

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



TESIS

**EFFECTOS DE LA FITASA DIETARIA SOBRE EL CRECIMIENTO Y EFICIENCIA
ALIMENTICIA DEL PATO DE ENGORDE MUSCOVY**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentado por el Bachiller:

LUIS LENNIN MORENO AVILA

Asesor:

Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA

CAJAMARCA – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS

Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Luis Lennin Moreno Arila
DNI: 44704647
Escuela Profesional/Unidad UNC: Escuela Profesional de Ing. Zootecnista
2. Asesor: Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Facultad/Unidad UNC: Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Efectos de la Fitosas dietaria sobre el crecimiento y la Eficiencia Alimenticia del Pato de Engorde Muscovy.
6. Fecha de evaluación: 10 / 06 / 2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
9. Código Documento: oid:3117360470076
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10 / 06 / 2024

Firma y/o Sello
Emisor Constancia

Manuel Eber Paredes Arana
Nombres y Apellidos
DNI: 26938001

**“EFECTOS DE LA FITASA DIETARIA SOBRE
EL CRECIMIENTO Y EFICIENCIA ALIMENTICIA
DEL PATO DE ENGORDE MUSCOVY”**

DEDICATORIA

Para mis padres OSCAR MORENO CARRASCO y SILVIA AVILA GRADOS por su comprensión y ayuda en todo momento. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi esposa YESSICA RODRÍGUEZ BUENO. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí.

Para mis hijos, LENIN MORENO RODRÍGUEZ Y ADRIANO MORENO RODRÍGUEZ (mi ángel en el cielo) Ellos son lo mejor que nunca me ha pasado, y vinieron a este mundo para darme la fortaleza para terminar el trabajo.

Para mi hermano CRISTHIAN MORENO AVILA por acompañarme en este duro camino, por apoyarme desde principio hasta fin por ser tan bueno y admirable y sobre todo por ser un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y bendecirla con personas y oportunidades maravillosas. Te agradezco sinceramente, amado Señor, por todo en mi vida. Solo tú sabes lo que es mejor para mí y tengo fe en ti. Gracias por guiarme en la vida.

A mi tutor de Tesis, Dr. MANUEL PAREDES ARANA, su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación. Él ha inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta Tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I	10
1.1. Planteamiento del Problema	10
1.2. Justificación e Importancia	11
1.3. Objetivos de la Investigación	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. Hipótesis	12
1.4.1. Hipótesis de investigación	12
1.4.2. Hipótesis estadísticas	12
1.5. Variables	13
1.5.1. Variable independiente	13
1.5.2. Variable dependiente	13
CAPÍTULO II	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Bases Teóricas	14
2.2. Antecedentes	17
CAPITULO III	24
MATERIALES Y METODOS	24
3.1. Localización y duración del experimento	24

3.2. Datos geográficos y climatológicos.....	24
3.3. Diseño experimental al azar y crianza de los patos.....	24
3.4. Muestreo y mediciones	26
3.5. Análisis Estadístico	27
CAPITULO IV.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia del pato de 1-21 días de edad.....	28
4.2. Desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia del -pato de 22-49 días de edad.....	30
4.3. Desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia del pato de 50-84 días de edad.....	31
CAPITULO V.....	35
CONCLUSIONES.....	35
CAPÍTULO VI.....	36
RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fosforo disponible y fosforo fítico	16
Tabla 2 Datos geográficos y climatológicos del lugar de la tesis	24
Tabla 3 Ingredientes y contenido nutricional de las dietas ¹ (base fresca) ..	26
Tabla 4 Efecto de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño en inicio de patos Muscovy de 1-21 días alimentados con dietas deficientes en fósforo ¹	28
Tabla 5 Efectos de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño en crecimiento de patos Muscovy de 22-49 días alimentados con dietas deficientes en fósforo ¹	30
Tabla 6 Efectos de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño en finalización de patos Muscovy de 50-84 días alimentados con dietas deficientes en fósforo ¹	32
Tabla 7 Efectos de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño total de patos Muscovy de 1-84 días alimentados con dietas deficientes en fósforo ¹	33

RESUMEN

Este estudio, “efectos de la fitasa dietaria sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia del pato de engorde muscovy” se realizó en el galpón de aves de la facultad de ingeniería en ciencias pecuarias para determinar los efectos de diferentes dosis de fitasa sobre indicadores de crecimiento en patos Muscovy alimentados con dietas deficientes en fósforo. Se asignaron 250 patos machos aleatoriamente a 5 tratamientos (5 repeticiones con 10 aves por repetición). Los tratamientos incluyeron una dieta basada en maíz y soja con calcio recomendado y 4,5 g de fósforo no fiítico (PNF)/kg de dieta inicial o 4,0 g de PNF/kg de dieta de crecimiento o 3,5 g de PNF/kg de dieta de finalización (control positivo; CP), una dieta deficiente en PNF con dieta inicial de 1,1 g de PNF/kg o dieta de crecimiento de 1,0 g de PNF/kg o dieta de finalización de 1,0 g de PNF/kg (control negativo; CN), dietas CN con niveles crecientes de fitasa (500, 1000 y 1500 unidades/kg de alimento). Los patos alimentados con dietas CN tuvieron una ingesta de alimento diario (IDA) y ganancia media diaria (GMD) más bajos ($P < 0.05$) durante todo el experimento en comparación con aquellas alimentadas con dieta CP (33.2 vs 57.8 g/d en GMD y 83.9 vs 160.2 g/d en IDA). Complementar la dieta CN con dosis crecientes de fitasa mejoró ($P < 0,05$) la GMD y la IDA en todo el experimento, mientras que redujo la conversión alimenticia ($P < 0,05$) durante los días 1 a 21. En conjunto, la alimentación con dosis crecientes de fitasa podría contrarrestar o superar los efectos negativos de la dieta CN sobre el rendimiento en crecimiento de los patos Muscovy.

