



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/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:

"Evaluación de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre calidad externa de huevo de gallinas de postura"

presentado por:


CRISTHIAN FÉLIX ANICAMA ORMEÑO

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 19% 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, 23 de enero 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



“Evaluación de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre calidad externa de huevo de gallinas de postura”

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. Cristhian Félix Anicama Ormeño

ASESOR

ELIAS SALVADOR TASAYCO, PhD.

ICA, Perú

2023

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Alejandro y Ana, quienes siempre han creído en mí.

Gracias por su amor, por su sacrificio y por enseñarme a nunca rendirme ante los obstáculos de la vida.

A mi hermana Fiorella por su apoyo moral e incondicional y sus buenos deseos.

Este logro es también suyo.

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo, agradezco a Dios por darme siempre fuerzas para continuar en lo adversario y darme sabiduría para mejorar día a día mis quehaceres como profesional.

A mi familia por su comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Al mismo tiempo quiero agradecer sinceramente a mi asesor de tesis, Ing. Elías Salvador Tasayco, gracias por su esfuerzo, su dedicación, sus orientaciones y conocimientos que han sido fundaménteles para mi formación como investigador.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	17
2.1. Nivel de investigación:	17
2.2. Fecha y lugar del experimento:	17
2.3. Localización geográfica y meteorológica	17
2.4. Materiales y equipo	17
2.5. Etapa previa	18
2.6. Alimentación y formulación de las dietas	18
2.7. Programa sanitario y de manejo	18
2.8. Variables evaluadas:	18
2.9. Diseño experimental:	20
2.10. Tratamientos experimentales	21
2.11. Técnicas e instrumentos de la recolección de información	21
2.12. Análisis estadístico	21
III. RESULTADOS	23
IV. DISCUSION	27
V. CONCLUSIONES	31
VI. RECOMENDACIONES	32
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	33
VIII. ANEXO	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre color de cáscara, grosor de cáscara y peso de cáscara de huevo de gallinas de postura (\pm DE)-	23
Tabla 2: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre porcentaje de cascara, ceniza de cáscara y gravedad especifica de huevo de gallinas de postura (\pm DE)-----	23
Tabla 3. Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre índice de cáscara y porcentaje de huevos rotos de huevo de gallinas de postura (\pm DE)-----	24
Tabla 4: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre unidad Haugh, índice de yema y color de yema de huevo de gallinas de postura (\pm DE)-----	24
Tabla 5: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre producción de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia de gallinas de postura (\pm DE)-----	25
Tabla 6: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre eficiencia energética, peso de huevo y masa de huevo de gallinas de postura (\pm DE)-	25
Tabla 7: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre el costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y retribución económica de gallinas de postura -----	26

INDICE DE FOTOS

Foto N° 1: Pesado de gallina-----	45
Foto N° 2: Recolección de huevos-----	45
Foto N° 3: Evaluación de color de cascara-----	46
Foto N° 4: Peso de huevo -----	46
Foto N° 5 : Peso de yema de huevo-----	47
Foto N° 6: Evaluación de calidad de yema -----	47
Foto N° 7: Extracción de la yema para pesar la cascara de huevo-----	48
Foto N° 8: Colocación de la cascara de huevo en la estufa -----	48
Foto N° 9: Colocación de la cascara de huevo en el desecador -----	49
Foto N° 10: Peso de ceniza de la cascara de huevo -----	49

RESUMEN

“Evaluación de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre calidad externa de huevo de gallinas de postura”

INTRODUCCIÓN: la calidad de cáscara de huevo es una característica de interés productivo, económico y de seguridad alimentaria. Muchos factores influyen sobre esta característica. El calcio y fosforo en la dieta juegan un rol importante. Es necesario evaluar la relación de estos dos minerales y su efecto sobre la calidad de cáscara. **OBJETIVO:** determinar el efecto de tres relaciones de calcio: fosforo digestible en la dieta sobre calidad externa de huevo, respuesta productiva y costo de alimentación de gallinas de postura de la línea genética DEKALB Brown de edad avanzada en II ciclo de postura. **MÉTODOS:** Se utilizaron 48 gallinas de postura de la línea DEKALB Brown de edad avanzada de 124 semanas de edad en el II ciclo de postura. Se establecieron 3 relaciones Ca: P digestible como tratamientos: dieta con 10.84:1 (T-1), dieta con 13.29:1 (T-2) y dieta con 16.20:1 (T-3). 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 color de cáscara, grosor de cáscara, peso de cáscara, porcentaje de cáscara, ceniza de cáscara, gravedad específica, índice de cáscara, porcentaje de huevos rotos, unidad Haugh, índice de yema, color de yema, consumo de alimento, conversión alimenticia, eficiencia energética peso de huevo, masa de huevo, costo de alimentación y margen sobre costo de alimentación. **RESULTADOS:** las características de calidad externa de huevo no fueron afectados significativamente ($P > 0.05$). El consumo de alimento y la masa de huevo fueron significativamente más alto ($P < 0.05$) para la dieta con la relación 13.25:1. El costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y la retribución económica fue mejor para la dieta con la relación 13.25:1 de Ca: P digestible. **CONCLUSIÓN:** la calidad externa de huevo se mantiene con las relaciones Ca/ P digestible desde 10.84:1 a 16.20:1. El consumo de alimento y masa de huevo es mejor con la relación 13.25:1. El mejor costo y margen fue conseguido con la relación 13:25:1 de Ca/P digestible.

Palabras claves: dieta, calcio, fosforo digestible, cáscara huevo, gallinas de postura

ABSTRACT

"Evaluation of different relationships of calcium and digestible phosphorus in the diet on external quality of eggs of laying hens"

INTRODUCTION: eggshell quality is a characteristic of productive, economic and food safety interest. Many factors influence this characteristic. Calcium and phosphorus in the diet play an important role. It is necessary to evaluate the relationship of these two minerals and their effect on shell quality. **OBJECTIVE:** to determine the effect of three ratios of calcium: digestible phosphorus in the diet on external egg quality, productive response and feeding cost of laying hens of the DEKALB Brown genetic line of advanced age in II laying cycle. **METHODS:** Forty-eight laying hens of the DEKALB Brown line, aged 124 weeks, were used in the II laying cycle. Three Ca:digestible P ratios were established as treatments: diet with 10.84:1 (T-1), diet with 13.29:1 (T-2) and diet with 16.20:1 (T-3). 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 shell color, shell thickness, shell weight, shell percentage, shell ash, specific gravity, shell index, percentage of broken eggs, Haugh unit, yolk index, yolk color, consumption of feed, feed conversion, energy efficiency egg weight, egg mass, feed cost and feed cost margin. **RESULTS:** external egg quality characteristics were not significantly affected ($P>0.05$). Feed intake and egg mass were significantly higher ($P<0.05$) for the 13.25:1 diet. Feed cost, feed cost margin and economic reward were better for the diet with a 13.25:1 ratio of digestible Ca: P. **CONCLUSION:** external egg quality is maintained with digestible Ca/P ratios from 10.84:1 to 16.20:1. The consumption of feed and egg mass is better with the ratio 13.25:1. The best cost and margin was achieved with the 13:25:1 digestible Ca/P ratio.

Keywords: diet, calcium, digestible phosphorus, eggshell, laying hens

I. INTRODUCCIÓN

A nivel de granjas comerciales es muy frecuente considerar erróneamente que la baja calidad de la cáscara de huevo como huevos rotos, porosos, cáscara delgada, fortaleza reducida entre otros se debe únicamente al nivel, cantidad, tamaño de partícula y/o fuentes de calcio de la dieta, lo que genera la decisión de aumentar o suplementar los niveles de calcio en la dieta y que no solucionan el problema. Sin embargo, la calidad de la cascara obedece a muchos factores, nutrientes y manejo. Muchas veces se aumenta el contenido de calcio en la dieta y se mantiene constante el nivel de fósforo, lo que afecta la relación y desmejorando la calidad de la cascara.

Los requerimientos de calcio y fósforo disponible han cambiado en los últimos años. Actualmente hay información acerca de fósforo digestible que sería la mejor técnica para la formulación. Las líneas genéticas de gallinas de postura modernas requieren niveles nutricionales con mayor precisión. Dado que las funciones del calcio y fósforo son importantes y tienen interdependencia. Se hace necesaria la reevaluación de las relaciones óptimas en la dieta. Cuando hay un exceso de Ca, la disponibilidad de otros minerales, como P, magnesio, manganeso y zinc, puede verse afectada, provocando deficiencias secundarias. La ingesta alta de Ca puede afectar la utilización de P debido a los cambios en la relación Ca: P (1).

Hartel (2) evaluó las interacciones dietéticas entre Ca y P en gallinas de alta producción y observó que había una depresión significativa del rendimiento y una alta mortalidad cuando se combinaba un contenido bajo de P con un Ca alto en la dieta, y que estos efectos se compensaban cuando el contenido de P en la dieta fue incrementado.

Scott *et al.* (3) reporta estudios de investigadores que mostraron que la dieta debe contener no solo mínimos niveles, pero también una óptima relación de calcio y fósforo. Ellos demostraron que las dietas no deben contener demasiado calcio o fósforo. Scott *et al.* (3) mencionan que Wilgus fue el primero en establecer los límites cuantitativos de calcio y fósforo para la formación normal de huesos en los pollitos. Encontró que el requerimiento mínimo de fósforo disponible es de aproximadamente 0,5%; que las proporciones de calcio: fósforo necesarias para obtener resultados normales en pollitos en crecimiento varían entre 1,0: 1 y 2,2: 1. Una proporción de 2.5: 1 parecía estar en el límite, mientras que una proporción de 3.3: 1 resultó ser desastrosa, produciendo raquitismo y otras anomalías en las piernas.

