

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



TESIS

**INCLUSIÓN DE SUPERDOSIS DE FITASA SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA EN PAVOS MACHOS DE LA LINEA
“Nicholas Select”**

PRESENTADO POR:

Br. MARIA FATIMA ARAGON MAZA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ZOOTECNISTA.**

ASESORES:

Ing. Zoot. JESUS CAMERO DE LA CUBA, Mgt.

Ing. Zoot. JUAN E. MOSCOSO MUÑOZ, Ph.D.

Ing. Zoot. LIZ B. CHINO VELAZQUEZ, M.Sc.

CUSCO – PERU

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor JESÚS CAMERO DE LA CUBA
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: INCLUSIÓN DE SUPERDOSIS DE
PITASA SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA EN PAVOS MACHOS
DE LA LÍNEA "Nicholas Select"

Presentado por: MARIA FATIMA ARAGÓN MAZA DNI N° 75529155;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a
grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 14 de NOVIEMBRE de 2025


Firma

Post firma JESÚS CAMERO DE LA CUBA

Nro. de DNI 42705425

ORCID del Asesor 0000-0002-5575-0242

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259527855404

MARIA FATIMA ARAGON MAZA

INCLUSIÓN DE SUPERDOSIS DE FITASA SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA EN PAVOS MACHOS DE LA LINEA “...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:527855404

Fecha de entrega

14 nov 2025, 9:11 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 nov 2025, 12:09 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis Fatima FINAL T.pdf

Tamaño del archivo

3.0 MB

125 páginas

23.470 palabras

128.576 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A DIOS, por darme la vida, salud y la fortaleza necesaria para salir adelante, por iluminar mi camino y darme sabiduría en todo momento.

A la memoria de mis padres: Miguel y Alejandra, por haberme inculcado buenos valores, aunque no estén físicamente, siempre ocupan un lugar en mi corazón y son mi inspiración, sé que desde el cielo guían mis pasos y cuidan de mi familia.

A mis hermanos: Sabina, Benedicta, Benigno, Rina, Valentina, Francisca, Fredy y Nancy; y a mis cuñados y sobrinos, cuya presencia y respaldo han sido fundamentales en mi vida. Agradezco su cariño, su confianza en mí y los consejos que, con sabiduría y afecto, me han motivado a perseverar y alcanzar mis metas.

A: Gianyra, Fiorela, Marcela, Adriana, Ivan, Cristian, Jhon L., Manuel, Yoel, y César, por su sincera amistad y brindarme consejos y palabras de aliento que hicieron que me mantuviera firme en lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Mi infinito agradecimiento a Dios, por darme la vida, salud, fuerza y sabiduría en cada etapa de mi vida.

Al Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por haberme brindado los espacios, equipos y materiales que fueron de mucha ayuda para el desarrollo del presente estudio.

Con especial gratitud a mis asesores de tesis: Ing. Mgt. Jesús Camero De La Cuba, Ph.D. Juan Elmer Moscoso Muñoz e Ing. Msc. Liz Beatriz Chino Velázquez, por brindarme la oportunidad de aprender de su experiencia, por guiarme a lo largo del desarrollo de este proyecto, y por ofrecerme su apoyo, confianza y valiosa amistad durante este proceso académico.

A la plana docente de la Escuela Profesional de Zootecnia, por compartir sus conocimientos y experiencias, contribuyendo en mi formación profesional durante la estadía en la Universidad.

A la empresa “Mikuna Center S.A.C.” y “Granja Somley” por haberme brindado los espacios necesarios para el desarrollo de la etapa en campo del presente estudio.

A toda mi familia, por confiar en mí, por apoyarme y ser mi motivación para seguir adelante.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTADO DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRAC.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	3
2.1. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. Identificación del problema objeto de investigación	3
2.2. Planteamiento del problema	4
2.2.1. Problema general	4
2.2.2. Problemas específicos.....	4
2.3. OBJETIVOS	5
2.3.1. Objetivo general	5
2.3.2. Objetivos específicos.....	5
2.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
2.5. HIPÓTESIS.....	7
2.5.1. Hipótesis general	7
2.5.2. Hipótesis específicas.....	7
CAPÍTULO III.....	8
MARCO TEÓRICO	8
3.1. Antecedentes	8
3.1.1. Antecedentes internacionales	8
3.1.2. Antecedentes nacionales	11
3.2. Bases teóricas.....	12
3.2.1. Generalidades del pavo	12
3.2.2. Características digestivas del pavo	13
3.2.3. Características óseas de los pavos.....	15
3.2.4. Requerimiento nutricional de los pavos.....	15

3.2.5. Fósforo y calcio	20
3.2.6. Generalidades de las enzimas	21
3.2.7. Fitato.....	22
3.2.8. Fitosas	22
3.2.9. Tipos de fitosas	23
3.2.10. Usos de la fitasa en la producción avícola	25
3.2.11. Superdosis de fitasa.....	25
CAPÍTULO IV	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1. Localización del trabajo	26
4.1.1. Ubicación política	26
4.1.2. Ubicación geográfica.....	27
4.1.3. Datos climatológicos	27
4.1.4. Duración del estudio	28
4.2. MATERIALES.....	28
4.2.1. Material biológico	28
4.2.2. Materiales de campo.....	29
4.2.3. Insumos veterinarios	30
4.2.4. Equipos de campo	30
4.2.5. Material de escritorio.....	30
4.2.6. Insumos alimenticios y aditivos	31
4.2.7. Materiales y equipos de laboratorio.....	31
4.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	31
4.3.1. Tipo de investigación	31
4.3.2. Enfoque de la investigación	32
4.3.3. Nivel o alcance de la investigación.....	32
4.3.4. Diseño de la investigación	33
4.3.5. Población y muestra	33
4.3.6. Tratamientos experimentales	34
4.3.7. Manejo experimental.....	34
4.3.8. Variables de estudio	29
CAPÍTULO V	35
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
5.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS	35
5.1.1. Peso vivo y ganancia de peso.....	35

5.1.2. Consumo de alimento	43
5.1.3. Conversión Alimenticia.....	47
5.1.4. Mortalidad	51
5.1.5. Rendimiento de Carcasa.....	52
5.1.6. Deposición de ceniza y relación de calcio-fósforo en tibia por efecto de la superdosis de fitasa	54
5.1.7. Evaluación del mérito económico	57
5.1.7.1. Costo de alimentación.....	57
CAPÍTULO VI	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6.1. CONCLUSIONES	62
6.2. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones nutricionales para pavos de la línea Nicholas en las diferentes etapas.....	17
Tabla 2. Fórmula balanceada empleada en las 5 etapas de producción	26
Tabla 3. Valor nutricional porcentual de la dieta en las 5 etapas de producción	27
Tabla 4. Composición química nutricional mediante espectrometría infrarrojo cercano de la dieta en las cinco etapas, aplica para los tres tratamientos (T0, T1 y T2)	28
Tabla 5. Comparación de medias de peso vivo en las cinco etapas de producción	38
Tabla 6. Comparación de medias de ganancia de peso en las cinco etapas de producción.....	42
Tabla 7. Comparación de medias de consumo de alimento en las cinco etapas de producción.....	46
Tabla 8. Comparación de medias de conversión alimenticia en las cinco etapas de producción.....	50
Tabla 9. Porcentaje de mortalidad.....	51
Tabla 10. Comparación de medias peso vivo final, peso de carcasa y rendimiento de carcasa.....	53
Tabla 11. Comparación de deposición de ceniza y relación de Calcio-fosforo en tibia en la etapa final (91 días).....	55
Tabla 12. Costo de alimentación por tratamiento y por unidad de pavo.....	58
Tabla 13. Mérito económico por tratamiento y por unidad de pavo	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Liberación de fósforo y minerales por acción de la fitasa	23
Figura 2. Ubicación política del distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, departamento del Cusco.	26
Figura 3. Ubicación de la granja SOMLEY	28
Figura 4. Peso vivo de los pavos de acuerdo a la etapa productiva	36
Figura 5. Limpieza de los exteriores de las instalaciones del galpón	94
Figura 6. Preparación del interior del galpón haciendo uso de la tela arpillera como cortina y el piso (cama) con cascarilla de arroz.....	94
Figura 7. Preparación de comederos, bebederos, pasada con lanzallamas y uso del termohidrómetro para el monitoreo de la temperatura	95
Figura 8. Recepción y registro de peso de pavos BB.....	95
Figura 9. Distribución de los pavitos.....	96
Figura 10. Registro de peso y consumo semanal	96
Figura 11. Despique de pavos.....	97
Figura 12. Ampliación del galpón, desinfección y cambio a comederos de aluminio tipo tolva.....	97
Figura 13. Mezclada y ensacado de alimento para cada tratamiento experimental	98
Figura 14. Registro de peso de pavos antes del beneficio	98
Figura 15. Beneficio de pavos	99
Figura 16. Pesado de carcasa.....	99
Figura 17. Análisis de muestras en laboratorio	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de peso (g) día de la recepción.....	74
Anexo 2. Estadística descriptiva de peso vivo por pavo, por tratamiento y por etapa.	76
Anexo 3. Estadística descriptiva de ganancia de peso, por tratamiento y por etapa.	77
Anexo 4. Estadística descriptiva de consumo de alimento, por tratamiento y por etapa.	78
Anexo 5. Estadística descriptiva de conversión alimenticia, por tratamiento y por etapa.	79
Anexo 6. Estadística descriptiva de rendimiento de carcasa, por tratamiento.....	80
Anexo 7. Estadística descriptiva de rendimiento retención de ceniza y relación de Ca y P.....	81
Anexo 8. Registro de porcentaje mortalidad por etapa y tratamiento	82
Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de peso vivo inicial	83
Anexo 10. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de peso vivo en la etapa de Acabado 2	84
Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de ganancia de peso total.....	85
Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de alimento total	86
Anexo 13. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de conversión alimenticia total.....	87

Anexo 14. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de rendimiento de carcasa sin cabeza, cuello, patas y vísceras.....	88
Anexo 15. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de deposición de ceniza en tibia en la etapa final de producción (91 días).....	89
Anexo 16. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey del contenido de Calcio total (Ca) en tibia en la etapa final	90
Anexo 17. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey del contenido de Fosforo total (P) en tibia en la etapa final	91
Anexo 18. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey del rendimiento de carcasa para calcular el mérito económico (incluyendo cabeza, cuello, patas y vísceras).....	92
Anexo 19. Rendimiento de carcasa post beneficio, incluyendo cabeza, cuello, patas y vísceras	93

LISTADO DE ABREVIATURAS

Ca: Calcio

P: Fósforo

Zn: Zinc

Fe: Hierro

Cu: Cobre

Na: Sodio

FTU: Unidad de fitasa

MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad Agraria

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

IP6: Ácido fítico

MYO: Mioinositol

FEDNA: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal

NRC: National Research Council (Consejo Nacional de Investigación)

GP: Ganancia de peso

C.AL: Consumo de alimento

C.A: Conversión alimenticia

R.C: Rendimiento de carcasa

M.E: Mérito económico

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la inclusión de superdosis de fitasa sobre la respuesta productiva en pavos machos de la línea “Nicholas Select”. La investigación se realizó en la Granja “SOMLEY” de la empresa “Mik’una Center S.A.C.”, ubicada en el CC.PP. de Mollebamba, distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, Cusco, a 3 166 m de altitud. Se trabajó con 300 pavos machos entre septiembre y diciembre de 2024, considerando cinco etapas productivas: inicio, crecimiento, desarrollo, acabado 1 y acabado 2. Se aplicaron tres tratamientos con dos repeticiones bajo un Diseño Completamente al Azar: T0) dieta con 1 000 FTU/t; T1) dieta con 2 000 FTU/t; T2) dieta con 3 000 FTU/t. Las variables evaluadas fueron ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa, registrando semanalmente los pesos y consumo durante todo el periodo. El tratamiento con superdosis de fitasa (T2: 3 000 FTU/t) mostró diferencias significativas ($p<0.05$) respecto a los demás tratamientos. La ganancia de peso final fue de 12 364 g, el consumo total de alimento 20 989 g, ligeramente menor que los otros grupos, y la conversión alimenticia más eficiente (1.70). El rendimiento de carcasa alcanzó 76.20% y el porcentaje de cenizas óseas en tibia fue 45.42%. Estos resultados indican que la inclusión de 3 000 FTU/t de fitasa mejora significativamente la productividad, eficiencia alimenticia, calidad ósea y el mérito económico de los pavos, con un incremento del 211.13%.

Palabras clave: Pavos, Fitasas, Superdosis, Productividad.

ABSTRAC

This study evaluated the effect of phytase superdoses on the productive response of male turkeys of the “Nicholas Select” line. The research was conducted at the “SOMLEY” farm of the company “Mik’una Center S.A.C.”, located in the Mollebamba Community, Urcos district, Quispicanchi province, Cusco, at an altitude of 3,166 m. Three hundred male turkeys were used between September and December 2024, considering five production stages: starter, grower, grower, finisher 1, and finisher 2. Three treatments with two replicates were applied under a Completely Randomized Design: T0) diet with 1,000 FTU/t; T1) diet with 2,000 FTU/t; T2) diet with 3,000 FTU/t. The variables evaluated were weight gain, feed intake, feed conversion ratio, and carcass yield, with weights and intake recorded weekly throughout the period. The treatment with a superdose of phytase (T2: 3,000 FTU/t) showed significant differences ($p<0.05$) compared to the other treatments. The final weight gain was 12,364 g, total feed intake was 20,989 g (slightly lower than the other groups), and the feed conversion ratio was the most efficient (1.70). Carcass yield reached 76.20%, and the percentage of bone ash in the tibia was 45.42%. These results indicate that the inclusion of 3,000 FTU/t of phytase significantly improves the productivity, feed efficiency, bone quality, and economic merit of turkeys, with an increase of 211.13%.

Keywords: Turkeys, Phytase, Superdose, Productivity.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el desarrollo de la actividad avícola ha tenido un notable avance en los últimos años, convirtiéndose en un pilar fundamental dentro del sector pecuario. Esta industria representa una parte significativa del valor total de la producción animal del país, destacando como la principal fuente de proteína de origen animal en el mercado nacional. Dentro de este contexto, la producción de pavos ha logrado consolidarse como una alternativa viable y en crecimiento, respondiendo a una demanda creciente por parte de los consumidores (MIDAGRI, 2023).

La carne de pavo ha adquirido mayor protagonismo en la dieta del consumidor peruano, no solo durante las celebraciones tradicionales de fin de año, sino también durante otras épocas del año, debido a sus propiedades nutricionales y a un mayor nivel de aceptación. Según cifras recientes, tanto la producción como la importación de carne de pavo mostraron incrementos en el año 2023, consolidando su presencia en el mercado interno (MIDAGRI, 2023).

Este escenario ha llevado a una progresiva tecnificación del sistema de producción, donde factores como la conversión alimenticia, el crecimiento eficiente y la calidad del producto final han cobrado una mayor relevancia. Para lograr dichos objetivos, se han implementado diversas estrategias orientadas al mejoramiento del manejo nutricional, donde los aditivos alimenticios, particularmente las enzimas, juegan un rol esencial (Pino, 2019).

Entre los aditivos de mayor relevancia se encuentra la fitasa, una enzima cuya función principal es liberar fósforo de los compuestos vegetales no disponibles para las aves. Su uso permite una mejor utilización de este mineral, reduciendo su pérdida a través de las excretas y mejorando el aprovechamiento de los ingredientes de la dieta. Este avance no solo mejora la eficiencia productiva, sino que también contribuye a una producción más sostenible (Adeola & Cowieson, 2011; Acosta & Cardenas, 2006)

Dado que el fósforo constituye uno de los componentes más costosos en la alimentación de aves, optimizar su utilización representa una estrategia efectiva para reducir costos y mejorar el rendimiento económico del sistema productivo (Casso & Montero, 1995). En este sentido, investigaciones recientes han explorado los efectos de utilizar cantidades superiores de fitasa a las comúnmente recomendadas, conocidas como superdosis, las cuales han mostrado resultados alentadores en términos de crecimiento y eficiencia alimenticia (Adeola & Cowieson, 2011).

En vista de ello, la presente investigación se orienta a evaluar el uso de superdosis de fitasa en la alimentación de pavos, con el propósito de generar evidencia técnica que contribuya a fortalecer las capacidades productivas de pequeños y medianos avicultores, promoviendo sistemas más eficientes y competitivos.

CAPÍTULO II

2.1. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Identificación del problema objeto de investigación

La eficiencia en la alimentación y nutrición animal representa un componente fundamental en la productividad avícola, ya que influye directamente en el crecimiento, desarrollo y bienestar de las aves, así como en la sostenibilidad económica y ambiental del sistema productivo. En ese sentido, la búsqueda de estrategias nutricionales que permitan mejorar la eficiencia del uso de los nutrientes ha adquirido gran relevancia en los últimos años.

Dentro de los nutrientes esenciales en la formulación de dietas para aves, el fósforo destaca tanto por su importancia fisiológica como por su costo. No obstante, una proporción significativa del fósforo presente en los ingredientes vegetales no es biodisponible, lo que limita su aprovechamiento y obliga a recurrir a fuentes inorgánicas costosas. Para contrarrestar esta limitación, se ha incorporado el uso de enzimas como la fitasa, cuya función consiste en liberar el fósforo contenido en el ácido fítico, mejorando su absorción y reduciendo su eliminación en las excretas.

