0.0044	0.264	

22.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.0257	
Alanina SID		%			0.2832	
Alanina T	2	%			1.1072	
Almidon	3	%			38.9585	
Arginina SID	4	%			1.3502	
Arginina T	5	%			1.4582	
ASP SID		%			0.1156	
Asp T	6	%			1.3359	
BED	7	mEq/Kg			214.6544	
Calcio	8	%	0.86		0.86	0.0095
Ceniza	9	%			3.0604	
Cloro	10	%	0.18		0.3001	
Colina	11	mg/kg	1900		1900	
Cystina SID	12	%			0.2913	
Cystina T	13	%			0.3449	
EM pollos		kcal/kg	2950		2950	0.0005
EN pollos		kcal/kg			2332.5374	
Extracto etereo	24	%			4.3064	
FDA	25	%			4.6561	
FDN	26	%			12.91	
Fenylalanina SID	27	%			0.9743	
Fenylalanina T	28	%			1.0809	
Fibra cruda	29	%			2.5562	
Gli SID		%			0.1387	
GLU SID		%			0.5086	
Glu T	30	%			2.0032	
Gly + Ser T	31	%			2.0632	
Glycina T	32	%			0.9178	
Histidina SID	33	%			0.5226	
Histidina T	34	%			0.5849	
Isoleucina SID	35	%	0.81		0.8389	
Isoleucina T	36	%			0.9411	
Leucina SID	38	%	1.39		1.6869	
Leucina T	39	%			1.8515	
Lysina SID	40	%	1.26		1.26	0.1904
Lysina T	41	%			1.3811	
Materia seca	42	%			90.0887	
Met + Cys T	43	%			1.0175	
Met + Cys SID	44	%	0.94		0.94	0.1739
Methionina SID	45	%	0.48		0.645	
Methionina T	46	%			0.669	
P Dig BRASIL		%			0.4381	
P Dig cvb	47	%			0.4474	

P Dig FEDNA	48	%			0.4586	
P disponible	49	%	0.48		0.48	0.3104
P fitico	50	%			0.2419	
P total	51	%			0.7392	
PNA	53	%			14.9772	
Potasio	54	%			0.8488	
Prolina SID		%			0.4393	
Prolina T	55	%			1.3222	
Proteina cruda	56	%	22		22	0.0011
Serina SID		%			0.185	
Serine T	57	%			1.1454	
Sodio	58	%	0.19		0.19	0.0158
Threonina SID	59	%	0.86		0.86	0.1343
Threonina T	60	%			0.9623	
Tryptophano SID	61	%	0.21		0.2487	
Tryptophano T	62	%			0.2741	
Tyrosine T	63	%			0.7786	
Valina SID	64	%	0.96		0.96	0.1754
Valina T	65	%			1.0905	

T-3 0.96% Ca (0-14 d)

Plant: POLLITOS

Batch Size(USD/kg): 22.0000

Cost in USD/kg: 2.4258

Batch Cost(in USD): 53.3682

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			57.2634	12.5979	23.4322	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			36.3719	8.0018	20.4846	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.8402	0.4048	2.6517	
CARBONATO DE CALCIO POLVO	0.25			1.4348	0.3157	0.0789	
ACEITE DE SOYA	4.5			1.3182	0.29	1.3051	
METIONINA	19.8			0.3556	0.0782	1.5489	
SAL COMUN	0.515			0.2758	0.0607	0.0313	
LISINA	17			0.2635	0.058	0.9855	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.055	0.264	
TREONINA	15			0.1254	0.0276	0.4138	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.0264	0.66	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1017	0.0224	0.1611	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.022	0.418	
VALINA	20			0.0596	0.0131	0.2621	
ZINC BACITRACINA	13	0.05	0.05	0.05	0.011	0.143	
COCCIDIOSTATO	24	0.05	0.05	0.05	0.011	0.264	
SULFATO NEOMICINA 50	60	0.02	0.02	0.02	0.0044	0.264	

