



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 no fítico en la dieta sobre la respuesta productiva y económica de pollos de engorde en la fase de acabado"

presentado por:

YULIANA JULIA GUEVARA GALLEGOS

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 11% 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 enero del 2023

.....
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 no fítico en la dieta sobre la
respuesta productiva y económica de pollos de engorde en la
fase de acabado”**

Tema De Investigación

Producción Animal

Línea De Investigación

Salud Pública Y Conservación Del Medio Ambiente

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

AUTOR:

YULIANA JULIA GUEVARA GALLEGOS

Ica, Perú

2023

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico a mis padres, Amelia Gallegos Guevara y Gregorio Guevara Sosa por darme la vida, ser incondicionales y darme la fortaleza de seguir con mis metas.

A mi hija Daíra Azize López Guevara por ser la fuente de motivación e inspiración y darme fortaleza para seguir mi camino a pesar de las dificultades y obstáculos que se presenta, aun así, sigo fuerte con ganas de salir adelante gracias a ella.

A mis hermanos, hermanas, sobrinos, sobrinas por ser parte de mi vida y estar en los momentos difícil cuando requería de su fuerza y ayuda.

A aquellas personas de manera directa e indirecta me ayudaron para que esto sea posible.

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, agradecer a dios que sin el nada de esto sería posible.

También agradecer de manera especial a mi asesor PhD. Elías Salvador Tasayco por ser parte de este proyecto y darme todas las facilidades para lograrlo.

A mis docentes, tutores, decano por ser parte de mi formación académica durante esta etapa universitaria, por sus consejos, por su críticas constructivas y enseñanzas. siempre estaré agradecida con ustedes.

Agradezco a Gilmer López Mosilot por ser una persona que me ayudo en todo momento y estar presente en estas etapas de mi vida ayudando e impulsando mi superación, le agradezco infinitamente por su tiempo y dedicación

ÍNDICE GENERAL

	Títulos y subtítulos	Pág.
	DEDICATORIA	ii
	AGRADECIMIENTO	iii
	ÍNDICE GENERAL	iv
	ÍNDICE DE TABLAS	vi
	ÍNDICE DE ANEXOS	vii
	ÍNDICE DE FOTOS	vii
	RESUMEN	viii
	ABSTRACT	ix
I	INTRODUCCIÓN	1
II	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	9
	2.1 Lugar y fecha de ejecución	9
	2.2 Ubicación geográfica	9
	2.3 Materiales y equipos	9
	2.4 Tamaño de muestra	9
	2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
	2.6 Metodología experimental	10
	2.6.1 Formulación de dietas y alimentación	10
	2.6.2 Programa sanitario y de manejo	11
	2.6.3 Tratamientos experimentales	11
	2.6.4 Diseño experimental	11
	2.6.5 Modelo matemático	11

	2.7	Variables en estudio	11
	2.8	Análisis estadístico	12
III		RESULTADOS	13
	3.1	Respuesta productiva	13
	3.2	Evaluación económica	17
	3.3	Retribución económica	18
IV		DISCUSIÓN	19
V		CONCLUSIONES	27
VI		RECOMENDACIONES	28
VII		BIBLIOGRAFÍAS	29
VIII		ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

N°		Pág.
01	Peso vivo (PV) a los 28, 35 y 42 días de edad de pollos de engorde machos alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	13
02	Ganancia del peso vivo (GPV) de 28-35, 35-42 y 28-42 días (d) de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	13
03	Uniformidad del peso vivo (UPV) a los 28 y 42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	14
04	Consumo de alimento (CA) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	14
05	Índice de conversión alimenticia (ICA) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	15
06	Relación de eficiencia proteica (PER) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	15
07	Eficiencia energética bruta (EEB) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	16
08	Viabilidad (V) y score de patas (SP) a los 42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)	16

09	Costo de alimentación por pollo de engorde	17
10	Margen bruto de los pollitos alimentadas con 4 niveles de fosforo	17
11	Retribución económica de las pollitas alimentadas con dos tipos de alimento.	18

ÍNDICE DE ANEXOS

N°		Pág.
01	Resultado de análisis estadístico	36
02	Fórmulas de las dietas balanceadas utilizadas	48
03	Fotos del desarrollo del experimento	61

ÍNDICE DE FOTOS

N°		Pág.
07	Galpón experimental	61
08	Aves al inicio del estudio	62
09	Aves al final del estudio	62

RESUMEN

“Optimización del nivel de fosforo no fítico en la dieta para maximizar respuesta productiva y económica de pollos de engorde en la fase de acabado”

INTRODUCCIÓN: El nivel de fosforo en la dieta de pollos de engorde es de importancia en la respuesta productiva y económica. Según la literatura, el pollo de engorde tiene una buena respuesta productiva con niveles que están por debajo de las recomendaciones tradicionales. **OBJETIVO:** evaluar cuatro niveles de fosforo no fítico en las dietas y determinar el nivel que optimice la respuesta productiva y económica de pollos de engorde en la fase de acabado. **MÉTODOS:** Se utilizaron 128 pollitos de 1 día de edad, de sexo macho, de la línea genética COBB 500. Se establecieron cuatro dietas con diferentes niveles de fosforo no fítico: T-1: 0.279%, T-2: 0.310%; T-3: 0.341% y T-4: 0.375%. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo cuatro repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales. Se evaluaron las variables de respuesta productiva como peso vivo, ganancia de peso vivo, uniformidad del peso vivo, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, eficiencia energética bruta, viabilidad y score de patas. En la evaluación económica, se calculó el costo de alimentación, margen bruto y retribución económica. **RESULTADOS:** el peso vivo, ganancia de peso vivo, uniformidad del peso vivo, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica, eficiencia energética bruta, viabilidad y score de patas no fueron afectados significativamente. El margen bruto y retribución económica fueron más altos para el grupo de pollos que consumieron la dieta con el más bajo valor de fosforo no fítico. **CONCLUSIÓN:** los pollos de engorde en la fase de acabado pueden ser alimentados con una dieta con 0.279% de fosforo no fítico sin ser afectado negativamente su respuesta productiva y con máxima retribución económica.

Palabras claves: fosforo no fítico respuesta productiva pollos

ABSTRACT

"Optimization of the level of non-phytic phosphorus in the diet to maximize the productive and economic response of broilers in the finishing phase"

INTRODUCTION: The level of phosphorus in the diet of broilers is of importance in the productive and economic response. According to the literature, broilers have a good productive response with levels that are below traditional recommendations. **OBJECTIVE:** to evaluate four levels of non-phytic phosphorus in diets and to determine the level that optimizes the productive and economic response of broilers in the finishing phase.

METHODS: 128 1-day-old male chicks of the COBB 500 genetic line were used. Four diets with different levels of non-phytic phosphorus were established: T-1: 0.279%, T-2: 0.310%; T-3: 0.341% and T-4: 0.375%. A Completely Random Block Design (DBCA) was used. Each of the treatments had four repetitions, giving a total of 16 experimental units. The productive response variables such as live weight, live weight gain, live weight uniformity, feed consumption, feed conversion index, protein efficiency ratio, gross energy efficiency, viability and leg score were evaluated. In the economic evaluation, the cost of food, gross margin and economic compensation were calculated.

RESULTS: live weight, live weight gain, live weight uniformity, feed intake, feed conversion index, protein efficiency ratio, gross energy efficiency, viability and leg score were not significantly affected. The gross margin and economic reward were higher for the group of chickens that consumed the diet with the lowest non-phytic phosphorus value. **CONCLUSION:** broilers in the finishing phase can be fed a diet with 0.279% non-phytic phosphorus without being negatively affected their productive response and with maximum economic retribution.

Keywords: non-phytic phosphorus productive response chicken

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el costo de producción de pollos de engorde está en aumento por la subida de precios de ingredientes importantes en una fórmula comercial, como es el caso de las fuentes de proteína (harina de soya), así también las fuentes inorgánicas de fosforo (fosfato). El tercer factor nutricional que impacta en el orden de costo de una dieta en la producción de pollos de engorde es el fosforo. El nivel de fosforo de una dieta, tradicionalmente se denomina fosforo disponible, sin embargo, para este estudio se utilizó la denominación de fosforo no fítico, que, también es utilizada en la literatura científica.

Si bien, existen diversas recomendaciones sobre el nivel de fosforo disponible en la dieta que requieren los pollos de engorde, la mayoría de los trabajos fueron hechos en otras épocas y con líneas comerciales cuyo potencial de crecimiento son diferentes al pollo actual. Hoy en día es común el uso de enzimas exógenas como las fitasas para un mejor aprovechamiento del fosforo no fítico, sin embargo, si no se conoce el óptimo nivel de fosforo que optimice la respuesta productiva, sin el uso de fitasa, no se podría conocer la efectividad de la enzima cuando hacemos uso de ella.

Por otro lado, bajo las condiciones de nuestro medio y naturaleza de las dietas no hay reportes sobre el nivel adecuado de fosforo no fítico que maximice la respuesta productiva y económica de pollos de engorde en la fase de acabado.

Se deberá entonces, reevaluar el requerimiento de fosforo en la dieta, en base a un estudio de dosis respuesta, para obtener el nivel que optimice una máxima respuesta productiva.

En esta línea, se realizó el siguiente estudio, con el objetivo de evaluar cuatro niveles de fosforo no fítico en las dietas y determinar el nivel que optimice la respuesta productiva y económica de pollos de engorde en la fase de acabado.

Antecedentes nacionales:

Rivera y Robles en el año 2018 reportan un estudio en la unidad de aves de la Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Ellos evaluaron varios niveles de fósforo disponible con uso de enzima fitasa en pollos de engorde machos de la línea Cobb 500. Para la fase de acabado establecieron tres niveles de fósforo disponible: T1: Dieta control positivo con 0.35% de fósforo disponible, T2: Dieta control negativo con 0.20% de fósforo disponible y T3: Dieta control negativo más 0.010% de enzima fitasa. Encontraron los siguientes resultados: la ganancia de peso, el consumo de alimento y la rentabilidad económica fueron ($p < 0.05$) mejores en pollos que consumieron dietas bajas en fósforo disponible y suplementadas con fitasa; también, las concentraciones de fósforo total en cama de pollos alimentados con dieta suplementada fue 10.9% menos en relación con los otros tratamientos. Los autores concluyeron que la suplementación de 0.01% de enzima fitasa en dietas de pollos parrilleros machos mejora los índices bioeconómicos y reduce las concentraciones de fósforo total en sus respectivas camas.

Antecedentes internacionales

Liu *et al* (1) en el año 2017 realizaron un estudio en la División de Investigación en Nutrición Mineral, del Instituto de Ciencia Animal, Academia de Ciencias Agrícolas en China. Evaluaron el efecto del nivel de fósforo no fítico (NPP) en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, las características óseas y las expresiones génicas relacionadas con el metabolismo del fósforo, con el fin de evaluar el requerimiento de NPP en la dieta de pollos de engorde alimentados con una dieta tipo harina convencional de maíz y soja de 1 a 21 d de edad. Se utilizaron pollitos machos Arbor Acres en nueve tratamientos, una dieta basal de harina de maíz y soya (que contenía 0.08% de NPP) suplementado con 0,10, 0,15, 0,25, 0,30, 0,35, 0,40, 0,45 o 0,50% de fósforo inorgánico en forma de $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, respectivamente. Cada dieta contenía un contenido constante de calcio de aproximadamente el 1,0%. Los resultados mostraron que el aumento de peso diario, el P inorgánico sérico, la resistencia ósea de la tibia, el porcentaje de ceniza de la tibia, el contenido mineral óseo de la tibia (BMC) y la densidad (DMO), el porcentaje de ceniza del dedo medio, el BMC del dedo medio y la DMO se vieron afectados ($P < 0,0001$) por nivel de NPP en la dieta, y aumentaron linealmente ($P < 0,0001$) y cuadráticamente ($P < 0,004$) a medida que aumentaron los niveles de NPP en la dieta. La expresión génica del cotransportador de fosfato de sodio de tipo IIb (NaPi-IIb) en el duodeno se vio afectada ($P < 0,03$) y disminuyó linealmente ($P < 0,002$) a medida que aumentaron los niveles de NPP en la dieta. Los requerimientos dietéticos de NPP estimados en base a modelos de línea discontinua ajustados ($P < 0,0001$) de los índices sensibles, incluido el aumento de peso diario, la fuerza ósea de la tibia, el porcentaje de cenizas de la tibia, el BMC y la BMD de la tibia, así como el porcentaje de cenizas del dedo medio, fueron de $0,34 \pm 0,39\%$. Los resultados de este

estudio indican que la BMC y la BMD de tibia pueden ser criterios nuevos, sensibles y no invasivos para evaluar los requerimientos dietéticos de NPP de los pollos de engorde, y el requerimiento dietético de NPP es de 0.39% para pollos de engorde alimentados con una dieta convencional de harina de maíz y soya de 1 a 21 d de edad.

A nivel internacional también hay estudios relacionados al tema que nos dan un aporte a el presente estudio y que detallamos a continuación.