El uso de fitasas no solo optimiza la utilización del fósforo, sino que también ha demostrado efectos positivos sobre el metabolismo, la digestibilidad de otros nutrientes, y la salud intestinal de las aves. Estas ventajas resultan especialmente relevantes en condiciones de altitud, donde las exigencias fisiológicas pueden afectar el rendimiento productivo. Recientemente, investigaciones han planteado que el uso de cantidades superiores a las recomendaciones estándar denominadas

superdosis podría potenciar aún más estos beneficios, generando mejoras en parámetros de crecimiento, conversión alimenticia y salud general.

A pesar de los avances en este campo, el uso de superdosis de fitasa en pavos aún no ha sido explorado con suficiente profundidad, especialmente en condiciones locales. Por esta razón, el presente estudio se propone generar evidencia científica que permita evaluar el impacto de estas dosis elevadas sobre los indicadores productivos de los pavos, aportando información útil para mejorar la eficiencia nutricional y contribuir al desarrollo de una avicultura más sostenible y competitiva.

2.2. Planteamiento del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la inclusión de superdosis de fitasa sobre la respuesta productiva en pavos machos de la línea “Nicholas Select”?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál el efecto de la inclusión de superdosis de fitasa sobre los parámetros productivos?
- ¿Qué porcentaje de ceniza y relación de calcio-fosforo se expresa en la tibia de los pavos al incluir en la dieta una superdosis de fitasa?
- ¿Cómo influye la inclusión de superdosis de fitasa en la dieta de pavos en el mérito económico y en la rentabilidad del sistema de producción?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de superdosis de fitasa (2 000 FTU/t y 3 000 FTU/t) en la mejora de la respuesta productiva en pavos machos de la línea "Nicholas Select".

2.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el efecto de las superdosis de fitasa en los parámetros productivos de los pavos machos, tales como la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de la carcasa.
- Determinar la deposición de ceniza en la tibia, así como la relación de calcio-fosforo, por efecto de la superdosis de fitasa.
- Evaluar el mérito económico con la inclusión de superdosis de fitasa en la dieta de pavos machos, en términos de rendimiento productivo.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La "superdosis" de fitasa es un término que describe a la inclusión de esta enzima en concentraciones superiores a los 1 500 FTU/t en la dieta de animales. Este concepto ha cobrado relevancia en estudios relacionados con la mejora de la eficiencia alimenticia, especialmente en pollos, donde se han observado incrementos en la conversión alimentaria de entre 3% y 5%. Esto se logra gracias a la mejora en la digestión de los nutrientes, facilitando la degradación del ácido fítico (IP6). Este proceso de descomposición libera fósforo de la molécula de fitato y, al

mismo tiempo, permite una mejor absorción de otros nutrientes esenciales como hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu) y sodio (Na) (Soto-Salanova, 2012).

El uso de altas dosis de fitasa no solo optimiza la liberación de fósforo, sino que también tiene efectos adicionales que pueden beneficiar la salud general de las aves, además de sus parámetros productivos. Al incrementar la cantidad de fitasa en la dieta, se reduce la cantidad de fósforo excretado en las heces, lo que disminuye la contaminación ambiental y mejora la sostenibilidad de la producción. Este beneficio adicional se traduce también en una reducción de los costos de alimentación y la menor dependencia de fuentes de fósforo no renovables, como las reservas de roca fosfórica (Walk, 2014).

Es ampliamente reconocido que la alimentación representa más del 70% de los costos totales en la producción avícola, lo que hace crucial optimizar la formulación de las dietas. Las ineficiencias digestivas en las aves resultan en pérdidas considerables de nutrientes, lo cual afecta directamente la rentabilidad de la producción.

Aunque existen numerosos estudios sobre el uso de dosis convencionales de fitasa en las dietas de aves, la aplicación de superdosis en pavos sigue siendo un área de investigación con poca exploración; por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar cómo las superdosis de fitasa afecta en la respuesta productiva de los pavos, comparando los resultados obtenidos con dosis convencionales y analizando si este enfoque puede generar mejoras sustanciales en la eficiencia de la producción.

2.5. HIPÓTESIS

2.5.1. Hipótesis general

La inclusión de superdosis de fitasa (2 000 FTU/t y 3 000 FTU/t) mejora significativamente la respuesta productiva de pavos machos de la línea “Nicholas Select”.

2.5.2. Hipótesis específicas

Ho: La inclusión de superdosis de fitasa (2 000 FTU/t y 3 000 FTU/t) no produce efectos significativos en la respuesta productiva y mucho menos en la deposición de ceniza y relación de calcio-fosforo en tibia de pavos machos de la línea “Nicholas Select”.

Ha: La inclusión de superdosis de fitasa (2 000 FTU/t y 3 000 FTU/t) mejora significativamente la respuesta productiva, así como la deposición de ceniza y relación de calcio y fosforo en tibia de pavos machos de la línea “Nicholas Select”.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. Antecedentes internacionales

Walk y Rama Rao (2018), en su investigación titulada Superdosificación de fitasa en nutrición de pollos de engorde: efectos sobre el rendimiento y la digestibilidad de aminoácidos, realizada en el Centro de Investigación Avícola Aviagen de Estados Unidos y el Instituto Central de Investigación Avícola de la India, evaluaron el impacto de dosis elevadas de fitasa (hasta 2 000 FTU/kg) sobre el rendimiento productivo y la digestibilidad ileal aparente de aminoácidos en pollos de engorde. El estudio incluyó dos experimentos con pollos de la línea Cobb 400, el primero con 33 aves por unidad experimental durante 42 días y el segundo con 26 aves durante 21 días, con 10 y 8 repeticiones respectivamente. Se midieron parámetros de crecimiento, consumo y digestibilidad de aminoácidos. Los resultados demostraron mejoras significativas ($p < 0,05$) en la ganancia de peso corporal y la conversión alimenticia, así como un incremento en la digestibilidad ileal de todos los aminoácidos, indicando que la superdosificación de fitasa mejora la eficiencia alimenticia y reduce la necesidad de aditivos proteicos.

Bassi *et al.* (2021), en el estudio “Altas dosis de fitasa en dietas de pavos: efectos sobre la digestibilidad de nutrientes y la mineralización ósea”, desarrollado en la Universidad Laval, Quebec, Canadá, evaluaron los efectos de diferentes dosis de fitasa sobre la digestibilidad de nutrientes, la energía metabolizable y la mineralización ósea en pavos. Se utilizaron 320 pavitos machos de la línea Nicholas

Select, distribuidos en jaulas con 10 aves cada una, y se probaron dietas con bajo contenido de fósforo suplementadas con 2 000 y 4 000 FYT/kg de fitasa. Los resultados mostraron efectos lineales significativos ($P < 0,05$) al incrementar la dosis de fitasa, mejorando la digestibilidad de fósforo, calcio y sodio, así como la energía metabolizable aparente y los niveles plasmáticos de mioinositol. Además, se observó una mayor mineralización ósea, especialmente en la tibia, indicando un desarrollo esquelético más robusto en las aves tratadas con superdosis de fitasa.

El desempeño productivo de los pavos machos de líneas pesadas ha sido ampliamente documentado por las casas genéticas líderes a nivel mundial. Aviagen Turkeys (2022), a través de su publicación “Nicholas Select Performance Objectives”, estableció los parámetros de crecimiento y ganancia de peso de pavos machos de la línea Nicholas Select bajo condiciones óptimas de manejo, alimentación y bioseguridad. El estudio recopiló datos de sistemas comerciales internacionales, monitoreando crecimiento semanal, conversión alimenticia y mortalidad, con el objetivo de definir estándares de referencia para el rendimiento productivo. Los resultados indicaron que los pavos machos alcanzan un peso total de 12 000 a 12 500 g a las 20 semanas de edad, con una buena eficiencia alimenticia, permitiendo que estos parámetros sirvan como estándar internacional para comparar resultados experimentales y optimizar la gestión en sistemas de producción (Aviagen Turkeys, 2022).

De manera complementaria, Hybrid Turkeys (2023), mediante su guía “Turkey Nutrition Guidelines & Breeding Performance - Heavy Strains”, presentó datos sobre el desempeño productivo y nutricional de pavos machos de líneas

pesadas en diferentes contextos de manejo controlado. El objetivo de esta publicación fue proporcionar referencias prácticas para la planificación nutricional y la evaluación del rendimiento zootécnico, utilizando datos de crecimiento, conversión alimenticia y peso final en sistemas europeos y norteamericanos. Los resultados mostraron que los pavos machos alcanzan rangos de peso similares a los reportados por Aviagen, con 12 000 a 13 000 g a las 18 semanas, y mantienen una conversión alimenticia consistente. Las conclusiones destacaron la importancia de estas referencias para comparar el desempeño experimental o local con estándares comerciales internacionales, facilitando la toma de decisiones en manejo, nutrición y mejoramiento genético en la producción de pavos de línea pesada (Hybrid Turkeys, 2023)

Lim *et al.* (2024), en su investigación titulada Efectos de la suplementación con fitasa sobre el crecimiento y la utilización de nutrientes en pollos alimentados con dietas bajas en fósforo, llevada a cabo en la Universidad Nacional de Seúl, Corea del Sur, tuvieron como objetivo determinar el efecto de diferentes niveles de fitasa sobre el crecimiento, la utilización de nutrientes y los parámetros sanguíneos en pollos alimentados con dietas deficientes en fósforo y calcio. El experimento se realizó con 750 pollos distribuidos en cinco tratamientos con 10 repeticiones cada uno, bajo un sistema de alojamiento en piso. Las dietas incluyeron 0, 500, 1 000 y 1 500 FTU/kg de fitasa. Los resultados evidenciaron mejoras significativas ($p < 0,05$) en la ganancia diaria de peso y en la ingesta de alimento, alcanzando valores comparables al control positivo. Además, se registraron incrementos en las concentraciones séricas de calcio y fósforo, mayores niveles de mioinositol y una

reducción en la excreción de proteína cruda y fósforo, demostrando que la suplementación con fitasa permite mantener un crecimiento óptimo y reducir el impacto ambiental.

3.1.2. Antecedentes nacionales

Comeca Rojas (2018), en su estudio titulado Evaluación del efecto de diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT, desarrollado en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintas fuentes de fitasa (provenientes de *Buttiauxella* y *Escherichia coli*) sobre el desempeño productivo, la calidad ósea y la rentabilidad en pavos de engorde. La investigación se desarrolló durante 12 semanas con pavos de la línea BUT, utilizando diferentes tipos de fitasa en la dieta, y se evaluaron parámetros de crecimiento, conversión alimenticia, características óseas y análisis económico. Los resultados mostraron que la inclusión de 100 g/t de fitasa (equivalente a una superdosis) mejoró significativamente el peso final, la conversión alimenticia y la calidad ósea. Además, se observó un incremento en la rentabilidad, demostrando que las superdosis de fitasa optimizan el desempeño fisiológico y productivo, permitiendo formular dietas con menor contenido de fósforo inorgánico y reducir costos sin afectar el rendimiento.

Huamán y Rivera (2020), en su trabajo “Efecto de diferentes niveles de fitasa sobre el aprovechamiento del fósforo y el calcio en pollos de engorde”, realizado en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú, se propusieron determinar la influencia de la inclusión de fitasa en distintos niveles sobre la disponibilidad de minerales y el rendimiento productivo de aves. El estudio se efectuó durante seis semanas utilizando 240 pollos machos distribuidos en cuatro tratamientos con niveles de 0, 500, 1 000 y 1 500

FTU/kg de fitasa. Los resultados indicaron que la adición de fitasa a partir de 1 000 FTU/kg mejoró significativamente ($p < 0,05$) la digestibilidad del fósforo y del calcio, además de optimizar la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Estos efectos positivos sugieren que el uso de niveles elevados de fitasa mejora la eficiencia en la utilización de minerales, contribuyendo a reducir los costos de suplementación con fosfatos inorgánicos.

En el ámbito nacional, Alfaro (2016) realizó un estudio con pavas hembras de la línea Nicholas, evaluando el efecto de la inclusión de niveles adecuados de fitasa en crianzas intensivas. El objetivo del trabajo fue determinar cómo la enzima influye en la utilización de nutrientes y en el rendimiento productivo de las aves bajo condiciones de manejo locales. Para ello, se empleó una metodología experimental en la que se compararon dietas con y sin suplementación de fitasa, midiendo variables como consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia productiva. Los resultados indicaron que la inclusión de fitasa permitió reducir el consumo de alimento sin afectar el rendimiento, evidenciando que la liberación de fósforo fítico contribuye a una mejor absorción de nutrientes y a una menor excreción mineral. Las conclusiones del estudio resaltan la importancia de optimizar la nutrición de pavos de la línea Nicholas en sistemas de producción intensivos en el Perú, destacando el impacto positivo de las enzimas sobre la eficiencia alimenticia y la sostenibilidad ambiental (Alfaro, 2016).

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Generalidades del pavo

La línea Nicholas Select se caracteriza por presentar buenos resultados productivos ya que tienen un gran rendimiento de la carne, ganancia de peso y transformación en alimentos; por ende, ofrece la mejor rentabilidad en la producción y procesamiento de animales vivos (Produss, 2024).

3.2.2. Características digestivas del pavo

En aves como pavos y pollos, el sistema digestivo cumple una función clave en la transformación de los alimentos en nutrientes esenciales para el organismo. Su conformación anatómica, además de ser relativamente simple, determina su eficacia para procesar diferentes tipos de dietas (Austic & Nesheim, 1994)

Dado que estas especies poseen una limitada población de bacterias intestinales en comparación con otros animales, dependen mayormente de enzimas producidas internamente para descomponer los alimentos. Esta característica hace que el diseño y la funcionalidad de cada sección del aparato digestivo sea fundamental para la eficiencia nutricional (Austic & Nesheim, 1994).

El **pico**, estructura rígida y afilada, cumple el rol de capturar el alimento. No hay masticación, por lo que el alimento pasa casi intacto hacia el esófago (Alvarez, 2002)

La **lengua**, de forma puntiaguda, colabora con el desplazamiento del alimento dentro de la boca. Asociadas a esta zona, las glándulas salivales generan secreciones que ayudan a humedecer los sólidos ingeridos (Austic & Nesheim, 1994).

El **esófago** es un tubo elástico que conecta la boca con el estómago. Su flexibilidad permite que las aves ingieran alimentos de tamaño considerable sin necesidad de triturarlos (Alvarez, 2002)

El **buche** es una expansión del esófago cuya función es almacenar alimento temporalmente. Durante este tiempo, el alimento se ablanda y se prepara para su digestión posterior (Alvarez, 2002).

El **proventrículo** o estómago glandular es la primera sección del estómago donde se inicia la digestión química. Aquí se secretan sustancias como ácido clorhídrico y enzimas digestivas que ayudan a descomponer las proteínas (Austic & Nesheim, 1994).

La **molleja**, o estómago muscular, es responsable de la digestión mecánica. Su revestimiento duro y sus potentes músculos permiten triturar los alimentos, especialmente con la ayuda de pequeñas piedras ingeridas voluntariamente por el ave (Alvarez, 2002).

El **duodeno**, primera parte del intestino delgado, rodea al **páncreas**, órgano que produce jugos digestivos esenciales para la descomposición de proteínas, grasas y almidones (Austic & Nesheim, 1994).

El **hígado**, por su parte, produce bilis, una sustancia vital para la digestión de las grasas, que es transportada hacia el intestino delgado a través de conductos biliares (Austic & Nesheim, 1994)

El **intestino delgado** está compuesto por tres secciones: duodeno, yeyuno e íleon. En este segmento se lleva a cabo la mayor parte de la digestión y absorción de nutrientes. Su revestimiento interno, cubierto por vellosidades, amplía la superficie disponible para este proceso (Doyle *et al.*, 2000).

Los **ciegos**, dos estructuras ubicadas antes del recto, pueden participar en la fermentación de fibras cuando están presentes en la dieta, especialmente en animales adultos (Austic & Nesheim, 1994).

Finalmente, el alimento no digerido y los residuos metabólicos se eliminan a través del **recto** y la **cloaca**, una cavidad donde confluyen los sistemas digestivo, urinario y reproductivo. La excreción combina heces con ácido úrico, formando la característica deyección blanquecina en las aves (Austic & Nesheim, 1994).

3.2.3. Características óseas de los pavos

El esqueleto del pavo constituye aproximadamente entre 8 y 10 % del peso corporal total del ave, y cumple funciones esenciales en soporte estructural, locomoción, protección de órganos vitales y almacenamiento mineral, principalmente de calcio (Ca) y fósforo (P) (Huamán R. , 2019).

Los **huesos** de las extremidades inferiores, especialmente la tibia es uno de los huesos largos más representativos del esqueleto aviar y constituye un indicador confiable del estado mineral y estructural del animal. En pavos (*Meleagris gallopavo*), este hueso presenta una alta tasa de crecimiento y mineralización durante las primeras semanas de vida, lo que lo convierte en un parámetro sensible para evaluar la disponibilidad y aprovechamiento del calcio (Ca) y fósforo (P) en la dieta (García, 2018).

3.2.4. Requerimiento nutricional de los pavos

Las diferencias biológicas entre pavos y pollos, tanto a nivel de órganos como de tejidos, tienen implicaciones significativas al momento de formular su dieta. En

particular, los pavos de razas actuales tienen un desarrollo notable de la masa muscular en la zona torácica, lo cual se traduce en una mayor necesidad de proteínas y energía, especialmente durante las primeras semanas de vida, en comparación con los pollos (FEDNA, 2002).

Durante el crecimiento, los requerimientos nutricionales de los pavos varían considerablemente en función de la edad y la etapa productiva. En las fases iniciales, las aves presentan mayores necesidades de proteína y aminoácidos esenciales para sostener el rápido desarrollo muscular y óseo. A medida que avanza la edad, se incrementa la demanda energética, mientras que los niveles de proteína disminuyen de forma progresiva. En la Tabla 1 se presentan los valores de referencia recomendados por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2019), los cuales sirven como base para la formulación de dietas balanceadas destinadas a optimizar el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los pavos.