De acuerdo con la literatura, existen diferentes recomendaciones de fósforo para gallinas de postura. Según Roland (4), los requerimientos de fósforo para gallinas Leghorn se han reducido durante los últimos 40 años. Keshavarz (5) no encontró efectos negativos en la calidad del cascarón del huevo al reducir el contenido de fósforo en la dieta. Usayran y Balnave (6) no encontraron diferencias significativas en el grosor de la cascara al incrementar el fósforo

disponible en la dieta de 0.12% a 0.24%. Sohail y Roland (7) también encontraron que con dietas bajas en fosforo disponible se obtiene mayor gravedad especifica. Rodrigues *et al.* (8) verificaron que los niveles de Pd se pueden reducir de 0.35% durante el pico de producción a 0.25% durante la fase final de producción de ponedoras sometidas a muda forzada.

De acuerdo con las recomendaciones de fosforo disponible en la dieta de gallinas de postura en las líneas comerciales están alrededor de 0.40% en la dieta lo que significa 0.42 g/gallina/día, en la primera fase de 19 a 50 semanas de edad a un nivel de consumo de 105 g de alimento ave/día (9). Según NRC (10), indicaba un requerimiento de 350 mg/gallina/día, luego esta cantidad de fósforo se redujo a una ingesta diaria de 250 mg de fósforo no fitico (11), que debería ser adecuada para la producción y salud normales.

Según un estudio reportan que la producción de huevos, el peso del huevo y la deformación de la cáscara del huevo de ponedoras alimentadas con dietas que contenían Pd de 2.8, 3.5 y 4.2 g / kg de 18 a 70 semanas de edad fueron similares (12). Otro estudio encontró que el requerimiento de fosforo disminuía con la edad de la gallina y, por lo tanto, sugirieron diferentes niveles de fosforo no fitico (FNF) (3.4, 2.5 y 1.5 g / kg de dieta) en diferentes fases de producción de huevos (24-36, 36-52 y 52-72 semanas de edad) (13). Keshavarz (14) sugirió que la dosis de FNF en la dieta de 2.5, 2.0 y 1.5 g / kg a las 20-35, 36-51 y 52-62 semanas de edad, respectivamente, era adecuada, aunque había diferencias entre las líneas.

El requerimiento de fosforo disponible (Pd) es sólo de 1,5 a 2,0 g / kg de dieta para las líneas modernas de gallinas ponedoras. Sin embargo, la industria ha alimentado rutinariamente más de 4.0 g Pd / kg de dieta para asegurar que las gallinas reciban la cantidad adecuada de fosforo. Hay una diferencia entre la investigación y las situaciones de la industria que pueden impedir la aplicación directa de los resultados de la investigación a la práctica (15).

Parte del papel del P durante la formación de la cáscara del huevo es reducir la acidosis sanguínea, ya que el nivel de P en sangre es alto, lo que provoca un aumento en la excreción de fosfato por el riñón. Durante la excreción, el fosfato transporta iones H⁺, lo que ayuda al mantenimiento de los niveles de bicarbonato y, en consecuencia, reduce la acidosis (16).

Según estudios realizados al final del primer ciclo de producción de huevo indican la necesidad de reducir los niveles de Pd en la dieta para mejorar la calidad interna y externa del huevo (17).

Laopa (18) llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar cuatro diferentes niveles de fosforo disponible en la dieta sobre la calidad del huevo, comportamiento productivo y económico de las gallinas de postura comercial de la línea Lohmann Brown en la segunda fase de producción. Este estudio fue realizado en el Galpón experimental de gallinas de postura y el Laboratorio de Nutrición de la FMVZ-UNICA. Se utilizaron 160 gallinas de postura de la línea genética

Lohmann Brown de 46 semanas de edad en la segunda fase de producción, criados bajo el sistema de jaulas. Se elaboraron cuatro dietas isocalóricas e isoproteicas, con cuatro niveles de fósforo disponible que correspondieron a los cuatro tratamientos aplicados: 0.25, 0.30, 0.35 y 0.40% de fósforo disponible. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, que fueron asignadas a las dieciséis unidades experimentales a través de un Diseño de Bloques Completo al Azar con arreglo factorial 4x4 (cuatro niveles de fósforo disponible x 4 periodos de evaluación). Se evaluaron las variables como Unidad Haugh, porcentaje de cascara, grosor de cascara, porcentaje de producción de huevos, consumo de alimento, conversión alimenticia, eficiencia energética, peso y masa de huevo y la retribución económica. Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente con el análisis de varianza y comparación de medias, utilizando el procedimiento del Modelo General Lineal de SAS. Los resultados demostraron que el nivel de fósforo disponible de las dietas afectó significativamente la producción de huevos, consumo de alimento, eficiencia energética bruta y la masa de huevo. Sin embargo, no afectó el valor de Unidad Haugh, porcentaje y grosor de cascara, conversión alimenticia y el peso del huevo. La retribución económica fue mayor para el grupo de gallinas alimentadas con el nivel de 0.35% de fósforo disponible en la dieta. Se concluye que, bajo las condiciones del presente estudio, el nivel de fósforo disponible en la dieta que maximiza la respuesta productiva y económica es 0.35%.

Valdés *et al.* (19) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto del calcio y fósforo en la calidad del cascarón del huevo se realizó un experimento con 480 gallinas Hy-Line W-36. Se usaron tres niveles de calcio (Ca) (3.2, 4.2 y 5.2 %) y cuatro de fósforo disponible (Pd) (0.15, 0.20, 0.25 y 0.30 %). Se encontró interacción ($P < 0.05$) del Ca y Pd en consumo de alimento (CAL) y masa de huevo (MH). Con el nivel de Ca de 5.2 % y de Pd (0.15 %) disminuyó el CAL (96.7 g) y MH (48.7 g). El porcentaje de postura y MH fueron menores ($P < 0.05$) con 0.15 % que con 0.3 % de Pd. La conversión alimenticia se afectó ($P < 0.05$) por el nivel de Pd, obteniendo la mejor con 0.3 % (1.94), seguida por 0.20 % (1.96), 0.15 % (1.98), y 0.25 % (1.99). El peso del huevo fue mayor ($P < 0.05$) en 0.7 y 0.8 g con 3.2 % que con 4.2 y 5.2 % de Ca, respectivamente. La gravedad específica se mejoró ($P < 0.05$) al incrementar el calcio (1.080 vs 1.081 y 1.082) en la dieta. Se concluye que para buena calidad del cascarón es necesario 4.2 % de Ca, pero se debe incrementar de manera proporcional el fósforo disponible. El nivel de 0.15 % de fósforo disponible no es suficiente para obtener buena producción de huevo y conversión alimenticia.

Gutiérrez *et al.* (20) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar niveles de calcio (Ca) y fósforo disponible (Pd) en gallinas. Se utilizaron 300 gallinas Leghorn Hy-line W36 y se alimentaron con cinco tratamientos, tomando en cuenta los niveles óptimos de encontrados en la literatura. Las dietas fueron: T1, 4.34% Ca y 0.18% Pd; T2, 4.34% Ca y 0.23% Pd; T3, 4.62% Ca y 0.18% Pd; T4, 4.62% Ca y 0.23% Pd y T5, 3.25% Ca y 0.25% Pd. Se midió consumo de alimento, consumo de Ca y de Pd, conversión alimenticia, número de huevos, masa de huevo,

peso del huevo, gravedad específica y porcentaje de cascarón. Para número de huevos, masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y peso de huevo, no se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). Se observó mayor consumo de Ca ($P < 0.05$) en las gallinas de los tratamientos T3 y T4 (4.80 y 4.81 g ave⁻¹ día⁻¹); en cuanto a consumo de fósforo disponible, las gallinas del T5 consumieron más ($P < 0.05$) que las demás (0.258 g ave⁻¹ día⁻¹). Para gravedad específica, hubo mejores resultados con T1, T3 y T4 (1.0837, 1.0841, y 1.0840; $P < 0.05$). En porcentaje de cascarón se observaron mejores resultados con las gallinas de T1, T2, T3 y T4 ($P < 0.05$). Se concluye que las concentraciones de Ca sugeridas por el NRC (1994), no son suficientes para máxima calidad del cascarón; sin embargo, los niveles de Pd 0.18 y 0.23% son menores a los sugeridos por el NRC, de 0.25%.