Waldroup *et al.* (2), realizaron un estudio para evaluar la capacidad del pollo de engorde joven (de 0 a 3 semanas) de utilizar el fosforo (P) proporcionado por un maíz de alta disponibilidad de P [HAPC; 0.27% de P total y 0.17% de P no fítico en comparación con el maíz amarillo (YDC, 0.23% de P total y 0.03% de P no fítico), y para determinar hasta qué punto la suplementación con enzima fitasa exógena podría reducir la demanda de P en la dieta y subsecuentemente reducir la excreción de P. Las dietas preparadas usando los dos tipos de maíz difirieron en la cantidad de P unido a fitato, con las dietas HAPC que contenían aproximadamente un 50% menos de P unida al fitato. Las dietas del tratamiento se prepararon variando la cantidad de fosfato dicálcico, y variaron de 0,10 a 0,50 % de P no fítico para dietas YDC, y de P 0,18 a 0,50% no fítico para dietas HAPC. Sublotos de cada dieta se complementaron con 800 unidades/kg de fitasa. Cada dieta alimentó a seis corrales de cinco polluelos machos de una línea comercial de pollos de engorde de 1 a 21 d de edad. El análisis de regresión se utilizó para estimar los requerimientos de P no fítico para cada tipo de maíz con y sin suplementos de fitasa. La mayor necesidad de P no fítico fue para ceniza máxima de tibia, con requerimientos de 0.39, 0.29, 0.37 y 0.32% en dietas con YDC, YDC más fitasa, HAPC y HAPC más fitasa, respectivamente. La adición de fitasa liberó aproximadamente el 50% del P unido al fitato de cada dieta. Estos niveles fueron suficientes para sostener el peso corporal, la conversión alimenticia y la viabilidad. El contenido de P fecal de pollos de engorde alimentados con YDC en el nivel recomendado de NRC (1994) de 0.45% de P no fítico fue de 1.21%, mientras que en los puntos de requerimientos respectivos indicados anteriormente, el contenido de P fue de 1.09, 0.87, 0.78 y 0.64% en heces de pollos de engorde alimentados con YDC, YDC más fitasa, HAPC y HAPC más fitasa, respectivamente. Por lo tanto, la producción de P fecal podría reducirse mientras se mantiene un rendimiento óptimo mediante el uso de P dietético no fítico reducido, la introducción de HAPC y la suplementación con fitasa. Uno de los mayores beneficios de la suplementación con fitasa parece ser mantener la viabilidad a niveles dietéticos más bajos de P.

Faridi *et al.* (3) efectuaron un estudio de metanálisis utilizando los resultados publicados en la literatura sobre las respuestas de los pollos de engorde a diferentes niveles de P no fítico (NPP), calcio (Ca), fitasa microbiana (MP) y vitamina D₃ o sus metabolitos (VD). Se investigaron los efectos de Ca, MP y VD sobre los requerimientos del NPP. Los resultados mostraron efectos

lineales y cuadráticos significativos ($P \leq 0.0001$) de la NPP en todas las respuestas: ganancia diaria promedio (ADG), consumo de alimento (FI), eficiencia de alimentación (FE) y concentración de ceniza de tibia (TA). Los resultados mostraron el efecto negativo de los altos niveles de Ca en todas las respuestas investigadas, aunque estos efectos nocivos se aliviaron cuando se incrementaron los niveles de NPP o se agregaron MP y / o VD. Se observaron efectos sinérgicos de MP y VD en FI y TA. Se encontró el mejor rendimiento para todas las respuestas cuando MP y VD se agregaron a niveles bajos o moderados de Ca y NPP. La optimización mostró que se requieren niveles más altos de NPP para maximizar la TA en comparación con ADG, FI y FE. Según el análisis, los requerimientos para el NPP se vieron afectados principalmente por el Ca (aumentado) y MP (disminuido) y, en menor medida por VD (inconsistente).

Li *et al.* (5) llevaron a cabo un experimento, con el objetivo de determinar los impactos de calcio (Ca), fósforo fítico (PP), P no fítico (nPP) y concentraciones de fitasa sobre el flujo de myo-inositol hexakisphosphate (IP6) a través de las diferentes partes del tracto gastrointestinal (GIT). Se utilizaron un total de 1,440 aves de corral Cobb 500F heredadas del Heritage 56M \times de plumaje rápido fueron alimentadas de 11 a 13 días de edad. Se utilizó un diseño de bloques aleatorizados $2 \times 2 \times 2 \times 3$ con 2 niveles de Ca (0.7 y 1.0%), 2 PP (0.23 y 0.34%), 2 nPP (0.28 y 0.45%) y 3 concentraciones de fitasa (0, 500 y 1,000 unidades de fitasa (FTU) / kg). El experimento se replicó dos veces (bloque) con 3 réplicas por tratamiento (Trt) de 10 aves por bloque. La concentración de IP6 en el buche, proventrículo (Prov) más (+) molleja (Giz) e íleon distal, así como la desaparición de IP6 ileal se determinó a los 13 d de edad. En el buche, se observó una mayor concentración de IP6 con un aumento de Ca ($P < 0.05$). A pesar de la interacción entre PP y fitasa, una mayor cantidad de PP en la dieta condujo a una mayor concentración de IP6 ($P < 0.05$). También se observaron efectos principales similares de PP y fitasa en Prov + Giz e íleon ($P < 0.05$) sin interacciones. La interacción entre Ca y nPP en la concentración de IP6 se observó en Prov + Giz ($P < 0.05$). Disminución de la desaparición de IP6 ileal se encontró a mayor nivel de Ca (62,3% a 0,7% de Ca vs 57,5% a 1,0% de Ca; $P < 0.05$). En general, la adición de fitasa mejora la degradación de IP6, pero el grado de impacto depende de nPP y PP ($P < 0.05$). En conclusión, la inclusión de fitasa redujo significativamente la concentración de IP6 y la desaparición de IP6 en el íleon distal, independientemente de los segmentos de GIT o la composición de la dieta, pero los efectos del Ca dietético, nPP y PP difirieron según el segmento de GIT examinado.

Driver *et al.* (6), investigaron la suplementación con fitasa en un rango de niveles diferentes de Ca dietético y fósforo no fítico (NPP) al comparar curvas de superficie de respuesta de ecuaciones de regresión generadas con (experimento 1) y sin (experimento 2) fitasa usando varios parámetros de respuesta y calidad ósea. Los pollos de engorde Cobb \times Cobb se criaron de 0 a 16 días en 2

experimentos utilizando dietas basadas en maíz y harina de soya. El experimento 1 utilizó un arreglo factorial 4×4 con dietas formuladas para contener combinaciones de 4 niveles de Ca: 0.38, 0.58, 0.78 y 0.98% y 4 niveles de NPP: 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5%. El experimento 2 utilizó un diseño compuesto rotativo en el que se formularon raciones para contener niveles de Ca en la dieta de 0.38, 0.47, 0.68, 0.89 y 0.98% y niveles de NPP de 0.20, 0.24, 0.35, 0.46 y 0.50%. Se incluyó un punto extra en el diseño para contener el Ca más bajo y los niveles más bajos de NPP (0.38% de Ca y 0.20% de NPP). Todas las combinaciones de Ca y NPP se alimentaron con 657 unidades de fitasa / kg de fitasa Natuphos 5000, más 4 combinaciones (0.38% de Ca y 0.20% de NPP, 0.47% de Ca y 0.24% de NPP, 0.68% de Ca y 0.35% de NPP y 0.89% de Ca y 0.46% de NPP) se alimentaron sin fitasa para determinar la idoneidad de comparar superficies de respuesta de regresión múltiple para variables particulares entre los experimentos. La comparación de superficies con y sin fitasa mostró que las respuestas de crecimiento y calidad ósea a la fitasa fueron mayores a niveles bajos de NPP y altos niveles de Ca, y disminuyeron cuando el nivel de Ca se redujo o cuando el nivel de NPP aumentó. Un tercer experimento confirmó que la fitasa provoca una mayor respuesta a mayores niveles de Ca y menores niveles de NPP (0.86% Ca y 0.20% NPP) versus bajos niveles de Ca y bajos niveles de NPP (0.47% Ca y 0.24% NPP). Los datos demostraron por qué es imposible determinar un único valor de equivalencia de NPP para los suplementos de fitasa.

Wilkinson *et al.* (7) evaluaron el efecto del P no fítico (nPP) en la dieta y la concentración de Ca sobre el apetito de Ca en pollos de engorde. Se utilizaron un total de 288 pollos Ross 308 de un día de edad que fueron alimentados con una dieta comercial durante 7 días y luego asignados aleatoriamente de 1 a 8 tratamientos dietéticos para un estudio de 28 días. Las dietas se basaron en harina de maíz y soya y se formularon para que fueran nutricionalmente adecuadas a excepción de nPP y Ca. Se usaron dos concentraciones de Ca (5.0 y 10.0 g / kg) y 4 de nPP (2.5, 3.5, 4.5 y 5.5 g / kg), y todas las aves tuvieron acceso a una fuente de Ca separada (CaCO_3). Se determinó el desempeño de las aves, la digestibilidad de los nutrientes y la ceniza de la tibia. Las aves alimentadas con 5,0 g de dietas de Ca / kg consumieron más ($P < 0,01$) de la fuente de Ca por separado que las aves alimentadas con dietas que contenían 10,0 g de Ca / kg. El aumento en el consumo ($P < 0.01$) de la fuente de Ca separada se asoció con una mayor concentración de nPP. El desempeño de las aves no fue influenciado por el tratamiento dietético. Las aves alimentadas con 5.5 g de dietas de nPP / kg tuvieron una digestibilidad menor ($P < 0.01$) de la MS, PC y energía que los otros grupos. La digestibilidad del fósforo se redujo en aves alimentadas con dietas altas en Ca y aquellas alimentadas con 2.5 g de dietas nPP / kg ($P < 0.001$). Las aves alimentadas con 2.5 g de nPP / kg tuvieron valores más bajos de ceniza de tibia que aquellas alimentadas con mayores concentraciones de nPP mientras que las dietas con 10.0 g de Ca / kg condujeron a concentraciones

más altas ($P < 0.05$) de ceniza de tibia que para aves alimentadas con 5.0 g de Ca /kg. Este estudio confirma los hallazgos previos de que las aves pueden cumplir con su requerimiento de Ca cuando se les alimenta con Ca por separado de la ración mixta. El consumo de la fuente de Ca separada respondió no solo a la concentración de Ca, sino también a la cantidad de nPP en la dieta. Estos datos sugieren que la concentración de nPP en la dieta influye en el apetito específico de Ca de pollos de engorde, y esto puede indicar que las aves intentan regular su ingesta de Ca en relación con nPP. Esto puede estar mediado a través de un mecanismo fisiológico para mantener una ingesta adecuada de Ca: nPP.

Yan *et al.* (2) realizaron dos ensayos de diseño similar para determinar los requerimientos de NPP para pollos de engorde de 42 a 63 d de edad en dietas con o sin suplementos de fitasa. Los pollos de engorde machos de una línea comercial fueron criados a 42 días en dietas nutricionalmente completas con los niveles recomendados de NRC (1994) de Ca y NPP. A los 42 d, las aves recibieron las dietas experimentales y se alimentaron hasta los 63 d. Los tratamientos experimentales consistieron en un arreglo factorial 2×6 con dos niveles de fitasa (0 u 800 U / kg) y seis niveles de NPP (0,10 a 0,35% en incrementos de 0,05%). La ganancia de peso corporal, la conversión alimenticia y la mortalidad se determinaron durante el período. A los 49, 56 y 63 d, se tomaron muestras de excreta y se sacrificaron muestras de aves para la determinación de la ceniza de la tibia. El nivel más bajo de NPP, con o sin suplementos de fitasa, fue suficiente para obtener la máxima ganancia de peso vivo, la conversión alimenticia y la viabilidad. Usando regresión no lineal, los niveles de NPP necesarios para optimizar la ceniza de tibia en ausencia de fitasa fueron de $0.31 \pm 0.004\%$, $0.23 \pm 0.02\%$ y $0.22 \pm 0.029\%$ a los 49, 56 y 63 d, respectivamente. Cuando las dietas se suplementaron con 800 U / kg de fitasa, el requerimiento de NPP para la ceniza óptima de la tibia fue de $0.15 \pm 0.049\%$ a los 49 d. En 56 y 63 d, no más de 0,10% de NPP (nivel más bajo probado) fue suficiente para maximizar la ceniza de tibia. En comparación con las recomendaciones del NRC (1994), la aplicación de estos niveles reducidos de fósforo en la dieta podría reducir notablemente la excreción de fósforo por los pollos de engorde.

Fitatos y nutrientes de la dieta

A nivel del pH en el intestino delgado de las aves de corral, el fitato que se encuentra en las dietas de maíz-soya (mio inositol fosfato, IP6) tiene una fuerte carga negativa y es un potente quelante de minerales que forma sales insolubles con minerales como Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Fe y Ca (10,11). Algunos estudios reportan que el IP6 estaría implicado en reducir la digestibilidad de la energía y las proteínas (11,12).

De acuerdo a estudios, niveles de 0.8 a 1% de calcio en la dieta puede influir negativamente en el desempeño de las aves y en la digestibilidad de P incluso cuando se usan bajos niveles de P de fitato (6).

Tamim *et al.* (13) reportaron una reducción del 44% en la desaparición del P fitato cuando las aves fueron alimentadas con dietas de maíz y soya con 5.0 g / kg de Ca añadido en comparación con las aves alimentadas con dietas sin Ca. Por el contrario, se ha sugerido que la patología ósea en pollos de engorda se optimiza cuando las dietas contienen entre 10 y 13 g / kg de Ca (14). Por lo tanto, la disminución de la cantidad de Ca en las dietas de pollo de engorde puede mejorar el desempeño y la disponibilidad de nutrientes; sin embargo, esto no debería ser a expensas del aumento de los problemas en las patas (7).

El fitato también puede formar complejos con proteínas, almidón e iones metálicos, como calcio, magnesio, hierro y zinc, produciendo así un efecto antinutricional (15).

