



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:

"Efecto de cuatro niveles de fosforo digestible sobre la calidad de huevo de gallinas de postura."

presentado por:

CHINCHAY CANEPA, ANDREA

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 15% 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 mayo del 2022

.....
MARÍA EMILIA DÁVALOS ALMEYDA
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



**“EFECTO DE CUATRO NIVELES DE FOSFORO DIGESTIBLE
SOBRE LA CALIDAD DE HUEVO DE GALLINAS DE POSTURA”**

Línea de investigación de la Facultad:

Producción animal

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

ANDREA CHINCHAY

ASESOR

ELIAS SALVADOR TASAYCO, Ph.D.

ICA, Perú

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es un orgullo y un privilegio el ser su hija, son los mejores padres.

A mi hermana por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindo a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi tía que me acogió estos años para poder realizar la carrera y llegar hasta este momento.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la universidad nacional de Ica “San Luis Gonzaga”, a toda la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y a mis profesores por apoyarme en este proceso.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Elias Salvador Tasayco principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

INDICE DE CONTENIDOS

TÍTULOS Y SUBTÍTULOS:

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
INDICE DE CONTENIDOS.....	3
INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE ANEXOS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	14
III. ESTRATEGIA METODOLOGICA	1
2.1 Lugar y fecha de ejecución	1
2.2 Materiales y equipos	1
2.3 Instalaciones	1
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	1
2.5 Etapas del estudio	1
2.5.1 Etapa pre-experimental	1
2.5.2 Etapa experimental.....	1
2.6 Diseño de la investigación	2
2.6.1 Tratamientos experimentales utilizados	2
2.6.2 Diseño experimental	2
2.6.3 Modelo matemático:	2
2.7 Variables en estudio.....	3
2.7.1 Variable independiente:.....	3
2.7.2 Variables dependientes:.....	3
2.8 Análisis estadístico/prueba de hipótesis.....	4
2.8.1 Análisis estadístico.....	4
IV. RESULTADOS.....	5
3.1 Respuesta productiva	5
3.2 Calidad de huevo	7
3.3 Respuesta económica.....	8
V. DISCUSION	9
VI. CONCLUSIONES	13
VII. RECOMENDACIONES.....	14

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	15
IX. ANEXOS	18
ANEXO 1: RESUMEN DE ANALISIS ESTADISTICO	18
PRODUCCION DE HUEVOS.....	18
CONSUMO DE ALIMENTO.....	18
INDICE DE CONVERSION ALIMENTICIA	18
EFICIENCIA ENERGETICA.....	19
PESO DE HUEVO	19
MASA DE HUEVO	19
PESO VIVO INICIAL.....	20
PESO VIVO FINAL.....	20
UNIDAD HAUGH	20
PIGMENTACION DE YEMA.....	21
INDICE DE YEMA.....	21
CENIZA DE CASCARA DE HUEVO	21
PORCENTAJE DE CASCARA DE HUEVO	22
ANEXO 2: FORMULAS DE LAS DIETAS UTILIZADAS	22
TRATAMIENTO 1	22
TRATAMIENTO 2:	22
TRATAMIENTO 3:	22
TRATAMIENTO 4:	23
ANEXO 3: FOTOS DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre la producción de huevos (PRH), consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA) y eficiencia energética bruta (EEB) de gallinas de postura.....	5
Tabla 2: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre peso de huevo (PH), masa de huevo (MH), peso vivo inicial (PVI) y peso vivo final (PVF) de gallinas de postura.....	6
Tabla 3: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre unidad Haugh (UH), color de yema (CY) e índice de yema (IY) de gallinas de postura	7
Tabla 4: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre ceniza de cascara (CC) y porcentaje de cascara (PC) de huevo de gallinas de postura.....	7

Tabla 5: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre el costo de alimentación (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura.....	8
Tabla 6: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre el margen bruto (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura	8

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible sobre el índice de conversión alimenticia	6
---	---

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: RESUMEN DE ANALISIS ESTADISTICO.....	18
PRODUCCION DE HUEVOS.....	18
CONSUMO DE ALIMENTO.....	18
INDICE DE CONVERSION ALIMENTICIA	18
EFICIENCIA ENERGETICA.....	19
PESO DE HUEVO	19
MASA DE HUEVO	19
PESO VIVO INICIAL.....	20
PESO VIVO FINAL.....	20
UNIDAD HAUGH.....	20
PIGMENTACION DE YEMA.....	21
INDICE DE YEMA.....	21
CENIZA DE CASCARA DE HUEVO	21
PORCENTAJE DE CASCARA DE HUEVO	22
ANEXO 2: FORMULAS DE LAS DIETAS UTILIZADAS.....	22
TRATAMIENTO 1:	22
TRATAMIENTO 2:	22
TRATAMIENTO 3:	22
TRATAMIENTO 4:	23
ANEXO 3: FOTOS DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	23

RESUMEN

“Efecto de cuatro niveles de fosforo digestible sobre la calidad de huevo de gallinas de postura”

INTRODUCCIÓN: El fosforo es un nutriente de importancia en las dietas de gallinas de postura y es el tercer rubro de costo del alimento. Tradicionalmente se utiliza el concepto de fosforo disponible, sin embargo, algunas fuentes científicas confiables han generado datos de fosforo digestible. Evaluar el nivel de fosforo digestible en la dieta es necesario para optimizar su utilización. **OBJETIVO:** determinar el efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre la respuesta productiva, calidad de huevo y retribución económica de gallinas de postura. **MÉTODOS:** Se utilizaron gallinas de postura de la línea DEKALB White de 35 semanas de edad. Se utilizaron cuatro dietas como tratamientos con cuatro niveles de fosforo digestible (Pd): 0.32% (T-1), 0.36% (T-2), 0.40% (T-3) y 0.44% (T-4). Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 4 repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales. Se evaluaron las variables como producción de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, eficiencia energética, peso y masa de huevo, peso vivo, unidad Haugh, pigmentación de yema, índice de yema, ceniza de cascara, porcentaje de cascara, costo de alimentación, margen bruto y retribución económica. **RESULTADOS:** la producción de huevos, conversión alimenticia, eficiencia energética y masa de huevo fueron mejorados significativamente con la dieta con bajo nivel de Pd (0.32%) comparado al nivel más alto de Pd (0.44%) en la dieta. Las características de calidad de huevo como unidad Haugh, color e índice de yema, ceniza y porcentaje de cascara no fueron afectados significativamente y fueron similares en todos los tratamientos. En la respuesta económica, tanto el costo de alimentación, margen bruto sobre costo de alimentación y retribución económica fue más alto para el nivel de Pd de 0.32% y el nivel más alto de 0.44% de Pd tuvo una reducción de la retribución económica de 4.83%. **CONCLUSIÓN:** El nivel de 0.32% de Pd mejoró la respuesta productiva y económica sin afectar negativamente la calidad de huevo, lo que indica que se puede trabajar con el método de energía digestible en niveles bajos.

Palabras claves: fosforo digestible dietas huevo producción gallinas

ABSTRACT

"Effect of four levels of digestible phosphorus on egg quality of laying hens"

INTRODUCTION: Phosphorus is an important nutrient in the diets of laying hens and is the third item of food cost. Traditionally, the concept of available phosphorus is used, however, some reliable scientific sources have generated data on digestible phosphorus. Evaluating the level of digestible phosphorus in the diet is necessary to optimize its use. OBJECTIVE: to determine the effect of different levels of digestible phosphorus in the diet on the productive response, egg quality and economic retribution of laying hens. METHODS: 35-week-old DEKALB White laying hens were used. Four diets were used as treatments with four levels of digestible phosphorus (Pd): 0.32% (T-1), 0.36% (T-2), 0.40% (T-3) and 0.44% (T-4). A Completely Randomized Block Design (RCDB) was used. Each of the treatments had 4 repetitions, giving a total of 16 experimental units. Variables such as egg production, feed intake, feed conversion, energy efficiency, egg weight and mass, live weight, Haugh unit, yolk pigmentation, yolk index, shell ash, shell percentage, feed cost were evaluated, gross margin and economic remuneration. RESULTS: Egg production, feed conversion, energy efficiency, and egg mass were significantly improved with the low Pd diet (0.32%) compared to the higher Pd diet (0.44%). Egg quality characteristics such as Haugh unit, yolk color and index, ash and shell percentage were not significantly affected and were similar in all treatments. In the economic response, both the cost of feed, gross margin on cost of feed and economic compensation were higher for the Pd level of 0.32% and the highest level of 0.44% of Pd had a reduction in economic compensation of 4.83 %. CONCLUSION: The level of 0.32% of Pd improved the productive and economic response without negatively affecting egg quality, which indicates that it is possible to work with the digestible energy method at low levels.