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.1108	
Alanina SID		%			0.2806	
Alanina T	2	%			1.1058	
Almidon	3	%			38.6255	
Arginina SID	4	%			1.3513	
Arginina T	5	%			1.4594	
ASP SID		%			0.1145	
Asp T	6	%			1.3377	
BED	7	mEq/Kg			214.86	
Calcio	8	%	0.96		0.96	0.0095
Ceniza	9	%			3.0602	
Cloro	10	%	0.18		0.2994	
Colina	11	mg/kg	1900		1900	
Cystina SID	12	%			0.2911	
Cystina T	13	%			0.3447	
EM pollos		kcal/kg	2950		2950	0.0005
EN pollos		kcal/kg			2333.9941	
Extracto etereo	24	%			4.4683	
FDA	25	%			4.6465	
FDN	26	%			12.8489	
Fenylalanina SID	27	%			0.9746	
Fenylalanina T	28	%			1.0812	
Fibra cruda	29	%			2.551	
Gli SID		%			0.1374	
GLU SID		%			0.5039	
Glu T	30	%			2.002	
Gly + Ser T	31	%			2.0636	
Glycina T	32	%			0.918	
Histidina SID	33	%			0.5224	
Histidina T	34	%			0.5848	
Isoleucina SID	35	%	0.81		0.8394	
Isoleucina T	36	%			0.9418	
Leucina SID	38	%	1.39		1.685	
Leucina T	39	%			1.8498	
Lysina SID	40	%	1.26		1.26	0.1904
Lysina T	41	%			1.3811	
Materia seca	42	%			90.1128	
Met + Cys T	43	%			1.0175	
Met + Cys SID	44	%	0.94		0.94	0.1739
Methionina SID	45	%	0.48		0.6452	
Methionina T	46	%			0.6691	
P Dig BRASIL		%			0.4378	

P Dig cvb	47	%			0.4472	
P Dig FEDNA	48	%			0.4585	
P disponible	49	%	0.48		0.48	0.3104
P fitico	50	%			0.2413	
P total	51	%			0.7385	
PNA	53	%			14.94	
Potasio	54	%			0.8488	
Prolina SID		%			0.4352	
Prolina T	55	%			1.3201	
Proteina cruda	56	%	22		22	0.0011
Serina SID		%			0.1832	
Serine T	57	%			1.1456	
Sodio	58	%	0.19		0.19	0.0158
Threonina SID	59	%	0.86		0.86	0.1343
Threonina T	60	%			0.9624	
Tryptophano SID	61	%	0.21		0.249	
Tryptophano T	62	%			0.2744	
Tyrosine T	63	%			0.7787	
Valina SID	64	%	0.96		0.96	0.1754
Valina T	65	%			1.0905	

T-1 0.60% Ca (14-21 d)

Plant: POLLITOS

Batch Size(USD/kg): 26.0000

Cost in USD/kg: 2.3682

Batch Cost(in USD): 61.5743

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			62.0559	16.1345	30.0103	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			33.1675	8.6236	22.0763	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.4844	0.386	2.528	
ACEITE DE SOYA	4.5	1		1	0.26	1.17	
CARBONATO DE CALCIO POLVO	0.25			0.6548	0.1703	0.0426	
METIONINA	19.8			0.3185	0.0828	1.6395	
SAL COMUN	0.515			0.2762	0.0718	0.037	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.065	0.312	
LISINA	17			0.2304	0.0599	1.0185	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.0312	0.78	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1132	0.0294	0.2119	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.026	0.494	
TREONINA	15			0.0809	0.021	0.3156	
ZINC BACITRACINA	13	0.05	0.05	0.05	0.013	0.169	
COCCIDIOSTATO	24	0.05	0.05	0.05	0.013	0.312	
VALINA	20			0.028	0.0073	0.1457	
SULFATO NEOMICINA 50	60	0.02	0.02	0.02	0.0052	0.312	

26

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.0065	
Alanina SID		%			0.3041	
Alanina T	2	%			1.0684	
Almidon	3	%			41.4596	
Arginina SID	4	%			1.2657	
Arginina T	5	%			1.3673	
ASP SID		%			0.1241	
Asp T	6	%			1.2435	
BED	7	mEq/Kg			204.3285	
Calcio	8	%	0.6		0.6	0.0061
Ceniza	9	%			2.9076	