Hernandez *et al.* (21) estudiaron la influencia de la fuente y el nivel de fósforo digestible (Pd) en la dieta sobre el rendimiento y las características de calidad del huevo de gallinas pardas de 64 a 76 semanas de edad. Las dietas se basaron en harina de maíz y soya y todas contenían 4.0% Ca. El diseño fue completamente aleatorizado con 8 tratamientos dispuestos como factorial 2x4 con 2 fuentes de P [fosfato monocálcico (MCP) y fosfato óseo calcinado (CBP)] y 4 niveles de dP (0,27, 0,31, 0,35 y 0,39%) como efectos principales. Cada tratamiento se replicó 14 veces y la unidad experimental fue una jaula enriquecida con 6 gallinas. El experimento duró 12 semanas (3 períodos de 4 semanas cada uno). La producción de huevos y la mortalidad de las gallinas se registraron diariamente. El consumo de alimento (FI) y el peso corporal de las gallinas se determinaron por períodos y de forma acumulativa. El peso de los huevos se estimó por período pesando todos los huevos producidos el último día de cada semana en el ensayo. A partir de estos datos, se calcularon el ADFI, la masa del huevo, el índice de conversión alimenticia (FCR) y la ganancia de peso corporal (BWG) por períodos y acumulativamente. Los rasgos de calidad del huevo, incluidas las Unidades Haugh y la resistencia de la cáscara a la rotura, se determinaron por jaula en 8 huevos recolectados al azar los últimos 2 días de cada período experimental. Además, se registró el porcentaje de huevos sucios, rotos y sin cáscara en todos los huevos producidos. Los datos se analizaron como un diseño completamente al azar con la fuente de P y el nivel de Pd del alimento como efectos principales, y también se analizó la interacción entre ellos. Además, el efecto del nivel de dP sobre las diferentes variables estudiadas se dividió en componentes lineales (L) y cuadráticos (Q). No se detectaron interacciones entre los efectos principales para ninguno de los rasgos estudiados y, por lo tanto, solo se presentan los efectos principales. Ni la fuente de P ni el nivel de Pd afectaron ninguno de los rasgos productivos estudiados, excepto el BWG que aumentó (L; $P < 0.05$) a medida que aumentaba el nivel de dP de la dieta. Un aumento en la dP de la dieta de 0,27 a 0,39% tendió a reducir (L, $P = 0.077$; Q, $P = 0,058$) la resistencia de la cáscara a la rotura. Las unidades Haugh disminuyeron linealmente ($P < 0.01$) a medida que aumentaba el nivel de Pd. El porcentaje de huevos no sellables (huevos

sucios, rotos y sin cáscara) fue mayor en las gallinas alimentadas con CBP que en las alimentadas con MCP ($P < 0.05$). En conclusión, de 64 a 76 semanas de edad, las gallinas no requieren más de 0,27% Pd en la dieta para una producción y calidad de huevo óptimas. Un exceso de Pd ($\geq 0,39\%$) podría reducir la calidad de la cáscara. Las gallinas respondieron de manera similar a ambas fuentes de P, pero el porcentaje de huevos no sellables aumentó con el uso de fosfato óseo calcinado.

Skrivan *et al.* (22) llevaron a cabo un estudio donde evaluaron los efectos del tipo de dieta (a base de trigo o maíz) y la concentración de fósforo disponible (Pd; aproximadamente 4, 3 y 2 g / kg) sobre los parámetros de rendimiento de la gallina y la calidad del huevo, así como el calcio (Ca) y el fósforo de la cáscara. Se examinaron los contenidos de (P). Se llevaron a cabo dos experimentos en los que 240 y 120, respectivamente, gallinas ISA Brown mayores se alojaron en jaulas enriquecidas. Se determinó la interacción del tipo de dieta y la concentración de AP para todas las características evaluadas, excepto la cantidad de Ca y P depositados en las cáscaras en el primer experimento. En el segundo experimento, se encontró la interacción del tipo de dieta y la concentración de Pd para el consumo de alimento, el peso del huevo, el grosor y el peso de la cáscara, así como los parámetros de calidad de la albúmina. Además, la deposición de Ca en las cáscaras aumentó ($P < 0,001$) con la dieta de trigo. Las gallinas alimentadas con una dieta a base de maíz ($P < 0,001$) pusieron huevos más pesados. El nivel más alto de Pd (4,1 g / kg) en la dieta a base de trigo significativamente ($P < 0,001$) disminuyó la altura de la albúmina, el índice de albúmina y las unidades Haugh (HU). Estas tendencias fueron las mismas en ambos experimentos. Los resultados indican que 0.27% Pd en la dieta a base de trigo y 0.30% Pd en la dieta a base de maíz son adecuados para gallinas con la ingesta de 115 g de alimento con 3.5% de Ca sin un impacto negativo en el rendimiento o la calidad del huevo.

Pelicia *et al.* (17) evaluaron el efecto de cuatro niveles de calcio (3.0, 3.5, 4.0 y 4.5%) y cuatro niveles de fósforo disponibles (Pd) (0.25, 0.30, 0.35 y 0.40%) en la dieta de ponedoras comerciales semi-pesadas después de la muda. Las ponedoras Hisex Brown entre 90 y 108 semanas de edad se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 4x4 con 16 tratamientos de cinco repeticiones de ocho aves cada una. Se evaluaron la ingesta de calcio y fósforo, índice de conversión alimenticia (por docena de huevos y por kg de huevos), porcentaje y grosor de la cáscara, resistencia de la cáscara, peso de la cáscara por área de superficie (ESWSA), porcentaje y color de la yema, porcentaje de albúmina, albúmina y altura de la yema, y sangre y excreta las concentraciones de calcio y fósforo. No hubo interacción ($P > 0.05$) entre el Ca dietético y Pd para ninguno de los parámetros estudiados. Hubo aumentos lineales en la ingesta de Ca ($P < 0.01$), porcentaje de cáscara de huevo ($P < 0.05$); ESWSA ($P < 0,05$); color de la yema ($P < 0,05$); Concentración de Ca en la sangre ($P < 0.05$) y excretas ($P < 0.01$) a medida que aumentaba el nivel de Ca en la dieta. La ingesta de Pd aumentó linealmente

($P < 0,01$) con los niveles de Pd en la dieta. El resto de los parámetros no fueron influenciados ($P > 0,05$) por los niveles de Ca y Pd en la dieta. La dieta que contenía 4.5% de calcio mejoró la tasa de conversión alimenticia por docena de huevos y la calidad de la cáscara. El nivel más bajo de Pd alimentado (0,25%) es suficiente para mantener el rendimiento y la calidad del huevo de las ponedoras comerciales semi-pesadas después de la muda.

Hassan y Al Aqil (23) llevaron a cabo un estudio para establecer la proporción óptima de calcio a fósforo disponible en la dieta para el mejor rendimiento productivo y la calidad de la cáscara de huevo de las gallinas ponedoras, se utilizó un total de 160 gallinas ponedoras, de 44 semanas de edad, para estudiar el efecto de agregar cuatro proporciones dietéticas diferentes (13: 1 , 7.6: 1, 5.17: 1 y 3.87: 1) de calcio a fósforo disponible sobre el desempeño productivo y la calidad de la cáscara de las gallinas ponedoras. Cada tratamiento se repitió diez veces con 4 gallinas cada una. Se midieron los pesos corporales inicial y final, la producción de huevos, el peso del huevo, la masa del huevo, el consumo de alimento, el índice de conversión alimenticia por masa del huevo, la gravedad específica del huevo, el peso y el grosor de la cáscara, el porcentaje de la cáscara, el peso de la cáscara por área de superficie, unidad Haugh y el color de la yema. Los resultados obtenidos del presente estudio no mostraron diferencias significativas entre todas las proporciones de calcio en la dieta y fósforo disponible en peso corporal, producción de huevos, peso de huevos, masa de huevos, consumo de alimento, proporción de conversión alimenticia por masa de huevo, gravedad específica del huevo, grosor de la cáscara de huevo, porcentaje de cáscara de huevo, peso de cáscara de huevo por superficie, unidad Haugh y color de la yema durante todo el período experimental (de 44 a 52 semanas de edad) de las gallinas ponedoras. Con base en los resultados obtenidos del presente estudio, se pudo concluir que la mayor relación calcio a fósforo disponible 13: 1 (el nivel más alto de calcio, 4.29 y 0.33% el nivel más bajo de fósforo disponible) fue suficiente para mantener el desempeño productivo y calidad de cáscara de huevo al menor costo de gallina ponedora de 44 a 52 semanas de edad.

El fósforo es un componente esencial de los sistemas buffer en la sangre y otros fluidos corporales. Además, el fosforo está involucrado en el control del apetito, y en la eficiencia de la utilización del alimento. El fósforo es necesario para la síntesis del tejido muscular, formación del huevo, y la eficiencia de utilización del alimento (24).

La función metabólica y estructural de calcio y fosforo en la formación de huesos y cáscaras de huevo es esencial en la producción avícola (25). El Ca se absorbe activamente en todos los segmentos intestinales, particularmente en el duodeno y el yeyuno. La velocidad de absorción del Ca es mayor que la de cualquier otro ion, excepto el Na. El estado nutricional de los animales afecta la absorción de Ca. Las dietas deficientes en Ca en animales alimentados aumentan los

niveles de absorción de Ca, mientras que los niveles dietéticos altos de este mineral reducen la absorción (26).

Es conveniente la evaluación de estrategias nutricionales para mejorar la calidad del huevo que beneficie la aceptación del consumidor dentro de un enfoque integral que relaciona la producción animal, la nutrición y la salud humana. La calidad de la cascara es una característica importante en la producción de huevo relacionado a las exigencias del consumidor

Un nivel alto o bajo de Pd en la dieta de una gallina ponedora puede afectar adversamente el desempeño del ave y reducir la calidad de la cáscara del huevo (27, 28). Nys (29) informó que el 0,3% de Pd permite un rendimiento normal y la integridad ósea de las gallinas. El exceso de P en la dieta no solo es perjudicial para el ave, sino que también reduce la disponibilidad de otros cationes divalentes y fósforo de fitina al reducir la hidrólisis de fitato (30), que posteriormente conduce a la contaminación ambiental.

Summers (31) sugirió que una dieta de harina de maíz y soya que contenía 0.2% de Pd dio un rendimiento similar en ponedoras hasta las 32 semanas de edad que una dieta de control similar que contenía 0.4% de Pd. En ponedoras mayores de 32 semanas, aunque la calidad de la cáscara y el peso promedio del huevo fueron similares, la producción de huevos se redujo significativamente con la dieta más baja en P. No se observaron diferencias entre las dietas de Pd al 0.4 y 0.3% para ninguna de las variables de producción medidas.

La composición de la dieta, el método de cría, la edad del ave y la temporada influyen en el requerimiento de P (32).