Keywords: digestible phosphorus diets egg production hens

I. INTRODUCCIÓN

En épocas actuales, la industria avícola de producción de huevos para consumo humano y específicamente el aspecto de formulación de las dietas, atraviesa por una situación de aumento de costo de los principales ingredientes como son maíz y torta de soya, lo que afecta el costo de la dieta. En esta línea, es necesario reevaluar estrategias para reducir dicho impacto. Las dietas utilizadas en la producción avícola deben estar en balance y deben aportar con los nutrientes en las cantidades y relaciones adecuadas. Los niveles de energía, aminoácidos y nutrientes como el fosforo son de importancia tomar en cuenta. El fosforo (P) tiene un impacto en la estructura de costo de la dieta. Para lo cual se deben utilizar métodos adecuados para definir los aportes con precisión. Convencionalmente se ha venido utilizando el método de fosforo disponible, que indica valores relativos, por lo que ha recibido muchos cuestionamientos ya que no indica con precisión el requerimiento de fosforo en las aves.

Por lo que, se propone evaluar el método de fosforo digestible como una herramienta de mayor precisión. Actualmente existen deferentes cuestionamientos, muy bien fundamentados, sobre el método convencional empleado para definir el nivel de fosforo en la dieta de aves y otras especies como el cerdo. El método utilizado es fosforo disponible, que indica un valor relativo y no es preciso. Sin embargo, el método de fosforo digestible da un valor más preciso del aprovechamiento del fosforo.

Este estudio evaluó cuatro niveles de fosforo digestible en la dieta, sobre la respuesta productiva y calidad de huevo de gallinas de postura, para lo cual se utilizó el método de fosforo digestible bajo el enfoque de dosis – respuesta. Los valores de fosforo digestible fueron tomados como referencia de las tablas de CVB Feed Table, Chemical composition and nutritional values of feedstuffs (2019).

Establecer un nivel apropiado de P en la dieta que satisfaga el requerimiento de las gallinas de postura tendrá un impacto muy importante en la avicultura, desde el punto de vista productivo, calidad de huevo y económico. Mas aún, si consideramos que el fosforo es un componente importante en el costo de la dieta, por lo que, conocer acerca de un valor más preciso contribuirá favorablemente en la productividad y rentabilidad de la industria avícola.

Antecedentes

El P es un nutriente esencial, caro y escaso. Por tanto, son necesarias estrategias que permitan el mejor aprovechamiento de este elemento, apuntando también a reducir los costes de producción y los impactos ambientales de la actividad. Además, es necesario determinar la elección de valores para el fósforo digerible pre-cecal verdadero, así como la metodología para determinar el valor fosfórico de los ingredientes, para permitir una mayor precisión en la formulación de las

dietas, lo que conduce a una disminución de los márgenes de seguridad usado (Dilelis *et al.*, 2020).

La evaluación de la necesidad de P a través del enfoque dosis – respuesta es practica y puede contribuir con precisión a obtener información relevante de mucha utilidad en la industria avícola.

Jing *et al.* (2018) realizaron un estudio para definir mejor las necesidades mínimas de P disponible de las gallinas ponedoras. Se utilizaron cincuenta y seis gallinas ponedoras blancas Lohmann, las que fueron enjauladas individualmente y alimentadas con una de las 7 dietas con niveles graduados de P disponible (0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 o 0.45%) durante 12 semanas. Se mantuvieron registros de peso corporal, consumo de alimento y producción de huevos, durante el período experimental. Se recolectaron muestras de sangre y huevos y se realizaron estudios de digestibilidad en las semanas 6 y 12 del experimento. Al final del experimento, se determinaron las características de la tibia y la expresión de los transportadores de P en el intestino delgado y el riñón. Reducir el P disponible en la dieta de 0,45 a 0,15% generalmente redujo las concentraciones plasmáticas de P ($P < 0,01$), pero la respuesta productiva, el calcio plasmático, la hormona paratiroidea y otros constituyentes, la densidad y el contenido mineral óseo de la tibia, el porcentaje de ceniza de la tibia y la abundancia de ARNm del intestino delgado y el cotransportador de sodio / fosfato tipo II del riñón no fue diferente entre los tratamientos. La gravedad específica y el grosor de la cáscara del huevo tendieron a aumentar con la reducción de P en la dieta ($P < 0,05$). La cantidad neta de ingesta, excreción y retención total de P disminuyó ($P < 0,01$) con la reducción del P en la dieta, pero su tasa de retención (de ingesta) permaneció sin cambios. Además, el cambio de P en la dieta no afectó la tasa de retención de calcio ni el depósito de P total y calcio en huevos. Estos datos indican que reducir el P disponible en la dieta hasta un 0,15% es adecuado para mantener la salud y el rendimiento de las ponedoras. Como tal, esta estimación mínima de P disponible debería servir como punto de referencia para la evaluación del contenido de P de las raciones comerciales de gallinas ponedoras, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad de la producción de huevos.

Hernández *et al.* (2019), realizaron un estudio sobre la influencia de la fuente y el nivel de fósforo digestible (dP) en la dieta sobre el rendimiento y los rasgos 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 principales efectos. 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 período y de forma acumulativa El

peso del huevo se estimó por período pesando todos los huevos producidos el último día de cada semana en el ensayo A partir de estos datos, ADFI, masa de huevos, índice de conversión alimenticia (FCR), y la ganancia de peso corporal (BWG) se calcularon por período y de manera acumulativa. Se determinaron los rasgos de calidad del huevo, incluidas las Unidades Haugh y la resistencia a la rotura de la cáscara, por jaula en 8 huevos recolectados al azar los últimos 2 días de cada período experimental.

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 dP 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 dP afectaron ninguno de los rasgos productivos estudiados, excepto el BWG que aumentó (L; $P < 0.05$) conforme aumento el nivel de dP de la dieta. Un aumento de 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 de Haugh disminuyeron linealmente ($P < 0.01$) a medida que aumentaba el nivel de dP. 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% dP en la dieta para una producción y calidad de huevo óptimas. Un exceso de dP ($\geq 0,39\%$) 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.

Requerimiento de fósforo en gallinas de postura

Los niveles de fósforo disponible en la dieta de gallinas de postura en las líneas comerciales están alrededor de 0.42 g/gallina/día o 0.40% en la dieta, en la primera fase de 19 a 50 semanas de edad (Lohmann, 2019). Según NRC (1984), 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 (NRC, 1994), que debería ser adecuada para la producción y salud normales. Según Garlich *et al.* (1978) y McCormick *et al.* (1980) reportaron que los pollos alimentados con dietas que contenían niveles relativamente altos de fósforo eran más tolerantes a las altas temperaturas ambientales que los alimentados con niveles normales de fósforo. El uso de fósforo en la dieta a los niveles requeridos debería resultar en menos fósforo en las excretas. Este hecho puede cobrar mayor importancia en el futuro si las tasas de aplicación de estiércol a la tierra se determinan sobre la base del contenido de fósforo.

La sobreoferta de P, en la dieta, es costosa y además crea desafíos para manejar el P a nivel de toda la finca (Waldroup, 1999; Knowlton *et al.*, 2004).