Factores que influyen sobre requerimiento de fosforo no fítico (Npp)

Rama-Rao *et al.* (16) encontraron que el aumento de peso corporal en pollos de engorde mostró una tendencia a la baja a los 14, 28 y 42 d de edad con un aumento en el nivel de calcio (Ca) en la dieta. La magnitud de la depresión fue mayor cuando la dieta contenía el nivel más bajo de NPP. La depresión en las respuestas observadas a niveles más altos de Ca con niveles más bajos de NPP en la dieta puede deberse a la utilización inadecuada de estos minerales a mayores proporciones de Ca a NPP. En proporciones más altas de Ca a NPP, estos 2 minerales tienden a formar fosfato de calcio, un complejo insoluble en el intestino del pollo que resulta en una absorción reducida (1).

Letourneau-Montminy *et al.* (17) afirmaron que a un nivel de Ca dado, se necesita más NPP para la mineralización ósea máxima que para la tasa de crecimiento, lo que puede explicarse por el hecho de que alrededor del 75 al 85% de P se retiene en el hueso.

Cuando los pollos de engorde reciben niveles de P que son más altos que el umbral fisiológico para la máxima utilización y retención, existe la posibilidad de que el P adicional probablemente se elimine a través del riñón (18).

Calcio fosforo y fitasa

Qian *et al.* (34), realizaron un experimento con pavipollos de pavos de 0 a 21 d, y de acuerdo a sus resultados ellos afirmaron que, estas mejoras al agregar fitasa suplementaria, se vieron negativamente influenciadas por relaciones más amplias de Ca: fosforo total (TP).

Kornegay *et al.* (35), en un estudio en pollos de engorde de 0 a 21 días de edad, sostuvieron que la relación de Ca: TP amplia (2: 1) afecto reduciendo la respuesta global a la fitasa.

Sebastian *et al.* (36) también reportaron que la suplementación de fitasa, a una dieta con baja concentración de Ca, mostró la respuesta óptima para el crecimiento (mayor peso corporal, ingesta

de alimento y eficiencia alimenticia) en comparación con niveles recomendados o altos niveles de Ca en la dieta.

Lei *et al.* (37), Sebastian *et al.* (36), Qian *et al.* (34), Liu *et al.* (38), y Atia *et al.* (39) reportan que las amplias relaciones dietéticas de Ca a P reducen la eficacia de la fitasa posiblemente por la unión de la molécula de fitato por exceso de Ca para formar un complejo insoluble que es menos accesible a la fitasa o por exceso de Ca que compite directamente por la sitio activo de la enzima fitasa. Estas conclusiones se basan en resultados que muestran que los pollos de engorda funcionan mejor cuando se agrega fitasa a dietas bajas en P (0,20 a 0,27% de NPP) con relaciones Ca a P estrechas (1,1: 1 a 1,4: 1) en comparación con dietas con amplias relaciones de Ca a P. (1.7: 1 a 2.0: 1).

Aunque se ha llevado a cabo mucho trabajo para examinar la eficacia de la fitasa en diferentes proporciones de Ca y NPP, son las concentraciones absolutas de Ca y P en la dieta los más importantes para determinar la respuesta que un animal tendrá a la enzima y, por lo tanto, cuál debería ser el valor monetario de la fitasa.

Para la extrapolación a las condiciones comerciales, la eficacia de la fitasa debe determinarse con concentraciones de Ca y TP cercanas a las que se alimentarían en condiciones comerciales. Debido a que la respuesta a la suplementación con fitasa es una función no lineal de rendimiento decreciente típica de todas las enzimas, la eficacia de la fitasa no será una función lineal simple de las concentraciones de Ca y TP. El verdadero valor de la fitasa es una función compleja del Ca de la dieta, las concentraciones de P totales y de P de fitato, y el costo de la suplementación con Ca y P (6).

Tanto las eficacias de fitasas endógenas como exógenas en el intestino delgado de pollos de engorde se ven obstaculizadas por las altas concentraciones de Ca dietético típicamente utilizado en las dietas de aves de corral (40).

Se ha demostrado que altas concentraciones de Ca en las dietas de aves de corral aumentan el pH de la molleja (41) y la digesta de las aves (42). Por lo tanto, la reducción del Ca de la dieta puede aumentar la digestibilidad de nutrientes de las dietas avícolas al disminuir el pH intestinal y la formación de precipitados de Ca-fosfato y mejorar la eficacia de la pepsina (43,44).

Applegate *et al.* (45) realizaron un estudio y encontraron que un 0,90% de Ca dietético redujo la actividad de fitasa intestinal en un 9% y la hidrólisis de P fitato en un 11.9% en comparación con un 0.40% de Ca.

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro niveles de fosforo no fítico en la dieta de pollos de engorde en la fase de acabado y se midieron las respuestas productivas y económicas.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Lugar y fecha de ejecución

El presente experimento se llevó a cabo en la unidad experimental en Aves y el Laboratorio de Nutrición de la FMVZ- Fundo Hijaya Chincha – Universidad Nacional “San Luis Gonzaga de Ica”– Ica – Perú. El periodo del estudio fue desde enero a abril del 2022

2.2 Localización geográfica y meteorológica del lugar del estudio:

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'' 0. 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 (50).

2.3 Materiales y equipo

Se utilizaron la instalación del Módulo experimental en Nutrición Avícola, la misma que tiene las siguientes características: Área de 100 m² aproximadamente, con piso de cemento y dentro del módulo están ubicados las jaulas donde serán alojados los pollos.

Cada uno de los casilleros cuenta con comederos y bebedero individuales

2.4 Tamaño de muestra de pollos a utilizar

Se utilizó 128 pollos machos de la línea Cobb 500 seleccionados homogéneo en peso, tamaño y estado sanitario para la prueba.

La distribución de las jaulas fue de acuerdo al protocolo del diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 4 repeticiones, dando un total de 16 unidades experimentales y 8 pollos por cada unidad.

2.5 Técnicas e instrumentos de la recolección de información

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

2.6 Metodología experimental

a. Etapa pre-experimental

Durante la etapa pre experimental se acondiciono las instalaciones, unidades experimentales, materiales y equipos respectivos que se utilizará en la prueba, así también se tomaran las medidas necesarias de la bioseguridad.

Cada una de las unidades experimentales tuvo un comedero y bebedero independiente para efectos de determinar el consumo del alimento y se confeccionaran registros para la toma de los datos en cada una de las variables a evaluar.

b. Etapa experimental

La etapa experimental se inició con la aplicación de los tratamientos y diseño experimental establecido y comprende un periodo de 2 semanas desde el día 28 a 42 días de vida del ave, fase acabado

2.6.1 Formulación de dieta y alimentación

Se formularon cuatro dietas alimenticias isocaloricas e isoproteicas, con 3200 Kcal de energía metabolizable. Para la formulación se tomará como referencia las recomendaciones nutricionales de la línea genética Cobb 500 (2015). Para establecer los 4 niveles de fosforo no fítico en la dieta se utilizará el estudio de Jiang *et al.* (47), quienes encontraron que el nivel de 0.31% de fosforo no fítico en la dieta logro la mejor respuesta en pollos de engorde desde las 4 a 6 semanas de edad.

Para la formulación de las dietas se utilizaron ingredientes alimenticios clásicos como el maíz molido, torta de soya, soya integral, 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 AFOS (2021) y programación lineal & máxima rentabilidad (48).

La alimentación fue *ab-libitum*, registrándose diariamente el consumo determinado por el método de diferencia de la cantidad ofrecida menos cantidad residual por día.

definición teórica de las dietas

Las dietas fueron en base a una mezcla de ingredientes crudos tipo harina. Cada dieta tiene el mismo contenido de energía metabolizable, proteínas, aminoácidos, calcio, sodio, cloro y otros nutrientes a excepción de los cuatro niveles de fosforo no fítico. La dieta 1 tuvo 0.279%, la dieta 2 0.31%, la dieta 3 0.341 y la dieta 4 0.375% de fosforo no fítico. La fuente de fosforo a utilizar será el fosfato di cálcico.

2.6.2 Programa sanitario y de manejo

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

2.6.3 Tratamientos experimentales

T-1: Dieta con 0.279% de FNF

T-2: Dieta con 0.310% de FNF

T-3: Dieta con 0.341% de FNF

T-4: Dieta con 0.375 % de FNF

2.6.4 Diseño experimental

Los pollos experimentales fueron distribuidos 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 y 8 pollos por cada unidad.

2.6.5 Modelo matemático:

Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta productiva obtenidas en la ij –ésima unidad experimental.

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i

β_j = Efecto del bloque j

ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

2.7 Variables de estudio

2.7.1 Variable independiente:

- niveles de fosforo no fítico en la dieta

2.7.2 Variables dependientes:

A. Respuesta productiva:

a.1 Peso vivo (g/pollo)

a.2 Ganancia de Peso Vivo (g/pollo/día).

- a.3 Uniformidad (%)
- a.4 Consumo de alimento (g/pollo/día).
- a.5 Índice de Conversión alimenticia (g/g).
- a.6 Eficiencia Proteica (PER).
- a.7 Eficiencia energética Bruta (EEB)
- a.8 Viabilidad y Mortalidad (%)
- a.9 Score de patas

B. Evaluación económica

- b.1 costo de alimentación
- b.2 Margen bruto:

Esta referido al diferencial entre el precio de venta de los kg de peso vivo – costo de alimentación de cada dieta evaluada.

- b.3 Retribución económica

La retribución económica se calculó tomando como base el margen bruto, llevado a porcentaje.

2.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron procesados y analizados estadísticamente en primer lugar verificando que se cumplan los supuestos estadísticos a través del test de Levene para homogeneidad y el test de Shapiro-Wilk para la normalidad.

En segundo lugar, se procedió a realizar los análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas y una prueba de comparación de medias de Tukey.

Estos análisis estadísticos siguieron el procedimiento del Modelo Lineal General (GLM) de SAS (SAS Institute, 2002) (50), versión 9. Se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha= 0.05$ y un nivel de confianza de 95%.

La optima densidad nutricional será determinó por la metodología de regresión, utilizando el procedimiento de Regresión (PROC REG) de SAS, versión 9 (SAS, Institute, 2002) (51)

Los datos obtenidos de las variables medidos en porcentaje fueron transformados a valores ArcoSeno para su análisis de varianza y determinar su significancia estadística, mientras que los promedios de esta variable son presentados en el cuadro de resultados con los datos originales.

III. RESULTADOS

3.1 Respuesta productiva

4.1.1 Peso vivo

En el cuadro 1, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) los pesos vivos de los pollos a los 35 y 42 días de edad.

Cuadro 1. Peso vivo (PV) a los 28, 35 y 42 días de edad de pollos de engorde machos alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	PV - 28 días (g/pollo \pm DE ¹)	PV - 35 días (g/pollo \pm DE)	PV - 42 días (g/pollo \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	1519.75 ^a \pm 12.65	2344.62 ^a \pm 22.48	3264.25 ^a \pm 100.26
T-2: 0.310% FNF	1512.00 ^a \pm 19.40	2328.87 ^a \pm 49.28	3202.56 ^a \pm 135.95
T-3: 0.341% FNF	1512.50 ^a \pm 19.07	2322.75 ^a \pm 53.26	3259.50 ^a \pm 120.00
T-4: 0,375% FNF	1510.00 ^a \pm 12.93	2316.75 ^a \pm 20.93	3207.50 ^a \pm 113.32
P-value (ANVA ²)	0.8732	0.7896	0.8235

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar ²Análisis de varianza

3.1.2 Ganancia de peso vivo

En el cuadro 2, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) las ganancias de pesos vivos de los pollos en los periodos de 28 a 35, 35 a 42 y 28 a 42 días de edad.

Cuadro 2. Ganancia del peso vivo (GPV) de 28-35, 35-42 y 28-42 días (d) de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	GPV - 28-35 d (g/pollo \pm DE ¹)	GPV - 35-42 d (g/pollo \pm DE)	GPV - 28-42 d (g/pollo \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	824.87 ^a \pm 14.66	919.62 ^a \pm 114.04	1744.50 ^a \pm 106.24
T-2: 0.310% FNF	816.87 ^a \pm 39.23	873.68 ^a \pm 119.16	1690.56 ^a \pm 134.93
T-3: 0.341% FNF	810.25 ^a \pm 49.43	936.75 ^a \pm 67.04	1747.00 ^a \pm 114.58
T-4: 0,375% FNF	806.75 ^a \pm 8.26	890.75 ^a \pm 92.49	1697.50 ^a \pm 100.39
P-value (ANVA ²)	0.8453	0.7857	0.8537

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar ²Análisis de varianza

3.1.3 Uniformidad del peso vivo

En el cuadro 3, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) la uniformidad de pesos vivos de los pollos a los 35 y 42 días de edad.

Cuadro 3. Uniformidad del peso vivo (UPV) a los 28 y 42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	UPV – 28 días (% \pm DE ¹)	UPV – 42 días (% \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	824.87 ^a \pm 14.66	919.62 ^a \pm 114.04
T-2: 0.310% FNF	816.87 ^a \pm 39.23	873.68 ^a \pm 119.16
T-3: 0.341% FNF	810.25 ^a \pm 49.43	936.75 ^a \pm 67.04
T-4: 0,375% FNF	806.75 ^a \pm 8.26	890.75 ^a \pm 92.49
P-value (Kruskal-Wallis)	0.8453	0.7857

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar

3.1.4 Consumo de alimento

En el cuadro 4, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) el consumo de alimento de los pollos a los 35 y 42 días de edad.