Cloro	10	%	0.18	0.2978	
Colina	11	mg/kg	1900	1900	
Cystina SID	12	%		0.2792	
Cystina T	13	%		0.331	
EM pollos		kcal/kg	3000	3000	0.0005
EN pollos		kcal/kg		2379.2722	
Extracto etereo	24	%		4.2373	
FDA	25	%		4.548	
FDN	26	%		13.0745	
Fenylalanina SID	27	%		0.9212	
Fenylalanina T	28	%		1.0223	
Fibra cruda	29	%		2.4965	
Gli SID		%		0.1489	
GLU SID		%		0.5461	
Glu T	30	%		1.9171	
Gly + Ser T	31	%		1.9526	
Glycina T	32	%		0.8686	
Histidina SID	33	%		0.498	
Histidina T	34	%		0.5569	
Isoleucina SID	35	%	0.75	0.7891	
Isoleucina T	36	%		0.8844	
Leucina SID	38	%	1.28	1.6261	
Leucina T	39	%		1.7802	
Lysina SID	40	%	1.16	1.16	0.1919
Lysina T	41	%		1.2744	
Materia seca	42	%		89.965	
Met + Cys T	43	%		0.9546	
Met + Cys SID	44	%	0.88	0.88	0.1751
Methionina SID	45	%	0.47	0.5974	
Methionina T	46	%		0.6202	
P Dig BRASIL		%		0.379	
P Dig cvb	47	%		0.3826	
P Dig FEDNA	48	%		0.3913	
P disponible	49	%	0.4	0.4	0.3066
P fitico	50	%		0.2377	
P total	51	%		0.6564	
PNA	53	%		14.7157	
Potasio	54	%		0.8055	
Prolina SID		%		0.4716	
Prolina T	55	%		1.2825	
Proteina cruda	56	%	20	20.7793	
Serina SID		%		0.1986	
Serine T	57	%		1.084	
Sodio	58	%	0.19	0.19	0.0125
Threonina SID	59	%	0.78	0.78	0.1351
Threonina T	60	%		0.8753	

Tryptophano SID	61	%	0.18		0.2329	
Tryptophano T	62	%			0.2561	
Tyrosine T	63	%			0.7376	
Valina SID	64	%	0.88		0.88	0.1768
Valina T	65	%			1.0039	

T-2 0.70% Ca (14-21 d)

Plant: POLLITOS

Batch Size(USD/kg): 26.0000

Cost in USD/kg: 2.3688

Batch Cost(in USD): 61.5900

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			62.6109	16.2788	30.2786	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			32.2649	8.3889	21.4755	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.4927	0.3881	2.542	
ACEITE DE SOYA	4.5	1		1	0.26	1.17	
CARBONATO DE CALCIO POLVO	0.25			0.9228	0.2399	0.06	
METIONINA	19.8			0.3274	0.0851	1.6856	
SAL COMUN	0.515			0.2765	0.0719	0.037	
LISINA	17			0.2592	0.0674	1.1455	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.065	0.312	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.0312	0.78	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1174	0.0305	0.2197	
SECUESTRAnte MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.026	0.494	
TREONINA	15			0.0937	0.0244	0.3656	
ZINC BACITRACINA	13	0.05	0.05	0.05	0.013	0.169	
COCCIDIOSTATO	24	0.05	0.05	0.05	0.013	0.312	
VALINA	20			0.0445	0.0116	0.2314	
SULFATO NEOMICINA 50	60	0.02	0.02	0.02	0.0052	0.312	

26

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.009	
Alanina SID		%			0.3068	
Alanina T	2	%			1.053	
Almidon	3	%			41.7538	
Arginina SID	4	%			1.2389	
Arginina T	5	%			1.3383	
ASP SID		%			0.1252	
Asp T	6	%			1.215	
BED	7	mEq/Kg			198.6929	
Calcio	8	%	0.7		0.7	0.0061
Ceniza	9	%			2.8552	
Cloro	10	%	0.18		0.3041	
Colina	11	mg/kg	1900		1900	
Cystina SID	12	%			0.2748	
Cystina T	13	%			0.3258	
EM pollos		kcal/kg	3000		3000	0.0005
EN pollos		kcal/kg			2377.5483	
Extracto etereo	24	%			4.2322	
FDA	25	%			4.4952	
FDN	26	%			13.0283	
Fenylalanina SID	27	%			0.9035	
Fenylalanina T	28	%			1.0028	
Fibra cruda	29	%			2.4673	
Gli SID		%			0.1503	
GLU SID		%			0.551	
Glu T	30	%			1.8858	
Gly + Ser T	31	%			1.9156	
Glycina T	32	%			0.8521	
Histidina SID	33	%			0.4894	
Histidina T	34	%			0.5471	
Isoleucina SID	35	%	0.75		0.773	
Isoleucina T	36	%			0.8662	
Leucina SID	38	%	1.28		1.6022	
Leucina T	39	%			1.7531	
Lysina SID	40	%	1.16		1.16	0.1919
Lysina T	41	%			1.2722	
Materia seca	42	%			89.9553	
Met + Cys T	43	%			0.9534	
Met + Cys SID	44	%	0.88		0.88	0.1751
Methionina SID	45	%	0.47		0.602	
Methionina T	46	%			0.6244	
P Dig BRASIL		%			0.3785	
P Dig cvb	47	%			0.3818	
P Dig FEDNA	48	%			0.3907	
P disponible	49	%	0.4		0.4	0.3066