Digestibilidad del fosforo

Hoy en día, los nutricionistas han estado buscando formas de satisfacer con mayor precisión las necesidades de fósforo de los animales, así como conocer la disponibilidad de fósforo de los ingredientes utilizados en el alimento, con el objetivo de un uso eficiente de este mineral (Dilelis *et al.*, 2020).

El P digestible es la parte del P total del alimento que no se recupera en las heces. La determinación de P digestible requiere estudios en animales con la determinación cuantitativa de P ingerido y excreción de P en las heces. También se puede determinar mediante un indicador no digerible. Por definición, la determinación de P digestible requiere que las aves colostomizadas excluyan la orina. Sin embargo, el contenido de P en la orina es insignificante cuando el consumo de P está por debajo del requerimiento de las aves. Si el P digestible se determina con un nivel de P por debajo del requerimiento, el valor de P digestible estará muy cerca del valor de P retenido (Pr) (Dilelis *et al.*, 2020).

Disponibilidad del fosforo

La disponibilidad corresponde al porcentaje de fósforo utilizado por el animal en comparación con una fuente de fósforo considerada estándar, que equivale al 100%, habitualmente fosfato monocálcico (Institut National de la Recherche Agronomique, 2004).

Factores de la dieta que afectan digestibilidad del fosforo

Los niveles altos de Ca en la dieta pueden aumentar el pH en el intestino y, como resultado, disminuir la absorción de fósforo (Keshavarz, 1986).

La suplementación con 25-OH-D3 (vitamina D activa) en la dieta regula y aumenta la expresión génica del cotransportador de fósforo de membrana (Han *et al.*, 2018). Esta vitamina D en su forma activa, el calcitriol, actúa directamente sobre el intestino delgado estimulando la absorción de calcio y fósforo (Penido & Alon, 2012).

La fitasa exógena mejora la digestibilidad del P. eficiencia de la fitasa sigue siendo un problema, al igual que la determinación del grado en que las fitasas exógenas se ven afectadas por diversos factores físicos, químicos y biológicos (Slominski, 2011).

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro niveles de fosforo digestible sobre la respuesta productiva, calidad de huevo y respuesta económica de gallinas de postura comercial.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

a. Determinar el nivel de fosforo digestible en la dieta que optimice la calidad de huevo de gallinas de postura.

2.2 OBJETIVO ESPECIFICO

a. Determinar el nivel de fosforo digestible en la dieta que optimice la respuesta productiva y económica de gallinas de postura.

III. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Lugar y fecha de ejecución

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad experimental de investigación y extensión en gallinas de postura y el Laboratorio de investigación de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” - ICA – Ex - Fundo Hijaya Chincha – Ica – Perú. El periodo del estudio fue desde mayo a octubre del 2021.

2.2 Materiales y equipos

- Jaulas de crianza de dos pisos
- Mezcladora de alimento
- El material por utilizar para cada corral es malla metálica.
- Cada uno de los casilleros tendrá sus bebederos y comederos individuales.

2.3 Instalaciones

- Galpón experimental

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

- a. Observación
- b. Registros
- c. Hojas de cálculo de Excel
- d. Tablet

2.5 Etapas del estudio

2.5.1 Etapa pre-experimental

Durante la etapa pre-experimental se acondicionó las instalaciones, jaulas experimentales, materiales y equipos respectivos que se utilizó en la prueba, así también se tomaron las medidas necesarias de bioseguridad.

Cada uno de los casilleros experimentales tuvo un comedero y bebedero independiente para efectos de determinar el consumo del alimento y se confeccionaron registros para la toma de los datos en cada una de las variables evaluadas.

2.5.2 Etapa experimental

La etapa experimental se inició con la aplicación de los tratamientos y diseño experimental establecido y comprendió un periodo de 8 semanas.

a. Alimentación y formulación de las dietas

Se formularon cuatro dietas balanceadas con diferentes niveles de fosforo digestible (ANEXO I). Los valores de fosforo digestible fueron tomados de la CVB Feed Table 2019, Chemical composition and nutritional values of feedstuffs, Holanda. Los datos de requerimientos de los otros nutrientes, de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura DEKALB Brown.

Para la formulación de las dietas se utilizaron ingredientes alimenticios clásicos como el maíz molido, torta de soya, aceite de soya, carbonato de calcio, fosfato di cálcico y fuentes de minerales y vitaminas, así como aditivos no nutricionales.

Para la confección de las fórmulas de las dietas alimenticias se utilizó el Software de formulación OPTIMAL de AJINO MOTO (2003) y el LP máxima rentabilidad (Guevara, 2004).

La alimentación fue *ad libitum*

b. Programa sanitario y de manejo

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

2.6 Diseño de la investigación

2.6.1 Tratamientos experimentales utilizados

T-1: Dieta con fosforo digestible bajo (0.32%)

T-2: Dieta con fosforo digestible mediana (0.36%)

T-2: Dieta con fosforo digestible mediana-alta (0.40%)

T-3: Dieta con fosforo digestible alta (0.44%)

2.6.2 Diseño experimental

Las aves experimentales fueron distribuidas siguiendo el protocolo de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 4 repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales (4 gallinas por unidad experimental).

2.6.3 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

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

2.7 Variables en estudio

2.7.1 Variable independiente:

- a. Nivel de fosforo digestible

2.7.2 Variables dependientes:

- a. Respuesta productiva:

- Producción de huevo
- Consumo de alimento
- Índice de Conversión alimenticia
- Eficiencia energética
- Peso de huevo
- Masa de huevo

- b. Calidad de huevo:

- Test de Unidad Haugh

Se determinó de acuerdo con la metodología de Eisen *et al.* (1962), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{HU} = 100 \log (H - 1.7W^{0,37} + 7.57)$$

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

- El huevo primero es pesado, luego quebrado en una superficie plana y con el uso de un micrómetro se determina la altura del albumen de la parte más gruesa (clara) que rodea la yema (1 cm). Las unidades Haugh se determinan por una relación logarítmica entre el peso del huevo y la altura del albumen. Esta evaluación mide la calidad del albumen o clara de huevo.
- Pigmentación de la yema de huevo: Se utilizó el abanico colorimétrico de color de yema (DSM) que presenta una escala de color de 0 a 16.
- Índice de la yema: altura de la yema / diámetro de la yema x 100

- Ceniza de cáscara de huevo
- Porcentaje de cascara (%)

c. Análisis económico

- Costo de alimentación
- Margen bruto
- Retribución económica

2.8 Análisis estadístico/prueba de hipótesis

2.8.1 Análisis estadístico

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 cuatro 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 cuatro 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 fue 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 hizo uso del procedimiento del modelo general lineal (MGL) de SAS (SAS Institute, 2021), v. 9.4.
- Se fijó un nivel de significancia estadística de $\alpha = 0.05$.

IV. RESULTADOS

3.1 Respuesta productiva

En la tabla 1 se presentan los resultados de los principales indicadores productivos. Se observa que la producción de huevo, conversión alimenticia y eficiencia energética (conversión calórica) fueron afectados significativamente ($P < 0.05$) por los diferentes niveles de fósforo digestible en la dieta. El consumo de alimento presentó una tendencia estadística.

Los tratamientos con 0.32, 0.36 y 0.40% de fósforo digestible lograron la más alta producción de huevos comparado al tratamiento con 0.44% de fósforo digestible de más baja producción de huevos.