Cuadro 4. Consumo de alimento (CA) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	CA – 28-35 d (g/pollo \pm DE ¹)	CA – 35-42 d (g/pollo \pm DE)	CA – 28-42 d (g/pollo \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	1277.95 ^a \pm 17.40	1463.75 ^a \pm 57.93	2741.70 ^a \pm 66.79
T-2: 0.310% FNF	1285.15 ^a \pm 3.94	1401.25 ^a \pm 191.32	2686.40 ^a \pm 189.82
T-3: 0.341% FNF	1282.30 ^a \pm 14.49	1521.25 ^a \pm 170.89	2803.55 ^a \pm 169.22
T-4: 0,375% FNF	1271.85 ^a \pm 17.61	1488.75 ^a \pm 57.20	2760.60 ^a \pm 58.59
P-value (ANVA ²)	0.6737	0.7098	0.7390

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar. ²Análisis de varianza

3.1.5 Índice de conversión alimenticia

En el cuadro 5, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) el índice de conversión alimenticia de los pollos a los 35 y 42 días de edad.

Cuadro 5. Índice de conversión alimenticia (ICA) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	ICA – 28-35 d (g/g \pm DE ¹)	ICA – 35-42 d (g/g \pm DE)	ICA – 28-42 d (g/g \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	1.54 ^a \pm 0.04	1.60 ^a \pm 0.13	1.57 ^a \pm 0.05
T-2: 0.310% FNF	1.57 ^a \pm 0.06	1.63 ^a \pm 0.33	1.59 ^a \pm 0.18
T-3: 0.341% FNF	1.58 ^a \pm 0.09	1.62 ^a \pm 0.11	1.60 ^a \pm 0.06
T-4: 0,375% FNF	1.57 ^a \pm 0.03	1.68 ^a \pm 0.14	1.62 ^a \pm 0.08
P-value (ANVA ²)	0.8395	0.9546	0.9251

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar. ²Análisis de varianza

3.1.6 Relación de eficiencia proteica

En el cuadro 6, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) la relación de eficiencia proteica de los pollos en los periodos de 28 a 35, 35 a 42 y 28 a 42 días de edad.

Cuadro 6. Relación de eficiencia proteica (PER) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	PER – 28-35 d (g/g \pm DE ¹)	PER – 35-42 d (g/g \pm DE)	PER – 28-42 d (g/g \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	3.48 ^a \pm 0.09	3.38 ^a \pm 0.29	3.43 ^a \pm 0.13
T-2: 0.310% FNF	3.43 ^a \pm 0.15	3.42 ^a \pm 0.72	3.41 ^a \pm 0.42
T-3: 0.341% FNF	3.41 ^a \pm 0.19	3.34 ^a \pm 0.24	3.36 ^a \pm 0.14
T-4: 0,375% FNF	3.42 ^a \pm 0.07	3.23 ^a \pm 0.27	3.32 ^a \pm 0.18
P-value (ANVA ²)	0.8517	0.9335	0.9249

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndice similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar. ²Análisis de varianza

3.1.7 Eficiencia energética bruta

En el cuadro 7, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) la eficiencia energética bruta de los pollos en los periodos de 28 a 35, 35 a 42 y 28 a 42 días de edad.

Cuadro 7. Eficiencia energética bruta (EEB) de 28-35, 35-42 y 28-42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	EEB – 28-35 d (Mcal/Kg \pm DE ¹)	EEB – 35-42 d (Mcal/Kg \pm DE)	EEB– 28-42 d (Mcal/Kg \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	4.95 ^a \pm 0.12	5.13 ^a \pm 0.43	5.03 ^a \pm 0.18
T-2: 0.310% FNF	5.04 ^a \pm 0.22	5.21 ^a \pm 1.07	5.11 ^a \pm 0.60
T-3: 0.341% FNF	5.07 ^a \pm 0.29	5.19 ^a \pm 0.36	5.14 ^a \pm 0.20
T-4: 0,375% FNF	5.04 ^a \pm 0.10	5.38 ^a \pm 0.45	5.21 ^a \pm 0.28
P-value (ANVA ²)	0.8395	0.9546	0.9251

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar. ²Análisis de varianza

3.1.8 Viabilidad y score de patas

En el cuadro 7, se observa que los diferentes niveles de fosforo no fítico no afectaron significativamente ($P>0.05$) la viabilidad y score de patas de los pollos de engorde.

Cuadro 8. Viabilidad (V) y score de patas (SP) a los 42 días de edad de pollos de engorde machos, alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de fosforo no fítico (FNF)

TRATAMIENTOS	VIABILIDAD	SCORE PATAS
	42 días (% \pm DE ¹)	42 días (% \pm DE)
T-1: 0.279% FNF	90.00 ^a	0.83 ^a
T-2: 0.310% FNF	90.00 ^a	1.06 ^a
T-3: 0.341% FNF	90.00 ^a	1.31 ^a
T-4: 0,375% FNF	90.00 ^a	1.15 ^a
P-value (Kruskal-Wallis)	1	0.6417

^aLos promedios dentro de cada columna con letras como superíndices similares no difieren significativamente ($P>0.05$). ¹Desviación estándar

3.2 Evaluación económica

3.2.1 Costo de alimentación

En el cuadro 9 se presentan los resultados del costo de alimentación por pollo de engorde.

Cuadro 9: Costo de alimentación por pollo de engorde

TRATAMIENTOS	Consumo alimento acumulado (Kg/pollo) (28-42 días)	Costo de alimento (S/Kg)	Costo de alimentación (S/pollo)
T-1 0.279% FNF	2.741	1.3155	3.605
T-2 0.310% FNF	2.686	1.3201	3.545
T-3 0.341% FNF	2.803	1.3247	3.713
T-4 0.375% FNF	2.760	1.3298	3.670

3.2.2 Margen bruto

En el cuadro 10 se presentan los resultados del margen bruto sobre el costo de alimentación de la ganancia de peso.

Cuadro 10: Margen bruto de los pollos alimentados con cuatro dietas con diferentes niveles de FNF

TRATAMIENTOS	Ganancia de peso (Kg/pollo) (28-42 días)	Ingreso ganancia de peso* (S/)	Margen Bruto (S/pollo)
T-1 0.279% FNF	1.744	7.848	4.243
T-2 0.310% FNF	1.690	7.605	4.060
T-3 0.341% FNF	1.747	7.861	4.148
T-4 0.375% FNF	1.697	7.636	3.966

*Precio de ganancia peso vivo (S/Kg) = S/ 4.50

3.3 Retribución económica

En el cuadro 11, se observa el resultado de la retribución económica. En base a la mayor ganancia de peso vivo y mayor margen bruto, el grupo de pollos del T-1 que consumieron la dieta con el más bajo valor de FNF, lograron la mejor retribución económica que fue de 6.98%

Cuadro 11: Retribución económica de las pollos alimentados con 4 tipos de alimento.

TRATAMIENTOS	Margen Bruto (S/pollo)	Retribución Económica (%)
T-1 0.279% FNF	4.243	106.98
T-2 0.310% FNF	4.060	102.37
T-3 0.341% FNF	4.148	104.58
T-4 0.375% FNF	3.966	100.00

IV. DISCUSIÓN

Peso vivo

Para este experimento se tomó como base el estudio de Jiang *et al.* (47), quienes encontraron que el nivel de 0.31% de fosforo no fítico en la dieta logro la mejor respuesta en pollos de engorde desde las 4 a 6 semanas de edad.

De acuerdo con los resultados obtenidos, estadísticamente, los niveles de FNF entre 0.279 y 0.375% en la dieta lograron pesos vivos similares. Lo que indica que un nivel mínimo de 0.279% fue suficiente para mantener la respuesta productiva. Sin embargo, desde el punto de vista biológico, se encontró una diferencia numérica de 61.69 g de peso a favor del mínimo nivel de FNF (0.279%) respecto al nivel base de FNF (0.31%), lo que representa 1.92% de mejora.

Parte de la explicación del porque se estaría utilizando niveles por encima del requerimiento de P, es debido a las demandas de un desarrollo esquelético adecuado de las aves de rápido crecimiento y la sensibilidad a las deficiencias de P, es necesario proporcionar un margen de seguridad adecuado para este nutriente en las dietas de engorde (4). Por otro lado, se debe mencionar que, siendo las fuentes inorgánicas de P, como son los fosfatos, ingredientes de costo importante, se debe precisar y optimizar niveles más cercanos a los requerimientos bajo condiciones comerciales. También, la utilización de las enzimas fitasas es una buena herramienta muy utilizada para mejorar la utilización de P fítico y reducir costo de la dieta, sin embargo, lo conveniente sería evaluar y determinar cuál sería el requerimiento mínimo de FNF, para que a partir de esta información contribuya a una mejor gestión de establecer niveles de P adecuados en las dietas con la inclusión de fitasas en dietas reformuladas.

Li *et al.* (5) reportaron que, según la evidencia en la literatura demuestra claramente que el requerimiento de fosforo de los pollos de engorde es mucho más bajo que las recomendaciones de NRC (1994) y los valores utilizados actualmente por la industria. Sin embargo, los

investigadores mencionan que existen limitaciones prácticas en la aplicación de esta información a la industria, ya que hay datos limitados sobre la biodisponibilidad y variabilidad de P en los ingredientes del alimento; Existen pocos informes que hayan medido la biodisponibilidad de P de los alimentos para aves de corral. Además, los diferentes métodos utilizados han hecho que las comparaciones entre los estudios y la aplicación a la práctica sean extremadamente difíciles. Solo cuando los nutricionistas avícolas comerciales tengan esta información estarán en condiciones de reducir los márgenes de seguridad de P al formular las dietas. Para enfrentar estos desafíos, se necesita investigación cooperativa a escala global para estandarizar los procedimientos de medición con el fin de producir una base de datos robusta y confiable que pueda ser utilizada por los nutricionistas para formular dietas que cumplan con precisión los requerimientos de P del ave; Este enfoque es apropiado ya que solo un par de líneas de pollos de engorde dominan los mercados internacionales. Como punto de partida, la adopción universal de la digestibilidad ileal de P, propuesta por Rodehutsord (53) como el procedimiento preferido para determinar la disponibilidad del P sería un gran paso adelante. Además, para dar sentido a los datos derivados y permitir la comparación de los resultados, será necesario informar la composición de ingredientes de las dietas experimentales, las concentraciones dietéticas de Ca y P no fítico el balance de electrolitos en la dieta y el contenido mineral, todo lo cual influye en la absorción del P. El logro de estos objetivos ayudará a los esfuerzos para mantener el suministro global de fósforo (5). Por otro lado, las recomendaciones de la guía genética de Cobb 500 (2018) indica 0.38% de fosforo disponible en la fase de finalizador 2 (más de 29 días).

La industria tiende a suplementar en exceso el P inorgánico en las dietas de los pollos de engorde (22) (4) descubrieron que la cantidad de FNF en dietas de inicio podría reducirse a valores entre 0,37% y 0,39% de FNF.

Según Dhandu y Angel (54), el requerimiento de FNF de los pollos de engorde en la fase de acabado es de 0.20% FNF. Por lo tanto, si el FNF en la dieta se reduce en un 0.1% de la

concentración recomendada por NRC (1994) de 0.35%, la concentración de FNF resultante sería 0.25%, que estaría por encima del requerimiento real, y, por lo tanto, no todo el P disponible por la fitasa adicional sería necesario para el animal (10).

Ganancia de peso vivo

En el caso de la ganancia de peso tampoco fue afectado. Se debe considerar la relación calcio y fosforo. Se sugiere que las concentraciones de Ca en la dieta se ajusten de acuerdo con las concentraciones de FNF en la dieta debido a los posibles efectos antagonistas del Ca sobre la utilización de P en el tracto gastrointestinal de las aves (43).

Por otro lado, en este estudio existen diferentes relaciones entre calcio y FNF, desde 2.72 (T-1) hasta 2.02 (T-4), lo que debería ser ajustada. Esta relación por ajustar es probablemente más importante cuando se alimentan las dietas bajas en FNF en pollos de engorde (54,16).

Es necesario indicar que las dietas generalmente son en base a maíz y soya. El fitato del maíz puede comprender el 66% del P total del grano y solo el 14% del P está biodisponible para el ave. El fitato de la harina de soya, con 48% de proteína cruda, representa aproximadamente el 61% del P total, con una biodisponibilidad de P levemente por encima del 23% (NRC 1994). Los aportes de P de estos dos ingredientes no cumplen con el requerimiento de P del pollo de engorde, de allí la necesidad de utilizar una fuente de P inorgánico y frecuentemente la utilización de enzima fitasa exógena.

Uniformidad del peso vivo

Esta variable tampoco fue afectada significativamente. Sin embargo, es necesario hacer algunas indicaciones. El ácido fítico está naturalmente presente en los alimentos de origen vegetal como fitato, donde sirve como forma de almacenamiento de fósforo (Bedford 2000).

El ácido fítico tiene carga negativa en condiciones de pH ácido, neutro y básico (56). Puede unirse a moléculas con carga positiva en la dieta y en las secreciones endógenas del tracto gastrointestinal, como las enzimas digestivas y las mucinas en todas las condiciones de pH que

se encuentran en el tracto gastrointestinal, lo que reduce la digestibilidad de nutrientes y aumenta la secreción endógena de nutrientes (58). En este sentido se hace necesario utilizar mínimos niveles de P fítico en la dieta.