Tabla 1. Recomendaciones nutricionales para pavos de la línea Nicholas en las diferentes etapas

	0 a 4 semanas	4 a 8 semanas	8 a 12 semanas	12 a 16 semanas
EM, kcal/kg	2 860	2 990	3 170	3 300
Proteína bruta, %	27,60	25,60	22,40	18,70
Lisina, %	1,80	1,64	1,40	1,14
Metionina, %	0,64	0,60	0,50	0,45
Metionina + Cisteína, %	1,14	1,05	0,90	0,79
Treonina, %	1,10	0,98	0,85	0,74
Triptófano, %	0,35	0,30	0,27	0,20
Arginina, %	1,84	1,75	1,50	1,20
Calcio, %	1,35	1,30	1,15	1,10
Fosforo disponible, %	0,80	0,74	0,68	0,64
Sodio, %	0,18	0,18	0,18	0,18

Fuente: FEDNA, 2019.

a) Requerimientos energéticos

La energía no es considerada un nutriente como tal, sino una propiedad derivada de los nutrientes, relacionada con su capacidad para liberar energía mediante procesos de oxidación durante el metabolismo. El contenido energético de los ingredientes o dietas puede expresarse de diversas formas, siendo la energía metabolizable la más utilizada en nutrición aviar para estimar la energía disponible. Existen diferentes metodologías para su determinación, desde bioensayos hasta estimaciones a partir de análisis instantáneos (NRC, 1994).

Los requerimientos energéticos de los pavos de engorde están bien documentados en NRC (1994), y diversos modelos permiten calcularlos según la edad del ave. Un aporte energético insuficiente puede comprometer el crecimiento, mientras que un exceso no necesariamente genera beneficios económicos. De acuerdo con las recomendaciones de Scott (1987), las dietas deben contener entre 2 850 y 3 220 kcal/kg durante las primeras seis semanas; entre 2 850 y 3 350 kcal/kg entre la semana seis y la doce; entre 2 850 y 3 450 kcal/kg entre la semana doce y la dieciséis; y más de 3 200 kcal/kg a partir de la semana dieciséis.

Asimismo, los carbohidratos constituyen una de las principales fuentes de energía en la dieta de las aves. Se encuentran principalmente en cereales como el maíz, el trigo, el sorgo y la cebada, presentándose mayoritariamente en forma de almidón, el cual es fácilmente digerible por las aves de corral (Moran, 1985).

b) Requerimientos de proteína y de aminoácidos

Las recomendaciones sobre el aporte proteico y de aminoácidos esenciales para pavos de engorde provienen, en su mayoría, de estudios realizados en las décadas de 1970 y 1980, y se encuentran recopiladas en el NRC (1994). Estos datos, obtenidos principalmente en pavitos jóvenes, han sido extrapolados para otras etapas de crecimiento mediante modelos matemáticos (Waldroup *et al.*, 2000).

El requerimiento proteico varía en función de la edad del ave, el nivel energético de la dieta y los criterios productivos empleados. Se recomienda formular las raciones en base a aminoácidos disponibles, dado que el uso de datos totales puede llevar a errores en la estimación nutricional. Además, se debe considerar la

influencia de la dieta sobre las características de la canal, como señala (FEDNA, 2002).

d) Macrominerales y Microminerales

Según Bailey *et al.* (1986), los requerimientos de minerales inorgánicos en pavos son similares a los de otras especies avícolas. Los macrominerales de mayor importancia práctica son el fósforo (P), el calcio (Ca) y el sodio (Na). Durante las primeras etapas de crecimiento, las dietas pueden contener hasta 2% de calcio y 1% de fósforo. Investigaciones de los años 60 indican que un 1,2% de calcio y 1% de fósforo resultan adecuados, aunque en condiciones óptimas, un 0,8% podría ser suficiente.

Los requerimientos disminuyen con la edad, especialmente si no se considera la masa ósea ni la calidad estructural de las articulaciones. Se ha establecido que una relación óptima entre calcio y fósforo disponible debe aproximarse a 2:1 (FEDNA, 2002), debido a su papel conjunto en la formación ósea.

e) Vitaminas

De acuerdo con Leeson & Summers (2001), los requerimientos nutricionales en pavos son considerablemente superiores a los de otras aves comerciales, especialmente en lo que respecta a vitaminas antioxidantes como la E y ciertos minerales como el selenio y el zinc. Estos autores señalan que el estrés ambiental y las condiciones intensivas de producción incrementan las necesidades de micronutrientes, haciendo necesaria una suplementación adicional para mantener la eficiencia productiva y la calidad de la carne. Además, recomiendan una

formulación nutricional ajustada en fases críticas del crecimiento, enfatizando la importancia de garantizar un adecuado soporte metabólico y una mejor respuesta inmune.

f) Agua

El agua es un nutriente esencial, aunque sus requerimientos exactos pueden variar ampliamente. Factores como la temperatura ambiental, la humedad relativa, la composición de la dieta y la eficiencia renal de cada ave afectan su consumo (Medway, 1959).

En general, las aves consumen aproximadamente el doble de agua que de alimento en función del peso corporal. La ingesta de agua también puede verse influida por la forma física de la dieta (harina, pellet, migaja) y por el contenido proteico, siendo mayor en dietas con alto contenido de proteína cruda (Marks, 1984).

3.2.5. Fósforo y calcio

El fósforo en la alimentación de las aves

El fósforo es un macromineral esencial en funciones metabólicas de gran relevancia, ya que participa en el metabolismo energético (afectando la ganancia de peso y la conversión alimenticia), en el mantenimiento y formación del tejido óseo, y en la estructura de la cáscara del huevo. También forma parte de los fosfolípidos que integran las membranas celulares y actúa como agente tampón en la regulación del pH corporal (Marbey, 1998).

Las concentraciones requeridas de fósforo pueden variar ampliamente según la especie, la edad y el nivel productivo del ave (Rodehutscord, 2011). Los

ingredientes convencionales en los piensos de aves contienen fósforo, mayormente en forma de ácido fítico, que posee baja biodisponibilidad. Por ello, reducir su inclusión en la dieta puede disminuir la excreción de fósforo al medio ambiente. En este contexto, el uso de fitasa microbiana ha demostrado ser eficaz para mejorar la biodisponibilidad del fósforo, reducir el desperdicio de fosfato y minimizar la necesidad de fósforo inorgánico suplementario (Waldroup *et al.*, 2000).

El calcio en la alimentación de las aves

El calcio es un macromineral esencial, siendo el cuarto componente corporal más abundante después del agua, las proteínas y los lípidos. Cumple funciones vitales, destacando su participación en la mineralización ósea, en conjunto con el fósforo y el magnesio. Estos minerales son particularmente importantes durante las fases de crecimiento, donde también intervienen en el proceso de resorción ósea (Molina, 2013).

3.2.6. Generalidades de las enzimas

Las enzimas son biomoléculas encargadas de catalizar reacciones químicas intracelulares, acelerándolas de forma más eficiente que cualquier catalizador artificial conocido. Cada enzima actúa de manera específica sobre un tipo de sustrato, facilitando su transformación en un producto determinado (Mckee, 2013).

En el contexto de la nutrición animal, las enzimas mejoran la disponibilidad de nutrientes como los minerales, por ejemplo: las fitasas, producidas mediante fermentación de cepas modificadas de *Aspergillus niger*, actúan sobre los

fitatos vegetales liberando los nutrientes ligados a estos complejos. Su uso mejora la conversión alimenticia y reduce la excreción de nutrientes al ambiente (Medina, 2003).

3.2.7. Fitato

El fitato, también denominado ácido fítico, es un compuesto orgánico presente de forma natural en semillas, cereales y legumbres, donde cumple la función de reserva de fósforo. Su estructura está compuesta por un anillo de inositol al que se unen seis grupos fosfato, formando una molécula con alta capacidad de unirse a minerales como el calcio, hierro, zinc y magnesio. Esta propiedad dificulta la absorción de dichos nutrientes en animales monogástricos, ya que estos no producen enzimas capaces de degradarlo eficientemente en el tracto digestivo. Por ello, el fitato se considera un factor antinutricional, pues reduce la disponibilidad de minerales y fósforo en la dieta (Ravindran *et al.*, 1995).

3.2.8. Fitasas

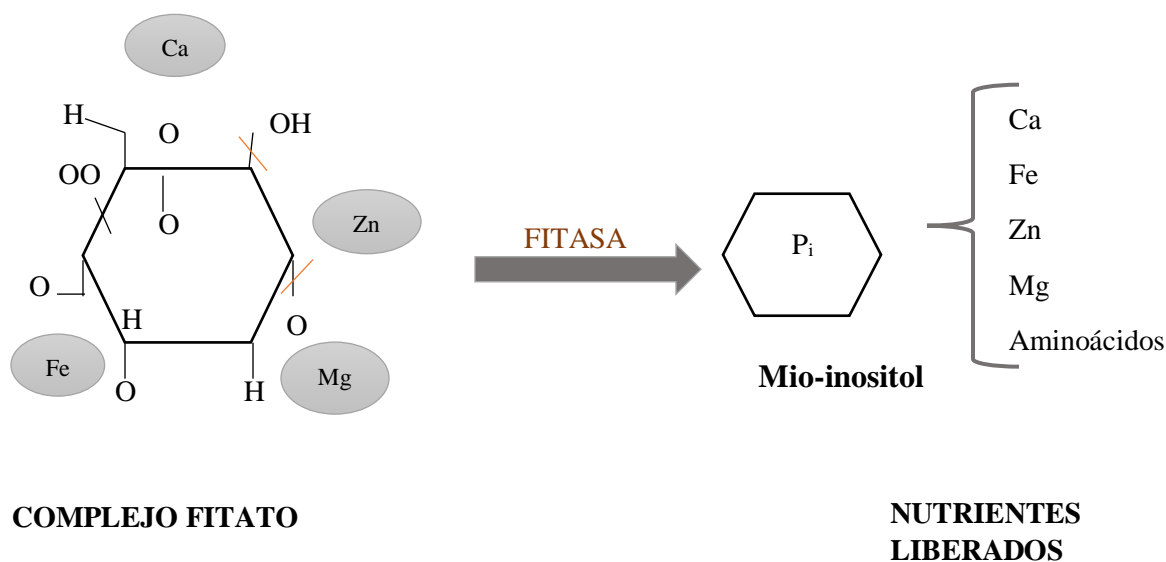
La fitasa, también conocida como *mio-inositol hexafosfato hidrolasa*, es una enzima perteneciente al grupo de las fosfatasas, cuya principal función es catalizar la liberación de uno o más grupos fosfato del ácido fítico (fitato), principalmente en condiciones invitro (Bouda, 2013).

La acción de la fitasa se basa en la hidrólisis secuencial de los enlaces fosfato presentes en el fitato (ácido fítico), compuesto que actúa como forma de almacenamiento de fósforo en los vegetales. Esta enzima rompe gradualmente los enlaces fosfato del anillo de mio-inositol, liberando fosfato inorgánico (Pi) y, en

consecuencia, mejorando la disponibilidad del fósforo para su absorción en el intestino delgado de animales monogástricos como aves y cerdos. Al mismo tiempo, este proceso libera minerales como calcio, zinc, hierro y magnesio, que estaban quelados por el fitato, favoreciendo su aprovechamiento nutricional.

Este mecanismo permite reducir la dependencia de fuentes de fósforo inorgánico, mejora la eficiencia alimenticia y disminuye la excreción fecal de fósforo, lo cual contribuye a una producción animal más sostenible y con menor impacto ambiental (Valente Junior *et al.*, 2024).

Figura 1. Liberación de fósforo y minerales por acción de la fitasa



3.2.9. Tipos de fitasas

Según Frontela y Martínez (2008), las fitasas pueden clasificarse con base en tres criterios principales:

- Según el pH óptimo de actividad: se dividen en fitasas ácidas y básicas.

- Según la posición del anillo de inositol donde inicia la desfosforilación: pueden ser 3-fitasa, 6-fitasa o 5-fitasa.
- Según su origen: se agrupan en fitasas endógenas vegetales, animales/intestinales, y fitasas exógenas o microbianas.

a) Fitasa vegetal

Algunas semillas presentan actividad fitásica intrínseca, especialmente ciertos cereales como trigo, centeno y triticale (Ravindran *et al.*, 1995). Estas fitasas, predominantemente del tipo 6-fitasa, inician la liberación de ortofosfato desde la posición 6 del anillo mioinositol, desfosforilando progresivamente la molécula (Rodehutsord, 2011).

b) Fitasa intestinal endógena

Las fitasas endógenas intestinales poseen una capacidad limitada para hidrolizar compuestos intermedios del inositol (desde IP-3 hasta IP-1). Su relevancia práctica es escasa, ya que no actúan sobre el ácido fítico completo (IP-6), que es el principal responsable de la reducción en la biodisponibilidad de nutrientes (Jongbloed, 1993).

c) Fitasa exógena o microbiana

Las fitasas exógenas de origen bacteriano generalmente son intracelulares, tienen pH óptimo neutro o alcalino y no resultan eficientes en condiciones productivas. En cambio, las fitasas fúngicas, obtenidas por fermentación, son predominantemente extracelulares y han demostrado mayor eficacia como aditivos alimentarios (Frontela y Martínez, 2008; Liebert *et al.*, 1993).

3.2.10. Usos de la fitasa en la producción avícola

Cowieson (2014), señala que la fitasa microbiana mejora significativamente la digestibilidad del calcio y del fósforo, así como el rendimiento productivo cuando se utilizan dietas con baja disponibilidad de estos minerales. Estudios recientes también sugieren que su acción puede extenderse a la mejora de la digestibilidad de aminoácidos y oligoelementos, además de elevar los niveles plasmáticos de mioinositol, compuesto con funciones similares a la insulina. Aunque se requieren más investigaciones para esclarecer su papel, se reconoce el potencial del mioinositol como promotor del crecimiento.

3.2.11. Superdosis de fitasa

Informes recientes sugieren que otros mecanismos además de la liberación de fósforo pueden causar una mayor respuesta de crecimiento cuando se utilizan altas dosis de fitasa, esto se llama “sobredosis”, según Bedford “Revista AB Vista”, la superdosis es la cantidad de fitasa (por encima de la dosis estándar) necesaria para prevenir la formación de IP3 e IP4 en los intestinos de un animal, que suele ser de tres a cuatro veces de la dosis estándar; a su vez, la literatura sugiere que el exceso de fitasa tiene el potencial de tener un mayor impacto en el rendimiento de los monogástricos, pero hay poca evidencia de un impacto en el rendimiento de finalización y si los niveles de fósforo, aminoácidos u otros nutrientes son bajos, el fitato parece ser el impacto relativo del exceso de enzima para ser mayor (Caballero Celan, 2018).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del trabajo

4.1.1. Ubicación política

Según INEI (2024), el Centro Poblado de Mollebamba se encuentra ubicado en el distrito de Urcos, que forma parte de la provincia de Quispicanchi, en el departamento de Cusco, Perú. Esta zona se localiza en la región suroriental del país, dentro de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes.

Detalles de su ubicación política:

- País: Perú
- Departamento: Cusco
- Provincia: Quispicanchi
- Distrito: Urcos
- Centro Poblado: Mollebamba

Figura 2. Ubicación política del distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, departamento del Cusco.



Fuente: <https://codigo-postal.co/peru/cusco/urcos/mollebamba/>

4.1.2. Ubicación geográfica

Este estudio fue desarrollado en una unidad de producción avícola situada en el centro poblado de Mollebamba, distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, en el departamento del Cusco (Figura 2 y 3), la zona se encuentra a una altitud de 3 166 m.s.n.m.

Coordenadas geográficas:

Latitud Sur: 13° 43' 48.9"

S (-13.73025805000)

Longitud Oeste: 71° 36' 15.9"

W (-71.60440377000)

4.1.3. Datos climatológicos

El régimen térmico se mantiene templado durante el día, con temperaturas máximas promedio que alcanzan los 24 °C, y frías durante la noche, con mínimas que pueden descender hasta los 3 °C. La temperatura media anual ronda los 14 °C. El ciclo de lluvias es estacional, concentrándose entre los meses de noviembre y abril, mientras que de mayo a octubre predomina la época seca con cielos despejados y mayor incidencia de heladas. En la actualidad, las condiciones meteorológicas registran temperaturas cercanas a los 19 °C durante el día y alrededor de 10 °C por la noche, con cielo mayormente nublado. Estas características climatológicas influyen directamente en las actividades agropecuarias locales, determinando los periodos de siembra, cosecha y disponibilidad de recursos hídricos en la comunidad (SENAMHI, 2023).

Figura 3. Ubicación de la granja SOMLEY



Fuente: Google Earth

4.1.4. Duración del estudio

El presente estudio se llevó a cabo durante el periodo de siete meses, en el cual el primer mes fue donde se hizo las adecuaciones de las instalaciones para las evaluaciones de parámetros productivos de cada tratamiento, los tres meses siguientes fueron destinados a la etapa experimental (desde el 22 de septiembre del 2024 hasta el 21 de diciembre del 2024), y los tres últimos meses restantes se emplearon para el análisis de muestra en laboratorio y análisis de datos.

4.2. MATERIALES

4.2.1. Material biológico

Se utilizaron 300 pavos machos de la línea “Nicholas Select” de un día de edad, obtenidos de la empresa PRODUSS. Los animales fueron distribuidos en

tres tratamientos con dos repeticiones por tratamiento, utilizando la distribución completamente al azar (DCA), se registró el peso inicial a la llegada. Así también se mantuvo la homogeneidad en el manejo de los animales y sanidad de los mismos. La densidad final fue de tres pavos por metro cuadrado.