El establecimiento de los requerimientos de Ca y Pd de las ponedoras comerciales es un desafío continuo para los nutricionistas avícolas y los productores de huevos, ya que las necesidades de estos dos minerales parecen cambiar constantemente. Los requerimientos de P parecen estar disminuyendo en comparación con los de Ca. Las razones de estas direcciones opuestas son inciertas, pero pueden estar relacionadas con el hecho de que los niveles altos de Ca en la dieta reducen la necesidad de reabsorción ósea y, por lo tanto, reducen las necesidades de fósforo (17).

Por otro lado, los niveles altos de P también pueden causar deficiencia de Ca. Los niveles adecuados de calcio y fósforo establecidos para las ponedoras se han visto desafiados debido a los continuos avances en la mejora genética, la nutrición, el medio ambiente y el manejo. Además, hay poca información sobre los requerimientos de las gallinas de segundo ciclo. Los estudios sobre estos requerimientos pueden tener un impacto económico en la producción de huevos en términos de costo de alimento y medio ambiente, la excreción de Ca y P puede contaminar el suelo y las fuentes de agua (17)

Evaluar y encontrar una relación óptima entre el nivel de calcio total y fósforo digestible en la dieta de gallinas de postura es una información necesaria que debe ser evaluada. Así mismo, contribuirá a aumentar la literatura científica en este tema ya que no existe información útil y actualizada al respecto.

Para probar que las relaciones de calcio/fósforo digestible en la dieta afectan la calidad externa del huevo, respuesta productiva y retribución económica de gallinas de postura se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar el efecto de diferentes relaciones de calcio total/fósforo digestible en la dieta sobre indicadores de calidad externa de huevo, respuesta productiva y retribución económica de gallinas de postura

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Nivel de investigación:

Investigación aplicada experimental

2.2. Fecha y lugar del experimento:

El experimento tuvo una duración de 8 semanas

Inicio de la investigación: 23 de septiembre del 2022

Término de la investigación: 18 de noviembre del 2022

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad de investigación, enseñanza y extensión en gallinas de postura 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.

2.3. 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 (33)).

2.4. Materiales y equipo

a) Instalaciones y jaulas

Galpón con jaulas convencionales. Cada uno de los casilleros tiene bebederos y comederos.

b) Balanza

c) Equipo analizador de huevo DET 6500 (Nabel-Japon)

d) Gallinas experimentales:

Se utilizaron 48 gallinas de postura de la línea genética LOHMANN Brown de 124 semanas de edad de segundo ciclo de postura. El cálculo de la muestra se realizó utilizando el software GRAMNO (34):

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 (*) = ± 1.8 (peso de cascara)

(*) = El valor referencial de desviación estándar de la variable peso de cascara (g/g) se obtuvo de un estudio piloto previo en el galpón experimental (2021).

d = valor mínimo de la diferencia en el peso de cáscara que se desea detectar = 2.5

Proporción prevista de pérdidas de seguimiento = 20%

Tipo de contraste bilateral

Según el cálculo ejecutado y aceptando un riesgo de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 14 gallinas de postura en cada grupo para detectar una diferencia mínima de 2 entre dos grupos, asumiendo que existen 3 grupos como tratamientos y una desviación estándar de 1.8.

Se aumentó a 16 gallinas de postura por tratamiento. Considerando 3 grupos experimentales como tratamiento y 4 repeticiones por cada uno, se tienen 12 unidades experimentales en total, y 4 gallinas por unidad, lo que corresponde a 48 gallinas en total.

2.5. Etapa previa

La etapa previa consistió en uniformizar el lote de gallinas de postura en función del peso vivo, porcentaje de producción y masa de huevo.

Se realizó la adaptación de las instalaciones y la asignación de los tratamientos, para lo cual se identificó cada una de las unidades experimentales.

2.6. Alimentación y formulación de las dietas

Se formularon tres dietas balanceadas de acuerdo con cada tratamiento (Anexo 1). Las especificaciones de los nutrientes estuvieron de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura DEKALB brown.

Para la elaboración de las fórmulas de las dietas alimenticias se utilizó el Software de formulación Animal Feed Optimization Software (AFOS, 2021) (35) y el LP máxima rentabilidad (36).

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

2.7. 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.

2.8. Variables evaluadas:

a. Características externas de calidad de huevo

- Color de cáscara (escala colorimétrica LN-FMVZ-UNICA)

- Grosor de cáscara (mm). Se midió el grosor de cuatro trozos de cáscara, uno por cada uno de los dos extremos (extremo ancho y estrecho) y dos del cuerpo de los huevos, se mide con una aproximación de 0.01 mm.
- - Peso de cáscara (g/huevo). La membrana de la cubierta interna se retira de las cáscaras y se mantiene seca al aire libre durante 24 h. Todas las cáscaras secas se pesaron con la ayuda de una balanza digital.
- Porcentaje de cascara (%). El peso de la cáscara se divide por el peso del huevo para obtener la proporción o relación de cáscara.
- Ceniza de cascara de huevo (g/huevo)
- Gravedad específica (g/cm³). Se calculó de acuerdo con la ecuación siguiente (37):
- $GE = W / (0.968 W - 0.4759 SW)$
Dónde:
W = peso de huevo (g)
SW = peso de cascara de huevo (g)
- Índice de cáscara de huevo (g/100 cm²). De acuerdo con la ecuación siguiente (38):
 $I = (C/S) \times 100$
Dónde:
I = Índice de Cáscara del Huevo (g/100 cm²)
C = peso de cáscara (g)
S = Superficie de cáscara (cm²) = $4.68 \times P^{2/3}$ (39)
P = Peso de huevo (g)
- Porcentaje de huevos rotos (%)

b. Características internas del huevo

- Test de Unidad Haugh

Se determinó de acuerdo con la metodología de Eisen *et al.* (40), utilizando la siguiente fórmula:

$$HU = 100 \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.57)$$

Dónde:

HU : Unidad Haugh

H : altura del albumen en mm

W : peso del huevo en gramos

7.57 : factor de corrección para la altura de albumen

1.7 : factor de corrección para el peso del huevo

Se realizo con el equipo analizador de huevo DET 6500

- Índice de yema (altura de la yema / diámetro de la yema x 100)
- Pigmentación de la yema de huevo: Se utilizará el abanico colorimétrico de color de yema (DSM) que presenta una escala de color de 0 a 16

c. Respuesta productiva

- Consumo de alimento (g/ave/día)
- Conversión alimenticia (g/g)
- Eficiencia energética (Kcal/Kg)
- Producción de huevos (%)
- Peso de huevo (g/huevo)
- Masa de huevo (g/día)

d. Evaluación económica

- Costo de alimentación: calculado a partir del costo de la dieta y el consumo del alimento por cada tratamiento.
- Margen económico sobre costo de alimentación: calculado a partir del ingreso bruto (S/) por la venta del total de masa de huevo producido por gallina menos el costo de alimentación en todo el periodo de la prueba.
- Retribución económica: calculado como la proporción del margen económico comparado a otros tratamientos.

2.9. Diseño experimental:

Los tratamientos fueron asignados en las unidades experimentales siguiendo el protocolo de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 4 repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales.

Modelo matemático

Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varphi_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

φ_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

$\varphi_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

2.10. Tratamientos experimentales

T-1: Relación calcio total/fosforo digestible bajo: 10.84:1

T-2: Relación calcio total/fosforo digestible medio: 13.25:1

T-3: Relación calcio total/fosforo digestible alto: 16.20:1

2.11. 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: se registraron todos los datos que corresponde a las variables dependientes en estudio como es el consumo de alimento, peso vivo, mortalidad, etc.

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, eficiencia energética, ganancia de peso y uniformidad.

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

2.12. Análisis estadístico

Los datos de las variables cuantitativas fueron analizados como un diseño de bloques completamente aleatorizado con ANOVA unidireccional (one-way) utilizando el procedimiento GLM del software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2023, v. 9.4) (41). 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 utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene de los procedimientos UNIVARIATE y GLM de SAS, respectivamente (42).

Se utilizó el procedimiento LSMEANS para calcular las medias del tratamiento y se utilizó la opción PDIF de SAS para separar las medias si la diferencia es significativa (42).

Se realizaron análisis de comparaciones múltiples utilizando la prueba de Tukey para evaluar la diferencia entre los grupos cuando se encuentre diferencias estadísticas significativas (40).

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

Estadística descriptiva (Estadígrafos de posición y dispersión, como media aritmética, media geométrica, y desviación estándar).

III. RESULTADOS

3.1. Características externas de calidad de huevo

En la **tabla 1** se aprecia que las tres relaciones de Calcio/Fosforo digestible (Ca: P dig) en la dieta no afectaron significativamente ($P>0.05$) el color de cáscara, grosor de cáscara y peso de cáscara de huevo de gallinas de postura.

Tabla 1: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre color de cáscara, grosor de cáscara y peso de cáscara de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Relación Ca/Pdig	Color de cáscara (score)	Grosor de cáscara (mm)	Peso de cáscara (g)
Ca/Pdig:10.84:1	5.61 \pm 0.38	0.398 \pm 0.011	6.16 \pm 0.11
Ca/Pdig:13.25:1	5.46 \pm 0.15	0.377 \pm 0.008	5.82 \pm 0.19
Ca/Pdig:16.20:1	5.35 \pm 0.45	0.390 \pm 0.027	6.19 \pm 0.40
Probabilidad			
P-value	0.8741 ^{NS}	0.3824 ^{NS}	0.1259 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencias no significativas estadísticamente

En la **tabla 2** se aprecia que las tres relaciones de Ca: P dig en la dieta no afectaron significativamente ($P>0.05$) el porcentaje de cáscara, ceniza de cáscara y gravedad específica de huevo de gallinas de postura.