Palabras clave: pato de engorde Muscovy, fitasa, crecimiento, eficiencia alimenticia

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of different doses of phytase on growth performance in Muscovy ducks fed phosphorus-deficient diets. A total of 250 male ducks were randomly assigned to 5 treatments (5 replicates with 10 birds per replicate). Treatments included a maize -soybean meal based diet with recommended calcium and 4.5 g non-phytate phosphorus (PNF)/kg starter diet or 4.0 g PNF/kg grower diet or 3.5 g PNF /kg finisher diet (positive control; CP), an PNF-deficient diet with 1.1 g PNF/kg starter diet or 1.0 g PNF/kg grower diet or 1.0 g PNF /kg finisher diet (negative control; CN), CN diets with increasing levels of phytase (1,000, 2,000 and 3,000 units/kg feed). Birds fed CN diets had lower ($P < 0.05$) average daily gain (GMD) and average daily feed intake (IDA) throughout the experiment compared with those fed CP diet. Supplementing CN diet with increasing doses of phytase improved ($P < 0.05$) GMD and IDA in the entire experiment, while reduced feed-to-gain ratio ($P < 0.05$) during day 1 to 21. Taken together, feeding increasing doses of phytase could counteract or exceed the negative effects of CN diet on growth performance in Muscovy ducks.

Key words: Muscovy duck, phytase, growth, feed efficiency

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El pato es un ave que tolera mayores niveles de fibra en su dieta, en relación al pollo de engorde, lo que permite que, dentro de su alimentación se pueda incluir granos de cereales, subproductos de cereales, alimentos proteicos vegetales entre otros alimentos de origen vegetal, los cuales son ricos en fósforo, sin embargo, gran parte de este fósforo es fítico, no disponible para las aves (Lázaro *et al.*, 2004).

El fósforo interviene en el metabolismo energético, en la formación y mantenimiento de los huesos, constitución del cascarón del huevo, es parte de los fosfolípidos de la membrana celular e interviene como tampón en la regulación del pH corporal. Los alimentos para aves deben contenerlo en cantidades que permitan un adecuado aporte durante cada fase de producción. Una deficiencia de fósforo causa pérdidas en la productividad animal, mientras que los excesos conducen a una menor eficiencia en la absorción (McDonald *et al.*, 2013).

Las dietas para aves se constituyen, principalmente, por ingredientes de origen vegetal en los que el P está presente en dos terceras partes como fitato, y su disponibilidad es muy pobre, debido al bajo nivel intestinal de las fitasas y el P termina excretándose, produciéndose contaminación ambiental. Una vez en el suelo, el exceso de P llega a los embalses y lagos mediante la erosión y escorrentías, mientras que a los cuerpos de agua subterráneos llega por infiltración (Heredía *et al.*, 2000). La vegetación acuática y las cianobacterias utilizan grandes cantidades de este mineral, lo que ocasiona la proliferación desmesurada de dichos organismos y promueve el proceso de eutrofización, ocasionando disminución en los niveles de oxígeno disuelto en el agua y provoca la muerte de la fauna acuática por hipoxia (Cano- Rodríguez *et al.*, 2004). La inclusión de menores cantidades de P en las dietas es una de las vías para reducir la excreción, pudiéndose adicionarse

fitasas microbianas a las dietas para mejorar el aprovechamiento del P, reducir el desperdicio de fosfato y utilizar alimentos de origen vegetal de menos costo como son los granos de cereales y sus subproductos ricos en fósforo fítico, dejando de lado el uso de insumos alimenticios como la harina de pescado, harina de carne y huesos, que también pueden tener efectos colaterales sobre calidad de carcasa y problemas sanitarios; asimismo el uso de fosfatos mono o dicálcicos que son bastante costosos (Lalpanmawia *et al.* 2014)

En tal sentido, se define y se enuncia el problema de investigación del presente estudio bajo la siguiente interrogante: **¿Cuál es el efecto de la fitasa en el crecimiento y eficiencia alimenticia de patos Muscovy alimentados con dietas deficientes en fósforo?**

1.2. Justificación e Importancia

El presente trabajo permitirá incluir el uso de subproductos de cereales en la dieta del pato de engorde muscovy, los cuales son de menor costo y con un alto contenido de fósforo, buscándose aprovechar el fósforo que el ave no puede digerir por no contar con enzimas endógenas capaces de romper las moléculas de fitato, presentes en los cereales y sus subproductos.

Se determinará la eficacia de la inclusión de enzimas fitasas en la dieta del pato de engorde muscovy y su efecto colateral sobre el aprovechamiento de otros nutrientes que posiblemente están unidos a las moléculas no disponibles de fitato; evaluando tal efecto sobre los parámetros productivos del pato de engorde Muscovy.

Se presenta en este trabajo una alternativa para evitar contaminación ambiental por exceso de fósforo que se estaría eliminando en las heces debido a insuficiencia del pato para poder retener el fósforo contenido en los alimentos de origen vegetal.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fitasa dietaría sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia de pato de engorde Muscovy.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la respuesta comparativa de dos dietas, una completa y otra deficiente en fósforo no fítico sobre el consumo de alimento, la ganancia de peso, y conversión alimenticia del pato de engorde Muscovy.
- Evaluar la repuesta de la adición de fitasa en dosis crecientes a dietas deficientes en fósforo no fítico sobre el consumo de alimento, la ganancia de peso, y conversión alimenticia del pato de engorde Muscovy.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis de investigación

La incorporación de Fitasa a la dieta del pato de engorde Muscovy permite el aprovechamiento del fósforo no disponible presente en los alimentos de origen vegetal, reflejado en el crecimiento y la eficiencia alimenticia.

1.4.2. Hipótesis estadísticas

- $H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$
- H_a : Al menos una μ_x es diferente

1.5. Variables

1.5.1. *Variable independiente*

- Inclusión de fitasa

1.5.2. *Variable dependiente*

- Crecimiento y eficiencia alimenticia.
 - Ingesta diaria de alimento
 - Ganancia media diaria
 - Índice de conversión alimenticia
 - Peso corporal final

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

Acosta y Cárdenas (2006) hacen una revisión acerca de las enzimas, indicando que son productos de origen biológico que catalizan las reacciones bioquímicas relacionadas con la vida celular y forman combinaciones químicas con uno o varios sustratos. Son proteínas de alto peso molecular, sensibles al ambiente físico-químico que puede modificar su actividad. Las enzimas pueden catalizar la reacción de una gran cantidad de sustratos en corto tiempo, así 1 mol de enzima puede reaccionar 1000 -10 000 veces por segundos con el sustrato. La rápida velocidad de reacción se debe a la afinidad de la enzima por su sustrato, la cual se refleja en la unión de ambos y en el rendimiento de los productos. La actividad enzimática es una propiedad característica de las enzimas, que se ha definido como el efecto catalítico producido por la enzima, en proporción con la cantidad presente de ésta en el medio reactivo. La temperatura y el pH ejercen una marcada influencia en la actividad y estabilidad de las enzimas y pequeñas variaciones en estos factores pueden alterar de manera considerable su actividad. El uso de las enzimas en la alimentación de las aves no solo representa una mejora en el valor nutricional de los alimentos, sino que también permite incrementar los niveles de uso de los alimentos.