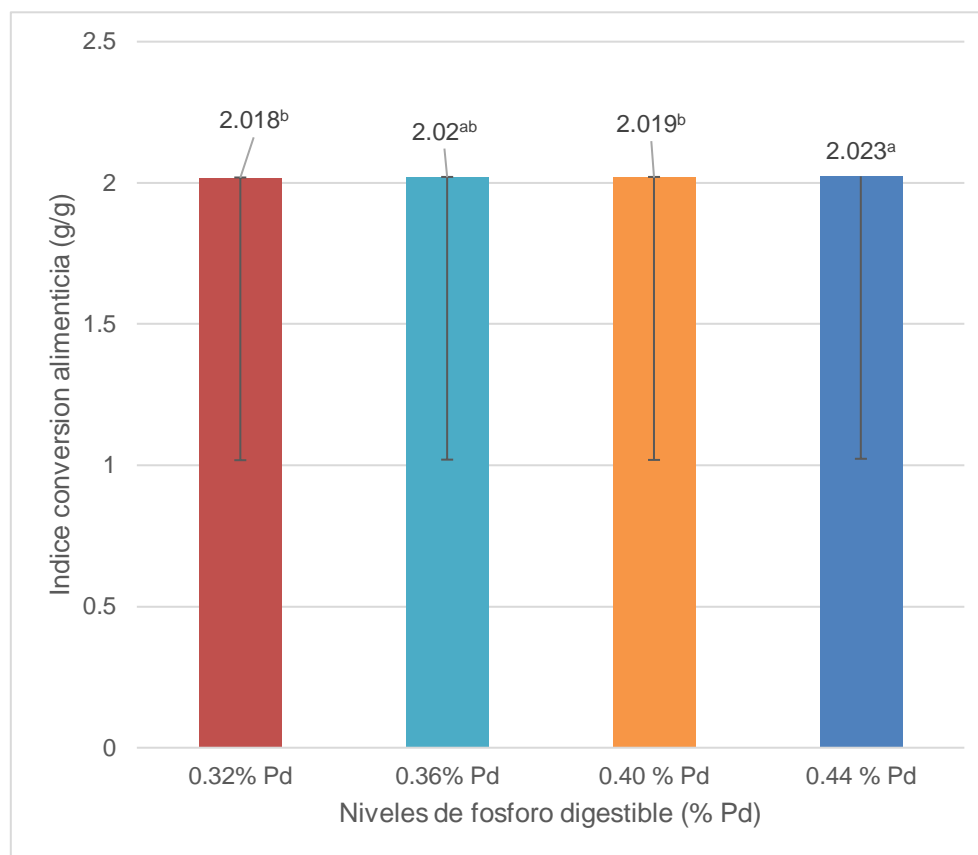
El índice de conversión alimenticia y conversión calórica fue mejor para los tratamientos con 0.32 y 0.40% de PD comparado al tratamiento con 0.44% de PD con la más pobre conversión alimenticia y calórica.

Tabla 1: Efecto de diferentes niveles de fósforo digestible en la dieta sobre la producción de huevos (PRH), consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA) y eficiencia energética bruta (EEB) de gallinas de postura

Tratamientos (% P digestible)	PRH (%)	CA (g/día)	ICA (g/g)	EEB (Mcal/Kg MH)
T-1: 0.32	95.23 ^a ± 0.02	119.98 ± 0.002	2.018 ^b ± 0.001	5.772 ^b ± 0.004
T-2: 0.36	95.16 ^a ± 0.04	119.99 ± 0.001	2.020 ^{ab} ± 0.001	5.779 ^{ab} ± 0.005
T-3: 0.40	95.19 ^a ± 0.04	119.98 ± 0.001	2.019 ^b ± 0.001	5.774 ^b ± 0.004
T-4: 0.44	95.06 ^b ± 0.04	119.98 ± 0.001	2.023 ^a ± 0.002	5.788 ^a ± 0.006
Probabilidad				
P-value	0.0107	0.0513	0.0076	0.0076

P < 0.05 = diferencia significativa; (^{a,b}) = Letras como superíndices diferentes entre promedios para cada variable indica diferencia significativa

Figura 1: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible sobre el índice de conversión alimenticia



En la tabla 2, se observa que la masa de huevo fue afectada significativamente ($P < 0,05$), mientras que el peso de huevo presento una tendencia estadística. El peso vivo inicial y final promedio no fueron afectados significativamente ($P > 0,05$) por los diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta.

Tabla 2: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre peso de huevo (PH), masa de huevo (MH), peso vivo inicial (PVI) y peso vivo final (PVF) de gallinas de postura

Tratamientos (% P digestible)	PH (%)	MH (g/día)	PVI (g/g)	PVF (Kcal/Kg MH)
T-1: 0.32	62.42 ±0.02	59.44 ^a ±0.04	1.516 ±0.008	1.733 ±0.03
T-2: 0.36	62.39 ±0.03	59.37 ^{ab} ±0.05	1.530 ±0.031	1.717 ±0.02
T-3: 0.40	62.42 ±0.02	59.42 ^a ±0.04	1.510 ±0.015	1.711 ±0.03
T-4: 0.44	62.36 ±0.03	59.28 ^b ±0.06	1.526 ±0.02	1.725 ±0.05
Probabilidad				
P-value	0.0656	0.0074	0.3465	0.8405

P<0.05 = diferencia significativa

3.2 Calidad de huevo

En la tabla 3, se presentan los resultados de calidad de huevo, se observa que la unidad Haugh, color de yema e índice de yema promedio no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) por los diferentes niveles de fósforo digestible en la dieta.

Tabla 3: Efecto de diferentes niveles de fósforo digestible en la dieta sobre unidad Haugh (UH), color de yema (CY) e índice de yema (IY) de gallinas de postura

Tratamientos (% P digestible)	UH	CY	IY
	(%)	(g/día)	(g/g)
T-1: 0.32	87.66 ±5.94	6.81 ±0.36	0.399 ±0.009
T-2: 0.36	92.07 ±0.53	6.53 ±0.31	0.397 ±0.009
T-3: 0.40	89.42 ±2.19	6.37 ±0.35	0.398 ±0.009
T-4: 0.44	89.78 ±1.57	6.62 ±0.42	0.407 ±0.006
Probabilidad			
P-value	0.2183	0.4993	0.4054

P>0.05 = diferencia no significativa

En la tabla 4, se observa que la ceniza de cascara y porcentaje de cascara promedio no fueron afectados significativamente ($P>0.05$) por los diferentes niveles de fósforo digestible en la dieta.

Tabla 4: Efecto de diferentes niveles de fósforo digestible en la dieta sobre ceniza de cascara (CC) y porcentaje de cascara (PC) de huevo de gallinas de postura

Tratamientos (% P digestible)	CC	PC
	(%)	(%/día)
T-1: 0.32	94.34 ±0.73	10.72 ±0.21
T-2: 0.36	94.39 ±1.06	10.79 ±0.44
T-3: 0.40	94.41 ±0.72	10.56 ±0.42
T-4: 0.44	94.66 ±0.79	10.76 ±0.55
Probabilidad		
P-value	0.9778	0.8084

P>0.05 = diferencia no significativa

3.3 Respuesta económica

En la tabla 5, se observa que el costo de alimentación por kg de masa producido se fue incrementando conforme aumentaba el nivel de fosforo en la dieta, donde el más alto costo fue para el tratamiento con 0.44% de fosforo digestible en la dieta que represento 1.55% más alto que la dieta con 0.32% de fosforo digestible de más bajo costo de alimentación.

Tabla 5: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre el costo de alimentación (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura

Tratamientos (% P digestible)	CAT (S/)	MHT (Kg)	COSTO (S/Kg)
T-1: 0.32	12.378	3.328	3.718
T-2: 0.36	12.431	3.325	3.738
T-3: 0.40	12.485	3.327	3.751
T-4: 0.44	12.539	3.319	3.776

CAT= costo de alimentación total
MHT=masa de huevo total producido

En la tabla 6 se observa que el margen bruto fue mayor para el tratamiento con 0.32% de fosforo digestible y que fue disminuyendo conforme aumentaba el nivel de fosforo digestible. La retribución económica fue más baja (95.17%) para el tratamiento con el 0.44% de fosforo digestible comparado al tratamiento con el menor nivel de fosforo digestible (100%).