Consumo de alimento

De acuerdo con los resultados obtenidos, los diferentes niveles de FNF en la dieta no influyo estadísticamente sobre el consumo de alimento. Un estudio de Walters *et al.* (57), considerando grupos de pollos control negativo (NC) incluyó una reducción en FNF a 0.25 y 0.23% para la fase de iniciador y crecimiento, respectivamente, que fueron más bajos del nivel mínimo utilizado en este estudio (0.279% FNF) y que fue en la fase de acabado. Las aves alimentadas con dietas deficientes en FNF exhibieron el menor consumo de alimento, lo que resultó en el peso vivo más ligero, la conversión alimenticia más pobre y la mortalidad más alta entre los tratamientos dietéticos. Se cree que las propiedades antinutritivas relacionadas con el fitato pueden suprimir el apetito e impedir la disponibilidad de nutrientes, lo que afecta negativamente el consumo de alimento y deprime el rendimiento del crecimiento (59,60)

Índice de conversión alimenticia

La eficiencia alimenticia se mantuvo inalterado. Un estudio de Gautier *et al.* (61) encontraron que pollos de 2 a 23 días de edad, alimentadas con tratamientos dietéticos que tuvieron reducciones en la cantidad de NPP (0.29%) y Ca (0.77%) en la dieta exhibieron una disminución en el rendimiento.

Un estudio de Waldroup *et al.* (22) en pollos de 0 a 21 días de edad, encontraron que el nivel mínimo de P no fítico utilizado en el análisis factorial fue de 0,20%; Este nivel mínimo parecía ser satisfactorio para mantener la conversión alimenticia.

El ácido fítico es pobremente hidrolizado por cerdos y aves de corral y puede formar complejos insolubles con cationes a pH neutro que se encuentran en el intestino delgado (62; 58). Lyon (1984) informó que la adición de ácido fítico a una solución mineral a pH neutro provocó la precipitación de 99.5, 75, 83 y 62% de zinc, hierro, calcio y magnesio en la solución,

respectivamente. Davies y Olpin (63) informó que la adición de ácido fítico a una solución mineral a pH neutro provocó la precipitación de 98, 91 y 80% de zinc, cobre y manganeso en la solución, respectivamente. La disponibilidad de cationes monovalentes como el sodio para la absorción no se ve afectada por el ácido fítico. Sin embargo, no hay información sobre el efecto del ácido fítico sobre la absorción real de cationes monovalentes en el tracto gastrointestinal de los no rumiantes (58).

A medida que el fitato atraviesa el tracto digestivo de las aves, encuentra un nivel de pH que aumenta gradualmente. A medida que el pH aumenta del estómago ácido / molleja al intestino más neutro, el fitato se carga más negativamente debido a la disociación de los grupos fosfato unidos. El fitato, debido a los grupos fosfato cargados negativamente, tiene una potente capacidad quelante para otros cationes minerales divalentes. En consecuencia, el fitato atrae y une más fuertemente los cationes divalentes como el calcio (Ca), zinc (Zn), hierro (Fe) y cobre (Cu) a medida que aumenta el pH. Como resultado, se forman sales estables y precipitan fuera de la solución, creando complejos no digeribles (64).

Existe una escasez de información sobre la cinética de la hidrólisis de fitato en myo-Inositol (MI), así como el papel de MI en el metabolismo de las aves de corral (65). No todo el fitato se hidroliza a MI, ni con altos niveles de fitasa, ya que se pueden encontrar fosfatos de inositol fosforilados de manera diferente en el tracto digestivo del pollo (66). La absorción de MI no se puede suponer a partir de la cantidad de fitato en el alimento únicamente, indicando la necesidad de una medición más directa (65). Un último estudio de Greene muestra variaciones cinéticas de MI en circulación y plumas y sugiere niveles de MI en plumas como un marcador no invasivo confiable para estudiar la hidrólisis de fitatos en pollos. Estos hallazgos pueden permitir una mejor comprensión del uso de fitasa y el metabolismo de los fitatos en la salud, enfermedad y productividad de las aves de corral.

Relación de eficiencia proteica

La eficiencia de la utilización proteica para la ganancia de peso tampoco fue afectada estadísticamente. El fitato no solo es una fuente no disponible de fósforo para los pollos de engorde, sino que también actúa como un antinutriente, reduciendo la absorción de proteínas y minerales, aumentando las pérdidas endógenas y reduciendo el rendimiento de los pollos de engorde (67). El estudio de dos Santos *et al.* (67) demostró que hidrolizar el fitato y reducir los efectos antinutricionales del fitato mejora el rendimiento de las aves en dietas marginalmente deficientes que no cubrían el requerimiento de F de las aves.

Según Walters *et al.* (57), la inclusión de altas dosis de fitasa (2,000 y 3,000 / 1,000 FTU / kg) produjo la mayor mejora en el rendimiento de las aves, la digestibilidad de los nutrientes y la mineralización ósea entre los tratamientos.

En estudios *in vitro* se ha demostrado la capacidad del fitato para inhibir la actividad de enzimas digestivas como la pepsina, la α -amilasa (68) y la tripsina (69). Se ha sugerido que el fitato puede inhibir la proteólisis al alterar las enzimas digestivas (69). El fitato podría unirse a la tripsina a través de un complejo terciario de Ca, inhibiendo así la actividad (69).

El fitato tiene la capacidad de unirse a proteasas endógenas (tripsina y la quimotripsina), que reducen la digestión de proteínas en comparación con las dietas en las que el fitato se hidroliza por acción enzimática liberando los enlaces con esas enzimas proteolíticas (70). Las proteínas unidas al fitato, puede disminuir la digestibilidad de los aminoácidos en un 3-20% (60).

Eficiencia energética bruta

La eficiencia de utilización de la energía para ganancia de peso tampoco fue afectada estadísticamente. En este experimento, si bien los aportes de los niveles de FNF provienen principalmente del fosfato dicalcico (18% F), soya y maíz. Sin embargo, los ingredientes vegetales también son fuente de FNF. El fitato tiene efectos antinutricionales, por lo que el uso de enzima fitasa exógena es indicado, ya que además que degrada el fitato, libera P, también pueden liberar energía que puede ser utilizado para crecimiento del pollo.

Aproximadamente el 60–80% del P en las plantas se almacena en forma de fitato (mioinositol 1,2,3,4,5,6- hexakis dihidrogenofosfato) con dietas a base de harina de maíz y soya que típicamente contienen 8.0–9.0 g de fitato por kilogramo de alimento (71).

Mediante el uso de la fitasa y la mayor disponibilidad de nutrientes que de otro modo estarían unidos al fitato, el contenido de P, Ca, aminoácidos y energía de la dieta puede reducirse sin un impacto negativo en el rendimiento del crecimiento animal o la ceniza ósea (72). Cuando aumenta la concentración de fitato en la dieta, el efecto antinutricional del fitato sobre los nutrientes es mayor (60).

Con el fitato unido a P y Ca, afecta negativamente la capacidad del ave para absorber cantidades adecuadas de ambos nutrientes para el crecimiento y el desarrollo, reduciendo así la producción eficiente (38).

El complejo fitato-Ca también puede unirse a los ácidos grasos debido a la naturaleza divalente del Ca, lo que aumenta la aparición de jabones lipídicos y reduce la energía disponible, en vista que los lípidos son la principal fuente de energía (73).

La inclusión de fosfatos en las dietas de aves representa un factor de costo considerable, siendo el F el tercer ingrediente más caro después de la energía y las proteínas (74).

Según estudio de Walk and Rao (71), el P del fitato dietario parece tener un mayor impacto antinutriente sobre la conversión alimenticia, a concentraciones dietéticas más bajas, en comparación con la ganancia de peso vivo. La alimentación de dosis crecientes de fitasa mejoró linealmente la conversión alimenticia, en dietas formuladas para contener niveles de nutrientes subóptimos, independientemente del contenido de P del fitato de la dieta, a través de la destrucción de fitato y ésteres de fitato inferiores en la molleja.

Score de patas

De acuerdo con el resultado del score de patas que corresponde a una tabla de evaluación del caminar de los pollos que va desde 0 a 5. Donde el valor 0 indica una marcha suave, normal y balanceada y conforme tiene problema a caminar va a aumentando hasta un valor máximo de 5

(75). Según lo encontrado no hubo diferencias estadísticas en esta variable. Es importante señalar que el fósforo es cuantificablemente más importante en la mineralización ósea que en el crecimiento de los tejidos blandos, porque P es un componente importante del esqueleto del ave. Los pollos de engorde pueden volverse más vulnerables a los desbalances minerales a medida que se reducen las concentraciones de Ca y NPP, porque los requerimientos de mineralización ósea se cumplen antes de los requerimientos de crecimiento cuando la nutrición de P es el foco (61). El contenido de cenizas de tibia es una medida de respuesta más sensible que la respuesta de crecimiento (63). La relación calcio y fosforo es de interés y cuidado. Un exceso de calcio puede alterar la absorción de fosforo y causar problemas óseos. Si se trabaja con altos niveles de calcio en la dieta, hay un aumento del pH de la molleja y el proventrículo, lo que promueve la formación de complejos altamente insolubles de Ca-fitato resistente a la enzima fitasa (76).

El fuerte potencial quelante del fitato puede comprometer el uso de otros minerales entre ellos calcio, zinc, magnesio y cobre (69), lo que afectaría el desarrollo óseo del pollo. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio indican que los niveles de fosforo utilizados, especialmente con el más bajo valor, fue suficiente para mantener un estado adecuado del sistema óseo y no afecto la actividad de caminar.

V. CONCLUSIONES

- 5.1 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente el peso vivo de los pollos de engorde.
- 5.2 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente la ganancia de peso vivo de los pollos de engorde.
- 5.3 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente la uniformidad del peso vivo de los pollos de engorde.
- 5.4 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente el consumo de alimento de los pollos de engorde.
- 5.5 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente la relación de eficiencia proteica de los pollos de engorde.
- 5.6 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente la eficiencia energética bruta de los pollos de engorde.
- 5.7 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente la viabilidad de los pollos de engorde.
- 5.8 Los diferentes niveles de FNF en la dieta no afecto significativamente el score de patas de los pollos de engorde.
- 5.9 La retribución económica fue más alta para el grupo de pollos que fueron alimentados con el nivel de 0.279% de FNF

VI. RECOMENDACIONES

6.1 Efectuar estudios con diferentes niveles de fosforo no fítico en la dieta con la utilización de enzimas fitasas.

6.2 Efectuar estudios comparativos entre niveles de fosforo no fítico y fosforo digestible en las dietas de pollos de engorde.

6.3 Efectuar estudios con diferentes niveles de FNF en la dieta en las fases de inicio y crecimiento de pollos de engorde.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Liu J., Bollinger DW., Ledoux DR. y Veum T.L. Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratio increases phosphorus utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 1998; 76:808–813.
2. Waldroup PW., Kersey JH., Saleh EA., Fritts CA., Yan F., Stilborn HL., Crum RC. y Raboy V. Nonphytate Phosphorus Requirement and Phosphorus Excretion of Broiler Chicks Fed Diets Composed of Normal or High Available Phosphate Corn with and Without Microbial Phytase. *Poultry Science.* 2000; 79:1451–1459.
3. Faridi A., Gitoee A. y France, J. A meta-analysis of the effects of nonphytate phosphorus on broiler performance and tibia ash concentration. *Poultry Science.* 2015; 94:2753–2762. Visto el 18 de marzo 2021, disponible en: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev280>.
4. Karimi A., Min Y., Lu C., Coto C., Bedford M R. y Waldroup, P.W. Assessment of potential enhancing effects of a carbohydrase mixture on phytase efficacy in male broiler chicks fed phosphorus-deficient diets from 1 to 18 days of age. *Poultry Science.*2013; 92 :192–198. Visto el 18 de marzo del 2021, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02558>.
5. Li W., Angel R., Kim SW., Brady K., Yu S. y Plumstead PW. Impacts of dietary calcium, phytate, and nonphytate phosphorus concentrations in the presence or absence of phytase on inositol hexakisphosphate (IP6) degradation in different segments of broilers digestive tract. *Poultry Science.* 2016; 95:581–589. Visto el 24 marzo del 2021, disponible en: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev354>.
6. Driver J P., Pesti G M., Bakalli R.I. y Edwards H.M. Effects of Calcium and Nonphytate Phosphorus Concentrations on Phytase Efficacy in Broiler Chicks. *Poultry Science.*2005; 84:1406–1417.
7. Wilkinson S J., Bradbury E J., Bedford MR., Cowieson A.J. Effect of dietary nonphytate phosphorus and calcium concentration on calcium appetite of broiler chicks. *Poultry Science.* 2014; 93 :1695–1703, visto el 18 marzo 2021.disponible en: <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03537>
8. Kemme P A., Lommen A. De Jonge LH., van der Klisn J.D., Jongbloed AW., Mroz Z. y Beynen AC. Quantification of inositol phosphates using 31P nuclear magnetic resonance spectroscopy in animal nutrition. *J. Agric. Food Chem.*1999; 47:5116–5121.
9. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirement for Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.1994; 174 p.