4.2.2. Materiales de campo

- Comederos de plástico tipo bandeja
- Comederos de aluminio tipo tolva
- Bebederos de plástico tipo tongo
- Bebederos automáticos
- Cercos Nordex de plástico
- Cascarilla de arroz
- Papel kraft
- Malla anchovetera o de pescar
- Campanas a gas
- Balones de gas
- Tela arpillera de polipropileno color blanco
- Rastrillo, palas.
- Tanque de cilindro de agua de 100 lt
- Tanque de agua (Rotoplas) de 2000lt
- Pediluvios
- Marcador indeleble de colores (rojo, verde y azul)
- Bolsas con cierre hermético
- Contenedor con cierre hermético

- Libreta de campo

4.2.3. Insumos veterinarios

- Formol
- Cal
- Levakill 400
- Vanodine
- Aminovital
- Enroflyn 20%
- Diheptarine

4.2.4. Equipos de campo

- Termómetros ambientales (termohigrómetro)
- Balanza digital (capacidad de 10kg y 100kg)
- Balanza gramera
- Mezcladora de alimento de 2 t de capacidad (planta)
- Equipo de cirugía menor

4.2.5. Material de escritorio

- Laptop
- Cuaderno de registro
- Lapicero
- USB

4.2.6. Insumos alimenticios y aditivos

- El producto evaluado en el trabajo de investigación fue la fitasa con denominación comercial “Optiphos” del laboratorio Huvepharma.

4.2.7. Materiales y equipos de laboratorio

- Bandejas de muestras de aluminio
- Cisoles de porcelana
- Pinzas de crisol
- Desecador
- Espectrómetro infrarrojo cercano (NIRS) modelo DA 7250 NIR, marca Perten Instrument.
- Balanza analítica marca Radwag, modelo AS220.X2
- Horno mufla marca Protherm, modelo ECO 110/9
- Horno mufla marca Nabertherm, modelo LE6/11
- Analizador de humedad (radiación infrarroja) marca Sartorius, modelo MA37-1
- Estufa de convección forzada, marca Ppl-Eko, modelo SWL 750
- Analizador XFR portátil, marca Vanta.

4.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada y experimental, ya que se manipuló de manera deliberada la variable independiente nivel de inclusión de fitasa en la dieta con el propósito de evaluar su efecto sobre la respuesta productiva y la mineralización ósea en pavos machos de la línea “Nicholas Select”. Este tipo

de estudio busca generar conocimiento útil y transferible para mejorar la eficiencia nutricional y el aprovechamiento del fósforo en la producción avícola, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema productivo. Según Hernández-Sampieri (2018), la investigación aplicada tiene como fin resolver problemas prácticos, mientras que la experimental permite establecer relaciones causales entre variables bajo condiciones controladas (Montgomery, 2017).

4.3.2. Enfoque de la investigación

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con las respuestas productivas y fisiológicas de los pavos machos de la línea Nicholas Select (Hernández-Sampieri, 2018).

El enfoque cuantitativo permite establecer relaciones entre variables mediante procedimientos estadísticos objetivos y verificables, lo que facilita la comparación entre tratamientos y la determinación de diferencias significativas (Gómez et al., 2021).

De esta manera, se busca medir el efecto de diferentes niveles de inclusión de fitasa sobre el desempeño productivo y la mineralización ósea de las aves.

4.3.3. Nivel o alcance de la investigación

El nivel de la investigación es explicativo, ya que busca determinar la relación causa-efecto entre la inclusión de superdosis de fitasa (variable independiente) y la respuesta productiva y fisiológica de los pavos (variables dependientes).

Este tipo de estudio no solo describe o compara resultados, sino que explica los mecanismos biológicos mediante los cuales la fitasa mejora la digestibilidad del fósforo fítico y la absorción de minerales (Adeola & Cowieson, 2011; Selle et al., 2012).

4.3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación fue de tipo experimental completamente al azar, dado que los pavos machos de la línea Nicholas Select fueron distribuidos aleatoriamente en los diferentes tratamientos de inclusión de fitasa (1 000, 2 000 y 3 000 FTU/kg), con el fin de garantizar la homogeneidad inicial de los grupos y reducir el sesgo experimental. Este diseño permite evaluar el efecto directo de la variable independiente sobre las variables productivas y de mineralización ósea bajo condiciones controladas de manejo y alimentación. Según Montgomery (2017), los diseños completamente al azar son apropiados cuando las unidades experimentales son uniformes y se busca determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos. Asimismo, Hernández-Sampieri (2018) señalan que este tipo de diseño corresponde a la fase explicativa de la investigación cuantitativa, al permitir establecer relaciones de causalidad entre las variables.

4.3.5. Población y muestra

La población total con la cual se desarrolló este trabajo fue de 300 pavos, distribuidos en tres tratamientos, cada uno con 100 unidades, para el registro de peso se tomó todos los datos en su totalidad (Adeola & Cowieson, 2011). Para el caso de rendimiento de carcasa se tomó datos de 20 pavos por tratamiento (Silva et al., 2020) y finalmente, para el análisis de ceniza tibial y la relación calcio-fósforo,

se tomaron muestras de 4 pavos por repetición, representando un total de 8 aves por tratamiento. Esta práctica coincide con diseños metodológicos aplicados en estudios de nutrición avícola que utilizan una o dos aves por réplica para análisis óseos (Liu *et al.*, 2022; Sistani *et al.*, 2024).

4.3.6. Tratamientos experimentales

El estudio contempló la evaluación de tres tratamientos dietéticos diferenciados por la inclusión de fitasa, formulados de acuerdo a la matriz nutricional del producto comercial Optiphos:

T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t).

T1: Dieta con superdosis de fitasa de 2 000 FTU/t (200 g/t).

T2: Dieta con superdosis de fitasa de 3 000 FTU/t (300 g/t).

4.3.7. Manejo experimental

a) Instalaciones

Durante el experimento se utilizó galpones de un área de 198 m² contruidos sobre terreno afirmado, con estructuras de postes de eucalipto, paredes de ladrillo de hasta un metro de altura, la cobertura del techo consistió en calamina, el revestimiento interior fue realizado con tela arpillera de polipropileno con el objetivo de mantener el confort térmico (Figura 5 y 6).

Durante la recepción de los pavos BB, las divisiones internas se realizaron con láminas de nordex (Figura 6). Finalizada la fase de inicio, estas divisiones fueron reemplazadas por mallas de pescar. Al culminar la campaña productiva, cada corral alcanzó un área útil de 48 m², cada uno considerado como una unidad experimental independiente. A su vez, cada unidad fue subdividida para establecer las

repeticiones requeridas por el diseño experimental. Se destinó además un espacio adicional para el almacenamiento de alimento balanceado (Figura 13).

La preparación del galpón comenzó dos semanas antes de la llegada de las aves, incluyendo la desinfección general del piso, paredes y techo, para ello se utilizó el desinfectante “Levakill”. Tres días antes de la recepción, se colocaron las telas de arpillera en las paredes internas. Se empleó una densidad de 26 pavos por metro cuadrado al momento del ingreso, y el piso fue cubierto con cascarilla de arroz como material de cama (Figura 6 y 7).

Para el manejo térmico inicial, se utilizaron campanas a gas encendidas de forma continua hasta 15 días de edad, tras lo cual se redujo progresivamente su uso conforme las aves fueron creciendo. La temperatura ambiental fue monitoreada con termóhigrometros, y la ventilación se realizó manualmente mediante la regulación de cortinas laterales (Figura 7).

Durante la fase inicial se emplearon bebederos plásticos tipo “tongo” y comederos tipo bandeja. A medida que avanzaba la fase de crecimiento, los corrales fueron ampliados y estos equipos se reemplazaron por bebederos automáticos y comederos de aluminio tipo tolva (Figura 12).

b) Manejo Sanitario

El manejo sanitario contempló la administración de medicamentos exclusivamente por vía oral, a través del agua o el alimento. Para el tratamiento de diarrea se utilizó enrofloxacin al 20% disuelto en el agua de bebida.

Asimismo, el despique se realizó a los 16 días de edad, cortando así el colgajo (carúncula) y el pico con cortauña y luego sellando con un cauterizador, para así asegurar que no se lastimen entre ellos (Figura 11).

En casos de picaje, se aplicó una estrategia de manejo lumínico consistente en la reducción del número de horas luz, con el objetivo de mitigar el comportamiento agresivo entre las aves.

c) Bioseguridad

En este punto se aplicó cal a la entrada del galpón y también se puso un pediluvio, para la desinfección de botas al ingresar a la unidad de investigación. Asimismo, se asignó un área para cambio de mameluco y botas, al entrar y salir del galpón.

d) Manejo alimenticio

Durante las cinco etapas productivas, el alimento se suministró en su forma física pulverizada y se ofreció de forma ad libitum. En la fase inicial, se emplearon comederos planos que eran revisados y limpiados seis veces al día, con el fin de evitar la presencia de contaminantes como excretas y facilitar el acceso visual al alimento mediante la formación de pequeños montículos (Figura 10).

Con el avance de la edad de los pavos, los comederos planos fueron reemplazados progresivamente por comederos tipo tolva. Estos eran agitados manualmente cuatro veces al día para facilitar el flujo del alimento, estimular su consumo y minimizar pérdidas por desperdicio (Figura 12).

El agua de bebida se renovó a diario, previa limpieza de bebederos, tanque, tubos y mangueras, a fin de mantener una calidad higiénica adecuada.

Además, se ajustó la altura de los comederos y bebederos conforme al crecimiento de las aves, posicionándolos a nivel del pecho para optimizar tanto el acceso al alimento como la ingesta de agua.

e) Formulación y análisis químico proximal de las dietas

La elaboración de las dietas se realizó utilizando una mezcladora vertical de 2 toneladas de capacidad. Para el pesaje de ingredientes y aditivos se utilizaron balanzas electrónicas de 100 kg y 500 kg, además de una balanza gramera para medir con precisión la fitasa. Para la preparación de premezclas, se empleó una balanza electrónica adicional de 50 kg (Figura 13).

El peso de los pavos fue registrado con balanzas diferenciadas según la edad: una balanza de capacidad de 10 kg hasta la tercera semana, y posteriormente una de capacidad de 100 kg para las etapas siguientes (Figura 10).

Las dietas experimentales fueron formuladas mediante el software DAPP N-utrition, optimizando los costos de formulación y cumpliendo con los requerimientos nutricionales establecidos para cada fase de crecimiento. Se diseñaron cinco dietas específicas:

- Dieta de inicio: desde el día 1 hasta 21 días de edad
- Dieta de crecimiento: desde el día 22 hasta 42 días de edad
- Dieta de desarrollo: desde el día 43 hasta 56 días de edad
- Dieta de acabado 1: Desde el 57 hasta 70 días de edad
- Dieta de acabado 2: desde el día 71 hasta 91 días de edad

La composición porcentual, valor nutricional y composición química de las dietas se observan en las siguientes tablas:

Tabla 2. Fórmula balanceada empleada en las 5 etapas de producción

Insumos (kg)	INICIO	CRECIMIENTO	DESARROLLO	ACABADO 1	ACABADO 2
Torta de soya	46,7	34,71	28,65	24,76	21,43
Maíz	40,17	50,24	54,49	56,59	55,76
Harina integral de soya	7	10	12,5	12,5	16,02
Fosfato dicálcico	2,27	1,83	1,44	0,83	0,84
Carbonato de calcio	1,28	1,37	1,10	1,07	1,08
Aceite de soya refinada	0,93	0,01	1,01	2,56	3,28
L-Metionina	0,30	0,30	0,30	0,21	0,24
Sal común	0,35	0,32	0,37	0,35	0,34
Lisina	0,23	0,31	0,28	0,28	0,22
Atrapador de micotoxina	0,3	0,30	0,30	0,31	0,29
Premezcla vitaminas y oligoelementos	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Ácido propionico	0,10	0,13	0,10	0,10	0,10
Cloruro de colina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
Bacitracina 10%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
Treonina	0,01	0,10	0,08	0,05	0,05
Xilanasa	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitasa (Optiphos) (T0)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitasa (Optiphos) (T1)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Fitasa (Optiphos) (T2)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Tratamientos: T0: Dieta con 1000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con superdosis de fitasa de 2000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con superdosis de fitasa de 3000 FTU/t (300g/t).

Fuente: Programa de formulación Dapp N-utrition.

Tabla 3. Valor nutricional porcentual de la dieta en las 5 etapas de producción

Valor nutricional teórico	INICIO	CRECIMIENTO	DESARROLLO	ACABADO 1	ACABADO 2
Energía metabólica Aves (Kcal)	2 805,00	2 875,00	2 960,00	3 170,00	3 250,00
Proteína cruda %	28,00	24,38	22,70	21,00	20,50
Grasa cruda %	4,34	4,21	4,78	7,33	8,82
Fibra cruda%	3,60	3,39	3,33	3,17	3,19
Calcio %	1,42	1,31	1,10	0,92	1,02
Fósforo disponible%	0,76	0,66	0,58	0,46	0,52
Sodio %	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16
Cloro %	0,28	0,28	0,23	0,23	0,22
Potasio%	1,20	1,04	0,97	0,90	0,88
Balance electrolítico	304,70	258,30	253,80	234,70	235,10
Lisina dig. Aves %	1,66	1,48	1,35	1,25	1,27
Metionina dig. Aves%	0,69	0,64	0,62	0,51	0,56
Met+Cist dig. Aves %	1,07	0,98	0,94	0,81	0,84
Treonina dig.Aves %	0,97	0,92	0,84	0,75	1,34
Triptofano dig. Aves%	0,31	0,26	0,24	0,22	1,17
Arginina dig. Aves%	1,80	1,52	1,40	1,28	0,53
Valina dig. Aves %	1,25	1,08	1,00	0,96	0,82
Fósforo fítico %	0,30	0,27	0,26	0,25	0,74

Fuente: Programa de formulación Dapp N-utrition.

Tabla 4. Composición química nutricional mediante espectrometría infrarrojo cercano de la dieta en las cinco etapas, aplica para los tres tratamientos (T0, T1 y T2)

Componentes	(%)	INICIO	CRECIMIENTO	DESARROLLO	ACABADO 1	ACABADO 2
Humedad		9,39	9,44	9,53	9,58	9,65
Materia Seca		90,61	90,56	90,47	90,42	90,35
Ceniza		9,65	5,66	7,71	6,38	6,96
Materia orgánica		81,87	85,44	83,50	84,65	84,07
Proteína		30,78	26,14	25,00	23,40	23,85
Materia Grasa		5,65	4,91	5,24	8,00	10,19
Fibra Cruda		2,31	2,46	2,09	2,59	2,62

Fuente: Laboratorio de Nutrición, Ciencia y tecnología de alimentos (2025).

4.3.8. Variables de estudio

4.3.8.1. Variable independiente

- **Nivel de inclusión de fitasa:**

Corresponde a la cantidad de fitasa adicionada por kilogramo de alimento, expresada en unidades de fitasa por kilogramo (FTU/kg). En el presente estudio se evaluaron cuatro niveles de inclusión: 0, 500, 2 000 y 3 000 FTU/kg. Esta variable fue manipulada deliberadamente con el propósito de analizar su efecto sobre el desempeño productivo y la mineralización ósea en pavos machos de la línea Nicholas Select.

4.3.8.2. Variables dependientes

- **Variables productivas**

- a. **Peso vivo y ganancia de peso**

El peso vivo de las aves fue registrado de forma semanal en cada unidad experimental. La medición se realizó de manera individual, permitiendo obtener los datos correspondientes al peso promedio por pavo en cada etapa productiva.

La ganancia de peso se determinó como la diferencia entre el peso final y el peso inicial en cada etapa, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de peso (g/pavo/etapa)} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}$$

Este parámetro se calculó semanalmente y se organizó por etapa productiva.

- b. **Consumo de alimento**

El consumo de alimento se evaluó semanalmente mediante el pesaje de los residuos presentes en los comederos, comparándolo con la cantidad total de

alimento suministrado durante cada etapa. El consumo por etapa se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$C.AI. (g/etapa) = \text{Consumo de alimento por etapa } (k) / n^{\circ} \text{ de pavos}$$

Este indicador permitió conocer el consumo promedio por pavo en cada fase del estudio.

c. Conversión alimenticia

La eficiencia de conversión alimenticia (C.A.) en cada etapa fue determinada mediante la relación entre la cantidad total de alimento consumido y el incremento de peso correspondiente en ese mismo periodo. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$C.A = \text{Consumo de alimento por etapa } (g) / \text{Ganancia de peso por etapa}$$

d. Mortalidad

Durante el desarrollo del experimento, se registró diariamente la mortalidad de las aves con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos sobre la supervivencia de los pavos en cada etapa productiva. Para determinar el porcentaje de mortalidad, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Mortalidad } (\%) = (N^{\circ} \text{ de pavos muertos} \times 100) / N^{\circ} \text{ total de pavos}$$

4.3.8.3. Variables de mineralización ósea

a. Cálculo del contenido de cenizas en la tibia y el alimento

Se realizó el pesaje de las muestras en crisoles (2 g), posteriormente fueron llevadas para ser calcinadas, a la mufla a 600°C durante 2 horas. Transcurrido el tiempo se pesaron los crisoles con las cenizas de las muestras.

El cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Cenizas (\%)} = (\text{Peso inicial de muestra} / \text{Peso final de muestra}) * 100$$

b. Cálculo del contenido de Calcio y Fósforo en tibia

El contenido de calcio y fosforo se determinó mediante el procedimiento Fluorescencia de Rayos X, con un analizador XRF portátil, previo al análisis las muestras se secaron a una temperatura de 80°C por 2 horas, se homogenizó la muestra y se hizo la lectura haciendo uso del equipo mencionado anteriormente.