McDonald *et al* (2013), acerca de las fitasas, indican que constituyen un tipo de enzimas de tipo fosfatasas, pudiendo ser fosfatasas alcalinas, fosfatasas ácidas de alto y bajo peso molecular y fosfatasasproteína. Catalizan el proceso de hidrólisis del ácido fítico (IP-6) y liberan, de forma secuencial, hasta seis grupos ortofosfatos libres, plenamente disponibles para los animales no rumiantes. Las fosfatasas intestinales endógenas solo son capaces de hidrolizar las moléculas de intermediarios del inositol con escaso número de iones ortofosfatos (IP-3 a IP-1). Además, poseen escasa significación práctica, pues estos grupos, a diferencia de

los IP-6, no causan efectos nocivos en el animal. Existe un cierto número de semillas con actividad fitásica propia, particularmente dentro del grupo de los cereales. El contenido es importante en el caso del trigo, centeno y triticale y de poco interés en el resto de los granos que se utilizan en la práctica. Esta actividad fitásica es muy reducida en harinas proteicas como la soya, colza y algodón y granos de leguminosas. En cualquier caso, su contenido varía en función de la variedad y de factores medioambientales. Por el contrario, los subproductos de la molinería, en especial aquellos que proceden del trigo (salvados) o los que se obtienen mediante procesos fermentativos (solubles de destilería, raicilla de cebada, gérmenes de maíz) son ricos en actividad fitásica. De manera general, las fitasas vegetales son del tipo 6-fitasa y su acción fundamental consiste en liberar el grupo ortofosfato en la posición 6 de la molécula de mioinositol. El primer intermediario obtenido es el D-mioinositol 1, 2, 3, 4, 5 pentakisfosfato. A partir de aquí, la 6-fitasa actúa de forma secuencial, y defosforila la molécula en su totalidad. Numerosos hongos y bacterias son capaces de producir fitasas en condiciones naturales o de laboratorio. Sin embargo, las fitasas bacterianas (a excepción del *Bacillus subtilis*) son de naturaleza intracelular y, en general, no tienen un buen comportamiento en cuanto a productividad, en condiciones de laboratorio. Además, su pH óptimo de actividad es neutro o alcalino, lo que reduce su interés como aditivo en piensos. Por el contrario, las fitasas de origen fúngico se producen por un mayor número de especies y, a diferencia de las bacterianas, la mayoría dan lugar a enzimas extracelulares. Como principal microorganismo productor de fitasa fúngica se destacan los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Peniophora*. Sus enzimas son del tipo 3-fitasa y su sustrato preferido es el mioinositol hexafosfato (IP-6), al que hidrolizan a partir de la posición 3 de la molécula.

Bernal *et al.* (2006) indican que el ácido fítico es un componente natural de los cereales y las oleaginosas. Esta forma sales insolubles con el P y el Ca y puede enlazar también Zn, Cu, Mn y Mg, así como almidón, proteínas y enzimas digestivas, por lo que disminuye la digestibilidad de los nutrientes y el valor nutritivo de los

alimentos. Las fitasas pertenecen al grupo de enzimas que catalizan la liberación de los grupos fosfatos del ácido fítico (fitato) contenidos en las semillas, por lo que hacen disponible el P para su absorción por parte de los animales. La enzima fitasa obtenida mediante procedimientos biotecnológicos ha sido utilizada como aditivo en las dietas, con el objetivo de mejorar la utilización del P y de otros nutrientes, influenciando positivamente en el contenido energético de los alimentos

Viveros *et al.* (2002), acerca del uso de las fitasas microbianas como aditivo en las dietas de las aves, refiere que fue inicialmente estudiado en 1976. Más recientemente, la eficacia de las fitasas comerciales ha permitido una mejora en la digestibilidad del P fítico en las aves desde 35 hasta alrededor del 60 %, con la consiguiente reducción en la concentración de P en las excretas y, por tanto, una mejora en la mineralización de los huesos. Otros trabajos también han demostrado el efecto beneficioso de su administración al mejorar la retención de Ca, Zn, Mg, Fe y Cu y la digestibilidad de los aminoácidos.

FEDNA (2012) ha determinado el valor de fósforo disponible y fósforo fítico de los principales insumos alimenticios utilizados en alimentación animal, así se reporta la siguiente información:

Tabla 1

Fosforo disponible y fosforo fítico

Insumo alimenticio	P fítico (%)	P disponible (%)
Maíz amarillo	0,19	0,05
Polvillo de arroz	1,10	0,25
Afrecho de trigo	0,75	0,36
Soya integral	0,38	0,18
Harina de pescado	0,00	2,28
Torta de soya	0,40	0,19

Nota. Fuente: FEDNA (2012)

2.2. Antecedentes

Adeola (2018) investigaron el rendimiento del crecimiento y las respuestas de utilización de fósforo de los patos a la fitasa durante las fases de inicio y crecimiento. Quinientos setenta y seis patos de un día de edad con un peso corporal inicial promedio de 55 g se agruparon por peso corporal en 8 bloques de 6 corrales y se asignaron a 48 corrales con 12 patos por corral. Los 6 tratamientos dietéticos consistieron en: 1) control positivo (PC), adecuado en todos los nutrientes con 4,5 g de fósforo no fitato (PNF)/kg de dieta inicial o 3,5 g PNF/kg de dieta de crecimiento; 2) control negativo (NC), adecuado en todos los demás nutrientes excepto fósforo con 3,0 g de PNF/kg de dieta inicial o 2,0 g de PNF/kg de dieta de crecimiento; 3) NC más fitasa a 500 unidades/kg de dieta; 4) NC más fitasa a 1.000 unidades/kg de dieta; 5) NC más fitasa a 1.500 unidades/kg de dieta; y 6) NC más fitasa a 15.000 unidades/kg de dieta. Las dietas de inicio y de crecimiento se alimentaron desde el día 1 al 15 y desde el día 15 al 43 después de la eclosión, respectivamente. Los patos tuvieron libre acceso a la dieta y al agua durante los 42 días del estudio. La alimentación de los patos con la dieta NC baja en P redujo ($P < 0,01$) la ganancia y el consumo de alimento en comparación con la dieta PC, tanto en la fase de inicio como en la de crecimiento. Complementar la dieta NC con fitasa dio como resultado mejoras lineales y cuadráticas ($P < 0,05$) en la ganancia, el consumo de alimento y G: F. La alimentación de los patos con la dieta NC baja en P redujo ($P < 0,01$) las cenizas de tibia en comparación con la dieta PC. dieta. Hubo aumentos tanto lineales como cuadráticos ($P < 0,05$) en la ceniza de tibia con suplementación con fitasa. Complementar la dieta NC con fitasa resultó en aumentos tanto lineales como cuadráticos ($P < 0,001$) en la digestibilidad ileal y la retención de P tanto en la fase inicial como en la fase de crecimiento. Los resultados de este estudio mostraron que la fitasa fue eficaz para hidrolizar el fitato P para la mineralización ósea y el crecimiento de los patos durante los períodos de inicio y crecimiento.