P fitico	50	%			0.2353	
P total	51	%			0.6541	
PNA	53	%			14.5643	
Potasio	54	%			0.7908	
Prolina SID		%			0.4758	
Prolina T	55	%			1.2656	
Proteina cruda	56	%	20		20.4565	
Serina SID		%			0.2004	
Serine T	57	%			1.0635	
Sodio	58	%	0.19		0.19	0.0125
Threonina SID	59	%	0.78		0.78	0.1351
Threonina T	60	%			0.8732	
Tryptophano SID	61	%	0.18		0.2279	
Tryptophano T	62	%			0.2505	
Tyrosine T	63	%			0.7238	
Valina SID	64	%	0.88		0.88	0.1768
Valina T	65	%			1.0016	

T-3 0.80% Ca (14-21 d)

Plant: POLLITOS

Batch Size(USD/kg): 26.0000

Cost in USD/kg: 2.3695

Batch Cost(in USD): 61.6058

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.86			63.1658	16.4231	30.547	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			31.3623	8.1542	20.8748	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.5009	0.3902	2.556	
CARBONATO DE CALCIO POLVO	0.25			1.1907	0.3096	0.0774	
ACEITE DE SOYA	4.5	1		1	0.26	1.17	
METIONINA	19.8			0.3364	0.0875	1.7317	
LISINA	17			0.2879	0.0749	1.2725	
SAL COMUN	0.515			0.2769	0.072	0.0371	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.25		0.25	0.065	0.312	

COLORURO DE COLINA	7.2			0.1216	0.0316	0.2276
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.0312	0.78
TREONINA	15			0.1066	0.0277	0.4156
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.026	0.494
VALINA	20			0.061	0.0159	0.3171
ZINC BACITRACINA	13	0.05	0.05	0.05	0.013	0.169
COCCIDIOSTATO	24	0.05	0.05	0.05	0.013	0.312
SULFATO NEOMICINA 50	60	0.02	0.02	0.02	0.0052	0.312

26.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.0116	
Alanina SID		%			0.3095	
Alanina T	2	%			1.0376	
Almidon	3	%			42.048	
Arginina SID	4	%			1.2121	
Arginina T	5	%			1.3094	
ASP SID		%			0.1263	
Asp T	6	%			1.1866	
BED	7	mEq/Kg			193.0574	
Calcio	8	%	0.8		0.8	0.0061
Ceniza	9	%			2.8028	
Cloro	10	%	0.18		0.3105	
Colina	11	mg/kg	1900		1900	
Cystina SID	12	%			0.2703	
Cystina T	13	%			0.3206	
EM pollos		kcal/kg	3000		3000	0.0005
EN pollos		kcal/kg			2375.8245	
Extracto etereo	24	%			4.227	
FDA	25	%			4.4423	
FDN	26	%			12.9822	
Fenylalanina SID	27	%			0.8859	
Fenylalanina T	28	%			0.9833	
Fibra cruda	29	%			2.4382	
Gli SID		%			0.1516	
GLU SID		%			0.5559	
Glu T	30	%			1.8545	
Gly + Ser T	31	%			1.8786	
Glycina T	32	%			0.8356	
Histidina SID	33	%			0.4808	
Histidina T	34	%			0.5374	
Isoleucina SID	35	%	0.75		0.7569	
Isoleucina T	36	%			0.8479	
Leucina SID	38	%	1.28		1.5784	