Tabla 6: Efecto de diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta sobre el margen bruto (S/Kg masa huevo) de gallinas de postura

Tratamientos (% P digestible)	IMH (S/)	CAT (S/)	MARGEN (S/Kg)	RE (%)
T-1: 0.32	16.644	12.378	4.266	100
T-2: 0.36	16.625	12.431	4.194	98.31
T-3: 0.40	16.638	12.485	4.153	97.35
T-4: 0.44	16.599	12.539	4.060	95.17

IMH= ingreso bruto por masa huevo
CAT=costo de alimentación total
RE= retribución económica

V. DISCUSION

Actualmente las líneas genéticas de gallinas de postura han mejorado notablemente sus características de producción, persistencia y longevidad de postura. Ante ello se requieren de estudios para precisar y optimizar el valor de P digestible en las dietas de gallinas de postura, más aún que las recomendaciones no se presentan como P digestible sino más bien con el concepto tradicional de P disponible que ha recibido muchos cuestionamientos.

Si bien existe poca literatura científica reportada sobre estudios de P digestible en gallinas de postura, sin embargo, hay información de los valores de P digestible de los ingredientes alimenticios. Para el caso del presente estudio se tomó en cuenta la base de datos de las tablas de CVB Feed (Table 2019), Chemical composition and nutritional values of feedstuffs, Holanda. Otras tablas de datos son las de FEDNA, Tablas de Brasil (Rostagno, 2017), que se consideran como resultado de estudios confiables y que se podrían tomar para hacer pruebas como línea de base en este tema como es este estudio. Aunque el requerimiento de P de las gallinas ponedoras ha sido objeto de numerosas investigaciones, el requerimiento de este nutriente no se ha establecido adecuadamente (Li *et al.*, 2016).

Según las condiciones del presente estudio, los resultados demuestran que el nivel de 0.32% de fosforo digestible en la dieta, es el nivel que mejoro la producción de huevos, conversión alimenticia, conversión calórica y masa de huevo y que conforme el nivel fue incrementado, estas características eran afectadas negativamente. En esta línea, si bien es cierto actualmente es poca la información al respecto, bajo las condiciones del presente estudio todo indica que las gallinas DEKALB White en la fase de pico de postura no necesitaría de niveles más altos que 0.32% de fosforo digestible. Este resultado está en la línea del estudio de Hernández *et al.* (2019) quienes evaluaron niveles desde 0.27 a 0.39% de fosforo digestible en las dietas que en términos comparativos equivale a 0.29 a 0.41% de fosforo disponible respectivamente (con la base de datos del FEDNA, 2018) que ellos reportan en sus fórmulas de las dietas, lo que quiere decir una diferencia de 0.02% entre ambos conceptos. Estos autores concluyeron que desde las 64 a las 76 semanas de edad, las gallinas pueden no requerir más de 0.27% de fosforo digestible en la dieta para una producción y calidad de huevo óptimas y un exceso de fosforo digestible ($\geq 0,39\%$) podría reducir la calidad de la cáscara, lo que significa que comparado al presente estudio se podría reducir aun mas el nivel de 0.32 a 0.27%, sin embargo, se requiere de estudios adicionales para precisar esta información ya que hay diversos factores que influyen sobre esta respuesta. Aunque la alimentación con dietas que contienen un exceso de fósforo generalmente no es deseable, las aves de corral que se encuentran con estrés por calor pueden requerir fósforo adicional.

Si tomamos en cuenta la guía DEKALB WHITE reporta una recomendación de 0.43 a 0.46% de fosforo disponible para la fase de 39 a 52 semanas de edad, que aplicando la diferencia entre

estos dos conceptos (0.02%) de acuerdo con el estudio de Hernández *et al.* (2019) podríamos asumir que dichos valores de recomendación serían muy altos y deberían reevaluarse.

Un estudio de Koonphol Pongmanee *et al.* (2020) donde se evaluaron dietas con 0.22 y 0.45 % de fósforo disponible de 25 a 28 semanas y 0.19 y 0.38% de 29 a 37 semanas de edad, reporta que la reducción de P disponible y Ca en la dieta control negativo no causó ningún efecto adverso sobre el rendimiento, la producción y la calidad de la cáscara del huevo en las gallinas ponedoras durante 12 semanas del estudio (25 – 37). Los autores consideran que las recomendaciones actuales de Ca y P disponible proporcionadas por las líneas genéticas probablemente sean sustancialmente más altas de lo que realmente requieren las gallinas. Desde el punto de vista de la biología ósea, las gallinas NC comenzaron a movilizar hueso al final de la prueba, sin embargo, esto no pareció causar osteoporosis u otros problemas óseos.

En esta línea hay resultados de otros estudios que indican que la reducción de fósforo disponible de 0,25 a 0,12 % con nivel de Ca adecuado al 3,50 % no redujo el contenido de cenizas y fortaleza de ruptura ósea en gallinas Hy-Line W36 (Martínez Rojas *et al.*, 2018).

Las gallinas ponedoras pueden adaptarse fisiológicamente a dietas bajas en fósforo y calcio y mantener el rendimiento, dependiendo del grado de deficiencia de nutrientes (Boling *et al.*, 2000; Nie *et al.*, 2013; Geraldo *et al.*, 2014), además 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)

Un nivel de P disponible en la dieta de 1.8 g/kg (o 190 mg Pd / gallina / día) cumplió con el requerimiento de P de las gallinas ponedoras para la producción de huevos de 23 a 47 semanas de vida edad (Li y Bryden, 2006; Li *et al.*, 2007)

El exceso de suministro de P en la dieta conduce a un aumento de los costos de alimentación y a la descarga de un exceso de P al medio ambiente, lo que repercute directamente en la sostenibilidad de las prácticas de producción de huevos (Jing *et al.*, 2018).

El contenido de P en la dieta ya sea por encima o por debajo del requerimiento, puede afectar negativamente el rendimiento de las aves (Li *et al.*, 2016). El exceso de P en la dieta no solo aumenta el costo de producción de huevos, sino que también reduce la disponibilidad de otros cationes divalentes y también de fósforo fitico (PP) al reducir la hidrólisis del fitato (Ballam *et al.*, 1985).

Según un estudio de Jing *et al.* (2018) indican que reducir el P disponible en la dieta hasta un 0.15% es adecuado para mantener la salud y el rendimiento de las ponedoras. Como tal, esta estimación mínima de P disponible debería servir como punto de referencia para la evaluación del contenido de P de las raciones comerciales de gallinas ponedoras, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad de la producción de huevos.

Los resultados de 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 P disponible de 2.8, 3.5 y 4.2 g / kg de 18 a 70 semanas de edad fueron similares (Leeson y Caston, 1996)

Un estudio encontró que el requerimiento de P disminuía con la edad de la gallina y, por lo tanto, sugirieron diferentes niveles de P no fitico (NPP) (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) (Scheideler y Sell, 1986). Keshavarz (2003) sugirió que la dosis de NPP 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.

La investigación sugiere que el requerimiento de P 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 P. 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 (Li *et al.*, 2016), estos autores encontraron un alto nivel de producción de huevos en 2 experimentos, indicando claramente que todas las concentraciones de Pd en la dieta cumplieron con el requerimiento de P de las gallinas. Los resultados obtenidos del estudio concuerdan con otros estudios, que sugieren que las líneas modernas de gallinas ponedoras tienen requerimientos de Pd mucho más bajos que las líneas anteriores. Los resultados de este proyecto sugerirían que el requerimiento de PD es de aproximadamente 1.5 g / kg para gallinas alimentadas con dietas a base de trigo y sorgo. El efecto beneficioso significativo de la fitasa no se observó posiblemente debido al hecho de que el Pd y el Ca de la dieta cumplían con los requerimientos de las gallinas para estos minerales.

Las dietas utilizadas en la producción avícola deben estar en balance y deben aportar con los nutrientes en las cantidades y relaciones adecuadas. Para lo cual se deben utilizar métodos adecuados para definir los aportes con precisión. Convencionalmente se ha venido utilizando el método de fosforo disponible, que indica valores relativos, por lo que ha recibido muchos cuestionamientos ya que no indica con precisión el requerimiento de fosforo en las aves.