Tabla 2: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre porcentaje de cáscara, ceniza de cáscara y gravedad específica de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Relación Ca/Pdig	Cáscara (%)	Ceniza de cáscara (%)	Gravedad específica (g/cm ³)
Ca/Pdig:10.84:1	8.94 \pm 0.46	94.55 \pm 0.24	1.080 \pm 0.002
Ca/Pdig:13.25:1	8.86 \pm 0.12	94.73 \pm 0.31	1.080 \pm 0.0006
Ca/Pdig:16.20:1	9.16 \pm 0.52	94.40 \pm 0.24	1.081 \pm 0.002
Probabilidad			
P-value	0.6939 ^{NS}	0.2457 ^{NS}	0.6809 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencias no significativas estadísticamente

En la **tabla 3** se aprecia que las tres relaciones de Ca: P dig en la dieta no afectaron significativamente ($P>0.05$) el índice de cáscara y el porcentaje de huevos rotos de gallinas de postura.

Tabla 3. Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre índice de cáscara y porcentaje de huevos rotos de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Relación Ca/Pdig	Índice cáscara (g/100 cm ²)	Huevos rotos (%)
Ca/Pdig:10.84:1	7.80 \pm 0.30	1.60 \pm 0.31
Ca/Pdig:13.25:1	7.62 \pm 0.10	1.55 \pm 0.27
Ca/Pdig:16.20:1	7.96 \pm 0.44	1.56 \pm 0.28
Probabilidad		
P-value	0.4787 ^{NS}	1.000 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencias no significativas estadísticamente

3.2. Características internas de calidad de huevo

En la **tabla 4** se aprecia que las tres relaciones de Ca: P dig en la dieta no afectaron significativamente ($P>0.05$) la unidad Haugh, índice de yema y color de yema de huevo de gallinas de postura.

Tabla 4: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre unidad Haugh, índice de yema y color de yema de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Relación Ca/Pdig	Unidad Haugh (score)	Índice de yema (re)	Color de yema (score)
Ca/Pdig:10.84:1	88.32 \pm 5.40	0.458 \pm 0.037	8.12 \pm 0.32
Ca/Pdig:13.25:1	91.15 \pm 4.22	0.455 \pm 0.023	7.87 \pm 0.43
Ca/Pdig:16.20:1	89.81 \pm 7.85	0.466 \pm 0.023	7.87 \pm 0.47
Probabilidad			
P-value	0.6183 ^{NS}	0.9810 ^{NS}	0.5769 ^{NS}

$P>0.05$ = diferencias no significativas estadísticamente

3.3. Indicadores de respuesta productiva

En la **tabla 5** se aprecia que las tres relaciones de Ca: P dig en la dieta no afectaron significativamente ($P>0.05$) la producción de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia de gallinas de postura. Sin embargo, la producción de huevo tendió a ser mayor que la baja y alta relación Ca: P dig ($P = 0.0945$).

Tabla 5: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre producción de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia de gallinas de postura (\pm DE)

Relación Ca/Pdig	Producción de huevo (%)	Consumo de alimento (g/ave/día)	Conversión alimenticia (Kg/Kg)
Ca/Pdig:10.84:1	69.64 \pm 11.07	114.70 ^{ab} \pm 5.51	2.49 \pm 0.30
Ca/Pdig:13.25:1	84.82 \pm 6.57	117.77 ^a \pm 3.55	2.09 \pm 0.11
Ca/Pdig:16.20:1	64.28 \pm 15.77	104.15 ^b \pm 9.32	2.50 \pm 0.49
Probabilidad			
P-value	0.0945 ^{NS}	0.0556	0.1556 ^{NS}

P>0.05= diferencias no significativas estadísticamente. P \leq 0.05=diferencias significativas

En la **tabla 6** se aprecia que las tres relaciones de Ca: P dig en la dieta no afectaron significativamente (P>0.05) la eficiencia energética, peso de huevo y masa de huevo de gallinas de postura.

Tabla 6: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre eficiencia energética, peso de huevo y masa de huevo de gallinas de postura (\pm DE)

Relación Ca/Pdig	Eficiencia energética (Kcal/Kg)	Peso de huevo (g/huevo)	Masa de huevo (g/ave/día)
Ca/Pdig:10.84:1	6992.62 \pm 841	66.88 \pm 1.90	46.44 ^{ab} \pm 6.17
Ca/Pdig:13.25:1	5878.82 \pm 312	66.35 \pm 1.88	56.21 ^a \pm 3.37
Ca/Pdig:16.20:1	7012.81 \pm 1392	67.05 \pm 4.48	43.01 ^b \pm 10.10
Probabilidad			
P-value	0.1556 ^{NS}	0.9475 ^{NS}	0.0472

P>0.05= diferencias no significativas estadísticamente. P \leq 0.05=diferencias significativas

3.4. Indicadores económicos

En la **tabla 7** se aprecia que las tres relaciones de Ca: P dig en la dieta tuvieron diferente costo de alimentación y margen sobre ese costo. La dieta con la relación Calcio/Fosforo digestible de valor medio logro el menor costo de alimentación y más alto margen sobre dicho costo.

Tabla 7: Efecto de diferentes relaciones de calcio y fosforo digestible en la dieta sobre el costo de alimentación, margen sobre costo de alimentación y retribución económica de gallinas de postura

Relación Ca/Pdig	Costo de alimentación (S/Kg)	Margen sobre costo (S/)	Retribución económica (%)
Ca/Pdig:10.84:1	4.8079	3.2401	51.40
Ca/Pdig:13.25:1	4.0062	6.3031	100.00
Ca/Pdig:16.20:1	4.7634	3.3594	53.29

Precio alimento: S/ 1.9252/Kg (T-1); S/ 1.9081/Kg (T-2); S/ 1.9019/Kg (T-3)

Precio venta huevo= S/ 6.00/Kg

IV. DISCUSION

El presente trabajo fue sobre tres relaciones de Ca: Pdig en la dieta sin el uso de fitasa para generar información preliminar como línea de base en gallinas de postura Dekalb Brown, de edad avanzada de 124 semanas de edad después de muda, en el II ciclo de producción.

Existen diversos conceptos para la denominación del requerimiento de P por ejemplo, P total, P no fitato (NPP), P disponible (no es sinónimo de NPP), P digestible y P retenible, entre otros (43). En nuestro caso se utilizó el concepto de Pdig utilizando la base de datos de la tabla de CVB (2021), concepto que es más precisa que los otros conceptos mencionados.

Los resultados indican que las gallinas de edad avanzada tienen una capacidad fisiológica de adaptarse a las tres relaciones evaluadas (10.84:1, 13.25:1 y 16.20:1) y mantener constante la calidad de cascara y la respuesta productiva a excepción del consumo de alimento y masa de huevo que aumento en las gallinas que consumieron la dieta con la relación más alta. Las gallinas ponedoras pueden adaptarse fisiológicamente a dietas bajas en fósforo y calcio y mantener el rendimiento, dependiendo del grado de deficiencia de nutrientes (45, 46, 47). En gallinas ponedoras maduras, la relación Ca: Pdisp de la dieta aumenta hasta 13:1 debido a la alta demanda de Ca para la producción de huevos y una cáscara de huevo óptima (48). Este es un valor cercano al utilizado en el T-2 en el presente estudio.

Cuando se da un alto nivel de Ca en la dieta, implica que aumenta la fuente principal que es el carbonato de calcio, lo que aumenta el pH intestinal, y que genera la formación de complejos insolubles de fitatos-Ca, lo que afecta la absorción de Ca y P. Bajo el estudio, si bien el desbalance en la relación Ca: Pdig no afectó la calidad de cáscara pero si se vio afectado la respuesta productiva a través del consumo de alimento y masa de huevo de las gallinas de postura que fueron menores para las dietas con baja y alta relación.

Las gallinas de postura mantuvieron las otras características de respuesta productiva y peso corporal. Este resultado nos indicaría que los aportes de Ca y P dig cumplieron con los requerimientos. Hay diferentes recomendaciones de las dosis de estos minerales. Según algunos estudios al proporcionar un nivel suficiente de Ca (3,51 g Ca/día por gallina o 32,5 g Ca/kg de dieta) no disminuyó el Ca sérico, fortaleza a rotura del hueso (BBS) y las cenizas en gallinas ponedoras, mientras que la fosfatasa alcalina sérica y la resorción ósea aumentaron (49, 50, 51)

El Consejo Nacional de Investigación (NRC, 1994) recomienda un 3,25% de Ca en la dieta, lo que corresponde a 3,25 g/día/gallina para gallinas Single Comb White Leghorn y 3,6 g/día/gallina para gallinas ponedoras Brown debido a las diferencias en ingesta de alimento esperada.

Cuando las dietas mantienen una misma relación entre Ca: P se puede aumentar o disminuir la densidad y ver su respuesta. En caso de relaciones diferentes implica que a una relación baja hay menor nivel de Calcio y mayor nivel de P dig y una relación alta, un mayor nivel de Calcio y menor nivel de P dig.

Evaluar las dietas bajo estas condiciones es de interés, ya que actualmente se tiene buena tecnología de diferentes enzimas exógenas como las fitasas, que ya es común su utilización en las dietas avícolas. Sin embargo, es recomendable que antes, se defina los niveles y relaciones entre estos dos minerales sin uso de fitasas e incluso evaluar la respuesta en condiciones de niveles bajo de ambos minerales y a partir de esta información evaluar las propuestas enzimáticas de fitasas. Incluso existen recomendaciones de evaluar niveles de estos minerales por debajo del requerimiento. Las reducciones adicionales de los niveles de P disp y Ca por debajo de los requerimientos reales en las dietas de las gallinas ponedoras pueden permitir observar el efecto de la fitasa y comprender mejor los cambios en la mineralización ósea en las gallinas ponedoras (52)

El consumo de P disp según recomendación del NRC (1994) es de 250 mg/día por gallina. Bajo las condiciones del presente estudio, el consumo de P disp fue de 371.54, 342.47 y 267.87 mg/gallina/día para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente, es decir mucho más alto de lo indicado por la NRC. Las recomendaciones actuales de Ca y P disp proporcionadas por los criadores primarios probablemente sean sustancialmente más altas de lo que realmente requieren las gallinas (52).