10. Angel R., Tamim NM., Applegate T.J., Dhandu A.S. y Ellestad LE. Phytic acid chemistry: influence on phytinphosphorus availability and phytase efficacy. *J. Appl. Poult. Res.* 2002; 11:471–480.
11. Cowieson AJ., Acamovic T. y Bedford M.R. Phytic acid and phytase: Implications for protein utilization by poultry. *Poult. Sci.*; 2006. 85:878–885.
12. Cowieson AJ. y Bedford M.R. The effect of phytase and carbohydrase on ileal amino acid digestibility in monogastric diets: Complimentary mode of action? *World's Poult. Sci.*; 2009 .65:609–624.
13. Tamim NM., Angel R. y Christman M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2004; 83:1358–1367.
14. Williams B., Waddington D., Solomon S. y Farquharson C. Dietary effects on bone quality and turnover, and Ca and P metabolism in chickens. *Res. Vet. Sci.* 2000; 69:81–87.
15. Cosgrove D J. *Inositol Phosphates: Their chemistry, biochemistry and physiology.* Elsevier Scientific Publishing Co., New York, NY. 1980.
16. Rama-Rao SV., Raju M.V.L.N., Reddy M R. y Pavani P. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006; 131:133–148.
17. Letourneau-Montminy M.P., Narcy A., Lescoat P., Bernier JF., Magnin M., Pomar C., Nys, Y., Sauvant D. y Jondreville C. Meta-analysis of phosphorus utilisation by broilers receiving cornsoyabean meal diets: influence of dietary calcium and microbial phytase. *Animal.* 2010; 4:1844–1853.
18. Leske K.L. y Coon CN. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. *Poult. Sci.* 2002; 81: 1681–1693.
19. Edwards H.M. Jr. y Veltmann J R. Jr. role of calcium and phosphorus in the etiology of tibial dyschondroplasia in young chickens. *J. Nutr.*; 1983. 113:1568–1575.
20. Mitchell R.D. y Edwards H.M. Jr. Effects of phytase and 1,25-dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. *Poult. Sci.* 1996; 75:95–110.
21. Davis G K. Effects of high Ca intakes on the absorption of other nutrients. *Fed. Proc.* 1959. 18:1119–1123.
22. Waldroup PW., Ammerman CB. y Harms R.H. The relationship of phosphorus, calcium, and vitamin D3 in the diet of broiler type chickens. *Poult. Sci.* 1963; 42:982–989.

23. MacDonald M.W., and Solvyns A. Dietary Ca and chicken growth. Pages 112–116 in Proceedings of the 1964 Australian Poultry Science Convention. Sharp and Dohme, Surfers' Paradise, NSW, Australia. 1964.
24. Kondos AC., and McClymont GL. Effect of protein, vitamin and antibiotic levels on the depression of chick growth by high Ca diets, and mechanism of action. Pages 95– 103 in Proceedings of the 1967 Australasian Poultry Science Convention. Park View Printery, Queensland, Australia. 1967.
25. Gardiner EE. Response of two breeds of chickens to graded levels of dietary phosphorus. *Poult. Sci.* 1969; 48:986–193.
26. Edwards HM. Phosphorus 1. Effect of breed and strain on utilization of suboptimal levels of phosphorus in the ration. *Poult. Sci.* 1983; 62:77–84.
27. Hurwitz S. and Bar A. Calcium and phosphorus interrelationships in the intestine of the fowl. *J. Nutr.* 1971; 101:677–686.
28. Scott M L., Nesheim MC. y Young R.J. *Nutrition of the Chicken*. 4th ed. ML Scott and Associates, Ithaca, NY. 1982.
29. Nelson T S. The utilization of phytate phosphorus by poultry—A review. *Poult. Sci.* 1967; 46:862–871.
30. Fisher H. Low-calcium diets enhance phytate phosphorus availability. *Nutr. Rev.* 1992; 50:170–171.
31. Skinner JT., Izat AL. y Waldroup PW. Effects of removal of supplemental calcium and phosphorus from broiler finisher diets. *J. Appl. Poultry Res.* 1992; 1:42-47.
32. Angel R., Applegate TJ. y Christman M. Effect of dietary non-phytate phosphorus (nPP) on performance and bone measurements in broilers fed on a four-phase feeding system. *Poultry Science*. 2000; 79 (Suppl. 1): 21-22.
33. Applegate TJ. and Angel R. *Phosphorus Requirements for Poultry*. Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette. 2008; IN 47907.
34. Qian H., Kornegay ET. y Conner DE. Jr. Adverse effects of wide calcium:phosphorus ratios on supplemental phytase efficacy for weanling pigs fed two dietary phosphorus levels. *J. Anim. Sci.* 1996; 74:1288–1297.
35. Kornegay E.T., Denbow DM., Yi Z. y Ravindran, V. Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soyabean-meal-based diets containing three levels of non-phytate phosphorus. *Br. J. Nutr.* 1996; 75:839–852.

36. Sebastian S., Touchburn SP., Chavez E.R. y Lague PC. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization. *Poult. Sci.* 1996; 75:1516–1523.
37. Lei XG., Ku PK., Millar E.R., Yokoyama M.T. y Ullrey DE. Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn-soybean diets of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 1994; 72:139–143.
38. Liu J., Bollinger DW., Ledoux DR. y Veum T.L. Lowering the dietary calcium to total phosphorus ratio increases phosphorus utilization in low-phosphorus corn-soybean meal diets supplemented with microbial phytase for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 1998; 76:808–813.
39. Atia F.A., Waibel P E., Hermes I., Carlson C W. y Walser M.M. Effect of dietary phosphorus, calcium, and phytase on performance of growing turkeys. *Poult. Sci.* 2000. 79:231–239.
40. Wilkinson S.J., Selle P.H., Bedford, M.R. y Cowieson AJ. Exploiting calcium-specific appetite in poultry nutrition. *World's Poult. Sci. J.* 2011; 67:587–598.
41. Guinotte F., Gautron J., Nys Y. y Soumarmon A. Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal-tract in chicks (*Gallus domesticus*) as a function of gastric-acid secretion inhibition and of calcium-carbonate particle-size. *Br. J. Nutr.* 1995; 73:125–139
42. Shafey TM. Effects of high dietary calcium and fat levels on the performance, intestinal pH, body composition and size and weight of organs in growing chickens. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 1999; 12:49–55.
43. Selle P.H.; Cowieson A.J. y Ravindran V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livest. Sci.* 2009; 124:126–141.
44. Walk C.L., Bedford M.R. y Mcelroy A.P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. *Poult. Sci.* 2012; 91:1371–1378.
45. Applegate T.J., Angel R. y Classen H.L. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol, or bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2003; 82:1140–1148.
46. Yan F., Kersey JH. y Waldroup PW. Phosphorus requirements of broiler chicks three to six weeks of age as influenced by phytase supplementation. *Poult. Sci.* 2001; 80:455–459.
47. Jiang Y., Lu L., Li S.F., Wang L., Zhang L.Y., Liu S.B. y Luo XG. An optimal dietary non-phytate phosphorus level of broilers fed a conventional corn–soybean meal diet from 4 to 6 weeks of age. *Animal* (2016). 2016; 10:10, pp 1626–1634 © The Animal Consortium. doi:10.1017/S1751731116000501

48. Guevara V.R. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*. 2004; 83 (1): 147- 151.
49. VIA SATELITAL PERU. 2021. En: <http://viasatelital.com/peru/?p=5121>
50. ESTACIÓN METEOROLÓGICA AGRÍCOLA - INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA -INIA –Chincha - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología -SENAMHI – Ica (2018). En: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0227>
51. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. User's Guide: Statistics. Version 9. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2002; 230 p.
52. Wise, A. Dietary factors determining the biological activities of phytate. *Nutr. Abstr. Rev.* 1983; 53:791–806.
53. Rodehutsord, M. WPSA (Working Group No. 2: Nutrition of the European Federation of Branches of World Poultry Science Association). Determination of phosphorus availability in poultry. *World's Poult. Sci. J.*, 2013; 69, 687–698
54. Dhandu A. S. and Angel, R. Broiler nonphytin phosphorus requirement in the finisher and withdrawal phases of a four phase feeding program. *Poult. Sci.* 2003; 82:1257–1265.
55. Shafey, T.M.; Mcdonald, M.W.; Dingle, J.G. Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. *Br Poult Sci.* 1991; 32:185-94.
56. Maenz, D.D. Enzymatic and other characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. 2001; Pages 61 -84 in M. R. Bedford and G. G. Partridge, eds. *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI Publishing, UK.
57. Walters, H.G.; Coelho, M.; Coufal, C.D.; Lee, J.T. Effects of Increasing Phytase Inclusion Levels on Broiler Performance, Nutrient Digestibility, and Bone Mineralization in Low-Phosphorus Diets. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28:1210–1225
58. Woyengo, T.A. and Nyachoti, C.M. Review: Supplementation of phytase and carbohydrases to diets for poultry. *Can. J. Anim. Sci.* 2011; 91: 177- 192.
59. Selle, P.H., and Ravindran, V. Microbial phytase in poultry nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2007; 135:1–41.
60. Cowieson, A.J.; Wilcock, P.; Bedford, M.R. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *Worlds Poult. Sci. J.* 2011; 67:225–236.
61. Gautier, A.E.; Walk, C.L.; Dilger, R.N. Effects of a high level of phytase on broiler performance, bone ash, phosphorus utilization, and phytate dephosphorylation to inositol.

- Poultry Science.2018; 97:211–218 , visto el 05-05-2022, disponible en: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex291>.
62. Prattley, C.A.; Stanley, D.W.; van de Voort, F.R. Protein-phytate interactions in soybeans. II. Mechanism of protein-phytate binding as affected by calcium. *J. Food Biochem.* 1982; 6, 255 - 271.
 63. Davies, N.T. and Olpin, S.E. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of Zn availability to young rats. *Br. J. Nutr.*1979; 41: 590603
 64. Williams, Chance L. "Evaluation of Phytate and Phytase Interactions and Phytase Phase-Feeding on Bird Performance, Bone Characteristics and Meat Quality in Young Growing Broilers". Theses and Dissertations. 2014; Visto el 05-05-2022, disponible en: <http://scholarworks.uark.edu/etd/2078>
 65. Greene, E.; Mallmann, B.; Wilson, J.W.; Cowieson, A.J.; Dridi, S. Monitoring Phytate Hydrolysis Using Serial Blood Sampling and Feather Myo-Inositol Levels in Broilers. *Front.* 2020; *Physiol.* 11:736. doi: 10.3389/fphys.2020.00736
 66. Sommerfeld, V.; Künzel, S.; Schollenberger, M.; Kühn, I.; Rodehutsord, M. Influence of phytase or myo-inositol supplements on performance and phytate degradation products in the crop, ileum, and blood of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2018a; 97, 920–929. doi: 10.3382/ps/pex390
 67. dos Santos, T.T.; Srinongkote, S.; Bedford, M.R.; Walk, C.L. Effect of High Phytase Inclusion Rates on Performance of Broilers Fed Diets Not Severely Limited in Available Phosphorus. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2013;Vol. 26, No. 2 : 227-232.
 68. Deshpande, S. S. and Cheryan, M. Effects of phytic acid divalent cations, and their interactions on alpha-amylase activity. *J Food Sci.* 1984; 49:516-619.
 69. Singh, M. and Krikorian, A.D. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. *J Agri. Food Chem.* 1882; 30:799-800.
 70. Anderson, P.A., Interactions between proteins and constituents that affect protein quality. Pages 31-46 in: *Digestibility and Amino Acid Availability in Cereals and Oilseeds.* G. W. Finley and D. T. Hopkins, ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN,1985.
 71. Walk, C.L. and Rama Rao, S.V. 2020. Dietary phytate has a greater anti-nutrient effect on feed conversion ratio compared to body weight gain and greater doses of phytase are required to alleviate this effect as evidenced by prediction equations on growth performance, bone ash and phytate degradation in broilers. *Poultry Science.*2020; 99:246–255. Visto el 05-05-2022, disponible en: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez469>

72. Cabahug, S.; Ravindran, V.; Selle, P.H.; Bryden, W.L. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus contents. I. Effects on bird performance and toe ash. *Br. Poult. Sci.* 1999; 40:660–666.
73. Ravindran, V.; Selle, P.H.; Ravindran, G.; Morel, P.C.H.; Kies, A.K.; Bryden, W.L. Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy, and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. *Poultry Science*, 2001; 80(3), 338–344.
74. Boling, S.D., Douglas, M.W.; Johnson, M.L.; Wang, X.; Parsons, C.M.; Koelkebeck, K.W.; Zimmerman, R.A. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. *Poult. Sci.* 2000; 79:224–230.
75. Kestin, S.C.; Knowles, T.G.; Tinch, A.E.; Gregory, N.E. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *The Veterinary Record*. 1992; 131: 190-194.
76. Gifford, S.R. and Clydesdale, F.M. Interactions among calcium, zinc and phytate with three protein sources. *J Food Sci.* 1990; 55:1720–1724.