En la estructura de costo de una dieta balanceada el P es reconocido por estar ubicado en el tercer lugar después de la energía y proteínas. En este sentido, tiene un impacto económico. Por lo tanto, mejorar el método de precisar su requerimiento es de interés y de importancia económica. Ha habido una investigación limitada sobre el requerimiento actual de P de las gallinas ponedoras en los últimos años (Angel, 2010).

La información sobre los requerimientos de P de las líneas modernas de gallinas ponedoras es escasa. Por lo tanto, en la práctica, la industria avícola a menudo aumenta sustancialmente los

márgenes de seguridad del P en las dietas para asegurar que las aves no encuentren deficiencias durante la producción (Li *et al.*, 2016).

Finalmente, de acuerdo con los resultados, se demostró la hipótesis que un nivel de fosforo digestible bajo es suficiente para sostener una buena calidad de huevo de las gallinas de postura comercial y que el método del fósforo digestible es más preciso que el método convencional de fosforo disponible en la formulación de dietas de las gallinas de postura.

VI. CONCLUSIONES

- La producción de huevo, conversión alimenticia, conversión calórica y masa de huevo fueron mejorados con el nivel de 0.32% de fosforo digestible en la dieta.
- Los indicadores de calidad de huevo se mantuvieron constante
- El costo de alimentación, margen y retribución fueron más altos para el nivel con 0.32% de fosforo digestible en la dieta.

VII. RECOMENDACIONES

- Diseñar otros estudios con niveles de fosforo digestible por debajo de 0.32% en la dieta.
- Realizar estudios para optimizar el nivel de fosforo digestible en la dieta con otras líneas genéticas de gallinas de postura y otras fases productivas.
- Diseñar estudios con diferentes niveles de fosforo digestible en la dieta considerando la utilización de enzimas fitasas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Almquist, H. J. 1953. Application of the law of diminishing returns to estimation of B-vitamins requirements for growth. *Poult. Sci.* 32:1001–1003.
2. Angel, R. 2010. Calcium and phosphorus requirements in poultry. Proceedings of the 1st International Phytase Summit 2010. Washington D.C. 28.9.10-30.9.10, pp65-71.
3. Ballam, G.C.; Nelson, T.S.; Kirby, L.K. 1985. Effect of different dietary levels of calcium and phosphorus on phytate hydrolysis by chicks. *Nutrition Reports International*, 32, 909-913.
4. CVB Feed.Table Chemical composition and nutritional values of feedstuffs, 2019. Holanda.
5. 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*, Volume 79, Issue 4,2000, Pages 535-538, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.1093/ps/79.4.535>
6. Dilelis, F.; Silva, C.; Leite, T.; Medeiros, F.; Ribeiro, C. 2020. Fósforo digestível de ingredientes para aves: metodologias e atualidades. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, e915974543, (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4543>
7. FEDNA. Tablas de composición química de ingredientes. 2018. España
8. FONAGRO, 2018. Información meteorológica diaria de la estación. Chincha. SENAMHI. Dirección Regional de Ica. 24 p.
9. Gallego, F. 2004. Cálculo del tamaño de la muestra. *Matronas Profesión* 2004; vol. 5(18): 5-13).
10. Garlich, J. D.; Edens, F.W.; Parkhurst, C.R. 1978. The phosphorus requirement of laying hens with special reference to high environmental temperatures. P. 598 in Proceedings of the Sixteenth World's Poultry Congress. Vol. IV. Hermannsburg, Germany: World's Poultry Science Association.
11. Geraldo, A., Gomes, K. R. A., Fassani, Édison J., Bertechini, A. G., Simão, S. D., & Nogueira, F. S. (2014). Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36(3), 285-290. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i3.21952>
12. Guevara, V.R. 2004. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*. 83 (1): 147 151.
13. Han, J.C.; Zhang, J.L.; Zhang, N.; Yang, X.; Qu, H. X.; Guo, Y.; Shi, C. X.; Yan, X.F. 2018. Age, phosphorus, and 25-hydroxycholecalciferol regulate mRNA expression of

- vitamin D receptor and sodium-phosphate cotransporter in the small intestine of broiler chickens. *Poultry Science*, 97, 1199-1208.
14. Hernández, P.; de Juan, A.F.; Fondevila, G.; Ben Mabrouk, J.; García, J.; R Scappaticcio, R.; Mateos, G. 2019. 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.* 98(E-Suppl. 1).
 15. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 2004. Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero. Mundiprensa
 16. Jing, M.; Zhao, S.; Rogiewicz, A.; Slominski, B.A.; House, J.D. 2018. Assessment of the minimal available phosphorus needs of laying hens: Implications for phosphorus management strategies. *Poultry Science* 97:2400–2410
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey057>
 17. Keshavarz, K. 1986. The effect of dietary levels of calcium and phosphorus on performance and retention of these nutrients by laying hens. *Poultry Science*, 65, 114–121.
 18. Keshavarz, K. 2003. The effect of different levels of non-phytate phosphorus with and without phytase on the performance of four strains of laying hens. *Poultry Science*, 82, 71-91.
 19. Koonphol Pongmanee, Imke Kuhn, Ray Korver D. 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>
 20. Knowlton, K.F.; Radcliffe, J.S.; Novak, C.L.; Emmerson, D.A. 2004. Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *J. Anim. Sci.* 82: E173–195.
 21. Lesson, S. and Caston, L.J. 1996. Response of laying hens to diets varying crude protein and available phosphorus. *Journal of Applied Poultry Research*, 5, 289-296.
 22. Li, X.; Bryden, W.L.; Zhang, D. 2016. Available phosphorus requirement of laying hens. AECL Publication No 1UQ101A. Australian Egg Corporation Limited. 109 P.
 23. LOHMANN, MANAGEMENT GUIDE. 2019. www.ltz.de
 24. I. Y. Martínez Rojas, E. Ávila González, J. Arce Menocal, T. T. Dos Santos, J. Rubio Arguello & C. López Coello (2018) Assessment of a phytase included with lactic acid on productive parameters and on deposition of phosphorus, calcium, and zinc in laying hens fed with sorghum–soybean-meal-based diets, *Journal of Applied Animal Research*, 46:1, 314-321, DOI: 10.1080/09712119.2017.1299740

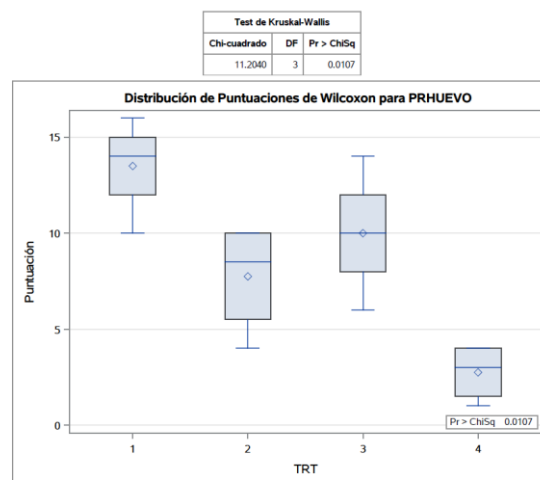
25. McCormick, C.; Garlich, J.D.; Edens, F.W. 1980. Phosphorus nutrition and fasting: Interrelated factors which affect the survival time of young chickens exposed to high ambient temperature. *J. Nutr.* 110:784.
26. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. *Nutrient Requirements of Poultry*. 8th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
27. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Nat. Acad. Sci., Washington, DC.
28. Nie W, Yang Y, Yuan J, Wang Z, Guo Y. Effect of dietary nonphytate phosphorus on laying performance and small intestinal epithelial phosphate transporter expressions in Dwarf pink-shell laying hens. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2013; 4:34-40.
29. Penido, M.G. M. G. and Alon, U.S. 2012. Phosphate homeostasis and its role in bone health. *Pediatr Nephrol.*, 27(11), 2039-2048.
30. Scheideler, S.E. and Sell, J.L. 1986. Effects of calcium and phase feeding phosphorus on production traits and phosphorus retention in two strains of laying hens. *Poultry Science*, 65, 2110-2119.
31. Scott, M.L.; Nesheim, M.C.; Young, R.J. 1982. *Nutrition of the chicken*. M. L. Scott and Associates, Ithaca, NY.
32. Slominski, B.A. 2011. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poult. Sci.* 90:2013–2023.
33. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. 2008. *User's Guide: Statistics*. Version 9.2. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 230 p.
34. Waldroup, P.W. 1999. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. *Poult. Sci.* 78:683–691.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: RESUMEN DE ANALISIS ESTADISTICO