4.3.8.4. Variables de rendimiento y económicas

a. Rendimiento de carcasa

Al término del ensayo experimental, se procedió a calcular el rendimiento de carcasa, definido como el peso del animal beneficiado, excluyendo plumas, cabeza, extremidades y vísceras. Para esta evaluación, se seleccionaron de forma aleatoria 20 pavos por tratamiento. Se empleó la siguiente formula:

$$R.C (\%) = \text{Peso de carcasa (kg)} / \text{Peso vivo (kg)} * 100$$

b. Mérito económico

El mérito económico de las dietas experimentales fue evaluado considerando la rentabilidad obtenida a partir de los ingresos generados y los costos incurridos. Los ingresos se calcularon multiplicando el peso final de la carcasa por el precio comercial por kilogramo de carne de pavo. Los egresos estuvieron constituidos por el costo total del alimento balanceado consumido durante la etapa experimental. El mérito económico se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$M.E. = \frac{VF - (VI + C.A.)}{(VI + C.A.)} * 100$$

Donde:

M.E. = Mérito económico

VI = Valor inicial del animal (S/ 12.50 por pavo)

VF = Valor final (peso de la carcasa multiplicado por S/ 18.00 por kilogramo)

C.A. = Costo de alimentación (alimento balanceado consumido)

NOTA: Para el mérito económico el rendimiento de carcasa se consideró incluyendo cabeza, cuello, patas y vísceras.

4.3.8.5. Análisis químico

El análisis de la composición química y cenizas del alimento, así también el secado y análisis de cenizas de la tibia se realizaron en el Laboratorio de Nutrición, Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (Figura 17).

Por otro lado, el análisis del contenido de calcio y fósforo de la tibia se realizó en el Laboratorio de Ciencias Naturales Aguas, Suelos, Minerales y Medio Ambiente-MC QUIMILAB.

Para el análisis óseo, se seleccionaron cuatro pavos por tratamiento al finalizar la etapa experimental. Las tibias fueron extraídas cuidadosamente y sumergidas en agua hirviendo durante aproximadamente 15 minutos, con el fin de facilitar la eliminación de los tejidos musculares y conectivos adheridos (Buckner et al., 1950; Applegate y Lilburn, 2002). Este procedimiento no modifica la composición mineral del hueso, pero permite retirar la grasa presente en su superficie (Almeida

Paz et al., 2008). Posteriormente, los tejidos y cartílagos de las zonas articulares se eliminaron manualmente, siguiendo el protocolo anatómico descrito por Baumel et al. (1993), obteniéndose fémures, tibias y metatarsos completamente libres de tejidos blandos. Finalmente, los huesos fueron secados a temperatura ambiente hasta su posterior análisis. (Figura 17).

Posteriormente en el laboratorio, estas muestras fueron colocadas en bandejas de aluminio para el secado en la estufa a 70°C durante 75 horas. Cuando se obtuvo las tibias secas, las muestras fueron molidas y almacenadas.

4.3.8.6. Análisis y diseño estadístico

En la presente investigación se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y dos repeticiones por tratamiento. Este diseño se aplicó a las variables de respuesta: ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y rendimiento de carcasa. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos. Posteriormente, para la comparación de medias, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

El modelo estadístico utilizado fue el modelo aditivo lineal, representado por la siguiente expresión:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij}=Observaciones en el tratamiento *k*-esimo de un Diseño completo al azar

μ= Parámetro (media)

T_i = efecto del i -esimo tratamiento (cantidad de inclusión de fitasa)

e_{ijk} = error

Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico MINITAB, versión 21.

Dado que las variables correspondientes al contenido de ceniza y al rendimiento de la canal se expresaron en porcentajes, fue necesario aplicar una transformación arcoseno con el propósito de cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos para el análisis de varianza (ANOVA). Los datos porcentuales suelen presentar distribuciones no normales, lo que podría afectar la validez de las pruebas estadísticas. La transformación arcoseno permitió estabilizar la varianza y aproximar la distribución de los datos a una forma normal, condición indispensable para el uso adecuado de procedimientos paramétricos como el ANOVA (Steel & Torrie, 1980)

La fórmula empleada para realizar la conversión de los porcentajes a valores de arcoseno fue la siguiente:

$$X' = \text{Arc sin} \left(\sqrt{X/100} \right)$$

Donde:

X' = valor transformado

X = porcentaje original

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

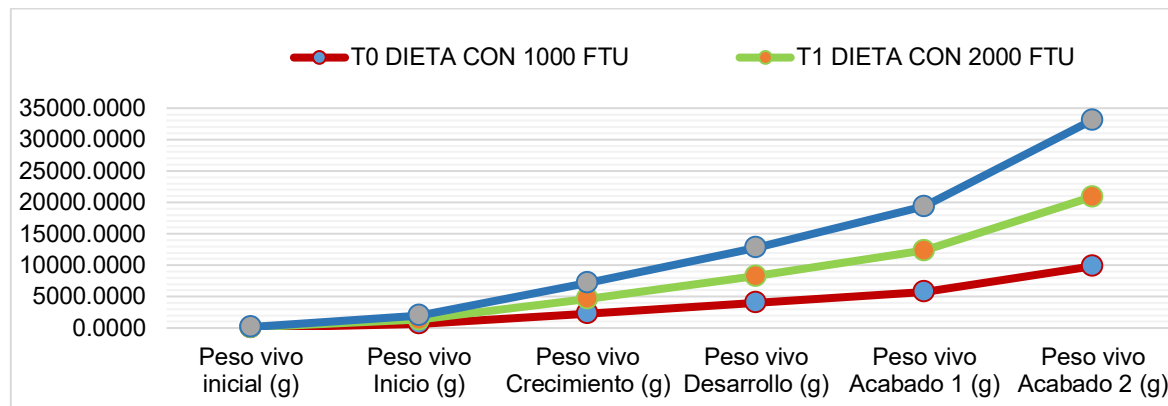
5.1.1. Peso vivo y ganancia de peso

En la Figura 4 y Tabla 5 se observa que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en el peso inicial de los pavos entre tratamientos (Anexo 9), lo que indica que los lotes experimentales iniciaron con un peso corporal homogéneo (53 g). Sin embargo, a partir de la etapa de inicio y en las fases subsiguientes (crecimiento, desarrollo, acabado 1 y acabado 2), se evidenciaron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Anexo 2 y 10), donde el tratamiento T2 presentó los mayores valores de peso vivo en todas las etapas evaluadas, seguido por T1 y finalmente T0.

Siendo así que en el tratamiento T2, con una dieta formulada con 3 000 FTU/t, obtuvo el mayor peso vivo, seguido por el tratamiento T1 (dieta formulada con 2 000 FTU/t) y por último el tratamiento T0 (dieta formulada con 1 000 FTU/t). Así es como en la etapa de inicio se obtuvieron pesos de 694,16 g, 664,73 g y 651,03 g respectivamente; en la etapa de crecimiento 2 515,2 g, 2 351 g y 2 306,06 g respectivamente; en la etapa de desarrollo se obtuvieron pesos de 4 535,1 g, 4 262,8 g y 4 006,4 respectivamente: en la etapa de acabado 1 se obtuvieron 7 005,4 g, 6 591,3 g y 5 765,6 g; y por último en la etapa de acabado 2 se obtuvieron datos de 12 216,1 g, 11 068,5 g y 9 837 respectivamente. Este resultado refleja una respuesta favorable a la formulación utilizada en T2, posiblemente debido a un

mejor aprovechamiento de nutrientes, especialmente del calcio y fósforo, minerales fundamentales para el crecimiento óseo y el desarrollo muscular.

Figura 4. Peso vivo de los pavos de acuerdo a la etapa productiva



Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Al comparar con los estándares internacionales, las tablas de referencia de Aviagen Turkeys (2022) y Hybrid Turkeys (2023) reportan pesos promedio de 11 800 a 12 500 g para pavos machos a las 20 semanas de edad bajo condiciones óptimas. Los valores alcanzados por el tratamiento T2 se encuentran dentro de este rango. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Huamán y Rivera (2020), quienes reportaron incrementos significativos en el peso corporal de pavos alimentados con dietas suplementadas con enzimas que mejoran la digestibilidad de los minerales.

De igual modo, Comeca Rojas (2018) quien registró pesos finales promedio de 10 850 g en pavos de la línea BUT alimentados con fitasa a niveles convencionales. La diferencia podría atribuirse al uso de una superdosis de fitasa en el presente trabajo, lo que habría mejorado la liberación de fósforo fítico y, por ende, el aprovechamiento de los nutrientes. Por otro lado, Alfaro (2016) trabajó con

pavas (hembras) y reportó pesos finales promedios de 9 800 a 10 200 g bajo condiciones intensivas. Si bien estos valores son inferiores a los obtenidos en el presente estudio, la diferencia puede explicarse por el sexo de las aves, ya que las hembras presentan menor tasa de crecimiento y menor peso final respecto a los machos.

Tabla 5. Comparación de medias de peso vivo en las cinco etapas de producción

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso vivo	Peso vivo	Peso vivo	Peso vivo	Peso vivo
		Inicio (g)	crecimiento (g)	desarrollo (g)	Acabado 1(g)	Acabado 2(g)
T0	52,65 ^a ± 1.92	651,03 ^c ± 37,34	2 306,06 ^c ± 93,48	4 006,4 ^c ± 253,9	5 765,6 ^c ± 204,0	9 837,0 ^c ± 245,7
T1	53,08 ^a ± 1.80	664,73 ^b ± 30,90	2 351,0 ^b ± 116,9	4 262,8 ^b ± 174,1	6 591,3 ^b ± 259,6	11 068,5 ^b ± 244,5
T2	52,90 ^a ± 1.89	694,16 ^a ± 44,78	2515,2 ^a ± 219,2	4 535,1 ^a ± 157,1	7 005,4 ^a ± 186,7	12 216,1 ^a ± 426,9
Desv- Estándar	1,87	42,10	177,4	293,8	561,2	1 024
P - valor	0,267	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Los resultados de ganancia de peso obtenidos en cada etapa del ciclo productivo se presentan en la Tabla 6, donde se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Anexo 3 y 11). El tratamiento T2, correspondiente a la dieta formulada con 3 000 FTU/t de fitasa, mostró consistentemente la mayor ganancia de peso en todas las etapas, seguido por T1 (2 000 FTU/t) y finalmente T0 (1 000 FTU/t).

Durante la etapa de inicio, las ganancias de peso fueron: T2 (697,00 g), seguido por T1 (668,66 g) y T0 (636,86 g), lo que sugiere que el tratamiento con 3 000 FTU/t fue más eficaz desde el comienzo, posiblemente por una mejor adaptación digestiva inicial o una mayor biodisponibilidad de nutrientes desde las primeras semanas (Walk *et al.*, 2021). En la etapa de crecimiento, los resultados fueron: T2 (1 765 g), seguido por T1 (1 629,31 g) y T0 (1 616,20 g), donde nuevamente el tratamiento T2 superó significativamente a los demás. En la etapa de desarrollo, las ganancias de peso fueron: T2 (2 019,7 g), seguido por T1 (1 912 g) y T0 (1 703,2 g), mostrando que el tratamiento T2 mantuvo su ventaja, posiblemente debido a una mayor absorción de minerales esenciales y aminoácidos que influyen en la formación de tejido magro (Selle & Ravindran, 2007). Durante la etapa de acabado 1, los valores observados fueron: T2 (2 469,5 g), seguido por T1 (2 330,6 g) y T0 (1 756,0 g), donde la diferencia entre T2 y los otros tratamientos se amplió considerablemente, lo cual es crucial para alcanzar el peso comercial ideal en el menor tiempo posible. Finalmente, en la etapa de acabado 2, se registró: T2 (5 211,89 g), seguido por T1 (4 475,19 g) y T0 (4 073,4 g), confirmando el efecto positivo acumulado del tratamiento T2 a lo largo de todo el ciclo productivo. Este

resultado es especialmente relevante desde el punto de vista económico, ya que impacta directamente en la rentabilidad final del sistema de producción (Dersjant-Li *et al.*, 2020).

Comparando estos resultados con las tablas de referencia de Aviagen Turkeys (2022) y Hybrid Turkeys (2023), se observa que los valores obtenidos en el tratamiento T2 se ubican dentro del rango de los estándares internacionales. Ambas casas genéticas reportan ganancias de peso totales entre 12 000 y 12 500 g a las 20 semanas de edad en pavos machos de líneas pesadas, lo que demuestra que los parámetros productivos alcanzados en el presente estudio son equivalentes a los de sistemas comerciales bajo condiciones óptimas.

Los resultados concuerdan con lo reportado por Huamán y Rivera (2020), quienes demostraron que la suplementación con enzimas en dietas para pavos incrementa significativamente la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, al mejorar la disponibilidad de fósforo y calcio en el tracto digestivo. Asimismo, Comeca Rojas (2018) encontró que el uso de fitasas en dietas para pavos híbridos favorece la digestibilidad del fósforo fítico y la retención de nutrientes, permitiendo mayores incrementos de peso en comparación con aves alimentadas con dietas convencionales. En su investigación, las aves tratadas con dosis altas de fitasa mostraron un aumento progresivo en la ganancia de peso, comportamiento coincidente con el registrado en el tratamiento T2 del presente estudio.

Por su parte, Alfaro (2016), quien evaluó el desempeño de pavas (hembras), reportó ganancias de peso total cercanas a 9 900 g en sistemas

intensivos, valor inferior al encontrado en los machos del presente trabajo. Esta diferencia se explica principalmente por el dimorfismo sexual de la especie, ya que los machos presentan una tasa de crecimiento más elevada y un mayor desarrollo muscular.

Tabla 6. Comparación de medias de ganancia de peso en las cinco etapas de producción

Tratamiento	Ganancia de peso Inicio (g)	Ganancia de peso crecimiento (g)	Ganancia de peso desarrollo (g)	Ganancia de peso Acabado 1 (g)	Ganancia de peso Acabado 2 (g)	Ganancia de peso total (g)
T0	636,86 ^c ± 0,35	1 616,20 ^c ± 5,5	1 703,2 ^c ± 25,0	1 756,0 ^c ± 17,8	4 073,4 ^c ± 31,5	10 054,0 ^c ± 12,6
T1	668,66 ^b ± 1,05	1 629,31 ^b ± 6,8	1 912,0 ^b ± 25,7	2 330,6 ^b ± 32,0	4 475,19 ^b ± 11,02	11 249,8 ^b ± 5,4
T2	697,00 ^a ± 0,04	1 765,0 ^a ± 18,2	2 019,7 ^a ± 20,4	2 469,50 ^a ± 1,00	5 211,89 ^a ± 4,78	12 364,6 ^a ± 0,5
Desv- Estándar	26,91	74,25	145,1	338,8	516,7	103,4
P - valor	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

5.1.2. Consumo de alimento

Los datos correspondientes al consumo de alimento por etapa se presentan en la Tabla 7, en la cual se evidencian diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Anexo 12). En general, el tratamiento T0 (dieta con 1 000 FTU/t de fitasa) presentó el mayor consumo de alimento en todas las etapas productivas, seguido por T1 (2 000 FTU/t), y finalmente T2 (3 000 FTU/t), que mostró el menor consumo, lo cual sugiere una mayor eficiencia alimenticia.

Durante la etapa de inicio, los consumos registrados fueron: T0 (905,2 g), seguido por T1 (902,7 g) y T2 (898,5 g). Este resultado indica que el tratamiento T0 tuvo un mayor consumo inicial, lo que podría asociarse a una menor eficiencia digestiva en esta fase. En la etapa de crecimiento, los valores fueron: T0 (3 009 g), seguido por T2 (2 988 g) y T1 (2 975 g). Aunque T0 continúa con el mayor consumo, se observa que T1 logra mantener un consumo menor sin comprometer el rendimiento, lo que sugiere una mejor conversión alimenticia. En la etapa de desarrollo los consumos fueron muy similares: T0 (3 411 g), seguido por T1 (3 404 g) y T2 (3 397 g), indicando que las diferencias entre tratamientos son mínimas, pero T2 mantiene una tendencia de menor consumo. Durante la etapa de acabado 1 (Anexo 4), se registraron los siguientes valores: T0 (4 693,1 g), seguido por T1 (4 688 g) y T2 (4 681 g). Las diferencias continúan siendo pequeñas, el tratamiento T2 se mantiene como el de menor consumo, lo cual es relevante para la eficiencia del sistema. En la etapa de acabado 2, se observó: T0 (9 032 g), seguido por T1 (9 026 g) y T2 (9 024 g). Nuevamente, las diferencias son mínimas, pero la tendencia se mantiene: T2 es el tratamiento con menor consumo de alimento en todas las etapas.

En cuanto al consumo total acumulado, los resultados fueron: T0 (21 050 g), seguido por T1 (20 996 g) y T2 (20 989 g). Estas cifras evidencian que T0 tuvo el mayor consumo total, mientras que T2 registró el menor. No obstante, las diferencias son pequeñas (menos del 0,3 %), lo cual refleja una baja variabilidad y alta consistencia de los datos. La mayor dispersión se observó en la etapa de crecimiento. A pesar de consumir menos alimento, el tratamiento T2 mostró mejores resultados productivos, lo que confirma su mayor eficiencia alimenticia. Este comportamiento sugiere una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes, lo cual está estrechamente relacionado con la disponibilidad y digestibilidad del fósforo y del calcio en la dieta.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Huamán y Rivera (2020), quienes observaron que la suplementación con diferentes niveles de fitasa en dietas para pollos de engorde mejora la disponibilidad de fósforo y calcio, reduciendo la necesidad de consumo adicional de alimento para alcanzar un crecimiento óptimo. De igual forma, Comeca Rojas (2018) encontró que el uso de diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT mejoró la digestibilidad del fósforo y la energía metabolizable, disminuyendo el consumo de alimento y aumentando la eficiencia alimenticia en comparación con el grupo control.