Es importante tener en cuenta que el rendimiento de la puesta de huevos, la eficiencia alimenticia y la calidad de la cáscara del huevo cambian en respuesta al suministro inadecuado de P en unas pocas semanas. Sin embargo, una leve falta de P puede no afectar las características de rendimiento durante un período de varios meses porque el P se moviliza desde el esqueleto. Lo mismo sucede en el caso del Ca. Kerschitzki et al. (53) consideran que un suministro insuficiente de Ca en la dieta o absorción inadecuada de Ca del tracto gastrointestinal en gallinas ponedoras, el Ca se moviliza de los huesos

Una alteración en la homeostasis del Ca puede deteriorar tanto la calidad del huevo como la salud del ave. La absorción intestinal de Ca, su almacenamiento, movilización y retención está estrictamente regulada junto con el fósforo (P) y dependiendo de la relación Ca:P por factores endocrinos, incluidas las hormonas paratiroideas y los niveles de vitamina D₃ (54)

En el presente estudio, la tanto la baja y alta relación Ca: P dig tuvieron bajo consumo de alimento que podría estar relacionado con el bajo apetito. Una deficiencia de P o Ca puede provocar una reducción del apetito, un desarrollo anormal del esqueleto, un crecimiento reducido en aves jóvenes y osteoporosis y pérdida de peso en aves mayores (55).

Varios factores afectan la absorción y la utilización de P y Ca en las gallinas ponedoras, incluida la relación P/Ca alterado, su interacción con otros nutrientes, los antecedentes genéticos, la microbiota y las condiciones ambientales (56)

Las gallinas ponedoras pueden aumentar la absorción de P en la dieta a través de la regulación positiva del transportador Na-P IIb en el duodeno cuando se alimentan con una dieta deficiente en P (Nie et al., 2013). Las gallinas ponedoras respondieron a una dieta deficiente en Ca aumentando la expresión intestinal de ARNm para el transportador de Ca CaBP-D28K (57).

Una interesante revisión de literatura científica de metaanálisis llevado a cabo por Dijkslag et al. (58) acerca de la concentración óptima de fósforo no fitato (NPP) en el alimento para gallinas ponedoras, encontraron que ningún estudio mostró un efecto positivo sobre el rendimiento y la cáscara del huevo cuando la concentración de NPP se incrementó por encima de 2,2 g NPP/kg de alimento sin el uso de fitasa. En general, los datos sugirieron que no se necesitan más de 2,2 g NPP/kg de alimento para gallinas ponedoras en diferentes etapas de producción. Este valor se puede reducir cuando se agrega fitasa al alimento. Dicha reducción puede diferir dependiendo de factores como el contenido de fitato del alimento y la dosis de fitasa. Los investigadores consideran que la transición a un sistema basado en P digerible para gallinas ponedoras similar a los pollos de engorde puede respaldar una nutrición de P más precisa y una producción de huevos más sostenible en el futuro

Según el estudio de Jing et al. (59) informaron efectos negativos sobre el grosor de la cáscara del huevo y la gravedad específica con concentraciones de NPP $\geq 3,5$ g/kg de alimento, pero no cuando la NPP se redujo a 1,5 g/kg de alimento en el período de 22 a 34 semanas de edad.

Según el estudio de Dijkslag et al. (58) reportan que la mayoría de los estudios utilizados para estimar el requerimiento de NPP tenían una concentración de Ca del alimento en el rango de 35 a 40 g/kg de alimento. Las concentraciones de Ca superiores a este rango pueden causar un aumento en el requerimiento de NPP de las gallinas ponedoras. En base a la literatura revisada indica que una concentración de NPP de 2,2 g/kg de alimento en dietas sin fitasa y de 35 a 40 g Ca/kg de alimento es adecuada para mantener el rendimiento de las gallinas ponedoras durante todo el ciclo de postura. Con la suplementación con fitasa, las concentraciones de NPP pueden reducirse hasta la omisión completa del mineral P dependiendo de la dosis de fitasa. Con tales niveles de NPP y Ca, es poco probable que ocurran efectos negativos sobre la salud ósea y la calidad de la cáscara del huevo. Hernández et al (21) reportan resultado de su estudio en gallinas de postura marrones de 64 a 76 semanas de edad, las que no requieren más de 0,27 % de P digestible en la dieta para una producción y calidad de huevos óptimas. Un exceso de P digestible ($\geq 0,39$ %) podría reducir la calidad de la cáscara.

Según Sommerfeld et al. (60), la degradación endógena de ácido fítico (InsP6) se reduce cuando se complementan con P y Ca mineral. Existe una fuerte interacción del contenido de P y Ca con respecto a la calidad de la cáscara del huevo y el número de huevos producidos (2)

De acuerdo con Ahmadi and Rodehutschord (61), el contenido recomendado de P en el alimento de las gallinas ponedoras podría ser demasiado alto y puede reducirse sin efectos negativos significativos sobre la producción y salud de los animales. En esta línea, se deben hacer estudios de reevaluar los niveles óptimos en las nuevas líneas genéticas

Finalmente, según la evaluación económica se tiene que la relación 13.25: logró el menor costo de alimentación por Kg de masa de huevo producido y más alto margen sobre costo de alimentación del total de masa de huevo producido por gallina en todo el periodo de la prueba. Esta mejora se puede explicar parcialmente por la mayor masa de huevo que fue obtenida por esta relación. Esto nos indicaría, que la relación Ca/P dig tiene una importancia económica y se debe tener en cuenta en la formulación de las dietas en gallinas de postura.

V. CONCLUSIONES

- 5.1. Las diferentes relaciones de Ca: P dig en la dieta no afectó significativamente las características externas e internas de calidad de huevo
- 5.2. La relación Ca: P dig a nivel medio (13.25) en la dieta aumentó significativamente el consumo de alimento y masa de huevo, manteniendo los otros indicadores productivos.
- 5.3. La relación Ca: P dig a nivel medio (13.25) en la dieta redujo el costo de alimentación y aumento el margen sobre el costo de alimentación.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Continuar con las evaluaciones sobre las relaciones de Ca: P dig en la dieta considerando otras fases de producción y en otras líneas genéticas comerciales
- 6.2. Realizar evaluaciones sobre relaciones de Ca: P dig en la dieta ampliando los valores de calcio y fosforo digestible utilizado (mínimo y máximo)
- 6.3. Diseñar estudios preliminares sobre calcio digestible que involucre pruebas de digestibilidad y requerimiento de calcio digestible en gallinas de postura

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Anderson KE, Harvenstein GB, Brake J. Effects of strain and rearing dietary regimens on brown-egg pullet growth and strain, rearing dietary regimens, density, and feed space effects on subsequent laying performance. *Poultry Science*. 1995; 74:1079-1092.
2. Hartel H. Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. *British Poultry Science*. 1990; 31(3):473-494.
3. Scott M, Nesheim M, Young R. Nutrition of the chicken. Department of Poultry Science, Cornell University. Second edition, 1976. EEUU. 55 p.
4. Roland DA. Egg shell quality III: Calcium and phosphorus requirements of commercial Leghorns. *World's Poult.Sci. J*. 1986; 42: 154-165.
5. Keshavarz K. Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. *Poult.Sci*. 2000; 79: 748-763.
6. Usayran N, Balnave D. Phosphorus requirements of laying hens fed on wheat-based diets. *Br.Poult. Sci*. 1995; 36: 285-301.
7. Sohail SS, Roland DA. Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W36 hens. *Poult Sci*;2002; (81):75-83.
8. Rodrigues PB. et al. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. 2. Níveis de fósforo disponível. *Revista Brasileira de Zootecnia* 1998; 27(1):143-149.
9. LOHMANN, MANAGEMENT GUIDE. 2020. [www. ltz.de](http://www.ltz.de)
10. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Poultry. 1984. 8th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
11. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. Nat. Acad. Sci. 1994. Washington, DC.
12. Lesson S, Caston LJ. Response of laying hens to diets varying crude protein and available phosphorus. *Journal of Applied Poultry Research*. 1996; 5, 289-296.
13. Scheideler SE, Sell JL. Effects of calcium and phase feeding phosphorus on production traits and phosphorus retention in two strains of laying hens. *Poultry Science*. 1986; 65, 2110-2119
14. Keshavarz K. The effect of different levels of non-phytate phosphorus with and without phytase on the performance of four strains of laying hens. *Poultry Science*. 2003; 82, 71-91.
15. Li X, Bryden WL, Zhang D. Available phosphorus requirement of laying hens. AECL Publication No 1UQ101A. Australian Egg Corporation Limited. 2016. 109 P.
16. Bertechini AG. Nutrição de monogástricos [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior; 1998.