Leucina T	39	%		1.726	
Lysina SID	40	%	1.16	1.16	0.1919
Lysina T	41	%		1.2699	
Materia seca	42	%		89.9456	
Met + Cys T	43	%		0.9523	
Met + Cys SID	44	%	0.88	0.88	0.1751
Methionina SID	45	%	0.47	0.6065	
Methionina T	46	%		0.6285	
P Dig BRASIL		%		0.3779	
P Dig cvb	47	%		0.381	
P Dig FEDNA	48	%		0.3901	
P disponible	49	%	0.4	0.4	0.3066
P fitico	50	%		0.2329	
P total	51	%		0.6518	
PNA	53	%		14.4129	
Potasio	54	%		0.7761	
Prolina SID		%		0.4801	
Prolina T	55	%		1.2486	
Proteina cruda	56	%	20	20.1336	
Serina SID		%		0.2021	
Serine T	57	%		1.043	
Sodio	58	%	0.19	0.19	0.0125
Threonina SID	59	%	0.78	0.78	0.1351
Threonina T	60	%		0.871	
Tryptophano SID	61	%	0.18	0.2229	
Tryptophano T	62	%		0.2449	
Tyrosine T	63	%		0.71	
Valina SID	64	%	0.88	0.88	0.1768
Valina T	65	%		0.9994	

8.2. Resultados de análisis estadísticos

Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron procesados estadísticamente mediante los siguientes análisis:

- Análisis de Supuestos estadísticos: Para efectuar un análisis de Varianza confiable, se deben cumplir con algunos supuestos estadísticos como: la independencia de las observaciones, homogeneidad de varianza que mide la homocedasticidad y la Normalidad que nos indicará que los valores numéricos de la variable dependiente siguen una distribución o curva normal.
- Análisis de varianza: Técnica de análisis estadístico que nos permitirá comparar los datos numéricos promedios de los tres tratamientos, consistente en dividir la variabilidad observada en componentes independientes atribuidas al efecto de los factores de tratamientos y determinar si estos valores de datos numéricos desde el punto de vista estadístico son significativamente diferentes entre los tres tratamientos.
- Análisis de Kruskal-Wallis para características no paramétricas.
- Prueba de comparación de medias de Tukey: Se aplicó para comparar los promedios de los tratamientos cuando el efecto de tratamiento es significativo a $P \leq 0.05$.
- Estadística descriptiva (Estadígrafos de posición y dispersión, como media aritmética, media geométrica, y desviación estándar).

Para el procesamiento de los datos y su análisis estadístico respectivo se utilizó el procedimiento del modelo general lineal (MGL) de SAS (33), versión 9.4. Se fijó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para los efectos de la significancia estadística

8.3. FOTOS DEL PROCESO DE INVESTIGACION

01. Preparación de alimento y jaulas



02. Llegada y pesaje de pollos bebe



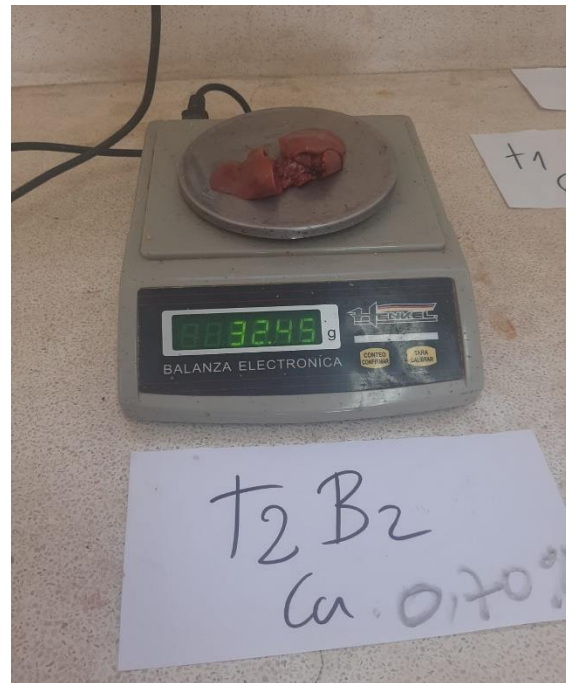
03. Estimulación de alimento y agua



04. Segunda semana



05. Pesaje de órganos



06. Monitoreo y control de temperatura y alimento



07. Última semana de crianza de aves



08. Problemas en patas tercera semana



09. Pesaje última semana





10. Final del proyecto