Dai *et al.* (2018) realizaron un estudio para distinguir el efecto de los niveles de PNF en la dieta sobre la diversidad comunitaria y la estructura del microbiota

cecal en patos de carne basándose en la secuenciación de alto rendimiento del 16S rDNA. En total, 525 patitos de 1 día fueron alimentados con dietas (105 patitos, 7 corrales de 15 patitos, en cada dieta) que contenían cinco niveles de PNF (0,22, 0,34, 0,40, 0,46 y 0,58%) durante 21 días. Los resultados mostraron que los niveles de PNF en la dieta aumentaron lineal y cuadráticamente ($P < 0,05$) el peso corporal en 21 días, la ingesta de alimento y la ingesta de NPP en 1 a 21 días y, por el contrario, disminuyeron linealmente ($P < 0,05$) la diversidad β de la población microbiana cecal en patos. Los análisis de β -diversidad mostraron que se produjo una agrupación de microbiota basada en los niveles de PNF en la dieta, con grupos de 0,22 % de PNF claramente diferentes de las muestras de los grupos de 0,46 % y 0,58 % de PNF. Además, los niveles de PNF en la dieta podrían cambiar la abundancia relativa del filo Proteobacteria (lineal, $P < 0,05$), los géneros Eubacterium coprostanoligenes (cuadrático, $P < 0,05$), Ruminococcaceae UCG-014 (cuadrático, $P < 0,05$) y Subdoligranulum (lineal, $P < 0,05$) y la familia Lachnospiraceae (cuadrática, $P < 0,05$) en la microbiota cecal de patos. El aumento del nivel de PNF en la dieta influyó en el microbiota cecal y afectó positivamente el crecimiento de los patos de carne.

Lalpanmawia *et al.* (2014) realizaron un estudio para evaluar la eficacia de la fitasa producida por inmovilización de hongos en pollos de engorde alimentados con una dieta a base de maíz-soja. Tres aislados fúngicos, uno Aspergillus sawamori (NCIM 885) y dos especies de Aspergillus Foetidus procedente de muestras de suelo con buena actividad de fitasa fueron seleccionados para la producción a granel empleando la técnica de inmovilización. Un ensayo de alimentación de una duración de 5 semanas se llevó a cabo con 192 pollitos que fueron divididos en cuatro tratamientos con seis repeticiones con ocho pollitos cada repetición, bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos dietéticos consistieron en un control positivo (PC) grupo con alguna enzima fitasa (4,5 g / kg P disponible / P no fítico durante el arranque y 4,0 g / kg durante la fase de acabado), un grupo control negativo (NC) (3,2 g / kg de P disponible / P no fítico durante el arranque y 2,8 g /

kg durante la fase de acabado). En el tercero (lab fitasa) y cuarto (com fitasa) grupos de tratamiento, la dieta control negativo fue suplementada con dos fuentes de enzimas diferentes, fitasa producida en laboratorio @ 500 (phytase unit) FTU / kg y fitasa comercial @ 500 FTU / kg, respectivamente para satisfacer el requerimiento de P. Los resultados en cuanto a rendimiento de crecimiento, así como utilización de calcio (Ca) y P son deficientes en pollos de engorde alimentados con bajos niveles de P (1,2 g / kg P no fítico). La suplementación de la enzima fitasa comercial @ 500 FTU / kg de dieta podría sustituir a 1,2 g / kg de P disponible o no fítico en la dieta de pollos de engorde. Sin embargo, la administración de suplementos phytaseenzyme @ producida en laboratorio 500 FTU / kg en la dieta reduce el consumo de alimento con menor ganancia de peso corporal y similar índice de conversión y la utilización de Ca y P en comparación con fitasa comercial. Bajo P en la dieta junto con la alta temperatura ambiental aumenta la susceptibilidad a infecciones secundarias. La adición de fitasas de laboratorio y comercial reduce la excreción de P en un 30%. Se podría concluir que la eficacia de la fitasa de laboratorio es inferior a la de la fitasa comercial.

Piergozliev *et al.* (2012) utilizaron treinta y dos pollos de engorde machos Ross 308 en un ensayo de alimentación de precisión para investigar el efecto de la fitasa exógena (EC 3.1.3.26) sobre la energía metabolizable aparente (AME) de la dieta, el coeficiente de digestibilidad de la materia seca (DMD), el nitrógeno (NR), retenciones de aminoácidos y minerales. También se determinó la excreción de pérdidas endógenas medida como ácido siálico (SA). Se estudiaron cuatro tratamientos dietéticos control (C), C + 250 unidades de fitasa por kg de alimento (UFT), C + 500 UFT y C + 2500 UFT y cada tratamiento se replicó ocho veces en un diseño de bloques completos al azar. Las dietas se formularon para que fueran nutricionalmente adecuadas con la excepción del contenido de P disponible (2,3 g/kg de PNF). Durante el período de recolección de 48 h, las aves alimentadas con fitasa retuvieron 29,3 mg más de Na y 2,3 mg más de Zn ($p < 0,05$) que las aves alimentadas con control, y la relación entre la dosis de fitasa y la retención de Na y

Zn se describe mejor mediante una curva lineal. función ($p < 0,05$ y $p < 0,001$, para Na y Zn, respectivamente). La suplementación con fitasa no tuvo efecto sobre la AME, la DMD y la NR de la dieta. Sin embargo, el aumento de la dosis de fitasa condujo a un aumento lineal en la retención de aminoácidos en la dieta ($p < 0,05$). La fitasa de la dieta disminuyó la excreción total de ácido siálico de forma lineal ($p < 0,05$). Se puede concluir que la fitasa suplementaria aumenta la retención (reduce la excreción) de Zn y Na en la dieta en pollos de engorde. Los efectos beneficiosos de la adición de fitasas exógenas a las dietas de las aves parecen estar mediados por una mejor absorción de nutrientes de la dieta y una reducción de las pérdidas endógenas.