PRODUCCION DE HUEVOS

Obs	NUMERO	TRT	PRHUEVO
1	1	1	95.1997
2	2	1	95.2320
3	3	1	95.2320
4	4	1	95.2642
5	5	2	95.1997
6	6	2	95.1997
7	7	2	95.1675
8	8	2	95.1031
9	9	3	95.1997
10	10	3	95.2320
11	11	3	95.1997
12	12	3	95.1353
13	13	4	95.1031
14	14	4	95.1031
15	15	4	95.0064
16	16	4	95.0387



CONSUMO DE ALIMENTO

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	119.992
2	1	2	119.988
3	1	3	119.986
4	1	4	119.989
5	2	1	119.990
6	2	2	119.986
7	2	3	119.990
8	2	4	119.986
9	3	1	119.990
10	3	2	119.989
11	3	3	119.991
12	3	4	119.988
13	4	1	119.988
14	4	2	119.986
15	4	3	119.987
16	4	4	119.984

Procedimiento GLM
Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.00004297	0.00000716	3.31	0.0526
Error	9	0.00001948	0.00000216		
Total corregido	15	0.00006245			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.688098	0.001226	0.001471	119.9881

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00001817	0.00000606	2.80	0.1010
trt	3	0.00002480	0.00000827	3.82	0.0513

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00001817	0.00000606	2.80	0.1010
trt	3	0.00002480	0.00000827	3.82	0.0513

INDICE DE CONVERSION ALIMENTICIA

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	2.01995
2	1	2	2.01912
3	1	3	2.01843
4	1	4	2.01645
5	2	1	2.02002
6	2	2	2.01913
7	2	3	2.02040
8	2	4	2.02346
9	3	1	2.01974
10	3	2	2.01769
11	3	3	2.01836
12	3	4	2.02104
13	4	1	2.02240
14	4	2	2.02183
15	4	3	2.02590
16	4	4	2.02563

Procedimiento GLM
Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.00008018	0.00001336	4.36	0.0244
Error	9	0.00002761	0.00000307		
Total corregido	15	0.00010779			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.743833	0.086686	0.001752	2.020596

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00000991	0.00000330	1.08	0.4068
trt	3	0.00007026	0.00002342	7.63	0.0076

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00000991	0.00000330	1.08	0.4068
trt	3	0.00007026	0.00002342	7.63	0.0076

EFICIENCIA ENERGETICA

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	5.77704
2	1	2	5.77467
3	1	3	5.77272
4	1	4	5.76705
5	2	1	5.77726
6	2	2	5.77470
7	2	3	5.77834
8	2	4	5.78710
9	3	1	5.77645
10	3	2	5.77059
11	3	3	5.77251
12	3	4	5.78019
13	4	1	5.78405
14	4	2	5.78243
15	4	3	5.79406
16	4	4	5.79330

Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.00065581	0.00010930	4.36	0.0244
Error	9	0.00022585	0.00002509		
Total corregido	15	0.00088166			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.743833	0.086686	0.005009	5.778904

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00008108	0.00002703	1.08	0.4068
trt	3	0.00057473	0.00019158	7.63	0.0076

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00008108	0.00002703	1.08	0.4068
trt	3	0.00057473	0.00019158	7.63	0.0076

PESO DE HUEVO

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	62.3988
2	1	2	62.4015
3	1	3	62.4216
4	1	4	62.4633
5	2	1	62.3955
6	2	2	62.4214
7	2	3	62.4049
8	2	4	62.3508
9	3	1	62.4041
10	3	2	62.4460
11	3	3	62.4471
12	3	4	62.4051
13	4	1	62.3843
14	4	2	62.4012
15	4	3	62.3394
16	4	4	62.3250

Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.01236322	0.00206054	2.07	0.1567
Error	9	0.00895231	0.00099470		
Total corregido	15	0.02131552			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.580010	0.050543	0.031539	62.40064

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00211618	0.00070539	0.71	0.5705
trt	3	0.01024704	0.00341568	3.43	0.0656

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00211618	0.00070539	0.71	0.5705
trt	3	0.01024704	0.00341568	3.43	0.0656

MASA DE HUEVO

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	59.4035
2	1	2	59.4262
3	1	3	59.4453
4	1	4	59.5052
5	2	1	59.4003
6	2	2	59.4250
7	2	3	59.3892
8	2	4	59.2975
9	3	1	59.4086
10	3	2	59.4686
11	3	3	59.4495
12	3	4	59.3693
13	4	1	59.3294
14	4	2	59.3455
15	4	3	59.2265
16	4	4	59.2329

Procedimiento GLM

Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.07038340	0.01173057	4.40	0.0237
Error	9	0.02401773	0.00266864		
Total corregido	15	0.09440113			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.745578	0.086993	0.051659	59.38265

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00861415	0.00287138	1.08	0.4071
trt	3	0.06176925	0.02058975	7.72	0.0074

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00861415	0.00287138	1.08	0.4071
trt	3	0.06176925	0.02058975	7.72	0.0074

PESO VIVO INICIAL

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	1.5225
2	1	2	1.5050
3	1	3	1.5200
4	1	4	1.5200
5	2	1	1.5225
6	2	2	1.5250
7	2	3	1.5125
8	2	4	1.5825
9	3	1	1.4975
10	3	2	1.5050
11	3	3	1.5325
12	3	4	1.5225
13	4	1	1.5300
14	4	2	1.5250
15	4	3	1.5250
16	4	4	1.5275

Procedimiento GLM
Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.00240625	0.00040104	1.32	0.3388
Error	9	0.00272969	0.00030330		
Total corregido	15	0.00513594			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.468512	1.143169	0.017415	1.523438

Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00126406	0.00042135	1.39	0.3079
trt	3	0.00114219	0.00038073	1.26	0.3465

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00126406	0.00042135	1.39	0.3079
trt	3	0.00114219	0.00038073	1.26	0.3465

PESO VIVO FINAL

Obs	trt	block	rpta
1	1	1	1.7275
2	1	2	1.7700
3	1	3	1.6975
4	1	4	1.7400
5	2	1	1.7300
6	2	2	1.7250
7	2	3	1.7375
8	2	4	1.6775
9	3	1	1.6600
10	3	2	1.7150
11	3	3	1.7300
12	3	4	1.7425
13	4	1	1.6975
14	4	2	1.7925
15	4	3	1.7375
16	4	4	1.6725

Procedimiento GLM
Variable dependiente: rpta

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	6	0.00651172	0.00108529	0.84	0.5713
Error	9	0.01167852	0.00129761		
Total corregido	15	0.01819023			

R-cuadrado	Var Coef.	Raiz MSE	Media de rpta
0.357979	2.091855	0.036022	1.722031

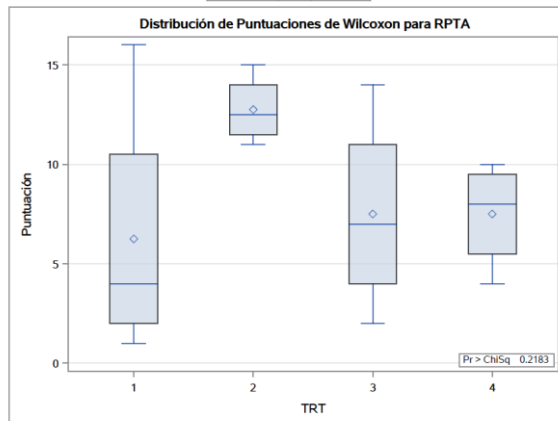
Origen	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00543242	0.00181081	1.40	0.3062
trt	3	0.00107930	0.00035977	0.28	0.8405