17. Pelicia K, Garcia EA, Faitarone ABG, Silva AP, Berto DA, Molino AB, Vercese F. Calcium and Available Phosphorus Levels for Laying Hens in Second Production Cycle. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2009; 11(1): 39 – 49.
18. Bertechini AG. et al. Efeitos da restrição de fósforo para poedeiras comerciais de 2º ciclo sobre o desempenho e qualidade da casca do ovo. *Anais da 12th Conferencia Apinco de Ciência e Tecnología Avícolas*; 1994; Campinas, São Paulo. Brasil: Fundação APINCO de Ciência e Tecnología Avícolas; 1994. p. 37-38
19. Laopa RG. Efecto de diferentes niveles de fosforo disponible en la dieta sobre la calidad del huevo de gallinas ponedoras Lohmann en chincha. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Perú. 123 p.
20. Gutiérrez DA, Cuca JM, Martínez AP, Becerril CM, Figueroa JL. Levels of calcium and available phosphorus in laying hens during 48 weeks. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2013; 4(4):435-446.
21. Hernández P, de Juan AF, Fondevila G, Mabrouk JB, García J, Scappaticcio R, Mateos G. Effects of the source and level of digestible phosphorus in the diet on performance and egg quality of brown laying hens from 64 to 76 weeks of age. *Poult. Sci*. 2019; 98(E-Suppl. 1).
22. Skřivan M, Englmaierová M, Skřivanová V. Effect of different phosphorus levels on the performance and egg quality of laying hens fed wheat- and maize-based diets. *Czech J. Anim. Sci*. 2010; 55(10): 420–427.
23. Hassan SM, Al Aqil AA. Effect of Adding Different Dietary Calcium to Available Phosphorus Ratios on Productive Performance and Eggshell Quality of White Egg Layer Hens. *International Journal of Poultry Science*. 2015; 14(2): 103-111.
24. Mc Dowell LR. *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press, INC. 1992. 523 p.
25. Araújo JA. et al. Níveis de cálcio, fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras após a muda forçada [CD-ROM]. *Anais da 42th Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 2005; Goiânia, Goiás. Brasil: Sociedade Brasileira de Zootecnia.
26. Berne MR, Levy MN, *Fisiologia*. 4th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
27. Harms RH. The influence of nutrition on eggshell quality. Part II. Phosphorus. *Feedstuffs*. 1982; 54, 25–27.
28. Bar A, Hurwitz S. Egg shell quality, medullary bone ash, intestinal calcium and phosphorus absorption and calcium binding protein in phosphate-deficient hens. *Poultry Science*. 1984; 63, 1975–1979.
29. Nys Y. Nutritional factors affecting eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science*. 1999; 44, 135–143.

30. Ballam GC, Nelson TS, Kirby LK. Effect of different dietary levels of calcium and phosphorus on phytate hydrolysis by chicks. *Nutrition Reports International*. 1985; 32: 909–913.
31. Summers JD. Reduced dietary phosphorus levels for layers. *Poultry Science*. 1995; 74: 1977–1983.
32. Rao SVR, Reddy VR, Reddy VR. Non-phytin phosphorus requirements of commercial broilers and White Leghorn layers. *Animal Feed Science and Technology*. 1999; 80: 1–10.
33. FONAGRO. Información meteorológica diaria de la estación. Chincha. SENAMHI. Dirección Regional de Ica. 24 p. 2019.
34. GRAMNO. Calculadora para estimar tamaño de muestra. España. 2021
35. AFOS. Programa de formulación de dietas balanceadas. 2021
36. Guevara VR. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*. 2004; 83 (1): 147–151.
37. Kul S, Seker, I. Phenotypic correlation between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science*. 2004; 3: 400–405.
38. Ahmed AMH, Rodriguez-Navarro AB, Vidal ML, Gautron J, Garcia-Ruiz JM, Nys Y. Changes in eggshell mechanical properties, crystallographic texture and in matrix proteins induced by moult in hens. *British Poultry Science*. 2005; 46, 268–279.
39. Thompson BK, Hamilton RMG, Grunder AA. The relationship between laboratory measures of eggshell quality and breakage in commercial egg washing and candling equipment. *Poult Sci*. 1985; 64: 901–909
40. Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Sci*. 1962; 41:1461-1468
41. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User's Guide: Statistics. Version 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2021
42. Salvador TE. Curso de Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". 2021.
43. Keshavarz K, Nakajima S. Re-Evaluation of Calcium and Phosphorus Requirements of Laying Hens for Optimum Performance and Eggshell Quality¹, *Poultry Science*. 1993; 72(1):144-153, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps.0720144>
44. CVB Feed Table 2021. Chemical composition and nutritional values of feedstuffs. Holanda.
45. Boling SD, Douglas MW, Shirley RB, Parsons CM, Koelkebeck KW. The effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens, *Poultry Science*. 2000; 79(4): 535-538, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1093/ps/79.4.535>
46. Nie W, Yang Y, Yuan J. et al. Effect of dietary nonphytate phosphorus on laying performance and small intestinal epithelial phosphate transporter expression in Dwarf

- pink-shell laying hens. *J Animal Sci Biotechnol.* 2013; 4(34).
<https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-34>
47. Geraldo A, Gomes KRA, Fassani, Édison J, Bertechini AG, Simão SD, Nogueira FS. Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences.* 2014; 36(3): 285-290.
<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i3.21952>
 48. Li X, Zhang D, Bryden WL. Calcium and phosphorus metabolism and nutrition of poultry: are current diets formulated in excess? *Anim. Prod. Sci.* 2017; 57: 2304-2310.
 49. Keshavarz K, Nakajima S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poult. Sci.* 1993; 72:144-153
 50. Leeson S, Summers JD, Caston L. Response of Brown-Egg Strain Layers to Dietary Calcium or Phosphorus, *Poultry Science.* 1993; 72(8): 1510-1514, ISSN 0032-5791,
<https://doi.org/10.3382/ps.0721510>.
 51. Rama Rao SV, Panda AK, Raju MVLN, Shyam Sunder G, Praharaj NK. Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low dietary phosphorus levels, *Animal Feed Science and Technology.* 2003; 106(1-4): 199-208, ISSN 0377-8401,
[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00296-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00296-1).
 52. Pongmanee K, Kuhn I, Korver DR. Effects of phytase supplementation on eggshell and bone quality, and phosphorus and calcium digestibility in laying hens from 25 to 37 wk of age. *Poultry Science.* 2020; 99:2595–2607 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.051>
 53. Kerschnitzki M. et al. Rapid alterations of avian medullary bone material during the daily egg-laying cycle. *Bone.* 2014; 69: 109–117.
 54. Plaimast H, Kijparkorn S, Ittitanawong P. Effects of vitamin D₃ and calcium on productive performance, egg quality and vitamin D₃ content in egg of second production cycle hens. *Tai J. Vet. Med.* 2015; 45, 189–195.
 55. Klein L. Direct measurement of bone resorption and calcium conservation during vitamin D deficiency or hypervitaminosis D. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1980; 77: 1818–1822.
<https://doi.org/10.1073/pnas.77.4.1818>
 56. Scheideler SE. Utilization of phosphorus in poultry as influenced by dietary calcium and phosphorus Doctor of Philosophy thesis, Iowa State University Ames, Iowa (1989).
 57. Ieda T, Saito N, Shimada K, Effect of Low Calcium Diet on Messenger Ribonucleic Acid Levels of Calbindin-D28K of Intestine and Shell Gland in Laying Hens in Relation to Egg Shell Quality, *Japanese poultry science.* 1999; 36(5): 295-303, Released on J-STAGE November 12, 2008, Print ISSN 0029-0254, <https://doi.org/10.2141/jpsa.36.295>
 58. Dijkslag MA, Kwakkel RPK, Martin-Chaves E, Alfonso-Carrillo C, Navarro-Villa A. Long-term effects of dietary calcium and phosphorus level, and feed form during rearing on egg production, eggshell quality, and bone traits in brown laying hens from 30 to 89

wk of age. Poultry Science. 2023; 102:102618.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102618>

59. Jing M, Zhao S, A. Rogiewicz A, Slominski BA, House JD. Assessment of the minimal available phosphorus needs of laying hens: Implications for phosphorus management strategies. Poult. Sci. 2018; 97: 2400-2410
60. Sommerfeld V, Schollenberger M, Kühn I, Rodehutschord M. Interactive effects of phosphorus, calcium, and phytase supplements on products of phytate degradation in the digestive tract of broiler chickens. Poult Sci. 2018; 97(4):1177–88. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29325118/> <https://doi.org/10.3382/ps/pex404> PMID: 29325118
61. Ahmadi H, Rodehutschord M. A meta-analysis of responses to dietary nonphytate phosphorus and phytase in laying hens. Poult Sci. 2012; 91(8):2072–8. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02193> PMID:22802206

VIII. ANEXO

8.1. Fórmulas de las dietas utilizadas

T-1 CA-PD BAJA 10.84

Plant: GALLINAS-BRASIL

Batch Size(USD/kg): 32.0000

Cost in USD/kg: 1.9252

Batch Cost(in USD): 61.6066

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ	1.84			62.5402	20.0129	36.8237	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.66			14.1362	4.5236	12.0327	
SP DE TRIGO	0.99			10	3.2	3.168	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25			5.48	1.7536	0.4384	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.3661	0.7571	0.1893	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46			2.3545	0.7534	1.8534	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.059	0.3389	2.2198	
ACEITE DE SOYA FEDNA	4.5			1	0.32	1.44	
SAL COMUN	0.5			0.2537	0.0812	0.0406	
BICARBONATO DE SODIO	4.8			0.25	0.08	0.384	
CLORURO DE COLINA 60%	7.5			0.159	0.0509	0.3816	
DL METIONINA	20.5			0.1318	0.0422	0.8649	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	23.5			0.12	0.0384	0.9024	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8			0.1	0.032	0.6336	
LISINA	14.8			0.0494	0.0158	0.2342	