Adeola (2010) utilizaron patos Pekín blancos macho a los 7 días después de la eclosión en un experimento de 10 días para determinar el valor de equivalencia de una fitasa de *Escherichia coli* (Phyzyme XP) en dietas de puré a base de harina de maíz y soja. Se agruparon doscientos cincuenta y seis patos por peso en 8 bloques de 8 jaulas con 4 patos por jaula. Las 8 dietas consistieron en una harina de maíz y soja de control positivo adecuado en P formulada para contener PB, Ca, P total y P no fitato a 220, 8, 6,6 y 4 g/kg, respectivamente; una dieta basal de harina de maíz y soja de control negativo (NC) baja en P formulada para contener PB, Ca, P total y P no fitato a 220, 6,5, 3,9 y 1,3 g/kg, respectivamente; dieta NC más 0,5, 1,0 o 1,5 g de P inorgánico de fosfato monosódico/kg; y dieta NC más fitasa de *E. coli* a 500, 1000 o 1500 unidades/kg. A los patos se les proporcionó acceso ad libitum al agua y a dietas experimentales. La alimentación de patos con dieta NC baja en P redujo ($P < 0,01$) la ganancia de peso corporal, el consumo de alimento, G:F, cenizas de tibia, digestibilidad ileal y utilización de P. La suplementación de la dieta NC con P inorgánico o fitasa mejoró linealmente ($P < 0,01$) peso final, ganancia de peso corporal, consumo de alimento, G:F, cenizas de tibia y digestibilidad del P ileal. Hubo aumentos lineales ($P < 0,01$) en la utilización de P de 33,8 a 42 % o de 33,8 a 46,6 % a medida que el P inorgánico o la fitasa añadidos a la dieta aumentaron de 0 a 1,5 g/kg o de 0 a 1500 unidades/kg, respectivamente. Se

utilizaron ecuaciones de regresión lineal para la ceniza de tibia como variable dependiente y la ingesta suplementaria de P inorgánico y fitasa o el nivel suplementario de P inorgánico y fitasa como variables independientes para generar valores de equivalencia de P de fitasa. Los valores medios de equivalencia de P de fitasa a partir de ecuaciones de regresión lineal derivadas de patos alimentados con una dieta baja en P NC suplementada con niveles graduados de P inorgánico o fitasa desde el día 7 al 17 después de la eclosión para 500, 1000 y 1500 unidades de fitasa/kg de dieta fueron 0,453, 0,847 y 1,242 g/kg de dieta, respectivamente. Los resultados de este estudio mostraron que esta fitasa fue eficaz para hidrolizar el fitato P para la mineralización ósea y el crecimiento de los patos.

Rodehutschord *et al.* (2006) estudiaron los efectos de la suplementación con una 6-fitasa derivada del gen *Peniophora lycii* en el pato Pekín blanco. 2. En dos estudios de equilibrio, dietas bajas en fósforo (P) que consistían principalmente en maíz, harina de soja extraída con solventes y harina de girasol extraída con solventes se complementaron con fitasa hasta concentraciones de 1500 U/kg (Estudio 1) o 2000 U/kg (Estudio 2). Cada dieta (nivel de fitasa) se alimentó a entre 8 y 10 patos encerrados individualmente. Se midió la ingesta y excreción de cada animal durante 5 días consecutivos cuando los patos estaban en su tercera semana de vida. Las respuestas se describieron mediante regresión no lineal. 3. Aunque las dietas basales de los dos estudios fueron similares en la composición de ingredientes, las eficiencias de utilización de P (acumulación de P/ingesta de P x 100) para las dietas basales no suplementadas fueron del 39 % en el Estudio 1 y del 30 % en el Estudio 2. La suplementación con fitasa fue significativamente mejoró la utilización de P hasta niveles de aproximadamente el 55% en ambos estudios. En el Estudio 2 se logró una meseta en la utilización de P con un aumento en la suplementación con fitasa, pero no en el Estudio 1. La enzima fue más eficiente en el Estudio 2 que en el Estudio 1 con tasas bajas de suplementación. La utilización de calcio (Ca) mejoró significativamente con la suplementación con fitasa. Las acumulaciones de P y Ca aumentaron en una proporción constante. 4. En un estudio

de crecimiento de 5 semanas, se utilizaron dietas con un nivel de P intencionalmente marginal. Las dietas se alimentaron sin suplementos o suplementadas con 1.000 o 10.000 U/kg de fitasa. Se asignaron ocho corrales de 10 patos separados por sexo cada uno (4 corrales por sexo) a cada tratamiento dietético. 5. La fitasa mejoró significativamente el crecimiento de los patos de ambos sexos entre los días 1 y 21, pero no entre los días 22 y 35. La tasa de conversión alimenticia no se vio afectada por el tratamiento. Las concentraciones séricas de fosfato, pero no las de calcio, aumentaron significativamente con la suplementación con fitasa. Las concentraciones sanguíneas de creatinina, aspartato aminotransferasa y lactato deshidrogenasa no se vieron afectadas, mientras que la alanina aminotransferasa se redujo significativamente con la suplementación con fitasa. 6. Se concluyó que la eficacia de una fitasa microbiana varía incluso en condiciones experimentales similares. Las diferencias en la actividad fitasa intrínseca de las dietas basadas en maíz y harina de soja pueden ser responsables de esto. La 6-fitasa utilizada tiene el potencial de mejorar la utilización del P vegetal en la alimentación de los patos. En respuesta, se alcanzó una meseta por encima de 1500 U/kg.