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
block	3	0.00543242	0.00181081	1.40	0.3062
trt	3	0.00107930	0.00035977	0.28	0.8405

UNIDAD HAUGH

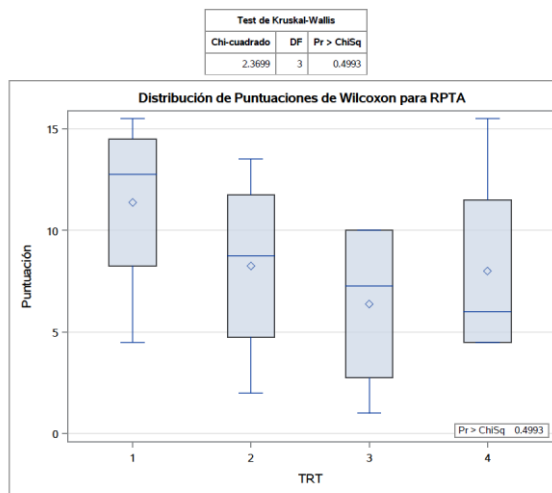
Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	80.6797
2	2	1	87.1507
3	3	1	87.6348
4	4	1	95.2125
5	5	2	92.7946
6	6	2	91.8993
7	7	2	92.0779
8	8	2	91.5247
9	9	3	89.7606
10	10	3	88.6465
11	11	3	87.0252
12	12	3	92.2583
13	13	4	91.2295
14	14	4	87.6216
15	15	4	90.5796
16	16	4	89.7281

Test de Kruskal-Wallis		
Chi-cuadrado	DF	Pr > ChiSq
4.4338	3	0.2183



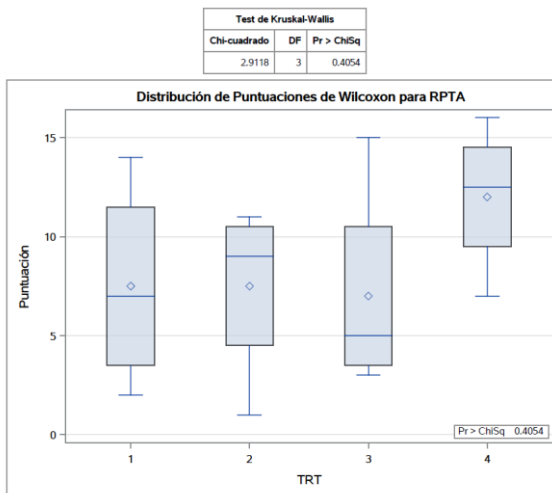
PIGMENTACION DE YEMA

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	7.250
2	2	1	6.750
3	3	1	6.875
4	4	1	6.375
5	5	2	6.875
6	6	2	6.625
7	7	2	6.500
8	8	2	6.125
9	9	3	6.625
10	10	3	6.625
11	11	3	6.375
12	12	3	5.875
13	13	4	7.250
14	14	4	6.500
15	15	4	6.375
16	16	4	6.375



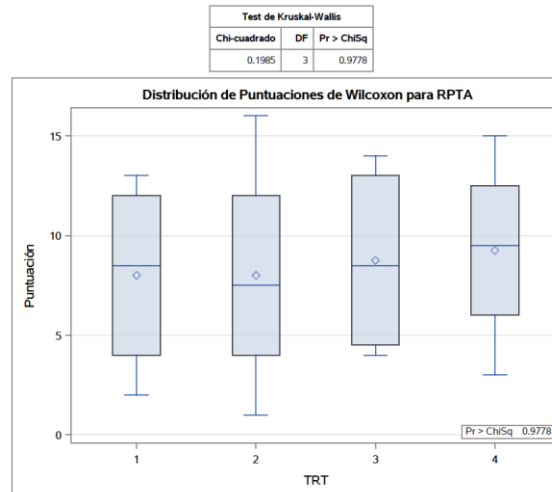
INDICE DE YEMA

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	0.39688
2	2	1	0.40949
3	3	1	0.40222
4	4	1	0.38770
5	5	2	0.40326
6	6	2	0.40140
7	7	2	0.38387
8	8	2	0.40254
9	9	3	0.39377
10	10	3	0.39924
11	11	3	0.38849
12	12	3	0.41131
13	13	4	0.41415
14	14	4	0.39970
15	15	4	0.40914
16	16	4	0.40581



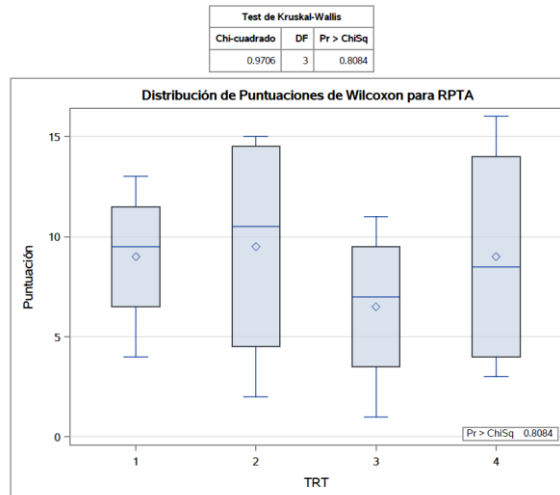
CENIZA DE CASCARA DE HUEVO

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	93.57
2	2	1	94.92
3	3	1	93.85
4	4	1	95.02
5	5	2	94.21
6	6	2	93.27
7	7	2	95.83
8	8	2	94.28
9	9	3	93.77
10	10	3	95.15
11	11	3	94.93
12	12	3	93.82
13	13	4	94.62
14	14	4	94.87
15	15	4	95.55
16	16	4	93.63



PORCENTAJE DE CASCARA DE HUEVO

Obs	NUMERO	TRT	RPTA
1	1	1	10.3981
2	2	1	10.8788
3	3	1	10.7938
4	4	1	10.8187
5	5	2	11.1230
6	6	2	10.6770
7	7	2	10.2029
8	8	2	11.1629
9	9	3	10.8382
10	10	3	10.7800
11	11	3	9.8993
12	12	3	10.5088
13	13	4	10.8525
14	14	4	10.2911
15	15	4	10.4102
16	16	4	11.5104



ANEXO 2: FORMULAS DE LAS DIETAS UTILIZADAS

TRATAMIENTO 1

T-1 0.32% P dig	
Plant	P DIGESTIBLE
Batch Size(S/kg)	100.0000
Cost in S/kg	1.8423
Batch Cost(in S/)	184.2333

TRATAMIENTO 2:

T-2 0.36% P dig	
Plant	P DIGESTIBLE
Batch Size(S/kg)	100.0000
Cost in S/kg	1.8503
Batch Cost(in S/)	185.0318

TRATAMIENTO 3:

T-3 0.40% P dig	
Plant	P DIGESTIBLE
Batch Size(S/kg)	100.0000
Cost in S/kg	1.8583
Batch Cost(in S/)	185.8304

TRATAMIENTO 4:

T-4 0.44% P dig	
Plant	P DIGESTIBLE
Batch Size(S/kg)	100.0000
Cost in S/kg	1.8663
Batch Cost(in S/)	186.6290

ANEXO 3: FOTOS DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO



ROTULADO Y PESADO DE HUEVOS



QUEBRADO DE HUEVOS



SEPARACIÓN DE HUEVOS ROTULADOS



IDENTIFICACIÓN DE COLOR DE YEMA



MEDICIÓN DE ALTURA DE ALBUMINA



SEPARACIÓN DE YEMAS DE LA ALBUMINA



PESADO FINAL DE GALLINAS



MEDICIÓN DE DIAMETRO EN YEMA