Asimismo, Alfaro (2016), en su estudio con pavas hembras de la línea Nicholas, reportó que la inclusión de niveles adecuados de fitasa en crinza intensivas permitió reducir el consumo de alimento sin afectar el rendimiento productivo, demostrando que el efecto de la enzima sobre la liberación de fósforo

fítico contribuye a una mejor utilización de los nutrientes y a una menor excreción mineral.

Por otro lado, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por las tablas de Aviagen Turkeys (2022) y Hybrid Turkeys (2023), que reportan consumos acumulados entre 20 000 y 21 500 g por ave a las 20 semanas de edad para líneas pesadas. Esto demuestra que el manejo alimenticio aplicado en el presente estudio fue adecuado y comparable con los estándares internacionales de las principales líneas genéticas comerciales.

En conjunto, los resultados demuestran que el tratamiento T2 permitió una reducción significativa en el consumo de alimento sin afectar negativamente el crecimiento, lo que refleja una mejor conversión alimenticia y mayor eficiencia metabólica. Esta mejora podría atribuirse al efecto de las enzimas sobre la digestibilidad y la biodisponibilidad de los nutrientes, coincidiendo con los hallazgos de Comeca Rojas (2018) y Huamán y Rivera (2020), quienes sostienen que la suplementación enzimática representa una alternativa eficaz para optimizar el rendimiento productivo de los pavos bajo condiciones nacionales.

Tabla 7. Comparación de medias de consumo de alimento en las cinco etapas de producción

Tratamiento	Consumo de alimento Inicio (g)	Consumo de alimento Crecimiento (g)	Consumo de alimento Desarrollo(g)	Consumo de alimento Acabado 1(g)	Consumo de alimento Acabado 2 (g)	Consumo de alimento total (g)
T0	905,24 ^a ± 4,82	3 009,00 ^a ± 1.01	3 411,02 ^a ± 1,01	4 693.10 ^a ± 3,02	9 032,04 ^a ± 2,01	21 050,0 ^a ± 5,2
T1	902,70 ^b ± 2,31	2 975,00 ^c ± 25.13	3 404,00 ^b ± 2,01	4 688,00 ^b ± 1,01	9 026,50 ^b ± 1,51	20 996,0 ^a ± 39,3
T2	898,50 ^c ± 1,50	2 988,00 ^b ± 2.01	3 397,00 ± 1,01	4 681,01 ^c ± 1,01	9 024,52 ^c ± 1,51	20 989,0 ^a ± 9,9
Desv- Estándar	1,24	20,15	5,90	5,2	3,60	35,12
P - valor	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,141

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

5.1.3. Conversión Alimenticia

Los resultados obtenidos sobre la conversión alimenticia se presentan en la Tabla 8, donde se observan diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Anexo 5). El tratamiento T2 (dieta con 3 000 FTU/t de fitasa) presentó la menor conversión alimenticia en todas las etapas productivas, lo que evidencia una mayor eficiencia en la utilización del alimento. Le siguieron, en orden creciente de conversión (y por tanto decreciente en eficiencia), los tratamientos T1 (2 000 FTU/t) y T0 (1 000 FTU/t).

Durante la etapa de inicio, los valores fueron: T2 (1,29), seguido por T1 (1,35) y T0 (1,42). Esto sugiere que, desde el inicio del ciclo productivo, el tratamiento T2 resultó ser el más eficiente, necesitando menos alimento por unidad de peso ganado. En la etapa de crecimiento, se observó: T2 (1,69), seguido por T1 (1,83) y T0 (1,86), reforzando la tendencia de mayor eficiencia en el tratamiento T2. En la etapa de desarrollo, la conversión alimenticia fue de: T2 (1,68), seguido por T1 (1,78) y T0 (2,00), mostrando que el tratamiento T2 continúa manteniendo un rendimiento superior. En la etapa de acabado 1, los valores registrados fueron: T2 (1,90), seguido por T1 (2,01) y T0 (2,67), siendo la diferencia especialmente marcada entre T2 y T0, lo que refuerza la superioridad del tratamiento con mayor nivel de fitasa. Finalmente, en la etapa de acabado 2, los resultados fueron: T2 (1,73), seguido por T1 (2,02) y T0 (2,22), confirmando nuevamente que T2 es el tratamiento más eficiente durante todo el ciclo productivo.

En conjunto, los datos indican que el tratamiento T2 fue el más eficiente en todas las etapas, registrando la menor conversión alimenticia acumulada. Esto significa que las aves bajo este tratamiento necesitaron menos cantidad de alimento para lograr cada unidad de peso vivo, lo cual tiene implicancias económicas directas en la producción comercial.

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Comeca Rojas (2018), quien al evaluar diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT reportó una mejora significativa en la conversión alimenticia, atribuyendo este efecto a una mayor liberación de fósforo fítico y una mejor digestibilidad de la energía. De manera similar, Huamán y Rivera (2020) demostraron que la suplementación con fitasa en dietas para pollos de engorde reduce la conversión alimenticia, al aumentar la disponibilidad de fósforo y calcio, lo que favorece un crecimiento más eficiente con un menor consumo de alimento.

Asimismo, Alfaro (2016), al trabajar con pavas hembras de la línea Nicholas, observó que los tratamientos con fitasa presentaron una conversión alimenticia significativamente mejor respecto al control, confirmando la acción enzimática en la mejora de la digestibilidad de los nutrientes. Estos resultados refuerzan la importancia de la inclusión de fitasas en dietas avícolas, especialmente en etapas de crecimiento intensivo.

En comparación con los valores estándar propuestos por Aviagen Turkeys (2022) y Hybrid Turkeys (2023), que establecen rangos de conversión alimenticia final entre 1,9 y 2,2 para pavos pesados, los resultados del tratamiento

T2 (1,70) se encuentran dentro del límite inferior, evidenciando un excelente desempeño productivo y nutricional.

Por lo tanto, la mejora observada en la conversión alimenticia total en el tratamiento T2 demuestra que la suplementación con fitasa incrementa la eficiencia alimenticia y la utilización de los nutrientes, reduciendo el gasto energético por unidad de ganancia de peso, lo cual es económicamente ventajoso y ambientalmente sostenible.

Tabla 8. Comparación de medias de conversión alimenticia en las cinco etapas de producción

Tratamiento	Conversión alimenticia Inicio	Conversión alimenticia Crecimiento	Conversión alimenticia Desarrollo	Conversión alimenticia Acabado 1	Conversión alimenticia Acabado 2	Conversión alimenticia total
T0	1,42 ^a ± 0,01	1,86 ^a ± 0,01	2,00 ^a ± 0,03	2,67 ^a ± 0,03	2,22 ^a ± 0,01	2,09 ^a ± 0,00
T1	1,35 ^b ± 0,00	1,83 ^a ± 0,01	1,78 ^b ± 0,02	2,01 ^b ± 0,03	2,02 ^b ± 0,01	1,87 ^b ± 0,00
T2	1,29 ^c ± 0,00	1,69 ^b ± 0,02	1,68 ^c ± 0,01	1,90 ^c ± 0,00	1,73 ^c ± 0,00	1,70 ^c ± 0,00
Desv- Estándar	0,06	0,08	0,15	0,38	0,21	0,17
P - valor	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

5.1.4. Mortalidad

En la Tabla se observa que la mortalidad registrada fue baja en todos los tratamientos, con valores de 4% en T0 y T1, y 3% en T2, sin diferencias significativas entre grupos. Estos resultados demuestran que la inclusión de fitasa en niveles de hasta 3 000 FTU/t no afectó negativamente la viabilidad de los pavos durante el periodo experimental.

Tabla 9. Porcentaje de mortalidad

Tratamiento	Aves Iniciales	Aves Muertas	Mortalidad (%)
T0 (1000 FTU)	100	4	4%
T1 (2000 FTU)	100	4	4%
T2 (3000 FTU)	100	3	3%

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t).

La leve reducción observada en el tratamiento T2 podría asociarse a una mejor utilización de los nutrientes minerales especialmente fósforo y calcio, lo cual favorece el equilibrio metabólico, la estructura ósea y la función inmunológica de las aves. Este comportamiento concuerda con los resultados de Comeca Rojas (2018), quien al evaluar diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT reportó una menor tasa de mortalidad en los grupos suplementados, atribuyendo este efecto al mejor aprovechamiento del fósforo fítico y a la reducción de factores antinutricionales.

Por otro lado, Cowieson *et al.* (2017) y Walk *et al.* (2021) respaldan que incluso las superdosis de fitasa no generan efectos adversos sobre la salud o la supervivencia de las aves, siempre que se mantengan adecuados estándares de manejo, bioseguridad y calidad del alimento. Además, Selle y Cowieson (2020) destacan que la fitasa, además de liberar fósforo, reduce el efecto antinutricional del fitato, promoviendo una mejor salud intestinal y fortaleciendo la respuesta inmune. Esto podría explicar, al menos parcialmente, la tendencia observada a una menor mortalidad en el tratamiento T2 (3 000 FTU/t).

Los valores de mortalidad obtenidos (3–4 %) se encuentran dentro del rango recomendado por las guías de desempeño de Aviagen Turkeys (2022) y Hybrid Turkeys (2023), que reportan tasas menores al 5 % en condiciones controladas. Por tanto, los resultados confirman que la inclusión de fitasa en niveles de hasta 3 000 FTU/t no compromete la viabilidad de los pavos y puede considerarse una alternativa nutricional segura, eficiente y ambientalmente sostenible para la producción intensiva.

5.1.5. Rendimiento de Carcasa

Los resultados obtenidos sobre el rendimiento de carcasa se detallan en la Tabla 10, en la cual se evidencian diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Anexo 14). Los tratamientos que incluyeron superdosis de fitasa (T1 y T2) mostraron rendimientos notablemente superiores en comparación con el tratamiento control (T0), que contenía solo la dosis estándar de fitasa. El tratamiento T2, con la mayor inclusión enzimática (3 000 FTU/t), alcanzó

un rendimiento de carcasa de 76,20, seguido por el tratamiento T1 (2 000 FTU/t) con 75,55, mientras que el tratamiento control obtuvo solo un 74,94.

Tabla 10. Comparación de medias peso vivo final, peso de carcasa y rendimiento de carcasa

Tratamiento	Peso vivo (kg)	Peso de carcasa (kg)	Rendimiento de carcasa
T0	9,92 ^c ± 0,15	8,11 ^c ± 0,15	74,94 ^c ± 0,11
T1	11,09 ^b ± 0,16	9,24 ^b ± 0,16	75,55 ^b ± 0,11
T2	12,49 ^a ± 0,44	10,60 ^a ± 0,44	76,20 ^a ± 0,25
Desv- Estándar	1,09	1,06	0,54
P - valor	0,001	0,001	0,001

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Estos resultados evidencian que la suplementación con niveles elevados de fitasa favorece una mayor deposición de tejido muscular y una mejor conversión de los nutrientes en masa corporal aprovechable. La mejora observada puede explicarse por el aumento en la disponibilidad del fósforo y calcio y por la reducción del efecto antinutricional del fitato, lo que optimiza el metabolismo energético y proteico del ave.

Los resultados coinciden con los reportados por Comeca Rojas (2018), quien al evaluar diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT observó incrementos significativos tanto en peso de carcasa como en rendimiento, atribuidos a una mayor absorción de minerales y aminoácidos esenciales.

Asimismo, Huamán y Rivera (2020) demostraron que la inclusión de fitasa en pollos de engorde mejoró el crecimiento y el aprovechamiento de nutrientes, lo cual coincide con la tendencia observada en pavos del presente estudio, reforzando la evidencia de que el uso de fitasa tiene un efecto positivo transversal en distintas especies avícolas.

Al comparar los resultados con los estándares internacionales, se observa que el peso de carcasa del tratamiento T2 (10,60 kg) supera los valores de referencia establecidos por Aviagen Turkeys (2022) y Hybrid Turkeys (2023), que reportan rendimientos de 74–75 % en pavos pesados bajo condiciones óptimas de manejo. Por lo tanto, el tratamiento con 3 000 FTU/t no solo mejoró la eficiencia productiva, sino que permitió superar los parámetros comerciales esperados, lo que representa un beneficio tanto económico como nutricional.

En este contexto, los resultados de la presente investigación respaldan la hipótesis de que el uso de superdosis de fitasa constituye una estrategia nutricional eficiente para mejorar los parámetros productivos en pavos, particularmente el rendimiento de carcasa. Esto tiene implicancias prácticas importantes para la industria avícola, ya que se puede optimizar el uso de los ingredientes de la dieta, reducir los costos de suplementación mineral y disminuir el impacto ambiental asociado a la excreción de fósforo no absorbido.

5.1.6. Deposición de ceniza y relación de calcio-fósforo en tibia por efecto de la superdosis de fitasa

En la tabla 11 se muestran los resultados de los porcentajes de ceniza, calcio (Ca) y fósforo (P) determinadas en la tibia de los pavos al final de la etapa de producción (91 días). Se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Anexos 15, 16 y 17).

Tabla 11. Comparación de deposición de ceniza y relación de Calcio-fósforo en tibia en la etapa final (91 días)

Tratamiento	Ceniza	Calcio total (Ca)	Fósforo total (P)
T0	43,71 ^b \pm 0,17	21,81 ^c \pm 0,01	15,39 ^c \pm 0,01
T1	43,76 ^b \pm 0,39	21,91 ^b \pm 0,02	15,50 ^b \pm 0,01
T2	45,42 ^a \pm 0,11	23,13 ^a \pm 0,01	16,10 ^a \pm 0,01
Desv- Estándar	0,89	0,65	0,34
P - valor	0,009	0,001	0,001

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t). Medias señaladas con diferentes letras evidencian una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Los resultados obtenidos en la etapa final del experimento (91 días) evidencian una mejora significativa en los parámetros de mineralización ósea de los pavos alimentados con superdosis de fitasa (3 000 FTU/t, T2). En este tratamiento se registró el mayor porcentaje de ceniza en tibia (45,42), superando significativamente a los tratamientos T0 y T1, lo cual indica una mayor retención de minerales óseos. Este hallazgo coincide con lo reportado por Walk *et al.* (2021), quienes sostienen que dosis elevadas de fitasa favorecen la degradación completa del fitato, aumentando la liberación de fósforo fítico y promoviendo una mejor absorción de minerales esenciales como el calcio y el fósforo.

En cuanto al contenido de calcio total en tibia, se evidenció una diferencia significativa entre tratamientos, siendo más elevado en T2 (23,13%). Este resultado está en línea con estudios recientes que indican que la hidrolización del fitato por acción de fitasas permite una mayor disponibilidad de calcio para ser utilizado en procesos metabólicos y de mineralización ósea (Shastak *et al.*, 2019). El fitato, en su forma no degradada, puede formar complejos insolubles con cationes divalentes como Ca, limitando su absorción intestinal; sin embargo, su desfosforilación progresiva por fitasas reduce este efecto antinutricional (Cowieson *et al.*, 2017).

De igual modo, el tratamiento T2 presentó un mayor contenido de fósforo total en tibia (16,10%), con diferencias estadísticas significativas respecto a T1 y T0. Este resultado sugiere que la mayor inclusión de fitasa no solo mejora la liberación de fósforo ligado al fitato, sino que también potencia su absorción y depósito en el tejido óseo. Según Rutherford *et al.* (2020), la inclusión de fitasa a niveles superiores a los requerimientos estándar puede maximizar la biodisponibilidad del fósforo en dietas vegetales, reduciendo la necesidad de suplementación inorgánica y mejorando el desempeño zootécnico y estructural de las aves.

Los presentes resultados permiten afirmar que la inclusión de 3 000 FTU/t de fitasa en la dieta mejora significativamente la mineralización de tibias en pavos, lo cual tiene implicancias directas en la salud ósea, el bienestar animal y el rendimiento productivo. Además, refuerzan la estrategia de utilizar superdosis de fitasa como herramienta nutricional sustentable, reduciendo costos de

suplementación mineral y minimizando el impacto ambiental por excreción de fósforo (Selle & Cowieson, 2020).

Asimismo, los resultados concuerdan con lo reportado por Comeca Rojas (2018), quien, al evaluar el efecto de diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT, observó un aumento significativo en los niveles de calcio y fósforo en tibia conforme se incrementaba la actividad enzimática de la fitasa. El autor atribuyó este efecto a la capacidad de la fitasa para hidrolizar los complejos fitato-mineral, favoreciendo la disponibilidad de fósforo y calcio en el intestino.

5.1.7. Evaluación del mérito económico

5.1.7.1. Costo de alimentación

El costo de alimentación se observa en la tabla 12, en el cual está el costo promedio de alimentación por tratamiento y por unidad de pavo. El tratamiento T2 obtuvo un menor costo de alimentación de S/. 62.97, seguido por el tratamiento T1 con S/. 62.99 y por último el tratamiento T0 se tuvo un costo de alimentación mayor de S/. 63.15; no obstante, la variación de costos es baja, siendo así que lo que elevo este punto es el consumo que se obtuvo en los diferentes tratamientos.

Este nivel de costo suele ser ligeramente superior al que suele registrarse para la crianza tecnificada en zonas costeras, donde se suelen registrar menores costos de producción debido al menor costo de los alimentos utilizados para su preparación, suelen estar generalmente entre S/ 50.00 por S/. 60.00 (Reyes, 2014).