Viveros *et al.* (2002) realizaron dos estudios con el objeto de evaluar la eficacia de la actividad fitásica endógena del salvado de centeno. El primero se ha llevado a cabo utilizando pollos *broiler* alimentados con una ración deficiente en fósforo (0,23 % P no fítico) a la que se incorporaba el salvado de centeno sin tratar y tratado térmicamente (100 g kg⁻¹) con y sin enzima microbiana frente a una ración control (0,45 % P no fítico), y el segundo, un estudio *in vitro* sobre la estabilidad de la fitasa endógena del salvado a distintas temperaturas (25 a 75_ C) y pH (2,2 a 8,2). La presencia del salvado de centeno sin tratar y tratado en las raciones disminuyó significativamente la ganancia de peso (P < 0,05; hasta un 21 y 17 % respectivamente) y el consumo de alimento (P < 0,05; hasta un 18 y 14 % respectivamente) de las aves con respecto a las que consumieron la ración control y la que incorporaba la enzima microbiana. El índice de transformación estaba sólo significativamente aumentado (P < 0,0001; hasta un 5,8 %) en la ración que

contenía el salvado sin tratar en comparación con la ración control y la que se había incorporado la enzima microbiana. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de fósforo plasmático ni en la concentración de cenizas de la tibia, entre la ración control y la que contenía la enzima comercial microbiana. Sin embargo, las aves que consumieron las raciones con el salvado sin tratar y tratado tenían significativamente disminuidos estos últimos parámetros ($P < 0,0001$; hasta un 56 y un 18 % respectivamente). En el segundo estudio se demostraba que la actividad fitásica endógena del salvado de centeno fue disminuyendo de forma progresiva conforme se incrementaba la temperatura, obteniéndose una reducción del 56 % en su actividad a los 65 °C y una actividad casi nula a los 75 °C. En cuanto al efecto del pH, los valores más altos se obtuvieron en el rango de 4,6 a 6,2. En conclusión, estos resultados demuestran la menor eficacia de las fitasas de origen vegetal sobre la microbiana con respecto a la utilización del fósforo, hechos que pueden estar en parte relacionados con el estrecho margen de actuación de la enzima con el pH y su limitada estabilidad a las temperaturas.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El presente trabajo se realizó en la granja avícola de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en el campus universitario, carretera Cajamarca – Baños de Inca, en el Distrito y Provincia de Cajamarca. Este trabajo experimental tuvo una duración de 12 semanas experimentales.

3.2. Datos geográficos y climatológicos.

Tabla 2

Datos geográficos y climatológicos del lugar de la tesis

Altitud	2734 msnm.
Precipitación pluvial	750 mm
Humedad relativa promedio	75%
Temperatura máxima	22 °C
Temperatura media anual	15 °C
Temperatura mínima	3 °C

Nota. Fuente: SENAMHI (2023)

3.3. Diseño experimental al azar y crianza de los patos.

Un total de 250 patos de engorde Muscovy machos de un día de edad con un peso corporal inicial promedio de 52.2 ± 0.3 g se colocaron en criadoras en piso. Todos los patos se alojaron en una instalación ambientalmente controlada de acuerdo a lo establecido por Avilez y Camiruaga (2006) en el manual de crianza de patos. Este experimento de 12 semanas se llevó a cabo en la granja avícola de la Universidad Nacional de Cajamarca, a 2734 msnm. Se evaluaron 5 tratamientos

con 5 corrales por tratamiento y 10 patos por corral en un diseño completamente al azar. Se utilizó un programa de alimentación de 3 fases: una dieta inicial desde el día 1 al 21, una dieta de crecimiento desde el día 22 al 49 y una dieta de finalización desde el día 50 al 84. Como se presenta en el Cuadro 1, todas las dietas se formularon para satisfacer o superar los requerimientos nutricionales del pato de engorde Muscovy (Grimaud Freres Selection, 2001 mencionado por Avilez y Camiruaga, 2006) con la excepción de los niveles de fosforo no fitico (PNF). Los tratamientos dietéticos incluyeron una dieta a base de maíz, polvillo de arroz y soya con niveles recomendados de PNF (4.5 g/kg de dieta inicial o 4.0 g/kg de dieta de crecimiento o 3.5 g/kg de dieta de finalización) como control positivo (CP); una dieta basada en maíz, polvillo y soja con deficiencia de PNF (1.1 g/kg de dieta inicial o 1.0 g/kg de dieta de crecimiento o 1.0 g/kg de dieta de finalización) como control negativo CN; Dietas CN que se complementaron con niveles graduados de fitasa residual (500, 1000, 1500 unidades/kg de alimento). Para lograr maximizar la homogeneidad de la fitasa agregada con la dieta, al principio se mezcló una pequeña cantidad de cada dieta completa con la enzima y luego se mezcló con toda la dieta para obtener la concentración final. Las dietas se suministraron en forma de harina, y al igual que el agua se proporcionaron ad libitum durante todo el experimento.

- Dieta con nivel adecuado de PNF – sin fitasa (control positivo; CP).
- Dieta con nivel bajo de PNF – sin fitasa (control negativo; CN).
- Dieta CN + 500 unidades de fitasa/kg (100 mg/kg de FINASE)
- Dieta CN + 1000 + unidades de fitasa/kg (200 mg/kg de FINASE)
- Dieta CN + 1500 + unidades de fitasa/kg (300 mg/kg de FINASE)

3.4. Muestreo y mediciones

Se pesaron los patos al inicio y luego a los días 1, 21, 49 y 84; se registró el consumo de alimento y se calcularon la ingesta diaria promedio de alimento (IDA), la ganancia diaria promedio (GMD), y el índice de conversión alimenticia (ICA) mediante la relación IDA/GMD.

Tabla 3

Ingredientes y contenido nutricional de las dietas¹ (base fresca)

Ingredientes	Inicio		Crecimiento		Finalización	
	CP	CN	CP	CN	CP	CN
	%		%		%	
Maíz amarillo	50	50	55	55	58	58
Polvillo de arroz	5.9	6.9	76.5	86.5	9.9	10.7
Torta de soya	36	36	29	29	24	24
Aceite de soya	3	3	4	4	4.4	4.4
Carbonato de calcio	2	2.9	1.5	2.2	1.35	1.95
Fosfato dicálcico	1.9	--	1.7	--	1.4	--
Sal común	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
Bicarbonato de sodio	0.1	0.1	--	--	--	--
DL-Metionina	0.2	0.2	0.15	0.15	0.05	0.05
Cloruro de colina 60%	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Bacitracina metileno disalicilato	0.05	0.05	0.05	0.05	--	--
Antimicótico	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Secuestrante de micotoxinas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05	--	--

Premezcla vitamínica y mineral ²	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CONTENIDO NUTRICIONAL CALCULADO						
Materia seca, %	88.14	88.06	88.14	88.06	88.12	88.05
Energía metabolizable, kcal/kg	2865	2893	3008	3036	3092	3115
Proteína cruda, %	20.92	21.04	18.45	18.57	16.72	16.81
Fibra cruda, %	3.64	3.72	3.47	3.55	3.41	3.47
Lisina, %	1.11	1.12	0.95	0.95	0.83	0.84
Metionina, %	0.5	0.5	0.42	0.43	0.3	0.3
Calcio, %	1.21	1.23	0.97	0.95	0.85	0.84
Fósforo disponible, g/kg	4.5	1.1	4	1	3.5	1

Nota. ¹Dieta de inicio proporcionada desde 1 hasta 21 días. Dieta de crecimiento proporcionada desde 22 hasta 49 días. Dieta de finalización proporcionada desde 50 hasta 84 días. CP = Control positivo. CN = Control negativo.