32

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.2368	
Alanina T	2	%			0.829	
Almidon	3	%			43.6702	
Arginina SID	4	%	0.66		0.8412	
Arginina T	5	%			0.9124	
Asp T	6	%			0.7816	
BED	7	mEq/Kg			179.0545	
Calcio	8	%	3.222	3.222	3.222	-0.0381
Ceniza	9	%			2.2661	
Cloro	10	%	0.18		0.2555	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2162	
Cystina T	13	%			0.2596	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2800	2800	2800	
ENeta postura		kcal/kg			2291.2544	
Extracto etereo	24	%			4.5643	
FDA	25	%			4.6267	
FDN	26	%			14.8721	
Fenylalanina SID	27	%			0.6328	
Fenylalanina T	28	%			0.705	
Fibra cruda	29	%			2.7176	
Glu T	30	%			1.4832	
Gly + Ser T	31	%			1.3778	
Glycina T	32	%			0.6294	
Histidina SID	33	%			0.3542	
Histidina T	34	%			0.3991	
Isoleucina SID	35	%	0.51		0.5159	
Isoleucina T	36	%			0.5778	
Leucina SID	38	%			1.2195	
Leucina T	39	%			1.3298	
Lysina SID	40	%	0.63		0.63	0.1594
Lysina T	41	%			0.7215	
Materia seca	42	%			89.6069	
Met + Cys T	43	%			0.6275	
Met + Cys SID	44	%	0.54		0.5643	
Methionina SID	45	%	0.34		0.34	0.1858
Methionina T	46	%			0.3603	
P Dig BRASIL		%			0.3156	
P Dig cvb	47	%	0.297		0.297	0.3269
P Dig FEDNA	48	%			0.2989	
P disponible	49	%			0.3239	
P fitico	50	%			0.2198	

P total	51	%			0.5624	
PNA	53	%			15.7714	
Potasio	54	%			0.6093	
Prolina T	55	%			0.9055	
Proteina cruda	56	%	14		14	0.0073
Serine T	57	%			0.7484	
Sodio	58	%	0.18	0.18	0.18	-0.0302
Threonina SID	59	%	0.44		0.489	
Threonina T	60	%			0.5548	
Tryptophano SID	61	%	0.14		0.149	
Tryptophano T	62	%			0.1648	
Tyrosine T	63	%			0.5079	
Valina SID	64	%	0.56		0.5937	
Valina T	65	%			0.689	

T-2 CA-PD INT 13.3

Plant: GALLINAS-BRASIL

Batch Size(USD/kg): 32.0000

Cost in USD/kg: 1.9081

Batch Cost(in USD): 61.0576

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ	1.84			60.664	19.4125	35.719	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.66			12.3369	3.9478	10.5011	
SP DE TRIGO	0.99			10	3.2	3.168	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25			6.77	2.1664	0.5416	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46			5	1.6	3.936	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.0814	0.666	0.1665	
ACEITE DE SOYA FEDNA	4.5			1.1883	0.3803	1.7112	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			0.9011	0.2884	1.8887	
SAL COMUN	0.5			0.2531	0.081	0.0405	
BICARBONATO DE SODIO	4.8			0.25	0.08	0.384	
CLORURO DE COLINA 60%	7.5			0.1563	0.05	0.3752	
DL METIONINA	20.5			0.1329	0.0425	0.8721	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	23.5			0.12	0.0384	0.9024	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8			0.1	0.032	0.6336	
LISINA	14.8			0.046	0.0147	0.2177	

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.5367	
Alanina T	2	%			0.8211	
Almidon	3	%			42.5431	
Arginina SID	4	%	0.66		0.8453	
Arginina T	5	%			0.9134	
Asp T	6	%			0.7843	
BED	7	mEq/Kg			179.8434	
Calcio	8	%	3.58	3.58	3.58	0.0127
Ceniza	9	%			2.2602	
Cloro	10	%	0.18		0.2523	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2141	
Cystina T	13	%			0.2592	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2800		2800	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2295.6841	
Extracto etereo	24	%			5.1265	
FDA	25	%			4.6943	
FDN	26	%			14.7494	
Fenylalanina SID	27	%			0.6315	
Fenylalanina T	28	%			0.7041	
Fibra cruda	29	%			2.7452	
Glu T	30	%			1.4783	
Gly + Ser T	31	%			1.3735	
Glycina T	32	%			0.6286	
Histidina SID	33	%			0.3526	
Histidina T	34	%			0.3975	
Isoleucina SID	35	%	0.51		0.5169	
Isoleucina T	36	%			0.5784	
Leucina SID	38	%			1.211	
Leucina T	39	%			1.3209	
Lysina SID	40	%	0.63		0.63	0.1389
Lysina T	41	%			0.7236	
Materia seca	42	%			89.6836	
Met + Cys T	43	%			0.6267	
Met + Cys SID	44	%	0.54		0.5624	
Methionina SID	45	%	0.34		0.34	0.1697
Methionina T	46	%			0.3602	
P Dig BRASIL		%			0.2898	
P Dig cvb	47	%	0.27		0.27	0.3973
P Dig FEDNA	48	%			0.2716	
P disponible	49	%			0.2908	
P fitico	50	%			0.2191	

P total	51	%			0.5281	
PNA	53	%			15.7152	
Potasio	54	%			0.6159	
Prolina T	55	%			0.9009	
Proteina cruda	56	%	14		14	0.0212
Serine T	57	%			0.7449	
Sodio	58	%	0.18		0.18	0.0184
Threonina SID	59	%	0.44		0.4883	
Threonina T	60	%			0.5538	
Tryptophano SID	61	%	0.14		0.1497	
Tryptophano T	62	%			0.1653	
Tyrosine T	63	%			0.5048	
Valina SID	64	%	0.56		0.5929	
Valina T	65	%			0.6873	

T-3 CA-PD ALTA 16.2

Plant: GALLINAS-BRASIL

Batch Size(USD/kg): 32.0000

Cost in USD/kg: 1.9019

Batch Cost(in USD): 60.8594

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ	1.84			58.9481	18.8634	34.7086	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.66			12.6364	4.0436	10.7561	
SP DE TRIGO	0.99			10	3.2	3.168	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25			6.89	2.2048	0.5512	
SOYA INTEGRAL, 37.3	2.46			5	1.6	3.936	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.965	0.9488	0.2372	
ACEITE DE SOYA FEDNA	4.5			1.7653	0.5649	2.542	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			0.7405	0.237	1.5522	
SAL COMUN	0.5			0.2533	0.0811	0.0405	
BICARBONATO DE SODIO	4.8			0.25	0.08	0.384	
CLORURO DE COLINA 60%	7.5			0.1568	0.0502	0.3763	
DL METIONINA	20.5			0.134	0.0429	0.879	
PREMEZCLA MIN+VIT POSTURA	23.5			0.12	0.0384	0.9024	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19.8			0.1	0.032	0.6336	
LISINA	14.8			0.0406	0.013	0.1923	

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			2.8181	
Alanina T	2	%			0.8157	
Almidon	3	%			41.4743	
Arginina SID	4	%	0.66		0.8483	
Arginina T	5	%			0.9165	
Asp T	6	%			0.7885	
BED	7	mEq/Kg			180.3794	
Calcio	8	%	3.938	3.938	3.938	0.0127
Ceniza	9	%			2.2594	
Cloro	10	%	0.18		0.2501	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2131	
Cystina T	13	%			0.2579	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2800		2800	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2300.0732	
Extracto etereo	24	%			5.6443	
FDA	25	%			4.6634	
FDN	26	%			14.5534	
Fenylalanina SID	27	%			0.6314	
Fenylalanina T	28	%			0.7041	
Fibra cruda	29	%			2.7284	
Glu T	30	%			1.4726	
Gly + Ser T	31	%			1.3732	
Glycina T	32	%			0.6285	
Histidina SID	33	%			0.3517	
Histidina T	34	%			0.3967	
Isoleucina SID	35	%	0.51		0.518	
Isoleucina T	36	%			0.5799	
Leucina SID	38	%			1.2032	
Leucina T	39	%			1.3135	
Lysina SID	40	%	0.63		0.63	0.1389
Lysina T	41	%			0.7236	
Materia seca	42	%			89.7528	
Met + Cys T	43	%			0.6253	
Met + Cys SID	44	%	0.54		0.5613	
Methionina SID	45	%	0.34		0.34	0.1697
Methionina T	46	%			0.3602	
P Dig BRASIL		%			0.2639	
P Dig cvb	47	%	0.243		0.243	0.3973
P Dig FEDNA	48	%			0.2432	
P disponible	49	%			0.2572	
P fitico	50	%			0.2171	

P total	51	%			0.492	
PNA	53	%			15.5954	
Potasio	54	%			0.6159	
Prolina T	55	%			0.8963	
Proteina cruda	56	%	14		14	0.0212
Serine T	57	%			0.7447	
Sodio	58	%	0.18		0.18	0.0184
Threonina SID	59	%	0.44		0.4875	
Threonina T	60	%			0.5534	
Tryptophano SID	61	%	0.14		0.1504	
Tryptophano T	62	%			0.1663	
Tyrosine T	63	%			0.5046	
Valina SID	64	%	0.56		0.5927	
Valina T	65	%			0.687	

8.2. Resultados de los análisis estadísticos

8.3. Fotos del experimento

Foto N° 1: Pesado de gallina



Foto N° 2: Recolección de huevos



Foto N° 3: Evaluación de color de cascara



Foto N° 4: Peso de huevo



Foto N° 5 :Peso de yema de huevo



Foto N° 6: Evaluación de calidad de yema



Foto N° 7: Extracción de la yema para pesar la cascara de huevo



Análisis de ceniza en cascara de huevo

Foto N° 8: Colocación de la cascara de huevo en la estufa



Foto N° 9: Colocación de la cascara de huevo en el desecador



Foto N° 10: Peso de ceniza de la cascara de huevo