Asimismo, se considera que no hubo variación de precio del alimento con mayor cantidad de fitasa, de modo que estos no influyeron en el costo total de alimento.

Tabla 12. Costo de alimentación por tratamiento y por unidad de pavo

Tratamiento	Consumo de balanceado, kg	Costo/kg (S/.)	Costo de alimentación (S/.)
T0	21,050	3,00	63,15
T1	20,996	3,00	62,99
T2	20,989	3,00	62,97

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t).

Es importante señalar que, en el presente trabajo de investigación, los costos evaluados corresponden exclusivamente a la alimentación de las aves, los cuales representaron aproximadamente el 50.58 % del costo parcial total. Este componente es el más representativo dentro de los costos de producción avícola, ya que el alimento constituye entre el 60 % y 70 % del costo total de crianza (INIA, 2020).

5.1.7.2. Merito económico

Al observar la tabla 13, se puede apreciar que el mejor indicador del mérito económico es el de la dieta con 3 000 FTU/t de fitasa (tratamiento T2) con 211.13 %, seguido por la dieta formulada con 2 000 FTU/t de fitasa (T1) con 186.11 % y por último la dieta basal formulada con 1 000 FTU/t de fitasa (T0) con 167.90

%. Los mejores resultados se obtuvieron con la mayor dosis de fitasa evaluada en este estudio, siendo así que existe un menor consumo de alimento en el tratamiento T2, Estos datos explican el alto retorno económico por unidad de alimento invertido, resultado de la eficiencia biológica y productiva obtenida con la inclusión de fitasa.

Tabla 13. Mérito económico por tratamiento y por unidad de pavo

Tratamiento	Valor inicial (S/.)	Peso final/ kg carcasa	Precio/ kg (S/.)	Valor final (S/.)	Costo de alimentación	Mérito económico %
T0	12,50	9,250	18,00	166,50	63,15	167,90
T1	12,50	10,395	18,00	187,11	62,99	186,11
T2	12,50	11,785	18,00	212,13	62,97	211,13

Leyenda: T0: Dieta con 1 000 FTU/t (100 g/t); T1: Dieta con 2 000 FTU/t (200 g/t); T2: Dieta con 3 000 FTU/t (300 g/t).

El mérito económico es un indicador integral que relaciona los ingresos obtenidos por la venta de la canal con los costos totales de producción, principalmente los alimenticios. Un valor superior al 100 % indica que la producción no solo cubre los costos de inversión, sino que además genera utilidad neta, lo cual refleja la eficiencia económica del sistema productivo.

Cabe mencionar que el costo por unidad de producción puede variar dependiendo del costo de las materias primas necesarias para la producción, por ejemplo, el costo de los pavos BB en la granja, la cantidad de alimento consumido en el proceso de cría, el costo de los medicamentos, vacunas, desinfectantes,

gastos generales e incidentales como agentes, material de cama, mano de obra, etc.

Asimismo, el valor de venta de cada pavo se determina con base en el peso promedio de la carcasa, en el caso del tratamiento T2 se obtuvo un peso promedio de carcasa de 11,785kg y el precio unitario de S/. 18.00 por cada kilogramo de peso de carcasa, la cual fue comercializada bajo la presentación en fresco post beneficio, extracción de plumas y sangría, retiro de intestinos; pero incluyéndose vísceras, cabeza, cuello y patas (Anexo 19). Este aspecto especial de los productos disponibles comercialmente suele ser característico sólo cuando se comercializan y venden frescos, y difiere del aspecto tradicional, es decir, cuando se venden congelados, además de carcasas enteras, con corazón, molleja, hígado y patas; lo que a su vez determina el nivel de precios de venta, que es ligeramente inferior en su forma congelada (SENASA, 2021).

La fitasa favorece la liberación del fósforo ligado al fitato y mejora la utilización del calcio, energía y aminoácidos, reduciendo la excreción de nutrientes y optimizando la conversión alimenticia (Cowieson *et al.*, 2017; Selle & Cowieson, 2020). De este modo, las aves logran mayor peso vivo, mejor rendimiento de canal y menor costo por kilogramo producido, lo que se traduce en mayores ingresos netos. De acuerdo con Comeca Rojas (2018), la adición de fitasa en dietas de pavos de la línea BUT incrementó la rentabilidad por unidad de alimento consumido hasta en un 20 % adicional, al mejorar la eficiencia de utilización del fósforo y la energía metabolizable.

Por su parte, Walk *et al.* (2021) señalaron que la suplementación con superdosis de fitasa (hasta 3 000 FTU/t) no solo mejora los parámetros productivos, sino que aumenta el retorno económico, al generar más kilogramos de carne comercializable sin elevar el costo total de alimentación.

En conjunto, el hecho de que el mérito económico sobrepase el 100 % demuestra que la producción es altamente rentable, y que los tratamientos con 2 000 y 3 000 FTU/t de fitasa ofrecen un mayor beneficio económico neto en comparación con el nivel convencional, confirmando la eficiencia técnica y económica de la enzima en la alimentación de pavos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir lo siguiente:

- La suplementación con una superdosis de fitasa de 3 000 FTU/t demostró un impacto positivo en cuanto a los parámetros productivos evaluados, durante las diferentes fases de inicio, crecimiento, desarrollo, acabado 1 y acabado 2, los pavos alimentados bajo este tratamiento registraron la mayor ganancia de peso total (12 364,6 g), asimismo se obtuvo menor consumo de alimento (20 989 g) y la conversión alimenticia más baja (1,70), lo que traduce un uso más racional del pienso y menores costos operativos por unidad de carne producida.
- El tratamiento con 3 000 FTU/t promovió la mineralización ósea en un grado superior al de las dosis convencionales. La deposición de ceniza en tibia alcanzó un 45,42, mientras que las concentraciones de calcio y fósforo en el hueso se situaron en 23,13 y 16,10, respectivamente. Estos indicadores reflejan una mayor biodisponibilidad de minerales esenciales, gracias a la capacidad de la fitasa para liberar tanto fósforo como compuestos que mejoran la retención de calcio.
- El análisis de costos y beneficios reveló que el uso de 3 000 FTU/t de fitasa no solo mejora los indicadores productivos y de salud ósea, sino

que también incrementa notablemente la rentabilidad. El mérito económico calculado para este tratamiento fue de 211,13 %, superando con creces las cifras obtenidas con dosis menores.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de superdosis de fitasa a 3 000 FTU/t en la alimentación de pavos machos, debido a que este nivel presentó los mejores resultados productivos, reflejados en una mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, menor consumo de alimento, mejor rendimiento de carcasa y una mayor rentabilidad económica del sistema de producción.
- Se sugiere desarrollar nuevas investigaciones que evalúen la respuesta productiva de pavas ante la inclusión de 3 000 FTU/t de fitasa, con el fin de determinar posibles diferencias fisiológicas y metabólicas respecto a los machos.
- Es recomendable evaluar la eficacia de la superdosis de fitasa (2 000 y 3 000 FTU/t) en diferentes pisos altitudinales, considerando que factores ambientales como la presión atmosférica, temperatura y disponibilidad de oxígeno pueden influir en la digestibilidad de nutrientes y el comportamiento zootécnico de las aves.
- Se plantea la necesidad de realizar estudios que incluyan dosis superiores a 3 000 FTU/t de fitasa en dietas para pavos, con el propósito de explorar límites de respuesta fisiológica, seguridad nutricional y posibles mejoras adicionales en los parámetros productivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A., & Cardenas, M. (2006). El fósforo en la alimentación de las aves. *Obtenido de Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA): <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2006/REVISTA%2001/20%20EL%20FOSFOR.pdf>*.
- Adeola, O., & Cowieson, A. J. (2011). Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 89(10), 3189–3215. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3715>.
- AGROPERU. (2022). DSM lanza nueva generación de fitasa para aves y cerdos. *Ciencia e Innovación, Noticias*.
- Alfaro, C. (2016). Determinación de parámetros productivos en pavos hembras (*Meleagris gallopavo*) en la etapa de crecimiento y acabado-Ayacucho a 2750 m.s.n.m. *Tesis*.
- Almeida Paz, I. C.-F. (2008). Effect of heat stress on carcass characteristics and bone mineralization of broiler chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 10(2), 117–123. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2008000200008>.
- Alvarez, A. (2002). Fisiología Comparada de los Animales Domésticos UNAH. *La Habana.*, pp. 234 – 250.
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis 16th edition. Official Method 965.17,. *Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA*.
- Aplegate, T. J. (2002). Bone development in meat-type turkeys: The influence of genetics and nutrition. *Poultry Science*, 81(7), 988–995. .
- Austic, R., & Nesheim, M. (1994). Producción avícola. México. *D.F.: Manual Moderno*.
- Avenews. (2014). Fitasas y Mioinositol, mejorando la eficiencia en la producción avícola. *Revista Avenews*.

- Aviagen Turkeys. (2022). Aviagen Turkeys. (2022). B.U.T. 6 Performance Objectives. Aviagen Turkeys Ltd. <https://www.aviagenturkeys.com>. *B.U.T. 6 Performance Objectives. Aviagen Turkeys Ltd.*, <https://www.aviagenturkeys.com>.
- Bailey, C. A. (1986). Effects of graded levels of dietary phosphorus on bone mineralization in the very young poult. *Poult. Sci.* 65:1018.
- Bassi, L. T. (2021). High doses of phytase on growth performance, bone mineralization, diet utilization, and plasmatic myo-inositol of turkey poults.
- Baumel, J. J. (1993). Handbook of avian anatomy: Nomina anatomica avium (2nd ed.). Cambridge, MA: Nuttall Ornithological Club. (Eds.).
- Bouda, M. (2013). Efecto de diferentes niveles de fitasa microbiana en dos diferentes dietas una a base de trigo y la otra a base de centeno en presencia o no de fitasa endogena. (Tesis de Master). Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Buckner, R. W. (1950). Methods for the study of bone ash in poultry. Poultry Science, 29(5), 602–610. <https://doi.org/10.3382/ps.0290602>.
- Caballero Celan, J. M. (2018). Utilizacion de fitasas en la alimentacion de no rumiantes. *Articulo*.
- Camiruaga, M. G. (2001). Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maíz o triticales. *Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile.*, 28 (1): 23-36.
- Casso, R., & Montero, R. (1995). Factores antinutricionales en la alimentación de animales monogástricos. 190.121.143.77.
- Comeca Rojas, R. (2018). Evaluación del efecto de diferentes tipos de fitasa en pavos de la línea BUT . [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cowieson. (2014). Animal Production Science –Published online. *Avinews*.

- Cowieson, A. (2011). Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *Copyright © Asociación Mundial de Ciencias Avícolas.*
- Cowieson, A. J. (2004). The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 45: 101–108.
- Cowieson, A. J., & Bedford, M. R. (2017). Phytate and phytase: Implications for protein utilization by poultry. *Poultry Science*, 96(2), 423–430. <https://doi.org/10.3382/ps/pew282>.
- Cowieson, A. J., & Ravindran, V. (2019). Phytate and phytase: Implications for nutrient utilization and bone mineralization in monogast.
- Cumpa, M. (2010). “Crianza y Manejo de Pavos de Carne”. *U.N.A.L.M, Facultad de zootecnia. Lima – Perú.*
- Dersjant-Li, Y. A. (2020). Phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 270, 114708. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114708>.
Animal Feed Science and Technology, 270, 114708. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114708>.
- Doyle, L., Herzig, C., Robbins, K., & Vázquez, M. (2000). Anatomy and physiology of the digestive system of poultry. *University of Illinois Extension*.
- FAO. (2023). Producción y productos avícolas. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>.
- FEDNA. (2002). Nutricion y alimentacion de pavos de engorde . *XVIII CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA*.
- FEDNA, F. E. (2019). Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos (4.^a ed.). *Madrid, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.*
- Firman, J. D. (1994). Nutritional modeling for poultry: Applications and limitations. . *Poultry Science*, 73(10), 1653–1660. <https://doi.org/10.3382/ps.073165>.

- Frontela, C., & Martínez, A. (2008). Empleo de fitasas como ingrediente funcional en alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3), 215–220.
- García, L. (2018). Evaluación morfométrica de huesos largos en pavos de engorde alimentados con dietas suplementadas con minerales. . *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*.
- Gómez, A. M., & Pérez, J. (2021). Gómez, A., Martínez, L., & Pérez, J. (2021). Metodología de la investigación cuantitativa en ciencias aplicadas. *Editorial Académica Española*.
- Hernández-Sampieri, R. &. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. (6.^a ed.). *McGraw-Hill*.
- Huamán, L., & Rivera, P. (. (2020). Efecto de diferentes niveles de fitasa sobre el aprovechamiento del fósforo y el calcio en pollos de engorde [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. *Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión*.
- Huamán, R. (2019). Relación calcio-fósforo y su efecto en la resistencia ósea de pavos (*Meleagris gallopavo*) en etapa de crecimiento. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
- Hybrid Turkeys. (2023). Performance Goals for Heavy Turkey Males and Females. . *Hendrix Genetics*. <https://www.hybridturkeys.com>.
- INEI. (2024). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Sistema de Consulta de Centros Poblados. *Recuperado de: https://www.inei.gob.pe*.
- INIA, I. N. (2020). Instituto Nacional de Innovación Agraria, Costos de producción pecuaria en el Perú. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*.
- INTEGRA. (2021). Pavo. *Fondo Europeo de Desarrollo Regional*.
- Jimenez, M. (2002). "Taxonomía del pavo. El zoológico electrónico". *Recuperado de <http://: www. damisela. com/zoo/taxa. htm>*.

- Jongbloed, e. (1993). The effects of feed additives as substitutes for performance enhancers in pig production. *Report No. 8. Ed. Forschungsber. F.H. Soest. Faculty of Agriculture. Alemania.*
- Leeson, S., & Summers, J. D. (2001). Nutrition of the turkey (2nd ed.). *University Books.*
- Liebert, F. (1993). Enzyme use in soy-based diets. *Proc. 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition. Eds. C. Wenk y M. Boessinger, 202.*
- Lim, H. (2024). Effect of dietary phytase supplementation on growth performance, blood parameters, and nutrient excretion in broiler chickens fed low-phosphorus and calcium diets. *Poultry Science*, 103(1), 102147. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102147>.
- Liu, S. B., Wang, L. X., Zhang, Q., & Wang, J. (2022). Effects of dietary calcium and phosphorus levels on tibia characteristics in broilers. *Poultry Science*, 101(4), 101724. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101724>.
- Marbey, S. (1998). Influence of dietary phosphorus on performance of laying hens. *Feedstuffs*, 70:1.
- Marks, H. L. (1984). roles of protein level and diet form in water consumption and abdominal fat pad deposition of broilers. *Poult. Sci.* 63:1617.
- Mavromichalis, I. (2017). Mejorar la eficiencia alimenticia del pollo más allá de la genética. *BROILERS & TURKEYS.*
- Mckee, T. (2013). Bioquímica. *Journal of Chemical Information and Modeling.*
- Medina. (2003). Enzimas Exógenas Utilizadas en la Alimentación de los Animales Domésticos. *Universidad autonoma agraria, Buenavista.*, Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5906/T13807>.
- Medway, W. a. (1959). Water metabolism of the growing domestic fowl with special reference to water balance. *Poult. Sci.* 38:631.

- MIDAGRI. (2021). Se ofertarán 2.1 millones de pavos para atender demanda por festividades de Navidad y Año Nuevo. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/70131-se-ofertaran-2-1-millones-de-pavos-para-atender-demanda-por-festividades-de-navidad-y-ano-nuevo>.
- MIDAGRI. (2022). La oferta de pavos en fiestas de Navidad y Año Nuevo será de 1,75 millones de pavos. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/679126-la-oferta-de-pavos-en-fiestas-de-navidad-y-ano-nuevo-sera-de-1-75-millones-de-pavos>.
- MIDAGRI. (2023). “Producción y Comercialización de Productos Avícolas”. *Boletín estadístico mensual*.
- MIDAGRI. (2023). Produccion y comercializacion de productos avicolas. *Boletín estadístico mensual*.
- Molina, M. A. (2013). Determinacion de solubilidad de carbonato de Calcio, conchuela y su evaluacion biologica en pollos de carne. *Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Post Grado, Maestria en Nutricion*.
- Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments (9th ed.). *John Wiley & Sons*.
- Moran, E. T. (1985). Aspects of fat metabolism important to performance in fowl. *P. 18 in Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference. Fayetteville, Ark.: University of Arkansas*.
- Moreno, E. (2024). Fitasa microbiana: versatilidad y disponibilidad de fósforo. *NutriNews*. <https://nutrinews.com/fitasa-microbiana-versatilidad-disponibilidad-fosforo/>.
- National Academy Press. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. *Ninth Revised Edition*.
- National Academy Press. . (1994). Nutrient requirements of poultry (9th rev. ed.).
- NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry . *Ninth Revised Edition*.

- Pino, P. (2019). Parámetros productivos y valoración económica de la crianza de pavos de la línea BUT (*Meleagris gallopavo*).
- Pirgozliev, & Oduguwa, T. A. (2007). Diets Containing *Escherichia coli*-Derived Phytase on Young Chickens and Turkeys: Effects on Performance, Metabolizable Energy, Endogenous Secretions, and Intestinal Morphology. *Poultry Science*.
- Pirgozliev, V. M. (2012). The effect of supplementary bacterial phytase on dietary metabolisable energy, nutrient retention and endogenous losses in precision fed broiler chickens. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*
- Plazas, A. S. (2011). Research and use of phytase in poultry farming. *Revista Spei Domus*, 7(15): 47-54.
- Produss. (2024). Pavo bebé Nicholas Select.
- Ravidran, & et.al. (1995). An evaluation of various response criteria in assessing biological availability of phosphorus for broilers. *Poultry Science*, 74:1820.
- Reyes, J. (. (2014). Análisis económico de la producción avícola en regiones altoandinas y costeras del Perú. . *Editorial Universitaria del Perú*.
- Rodehutscord, M. (2011). Avances en la valoración del fósforo en aves. *XXVII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España*, pp.237-246. .
- Rostagno, H. S. (2017). Tablas brasileñas para aves y cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales (4.^a ed.). *Universidad Federal de Viçosa*.
- Rutherford, S. M., Chung, T. K., Thomas, D. V., Zou, M., & Moughan, P. J. (2020). Effect of high levels of phytase supplementation on mineral and amino acid digestibility in poultry. *Poultry Science*, 99(1),. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.08.040>, 462–469.
- Sampiere H, R. (2003). Metodología de la investigacion. *Mcgranw-Hill Interamerica. Mexico*.