²Cada kg contiene: vitamina A, 2,500 mil UI; vitamina D3, 400 mil UI; vitamina E, 10 mil UI; vitamina K3, 0.5 g; vitamina B1, 2.0 g; vitamina B6, 2.5 g; vitamina B12, 0.02 g; ácido nicotínico, 55 g; ácido pantoténico, 10 g; ácido fólico, 1.0 g; biotina, 0.1 g; 60 g Fe (FeSO₄·7H₂O); 8 g Cu (CuSO₄·5H₂O); 60 g Zn (ZnSO₄·7H₂O); 50 g Mn (MnSO₄·H₂O); 0.1 g Se (Na₂SeO₃·5H₂O); y 0.2 g I (KI).

3.5. Análisis Estadístico

Los datos se analizaron mediante ANOVA utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS Inst. Inc.) siendo un corral la unidad experimental. Se determinaron diferencias significativas entre todos los tratamientos dietéticos a $p < 0.05$ mediante las pruebas de Tukey. La variabilidad en los datos se expresa como error estándar de la media (SEM).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia del pato de 1-21 días de edad

El desempeño productivo del pato de engorde Muscovy durante el periodo de 1 a 21 días (inicio) se muestran en la tabla 4

Tabla 4

Efecto de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño en inicio de patos Muscovy de 1-21 días alimentados con dietas deficientes en fósforo¹.

Indicador Productivo	CP	Actividad de la fitasa (unidades/kg)				SEM	Valor p
		0 (CN)	500	1000	1500		
GMD (g/d)	31.8 ^a	7.9 ^d	20.3 ^c	27.4 ^b	30.1 ^a	4.37	<0.001
IDA (g/d)	56.4 ^a	19.6 ^d	42.7 ^c	50.4 ^b	52.8 ^{ab}	6.58	<0.001
ICA	1.77 ^c	2.48 ^a	2.10 ^b	1.84 ^c	1.75 ^c	0.14	0.007

Nota. ¹Cada valor de un tratamiento representa la media de 5 corrales de 10 patos por corral.

CP, dieta de control positivo con contenido adecuado de fósforo no fítico.

CN, dieta de control negativo con bajo contenido de P no fítico.

SEM, Error estándar agrupado de las medias.

GMD, Ganancia media diaria. IDA, Ingesta media diaria.

ICA, Índice de conversión alimenticia. PCF, Peso corporal final.

^{a, b, c, d} Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Se determinó que los patos alimentados con la dieta CN tuvieron menores GMD e IDA y el peor ICA ($p < 0.01$) en comparación con los patos del grupo CP, esto debido al deficiente nivel de PNF en la dieta CN. Sin embargo, cuando a la dieta CN se le añadió 500 UFT/kg la GMD mejoró (20.3 vs 7.9 g), del mismo modo mejoró la IDA (42.7 vs 19.6 g), y también se observó una mejor eficiencia alimenticia en el pato que consumió la dieta CN + 500 UFT/kg. Cuando a la dieta CN se le añadió 1000 UFT/kg el desempeño productivo del pato Muscovy continuó mejorando en

relación a los patos del CN y CN+500 UFT/kg, llegando incluso la eficiencia alimenticia a ser igual que la de los patos del CP. Los demás indicadores de crecimiento, IDA y GMD se maximizaron y fueron iguales estadísticamente a los del grupo CP con la dieta CN + 1500 UFT/kg. La mejora de los indicadores de crecimiento y eficiencia alimenticia del pato Muscovy en la fase inicial nos hace pensar que la fitasa ejerce una función efectiva en mejorar la disponibilidad del P fítico, incrementando la disponibilidad de P disponible (PNF).

Nuestros resultados están en la misma dirección que los de Dai *et al.* (2018), quienes informaron que la dieta deficiente en P (2.2 g de PNF/kg) redujo la GMD y la IDA en 13 y 11 % en patos desde el día 1 al 21. Zeng *et al.* (2015) también indicaron un peso corporal más bajo en el día 14 y una ICA menos eficiente cuando compararon patos alimentados con una dieta de 2.2 vs 2.8 g de PNF/kg. En otra investigación se observó, que la alimentación de patos con una dieta con PNF de 3.0 g/kg en la fase inicial redujo la GMD y la IDA en un 30% (Adeola, 2018). Otros investigadores también han ratificado, que los patos alimentados con una dieta baja en PNF tienen menor eficiencia alimenticia durante el periodo de 0 a 14 días (Fan *et al.*, 2019), sin embargo, Adeola (2018) observó una mejora de ICA, pero con bajos pesos corporales del día 1 al 15, en patos alimentados con una dieta baja en PNF. Cabe indicar que estos investigadores citados evaluaron razas de pato común (*Anas platyrhynchos domesticus*).

En nuestro estudio se observó que el pato Muscovy (*Cairina moschata* L.) tuvo una respuesta productiva similar a la del pato común, cuando es sometido a una dieta con bajo nivel de fósforo no fítico en la fase inicial. En el presente estudio, la dieta baja en PNF (1.1 g/kg en inicio) mejorada con niveles crecientes de fitasa de 500, 1000 y 1500 UFT/kg aumentó el consumo de alimento, la ganancia de peso corporal y mejoró la eficiencia alimenticia del pato Muscovy.

4.2. Desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia del -pato de 22-49 días de edad

Los indicadores productivos del pato Muscovy en la fase alimenticia de crecimiento (22 a 49 días de edad) se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Efectos de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño en crecimiento de patos Muscovy de 22-49 días alimentados con dietas deficientes en fósforo¹.