VIII. ANEXOS

9.1 RESULTADO DE ANALISIS ESTADISTICOS

PESO VIVO A 28 DIAS

OBS	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	1512
2	1	2	1506
3	1	3	1530
4	1	4	1531
5	2	1	1514
6	2	2	1531
7	2	3	1485
8	2	4	1518
9	3	1	1533
10	3	2	1517
11	3	3	1513
12	3	4	1487
13	4	1	1500
14	4	2	1529
15	4	3	1506
16	4	4	1505

PROCEDIMIENTO GLM					
FUENTE	DF	suma de cuadrados	cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
MODELO	6	576.875	96.145833	0.3	0.92
ERROR	9	2845.0625	316.118056		
TOTAL CORR	15	3421.9375			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RESPUESTA Media		
0.168581	1.17469	17.77971	1513.563		
Fuente	DF	Tipo I SS	drado de la me	F-Valor	Pr > F
block	3	358.6875	119.5625	0.38	0.771
trt	3	218.1875	72.7291667	0.23	0.87

Nivel de		-----RESPUESTA-----	
trt	N	Media	Dev std
1	4	1519.75000	12.6589889
2	4	1512.00000	19.4079022
3	4	1512.50000	19.0700463
4	4	1510.00000	12.9357386

PESO A LOS 35 DIAS

Obs	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	2345.00
2	1	2	2316.25
3	1	3	2371.25
4	1	4	2346.00
5	2	1	2387.50
6	2	2	2341.00
7	2	3	2269.00
8	2	4	2318.00
9	3	1	2383.00
10	3	2	2255.00
11	3	3	2338.00
12	3	4	2315.00
13	4	1	2304.00
14	4	2	2348.00
15	4	3	2309.00
16	4	4	2306.00

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	5617.09375	936.18229	0.57	0.7446
Error	9	14737.78125	1637.53125		
Total correcto	15	20354.87500			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RESPUESTA Media
0.275958	1.738062	40.46642	2328.250

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	3892.968750	1297.656250	0.79	0.5281
trt	3	1724.125000	574.708333	0.35	0.7896

Nivel de		-----RESPUESTA-----	
trt	N	Media	Dev std
1	4	2344.62500	22.4800838
2	4	2328.87500	49.2855202
3	4	2322.75000	53.2689716
4	4	2316.75000	20.9344214

PESO A LOS 42 DIAS

Obs	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	3170.00
2	1	2	3400.00
3	1	3	3275.00
4	1	4	3212.00
5	2	1	3312.50
6	2	2	3290.00
7	2	3	3194.00
8	2	4	3013.75
9	3	1	3400.00
10	3	2	3108.00
11	3	3	3280.00
12	3	4	3250.00
13	4	1	3125.00
14	4	2	3375.00
15	4	3	3170.00
16	4	4	3160.00

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	50944.0234	8490.6706	0.59	0.7317
Error	9	129414.5039	14379.3893		
Total correcto	15	180358.5273			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RESPUESTA Media
0.282460	3.708546	119.9141	3233.453

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	37925.29297	12641.76432	0.88	0.4875
trt	3	13018.73047	4339.57682	0.30	0.8235

Nivel de-----RESPUESTA-----					
trt	N	Media	Dev std		
1	4	3264.25000	100.260910		
2	4	3202.56250	135.959610		
3	4	3259.50000	120.004167		
4	4	3207.50000	113.321078		

GANANCIA DE PESO 28-35 D

Obs	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	833.00
2	1	2	810.25
3	1	3	841.25
4	1	4	815.00
5	2	1	873.50
6	2	2	810.00
7	2	3	784.00
8	2	4	800.00
9	3	1	850.00
10	3	2	738.00
11	3	3	825.00
12	3	4	828.00
13	4	1	804.00
14	4	2	819.00
15	4	3	803.00
16	4	4	801.00

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	5075.84375	845.97396	0.90	0.5360
Error	9	8491.46875	943.49653		
Total correcto	15	13567.31250			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RESPUESTA Media
0.374123	3.770328	30.71639	814.6875

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	4310.781250	1436.927083	1.52	0.2742
trt	3	.062500	255.020833	0.27	0.8453

GANANCIA DE PESO 35- 42 DIAS

Obs	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	825.00
2	1	2	1083.75
3	1	3	903.75
4	1	4	866.00
5	2	1	925.00
6	2	2	949.00
7	2	3	925.00
8	2	4	695.75
9	3	1	1017.00
10	3	2	853.00
11	3	3	942.00
12	3	4	935.00
13	4	1	821.00
14	4	2	1027.00
15	4	3	861.00
16	4	4	854.00

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	49460.6797	8243.4466	0.92	0.5247
Error	9	80928.3477	8992.0386		
Total correcto	15	130389.0273			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE RESPUESTA Media

0.379332 10.47570 94.82636 905.2031

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	39839.38672	13279.79557	1.48	0.2853
trt	3	9621.29297	3207.09766	0.36	0.7857

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	39839.38672	13279.79557	1.48	0.2853
trt	3	9621.29297	3207.09766	0.36	0.7857

UNIFORMIDAD PESO VIVO INICIAL 28 DIAS

Obs	POLLO	TRT	UNIFORMIDAD	
1	1	1	100	
2	2	1	100	
3	3	1	100	
4	4		1	80
5	5	2	80	
6	6		2	80
7	7		2	100
8	8		2	80
9	9	3	80	
10	10		3	100
11	11		3	80
12	12		3	100
13	13		4	100
14	14		4	100
15	15		4	60
16	16		4	80

Procedimiento GLM

Variable dependiente: UNIFORMIDAD

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	275.000000	91.666667	0.52	0.6741
Error	12	2100.000000	175.000000		
Total correcto	15	2375.000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	UNIFORMIDAD Media
0.115789	14.90564	13.22876	88.75000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT	3	275.000000	91.666667	0.52	0.6741

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT	3	275.000000	91.666667	0.52	0.6741

UNIFORMIDAD PESO VIVO FINAL 42 D
Sistema SAS

Obs	POLLO	TRT	UNIFORMIDAD
1	1	1	80
2	2	1	100
3	3	1	100
4	4	1	100
5	5	2	100
6	6	2	100
7	7	2	100
8	8	2	75
9	9	3	75
10	10	3	80
11	11	3	100
12	12	3	100
13	13	4	100
14	14	4	100
15	15	4	60
16	16	4	100

Procedimiento GLM

Variable dependiente: UNIFORMIDAD

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	106.250000	35.416667	0.17	0.9140
Error	12	2487.500000	207.291667		
Total correcto	15	2593.750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	UNIFORMIDAD Media
0.040964	15.67089	14.39763	91.87500

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT	3	106.2500000	35.4166667	0.17	0.9140

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT	3	106.2500000	35.4166667	0.17	0.9140

CONSUMO DE ALIMENTO TOTAL, 28 A 42 DIAS
Sistema SAS

Obs	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	2692.4
2	1	2	2840.2
3	1	3	2712.6
4	1	4	2721.6
5	2	1	2429.4
6	2	2	2887.4
7	2	3	2720.8
8	2	4	2708.0
9	3	1	2997.6
10	3	2	2647.4
11	3	3	2677.0
12	3	4	2892.2
13	4	1	2816.8
14	4	2	2804.4
15	4	3	2700.0
16	4	4	2721.2

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	46768.1150	7794.6858	0.35	0.8916
Error	9	199244.1025	22138.2336		
Total correcto	15	246012.2175			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RESPUESTA Media
0.190105	5.414332	148.7892	2748.063

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	18452.92750	6150.97583	0.28	0.8401
trt	3	28315.18750	9438.39583	0.43	0.7390

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	18452.92750	6150.97583	0.28	0.8401
trt	3	28315.18750	9438.39583	0.43	0.7390

CONVERSION ALIMENTICIA ACUMULADA 28 A 42 DIAS

Obs	trt	block	RESPUESTA
1	1	1	1.62388
2	1	2	1.49958
3	1	3	1.55450
4	1	4	1.61904
5	2	1	1.35079
6	2	2	1.64150
7	2	3	1.59204
8	2	4	1.81046
9	3	1	1.60557
10	3	2	1.66398
11	3	3	1.51500
12	3	4	1.64050
13	4	1	1.73342
14	4	2	1.51918
15	4	3	1.62260
16	4	4	1.64423

Procedimiento GLM

Variable dependiente: RESPUESTA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	0.03755633	0.00625939	0.46	0.8240
Error	9	0.12342382	0.01371376		
Total correcto	15	0.16098015			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RESPUESTA Media
0.233298	7.308756	0.117106	1.602267

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	0.03125729	0.01041910	0.76	0.5444
trt	3	0.00629904	0.00209968	0.15	0.9251

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
block	3	0.03125729	0.01041910	0.76	0.5444
trt	3	0.00629904	0.00209968	0.15	0.9251

SCORE DE PATAS

Obs	POLLO	TRT	VIABILIDAD
1	1	1	0.40
2	2	1	0.75
3	3	1	1.00
4	4	1	1.20
5	5	2	1.50
6	6	2	0.50
7	7	2	1.25
8	8	2	1.00
9	9	3	1.50
10	10	3	2.00
11	11	3	0.75
12	12	3	1.00
13	13	4	1.00
14	14	4	0.00
15	15	4	2.20
16	16	4	1.40

Procedimiento GLM

Variable dependiente: VIABILIDAD

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.47046875	0.15682292	0.43	0.7326
Error	12	4.33562500	0.36130208		
Total correcto	15	4.80609375			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	VIABILIDAD Media
0.097890	55.11373	0.601084	1.090625

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT	3	0.47046875	0.15682292	0.43	0.7326

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT	3	0.47046875	0.15682292	0.43	0.7326

9.2 FORMULAS BALANCEADAS DE LAS DIETAS UTILIZADAS

INGREDIENTES	T-1	T-2	T-3	T-4
MAIZ	69.0687	68.8936	68.7185	68.5265
HARINA DE SOYA	13.1148	13.1457	13.1765	13.2103
SOYA INTEGRAL	8	8	8	8
PROTEIKA, 60	6	6	6	6
ACEITE SOYA	1.1442	1.2028	1.2614	1.3257
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.8409	0.7547	0.6684	0.5738
FOSFATO DICALCICO, 18/19	0.6397	0.8118	0.984	1.1728
SAL COMUN	0.2736	0.2738	0.2739	0.2741
L-LISINA, 78	0.2216	0.221	0.2204	0.2197
METIONINA, 99	0.1852	0.1854	0.1855	0.1857
BICARBONATO DE SODIO	0.15	0.15	0.15	0.15
Secuestrante micotoxina	0.1	0.1	0.1	0.1
PREMIX VIT+MIN	0.1	0.1	0.1	0.1
CLORURO COLINA	0.0937	0.0937	0.0938	0.0938
COCCIDIOSTATO	0.05	0.05	0.05	0.05
L-TREONINA, 98.5	0.0146	0.0146	0.0147	0.0147
KIMYSO-500	0.003	0.003	0.003	0.003
APORTE NUTRICIONAL CALCULADO				
Energía metabolizable (Kcal/Kg)	3200	3200	3200	3200
Proteína cruda (%)	18.5	18.5	18.5	18.5
Sodio (%)	0.19	0.19	0.19	0.19
Cloro (%)	0.33	0.33	0.33	0.33
Calcio (%)	0.76	0.76	0.76	0.76
Fosforo no fítico (%)	0.279	0.31	0.341	0.375
Lisina dig. (%)	0.95	0.95	0.95	0.95
Metionina dig. (%)	0.39	0.39	0.39	0.39
Treonina (%)	0.65	0.65	0.65	0.65

T-1 0.279 FNF – ACABADO

Plant: PNA FNF

Batch Size(PEN/kg): 50.0000

Cost in PEN/kg: 1.3155

Batch Cost(in PEN): 65.7738

Composition Chart

Plant: PNA FNF

Batch Size(PEN/kg): 50.0000

Cost in PEN/kg: 1.3155

Batch Cost(in PEN): 65.7738

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (PEN)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(PEN)	Shadow
MAIZ	0.93			69.0687	34.5343	32.1169	
HARINA DE SOYA	1.96			13.1148	6.5574	12.8525	
SOYA INTEGRAL	1.815		8	8	4	7.26	
PROTEIKA, 60	2.35	6	6	6	3	7.05	
ACEITE SOYA	2.3			1.1442	0.5721	1.3159	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.175			0.8409	0.4205	0.0736	
FOSFATO DICALCICO, 18/19	2.6			0.6397	0.3198	0.8316	
SAL COMUN	0.65			0.2736	0.1368	0.0889	
L-LISINA, 78	6.9			0.2216	0.1108	0.7644	
METIONINA, 99	11.48			0.1852	0.0926	1.0632	
BICARBONATO DE SODIO	2.24	0.15		0.15	0.075	0.168	
Secuestrante micotoxina	5.5	0.1	0.1	0.1	0.05	0.275	
PREMIX VIT+MIN	26	0.1	0.1	0.1	0.05	1.3	
CLORURO COLINA	4.22			0.0937	0.0468	0.1977	
COCCIDIOSTATO	12.5	0.05	0.05	0.05	0.025	0.3125	

L-TREONINA, 98.5	7			0.0146	0.0073	0.0512	
KIMYSO-500	35	0.003	0.003	0.003	0.0015	0.0525	

50.000

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
ABC	1	mEq/Kg			415.1176	
ALMIDON		%			45.1623	
AME poultry	2	kcal/kg			9.758	
AME, broilers CVB	1	kcal/kg			9.5582	
Arginine D	2	%	1.03		1.0481	
Arginine T	3	%			1.1554	
BED	4	mEq/Kg			164.7415	
Calcio	5	%	0.76		0.76	0.0138
CENIZA		%			2.0853	
Cloro	6	%	0.2		0.3352	
Colina	7	mg/kg	1600		1600	
Cystina T	11	%			0.331	
Cystine D	12	%			0.2696	
ELN		%			57.604	
Energia Metab.	14	kcal/kg	3200		3200	0.0003
Extracto etereo	15	%			6.2997	
FDA		%			4.0135	
FDN		%			12.4671	
Fenilalanina D	16	%			0.77	
Fenilalanina T	17	%			0.875	
Fibra cruda	18	%			2.2219	
Fosforo Disp.	21	%			0.279	
Fosforo fitico	79	%			0.203	
Fosforo no fitico	80	%	0.279	0.279	0.279	0.1493
Fosforo Total	22	%			0.5207	
Gly + Ser D	23	%			1.5648	
Gly + Ser T	24	%			1.8767	
Glycina T	25	%			0.9343	
Glycine D	26	%			0.7557	
Hierro	30	mg/kg			0.0648	
Histidina D	28	%			0.4385	