- Sanchez, A. (2018). Evaluacion el efecto de tres nivelesde fitasa en pollos broilers, en la fase de crecimiento y acabado en el canton Babahoyo. *Universidad Tecnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias*.
- Scott, M. (1987). The Nutrition of the Turkey. *M.L. Scott of Ithaca. Ithaca, New York*.
- Selle, P. H., & Bryden, W. L. (2012). Phytate and phytase: Consequences for protein utilization. *Nutrition Research Reviews*, 25(2), 206–220. <https://doi.org/10.1017/S0954422412000137>.
- Selle, P. H., & Cowieson, A. J. (2020). Phytase and phytate interactions: Effects on the nutritional and environmental outcomes of poultry production.
- Selle, P. H., & Ravindran, V. (2007). Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 135(1–2), 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.12.007>.
- SENAMHI. (2023). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Clima del distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, Cusco. <https://www.senamhi.gob.pe>.
- SENASA. (2011). Servicio Nacional de Sanidad Agraria. *Guía de buenas prácticas avícolas: Faenamiento (Guía N.º 5). Ministerio de Agricultura del Perú*. <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Setiembre/09/RD-154-2011-AG-SENASA-DIAIA-GUIA-5.pdf>.
- Sens, R. F., Silva, D. R., Kessler, A. M., & Ribeiro, A. M. (2021). Effect of high doses of phytase on performance, mineral metabolism, and bone mineralization in turkey poult. *Poultry Science*, 100(3), 100935. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.001>.
- Shastak, Y., Witzig, M., Hartung, K., & Rodehutscord, M. (2019). Phytate degradation in broilers as influenced by dietary phytase, calcium and phosphorus concentrations, and their interactions. *Poultry Science*, 98(9), 3976–3986. *h*

- Silva, Y. F. (2020). Sample size calculation in animal experiments: A review. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 22(3), 1-10. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1305>.
- Sistani, A. A., & Riasi, A. (2024). Effect of phytase supplementation on bone mineralization in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 33(1), 100326. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100326>.
- Soto-Salanova, Y. C. (2012). Superdosificación de fitasas ¿mito o realidad? *AB Vista, Marlborough, Wiltshire United Kingdom SN8 4AN*.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Tupayachi, A. (2009). Evaluación de aminoácidos totales y digestibles en la alimentación de pavos utilizando una dieta basal. . *[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]*.
- UNALM. (2021). "Evaluacion de los indices productivos de tres lineas geneticas de pavos de carne en condiciones comerciales". *Universidad Agraria La Molina, Facultad de Zootecnia, Departamento Academico de Produccion animal*.
- Valente Junior, D. T. (2024). Valente Junior, D. T., Genova, J. L., Kim, S. W., Saraiva, A., & Rocha, G. C. (2024). Carbohydrases and phytase in poultry and pig nutrition: A review beyond the nutrients and energy matrix. *Animals*, 14(2), 226. . <https://doi.org/10.3390/ani14020226> *mdpi.com*.
- Vielma, A. A., Reyna, E. N., Iliná, A., Álvarez, G. M., & Lozano, J. G. (2013). Aspectos fundamentales de las fitasas. *Investigación y Ciencia*, 21(57). p. 58-63.
- Vilchez, P. C., & Otavio, S. J. (2014). Importancia de las Enzimas en la Nutrición Avícola. *Actualidad Avipecuaria*, <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/importancia-de-las-enzimas-en-la>.

- Viveros, A. A. (2002). Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. *Poult.*
- Waldroup, Kersey, Crum, & Raboy. (2000). Non phytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broilers chicks fed diets composed of normal or high available phosphorus corn with and without microbial phytase. *Poultry Science*,
- Walk, C. L., & Bedford, M. R. (2021). Phytase effects beyond phosphorus release: Where do we go from here? *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114921.
- Walk, C. L., & Rama Rao, S. V. (2018). Effect of high doses of phytase on growth performance and ileal digestibility of amino acids in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(3), 365–375. .
<https://doi.org/10.3382/japr/pfy015>.
- Walk, S. T. (2014). Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. *NIH Nacional Library Medicine*.
- Zambrano, J. (2013). Niveles de fitasa en la alimentacion de pollos de carne en la etapa de inicio, crecimineto y acabado. *Universidad Tecnica de Quevedo, Quevedo*.

ANEXOS

Anexo 1. Registro de peso (g) día de la recepción

N° de pavos	CONTROL DE PESO (g) DIA DE LA RECEPCIÓN					
	T0		T1		T2	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	49	51	52	53	50	50
2	52	50	52	56	52	56
3	52	52	51	50	56	53
4	50	56	54	50	54	50
5	53	54	54	53	53	50
6	50	53	54	51	50	50
7	51	50	56	54	56	53
8	50	52	55	54	50	51
9	52	50	55	52	52	54
10	56	52	51	51	55	54
11	54	56	52	52	55	50
12	53	54	52	55	51	56
13	50	53	55	55	52	50
14	53	53	54	54	52	52
15	51	51	54	54	55	56
16	53	52	54	54	54	54
17	52	54	50	56	51	53
18	52	52	56	51	53	50
19	51	51	53	55	52	52
20	55	52	52	51	51	56
21	54	50	50	52	53	54
22	53	55	52	52	52	54
23	56	53	56	52	52	54
24	51	50	54	56	53	56
25	50	55	54	54	55	55

N° de pavos	CONTROL DE PESO (g) DIA DE LA RECEPCIÓN					
	T0		T1		T2	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
26	56	51	54	54	54	55
27	53	52	50	54	53	53
28	50	52	53	50	56	50
29	52	56	56	56	52	56
30	50	54	51	53	55	52
31	53	52	50	52	55	53
32	51	51	52	53	54	50
33	54	52	54	53	53	55
34	54	52	53	52	55	51
35	52	50	51	54	51	52
36	51	54	51	52	52	52
37	52	50	54	55	54	56
38	50	54	54	55	54	55
39	53	50	52	51	51	52
40	52	56	51	50	52	52
41	56	53	52	50	52	50
42	51	53	55	52	56	53
43	54	55	51	56	53	55
44	54	56	52	54	50	51
45	56	54	52	54	54	50
46	55	54	55	54	54	52
47	55	54	54	50	52	53
48	53	51	55	55	51	53
49	52	55	54	55	53	52
50	56	55	54	55	55	54

Anexo 2. Estadística descriptiva de peso vivo por pavo, por tratamiento y por etapa

Evaluación de peso vivo (por etapa)	Código	Promedio de pesos (g)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso inicial (registro de peso a la llegada)	T0	52,7	1,9	49,0	56,0
	T1	53,1	1,8	50,0	56,0
	T2	52,9	1,9	50,0	56,0
Inicio	T0	651,0	37,3	566,0	744,0
	T1	664,7	30,9	589,0	775,0
	T2	694,2	44,8	610,0	778,0
Crecimiento	T0	2 306,1	93,5	2 100,0	2 500,0
	T1	2 351,0	116,9	2 100,0	2 800,0
	T2	2 515,2	219,2	2 200,0	2 700,0
Desarrollo	T0	4 006,4	253,9	2 900,0	4 500,0
	T1	4 262,8	174,1	3 900,0	4 800,0
	T2	4 535,1	157,1	4 300,0	5 000,0
Acabado 1	T0	5 765,6	204,0	5 100,0	6 300,0
	T1	6 591,3	559,6	5 900,0	7 200,0
	T2	7 005,4	187,7	6 700,0	7 400,0
Acabado 2	T0	9 837,0	245,7	9 000,0	10 500,0
	T1	11 068,0	244,0	10 500,0	11 800,0
	T2	12 216,0	427,0	11 500,0	13 000,0

Anexo 3. Estadística descriptiva de ganancia de peso, por tratamiento y por etapa

Evaluación de ganancia de peso (por etapa)	Código	Promedio (g)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Inicio	T0	636,9	0,4	636,6	637,1
	T1	668,7	1,1	667,9	669,4
	T2	697,0	0,0	697,0	697,0
Crecimiento	T0	1 616,2	5,5	1 612,3	1 620,1
	T1	1 629,3	6,8	1 624,5	1 634,1
	T2	1 765,0	18,2	1 752,1	1 777,9
Desarrollo	T0	1 703,2	25,0	1 685,5	1 720,9
	T1	1 912,0	25,7	1 893,8	1 930,1
	T2	2 019,7	20,4	2 005,3	2 034,1
Acabado 1	T0	1 756,0	17,8	1 743,4	1 768,6
	T1	2 330,6	32,0	2 308,0	2 353,2
	T2	2 469,5	1,0	2 468,8	2 470,2
Acabado 2	T0	4 073,4	31,5	4 051,1	4 095,7
	T1	4 475,2	11,0	4 467,4	4 483,0
	T2	5 211,9	4,8	5 208,5	5 215,3

Anexo 4. Estadística descriptiva de consumo de alimento, por tratamiento y por etapa

Evaluación de consumo (por etapa)	código	Promedio (g)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Inicio	T0	905,2	7,0	900,4	910,0
	T1	902,7	3,3	900,3	905,0
	T2	898,5	2,1	897,0	900,0
Crecimiento	T0	3 009,0	1,4	3 008,0	3010,0
	T1	2 975,0	35,4	2 950,0	3000,0
	T2	2 988,0	2,8	2 986,0	2990,0
Desarrollo	T0	3 411,0	1,4	3 410,0	3 412,0
	T1	3 404,0	2,8	3 402,0	3 406,0
	T2	3 397,0	1,4	3 396,0	3 398,0
Acabado 1	T0	4 693,1	4,4	4 690,0	4 696,0
	T1	4688,0	1,4	4 687,0	4 689,0
	T2	4 681,0	1,4	4 680,0	4 682,0
Acabado 2	T0	9 032,0	2,8	9 030,0	9 034,0
	T1	9 026,0	2,1	9 025,0	9 028,0
	T2	9 024,0	2,2	9 023,0	9 026,0
Total	T0	21 050,0	5,2	21 047,0	21 054,0
	T1	20 996,0	39,3	20 968,0	21 024,0
	T2	20 989,0	9,9	20 982,0	20 996,0

Anexo 5. Estadística descriptiva de conversión alimenticia, por tratamiento y por etapa

Evaluación de conversión alimenticia (por etapa)	código	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Inicio	T0	1,421	0,011	1,413	1,429
	T1	1,350	0,006	1,345	1,355
	T2	1,289	0,003	1,286	1,291
Crecimiento	T0	1,861	0,005	1,857	1,865
	T1	1,825	0,014	1,816	1,835
	T2	1,693	0,019	1,679	1,706
Desarrollo	T0	2,002	0,028	1,982	2,023
	T1	1,780	0,022	1,764	1,796
	T2	1,682	0,016	1,670	1,693
Acabado 1	T0	2,672	0,029	2,651	2,693
	T1	2,011	0,027	1,992	2,030
	T2	1,895	0,001	1,895	1,895
Acabado 2	T0	2,217	0,017	2,204	2,230
	T1	2,017	0,005	2,013	2,020
	T2	1,731	0,001	1,730	1,732

Anexo 6. Estadística descriptiva de rendimiento de carcasa, por tratamiento

Evaluación	Código	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso vivo	T0	9,92	0,147	9,7	10,2
	T1	11,085	0,16	10,8	11,3
	T2	12,495	0,437	1,5	13
Peso de carcasa	T0	8,11	0,147	7,89	8,39
	T1	9,235	0,159	8,95	9,45
	T2	10,605	0,437	9,61	11,11
Rendimiento de carcasa	T0	74,935	0,114	74,763	75,15
	T1	75,551	0,107	75,359	75,693
	T2	76,203	0,254	75,613	76,485

Anexo 7. Estadística descriptiva de rendimiento retención de ceniza y relación de Ca y P

Evaluación	Código	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Ceniza	T0	43,708	0,070	43,659	43,758
	T1	43,760	0,398	43,479	44,042
	T2	45,424	0,117	45,341	45,507
Calcio (Ca)	T0	21,815	0,011	21,807	21,824
	T1	21,911	0,017	21,898	21,923
	T2	23,133	0,005	23,129	23,137
Fosforo (P)	T0	15,387	0,015	15,375	15,398
	T1	15,504	0,007	15,498	15,509
	T2	16,100	0,015	16,089	16,110

Anexo 8. Registro de porcentaje mortalidad por etapa y tratamiento

Evaluación de mortalidad	Códigos	N° de pavos muertos
Inicio	T0	1
	T1	2
	T2	0
Crecimiento	T0	1
	T1	2
	T2	1
Desarrollo	T0	2
	T1	2
	T2	2
Acabado 1	T0	3
	T1	4
	T2	3
Acabado 2	T0	4
	T1	4
	T2	3

Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de peso vivo inicial

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	9,33	4,663	1,33	0,267
Error	297	1 045,11	3,519		
Total	299	1 054,44			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T1	100	53,080	A
T2	100	52,900	A
T0	100	52,650	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 10. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de peso vivo en la etapa de Acabado 2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	261866169	130933084	1295,21	0,001
Error	274	27698741	101090		
Total	276	289564910			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	96	12 216,1	A
T1	96	11 068,5	B
T0	97	9 837,0	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de ganancia de peso total

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	5341418	2670709	42 934,82	0,001
Error	3	187	62		
Total	5	5341605			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	2	12 364,6	A
T1	2	11 249,8	B
T0	2	10 054,0	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de consumo de alimento total

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	4 495	2 247,6	4,04	0,141
Error	3	1 671	5 56,9		
Total	5	6 166			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T0	2	21 050,3	A
T1	2	20 996,2	A
T2	2	20 989,0	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 13. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de conversión alimenticia total

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	0,158143	0,079071	20236,21	0,001
Error	3	0,000012	0,000004		
Total	5	0,158154			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T0	2	2,09374	A
T1	2	1,86636	B
T2	2	1,69750	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de rendimiento de carcasa sin cabeza, cuello, patas y vísceras

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	96,436	48,2181	332,91	0,001
Error	57	8,256	0,1448		
Total	59	104,692			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	20	84,856	A
T1	20	83,3075	B
T0	20	81,7502	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey de deposición de ceniza en tibia en la etapa final de producción (91 días)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	11,6014	5,8007	32,26	0,009
Error	3	0,5394	0,1798		
Total	5	12,1408			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	2	50,741	A
T1	2	47,837	B
T0	2	47,7465	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 16. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey del contenido de Calcio total (Ca) en tibia en la etapa final

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	3,28930	1,64465	7 048,50	0,001
Error	3	0,00070	0,00023		
Total	5	3,29000			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	2	15,4350	A
T1	2	13,9250	B
T0	2	13,8100	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 17. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey del contenido de Fosforo total (P) en tibia en la etapa final

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	0,487033	0,243517	1623,44	0,001
Error	3	0,000450	0,000150		
Total	5	0,487483			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	2	7,6900	A
T1	2	7,14500	B
T0	2	7,0400	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 18. Análisis de varianza y comparación de medias Tukey del rendimiento de carcasa para calcular el mérito económico (incluyendo cabeza, cuello, patas y vísceras)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor f	Valor p
Tratamientos	2	11,370	5,68496	280,02	0,001
Error	57	1,157	0,02030		
Total	59	12,527			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	n	Media	Agrupación
T2	20	94,3109	A
T1	20	93,7741	B
T0	20	93,2446	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 19. Rendimiento de carcasa post beneficio, incluyendo cabeza, cuello, patas y vísceras

Tratamiento	Peso vivo (kg)	Peso de carcasa (kg)	Rendimiento de carcasa (%)
T0	9,920 ^c ± 0,147	9,250 ^c ± 0,147	93,244 ^c ± 0,099
T1	11,085 ^b ± 0,159	10,395 ^b ± 0,159	93,774 ^b ± 0,089
T2	12,495 ^a ± 0,437	11,785 ^a ± 0,437	94,247 ^a ± 0,551
Desv- Estándar	1,097	1,081	0,460
P - valor	0,001	0,001	0,001

ANEXO DE FIGURAS

Figura 5. Limpieza de los exteriores de las instalaciones del galpón



Figura 6. Preparación del interior del galpón haciendo uso de la tela arpillera como cortina y el piso (cama) con cascarilla de arroz



Figura 7. Preparación de comederos, bebederos, pasada con lanzallamas y uso del termohidrómetro para el monitoreo de la temperatura



Figura 8. Recepción y registro de peso de pavos BB



Figura 9. Distribución de los pavitos



Figura 10. Registro de peso y consumo semanal



Figura 11. Despique de pavos



Figura 12. Ampliación del galpón, desinfección y cambio a comederos de aluminio tipo tolva



Figura 13. Mezclada y ensacado de alimento para cada tratamiento experimental



Figura 14. Registro de peso de pavos antes del beneficio



Figura 15. Beneficio de pavos



Figura 16. Pesado de carcasa



Figura 17. Análisis de muestras en laboratorio