Histidina T	29	%		0.4987	
Isoleucina T	31	%		0.7637	
Isoleucine D	32	%		0.6711	
Leucina D	33	%		1.4842	
Leucina T	34	%		1.6438	
Linoleic Acid	35	%	1	2.7755	
Lysina D	36	%	0.95	0.95	0.0356
Lysina T	37	%		1.0724	
Materia seca	40	%		89.8295	
Met + Cys D	41	%	0.74	0.74	0.0883
Met + Cys T	42	%		0.8339	
Metionina D	43	%	0.39	0.4675	
Metionina T	44	%		0.5016	
		unidade			
pH	50	s		5.848	
Phe + Tyr D	51	%		1.3501	
Phe + Tyr T	52	%		1.4898	
PNA		%		10.816	
Potassium	53	%		0.6339	
Proteina Cruda	54	%	18.5	18.5	0.0271
Serina D	58	%		0.7109	
Serina T	59	%		0.8308	
Sodium	61	%	0.19	0.19	0.0252
Treonina D	65	%	0.65	0.65	0.044
Treonina T	66	%		0.7426	
Triptofano D	67	%	0.17	0.2434	
Triptofano T	68	%		0.2708	
Tyrosina D	69	%		0.5658	
Tyrosina T	70	%		0.6305	
Valina D	72	%	0.73	0.7779	
Valina T	73	%		0.9088	

T-2 0.310 FNF - ACABADO

Plant: PNA FNF

Batch Size(PEN/kg): 50.0000

Cost in PEN/kg: 1.3201

Batch Cost(in PEN): 66.0052

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (PEN)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(PEN)
MAIZ	1.7			68.8936	34.4468	32.0355
HARINA DE SOYA	2.6			13.1457	6.5728	12.8827
SOYA INTEGRAL	1.815		8	8	4	7.26
PROTEIKA, 60	2.35	6	6	6	3	7.05
ACEITE SOYA	2.3			1.2028	0.6014	1.3833
FOSFATO DICALCICO, 18/19	2.6			0.8118	0.4059	1.0554
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.175			0.7547	0.3773	0.066
SAL COMUN	0.65			0.2738	0.1369	0.089
L-LISINA, 78	6.9			0.221	0.1105	0.7623
METIONINA, 99	11.48			0.1854	0.0927	1.064
BICARBONATO DE SODIO	2.24	0.15		0.15	0.075	0.168
Secuestrante micotoxina	5.5	0.1	0.1	0.1	0.05	0.275
PREMIX VIT+MIN	26	0.1	0.1	0.1	0.05	1.3
CLORURO COLINA	4.22			0.0937	0.0469	0.1978
COCCIDIOSTATO	12.5	0.05	0.05	0.05	0.025	0.3125
L-TREONINA, 98.5	7			0.0146	0.0073	0.0512
KIMYSO-500	35	0.003	0.003	0.003	0.0015	0.0525

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
ABC	1	mEq/Kg			409.3771	
ALMIDON		%			45.0532	
AME poultry	2	kcal/kg			9.7664	
AME, broilers CVB	1	kcal/kg			9.5664	
Arginine D	2	%	1.03		1.0485	
Arginine T	3	%			1.1558	
BED	4	mEq/Kg			164.7972	
Calcio	5	%	0.76		0.76	0.0138
CENIZA		%			2.0852	
Cloro	6	%	0.2		0.335	
Colina	7	mg/kg	1600		1600	
Cystina T	11	%			0.3309	
Cystine D	12	%			0.2695	
ELN		%			57.4834	
Energia Metab.	14	kcal/kg	3200		3200	0.0003
Extracto etereo	15	%			6.3525	
FDA		%			4.0104	
FDN		%			12.4471	
Fenilalanina D	16	%			0.7701	
Fenilalanina T	17	%			0.8751	
Fibra cruda	18	%			2.2202	
Fosforo Disp.	21	%			0.31	
Fosforo fitico	79	%			0.2028	
Fosforo no fitico	80	%	0.31	0.31	0.31	0.1493
Fosforo Total	22	%			0.5514	
Gly + Ser D	23	%			1.565	
Gly + Ser T	24	%			1.8768	
Glycina T	25	%			0.9344	
Glycine D	26	%			0.7558	
Hierro	30	mg/kg			0.0648	
Histidina D	28	%			0.4385	
Histidina T	29	%			0.4986	
Isoleucina T	31	%			0.7639	
Isoleucine D	32	%			0.6713	
Leucina D	33	%			1.4836	
Leucina T	34	%			1.6432	
Linoleic Acid	35	%	1		2.8023	
Lysina D	36	%	0.95		0.95	0.0356
Lysina T	37	%			1.0725	

Materia seca	40	%		89.8437	
Met + Cys D	41	%	0.74	0.74	0.0883
Met + Cys T	42	%		0.8339	
Metionina D	43	%	0.39	0.4676	
Metionina T	44	%		0.5017	
pH	50	unidades		5.8431	
Phe + Tyr D	51	%		1.3502	
Phe + Tyr T	52	%		1.49	
PNA		%		10.8094	
Potassium	53	%		0.6339	
Proteina Cruda	54	%	18.5	18.5	0.0271
Serina D	58	%		0.711	
Serina T	59	%		0.8308	
Sodium	61	%	0.19	0.19	0.0252
Treonina D	65	%	0.65	0.65	0.044
Treonina T	66	%		0.7426	
Triptofano D	67	%	0.17	0.2435	
Triptofano T	68	%		0.2709	
Tyrosina D	69	%		0.5658	
Tyrosina T	70	%		0.6306	
Valina D	72	%	0.73	0.778	
Valina T	73	%		0.9088	

T-3 0.341 FNF - ACABADO

Plant: PNA FNF
 Batch Size(PEN/kg):
 50.0000
 Cost in PEN/kg: 1.3247
 Batch Cost(in PEN):
 66.2367

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (PEN)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(PEN)
MAIZ	0.93			68.7185	34.3592	31.9541
HARINA DE SOYA	1.96			13.1765	6.5882	12.913
SOYA INTEGRAL	1.815		8	8	4	7.26
PROTEIKA, 60	2.35	6	6	6	3	7.05
ACEITE SOYA	2.3			1.2614	0.6307	1.4506
FOSFATO DICALCICO, 18/19	2.6			0.984	0.492	1.2792
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.175			0.6684	0.3342	0.0585
SAL COMUN	0.65			0.2739	0.137	0.089
L-LISINA, 78	6.9			0.2204	0.1102	0.7603
METIONINA, 99	11.48			0.1855	0.0928	1.0649
BICARBONATO DE SODIO	2.24	0.15		0.15	0.075	0.168
Secuestrante micotoxina	5.5	0.1	0.1	0.1	0.05	0.275
PREMIX VIT+MIN	26	0.1	0.1	0.1	0.05	1.3
CLORURO COLINA	4.22			0.0938	0.0469	0.1978
COCCIDIOSTATO	12.5	0.05	0.05	0.05	0.025	0.3125
L-TREONINA, 98.5	7			0.0147	0.0073	0.0513
KIMYSO-500	35	0.003	0.003	0.003	0.0015	0.0525

50

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
ABC	1	mEq/Kg			403.6367	
ALMIDON		%			44.9442	
AME poultry	2	kcal/kg			9.7748	
AME, broilers CVB	1	kcal/kg			9.5747	
Arginine D	2	%	1.03		1.0489	
Arginine T	3	%			1.1562	
BED	4	mEq/Kg			164.8528	
Calcio	5	%	0.76		0.76	0.0138
CENIZA		%			2.0852	
Cloro	6	%	0.2		0.3348	
Colina	7	mg/kg	1600		1600	
Cystina T	11	%			0.3308	
Cystine D	12	%			0.2694	
ELN		%			57.3628	
Energia Metab.	14	kcal/kg	3200		3200	0.0003
Extracto etereo	15	%			6.4053	
FDA		%			4.0073	
FDN		%			12.4272	
Fenilalanina D	16	%			0.7702	
Fenilalanina T	17	%			0.8752	
Fibra cruda	18	%			2.2185	
Fosforo Disp.	21	%			0.341	
Fosforo fitico	79	%			0.2026	
Fosforo no fitico	80	%	0.341	0.341	0.341	0.1493
Fosforo Total	22	%			0.5822	
Gly + Ser D	23	%			1.5651	
Gly + Ser T	24	%			1.877	
Glycina T	25	%			0.9345	
Glycine D	26	%			0.7559	
Hierro	30	mg/kg			0.0648	
Histidina D	28	%			0.4384	
Histidina T	29	%			0.4986	
Isoleucina T	31	%			0.7641	
Isoleucine D	32	%			0.6714	
Leucina D	33	%			1.483	
Leucina T	34	%			1.6427	
Linoleic Acid	35	%	1		2.8291	
Lysina D	36	%	0.95		0.95	0.0356
Lysina T	37	%			1.0725	
Materia seca	40	%			89.8579	
Met + Cys D	41	%	0.74		0.74	0.0883
Met + Cys T	42	%			0.8339	
Metionina D	43	%	0.39		0.4677	
Metionina T	44	%			0.5017	

pH	50	unidades		5.8381	
Phe + Tyr D	51	%		1.3504	
Phe + Tyr T	52	%		1.4901	
PNA		%		10.8028	
Potassium	53	%		0.6338	
Proteina Cruda	54	%	18.5	18.5	0.0271
Serina D	58	%		0.7112	
Serina T	59	%		0.8309	
Sodium	61	%	0.19	0.19	0.0252
Treonina D	65	%	0.65	0.65	0.044
Treonina T	66	%		0.7427	
Triptofano D	67	%	0.17	0.2436	
Triptofano T	68	%		0.271	
Tyrosina D	69	%		0.5658	
Tyrosina T	70	%		0.6306	
Valina D	72	%	0.73	0.778	
Valina T	73	%		0.9089	

T-4 0.375 FNF - ACABADO

Plant: PNA FNF

Batch Size(PEN/kg): 50.0000

Cost in PEN/kg: 1.3298

Batch Cost(in PEN): 66.4906

Composition Chart

Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (PEN)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(PEN)
MAIZ	0.93			68.5265	34.2632	31.8648
HARINA DE SOYA	1.96			13.2103	6.6052	12.9461
SOYA INTEGRAL	1.815		8	8	4	7.26
PROTEIKA, 60	2.35	6	6	6	3	7.05
ACEITE SOYA	2.3			1.3257	0.6628	1.5245
FOSFATO DICALCICO, 18/19	2.6			1.1728	0.5864	1.5246
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.175			0.5738	0.2869	0.0502
SAL COMUN	0.65			0.2741	0.1371	0.0891
L-LISINA, 78	6.9			0.2197	0.1099	0.758
METIONINA, 99	11.48			0.1857	0.0928	1.0659
BICARBONATO DE SODIO	2.24	0.15		0.15	0.075	0.168
Secuestrante micotoxina	5.5	0.1	0.1	0.1	0.05	0.275
PREMIX VIT+MIN	26	0.1	0.1	0.1	0.05	1.3
CLORURO COLINA	4.22			0.0938	0.0469	0.1979
COCCIDIOSTATO	12.5	0.05	0.05	0.05	0.025	0.3125
L-TREONINA, 98.5	7			0.0147	0.0073	0.0514
KIMYSO-500	35	0.003	0.003	0.003	0.0015	0.0525

Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
ABC	1	mEq/Kg			397.3408	
ALMIDON		%			44.8246	
AME poultry	2	kcal/kg			9.7841	
AME, broilers CVB	1	kcal/kg			9.5837	
Arginine D	2	%	1.03		1.0493	
Arginine T	3	%			1.1567	
BED	4	mEq/Kg			164.9139	
Calcio	5	%	0.76		0.76	0.0138
CENIZA		%			2.0851	
Cloro	6	%	0.2		0.3347	
Colina	7	mg/kg	1600		1600	
Cystina T	11	%			0.3307	
Cystine D	12	%			0.2694	
ELN		%			57.2305	
Energia Metab.	14	kcal/kg	3200		3200	0.0003
Extracto etereo	15	%			6.4632	
FDA		%			4.0038	
FDN		%			12.4053	
Fenilalanina D	16	%			0.7703	
Fenilalanina T	17	%			0.8753	
Fibra cruda	18	%			2.2166	
Fosforo Disp.	21	%			0.375	
Fosforo fitico	79	%			0.2023	
Fosforo no fitico	80	%	0.375	0.375	0.375	0.1493
Fosforo Total	22	%			0.6159	
Gly + Ser D	23	%			1.5653	
Gly + Ser T	24	%			1.8771	
Glycina T	25	%			0.9345	
Glycine D	26	%			0.756	
Hierro	30	mg/kg			0.0648	
Histidina D	28	%			0.4384	
Histidina T	29	%			0.4986	
Isoleucina T	31	%			0.7644	
Isoleucine D	32	%			0.6716	
Leucina D	33	%			1.4823	
Leucina T	34	%			1.6421	
Linoleic Acid	35	%	1		2.8585	
Lysina D	36	%	0.95		0.95	0.0356

Lysina T	37	%			1.0725	
Materia seca	40	%			89.8736	
Met + Cys D	41	%	0.74		0.74	0.0883
Met + Cys T	42	%			0.8338	
Metionina D	43	%	0.39		0.4677	
Metionina T	44	%			0.5018	
pH	50	unidades			5.8328	
Phe + Tyr D	51	%			1.3505	
Phe + Tyr T	52	%			1.4903	
PNA		%			10.7955	
Potassium	53	%			0.6338	
Proteina Cruda	54	%	18.5		18.5	0.0271
Serina D	58	%			0.7113	
Serina T	59	%			0.831	
Sodium	61	%	0.19		0.19	0.0252
Treonina D	65	%	0.65		0.65	0.044
Treonina T	66	%			0.7427	
Triptofano D	67	%	0.17		0.2437	
Triptofano T	68	%			0.2711	
Tyrosina D	69	%			0.5658	
Tyrosina T	70	%			0.6306	
Valina D	72	%	0.73		0.7781	
Valina T	73	%			0.909	

9.3 FOTOS DEL ESTUDIO



FOTO 7: Galpón experimental



FOTO 8: Aves al inicio del estudio



FOTO 9: Aves al final del estudio