Indicador Productivo	CP	Actividad de la fitasa (unidades/kg)				SEM	Valor p
		0 (CN)	500	1000	1500		
GMD (g/d)	77.8 ^a	43.6 ^d	69.2 ^c	77.1.4 ^b	77.4 ^a	6.55	<0.001
IDA (g/d)	183.2 ^a	94.8 ^d	143.4 ^c	158.4 ^b	181.7 ^{ab}	16.19	<0.002
ICA	2.35 ^a	2.17 ^c	2.07 ^b	2.05 ^a	1.96 ^d	0.07	0.009

Nota. ¹Cada valor de un tratamiento representa la media de 5 corrales de 10 patos por corral.

CP, dieta de control positivo con contenido adecuado de fósforo no fítico.

CN, dieta de control negativo con bajo contenido de P no fítico.

SEM, Error estándar agrupado de las medias.

GMD, Ganancia media diaria.

IDA, Ingesta media diaria.

ICA, Índice de conversión alimenticia.

PCF, Peso corporal final.

^{a, b, c, d} Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Durante los días 22 al 49 (crecimiento), los patos alimentados con la dieta CN tuvieron menores promedios ($p < 0.05$) de GMD e IDA y la peor eficiencia alimenticia expresado por el ICA que aquellos patos alimentados con la dieta CP, esto debido al mayor aporte de PNF en la dieta control positivo (CP), que fue de 4 g/kg de dieta, mientras que la dieta de crecimiento del control negativo (CN) aportó un nivel más bajo de PNF (1.0 g de PNF/kg). Pero de manera similar a lo sucedido en la fase inicial, los patos en fase alimenticia de crecimiento respondieron con mejora en sus parámetros productivos cuando se incluyó la fitasa en la dieta CN. El tratamiento CN+500 UFT/kg fue mejor que el CN en GMD, IDA e ICA, de la misma forma el tratamiento CN + 1000 UFT/kg fue mejor que el tratamiento CN + 500

UFT/kg. Parcialmente el tratamiento CN + 1500 UFT/kg fue mejor que el tratamiento CN + 1000 UFT/kg en GMD, pero en IDA e ICA los tratamientos con 1000 y 1500 UFT/kg fueron similares.

Nuestros resultados en la fase alimenticia y considerando los indicadores de crecimiento y eficiencia alimenticia (GMD, IDA e ICA), concuerdan con estudios anteriores. La alimentación de patos con una dieta baja en PNF (2 g de PNF/kg en la dieta de crecimiento) redujo la GMD y la IDA en un 30 y un 22 % respecto de un tratamiento testigo (Adeola, 2018), aunque el ICA del día 29 al 43 en patos alimentados con la dieta baja en PNF no se vio afectado. También se ha demostrado que el suplemento de fitasa (500 a 2000 UFT/kg) en dietas bajas en PNF mejoró el rendimiento en crecimiento del pato Pekín (Rodehutschord et al., 2006). En nuestro estudio, una dieta baja en PNF (1.0 g /kg en crecimiento) mejorada con niveles crecientes de fitasa de 500, 1000 y 1500 UFT/kg en patos Muscovy aumentó el consumo de alimento, la ganancia de peso corporal y mejoró la eficiencia alimenticia.

4.3. Desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia del pato de 50-84 días de edad

Durante el periodo de 50 a 84 días (finalización), las aves alimentadas con la dieta CN tuvieron menores promedios ($p < 0.05$) de GMD, IDA e ICA que aquellas alimentadas con la dieta CP ($p < 0.05$), tal como se observa en la tabla 6. La suplementación de la dieta CN con dosis crecientes de fitasa mejoró ($p < 0.05$) la GMD y la ICA en la fase de finalización del pato Muscovy.

Tabla 6

Efectos de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño en finalización de patos Muscovy de 50-84 días alimentados con dietas deficientes en fósforo¹.

Indicador Productivo	Actividad de la fitasa (unidades/kg)					SEM	Valor p
	CP	0 (CN)	500	1000	1500		
GMD (g/d)	57.3 ^a	39.9 ^c	52.1 ^b	56.8 ^a	57.2 ^a	3.33	<0.001
IDA (g/d)	204.2 ^a	113.7 ^c	169.2 ^b	184.2 ^a	181.8 ^a	15.29	<0.001
ICA	3.58 ^a	3.35 ^b	3.24 ^{bc}	3.23 ^{bc}	3.18 ^c	0.07	0.014

Nota. ¹Cada valor de un tratamiento representa la media de 5 corrales de 10 patos por corral.

CP, dieta de control positivo con contenido adecuado de fósforo no fítico. CN, dieta de control negativo con bajo contenido de P no fítico.

SEM, Error estándar agrupado de las medias.

GMD, Ganancia media diaria.

IDA, Ingesta media diaria.

ICA, Índice de conversión alimenticia.

PCF, Peso corporal final.

^{a, b, c, d} Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Los patos del grupo CP lograron mejores indicadores productivos que los del grupo CN debido a que el aporte de P no fítico en la dieta finalizadora del CP fue de 3.5 g/kg y en la dieta del CN fue de 1.0 g de PNF/kg, lo cual provocó la disminución de la GMD, la IDA y el ICA. Se observa que la GMD y la IDA fueron similares a las del grupo CP cuando se incluyó en la dieta 1000 UFT/kg. De otro lado se encontró que el ICA fue similar en los tres tratamientos que incluyeron fitasas (500, 1000 y 1500 UFT/kg). En el presente estudio, una dieta baja en PNF (1.0 g /kg en finalización) mejorada con niveles crecientes de fitasa de 500 a 1500 unidades/kg en patos Muscovy aumentó el consumo de alimento, la ganancia de peso corporal y mejoró la eficiencia alimenticia. Nuestros resultados también concuerdan con los encontrados por otros investigadores en el pato común como Rodehutschord et al. (2006) y Adeola, (2010) quienes determinaron bajo desempeño del pato Valley Cherry y Pekín por efecto de la dieta deficitaria en P disponible.

4.4. Desempeño del pato de 1-84 días de edad

El peso corporal final, la ganancia de peso, la ingesta de alimento y la eficiencia alimenticia determinados durante todo el experimento se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Efectos de diferentes dosis de fitasa sobre el desempeño total de patos Muscovy de 1-84 días alimentados con dietas deficientes en fósforo¹.

Indicador Productivo	CP	Actividad de la fitasa (unidades/kg)				SEM	Valor p
		0 (CN)	500	1000	1500		
PCF (g)	4907.2 ^a	2835.6 ^d	4219.3 ^c	4774.6 ^b	4853.1 ^{ab}	390.46	<0.001
GMD (g/d)	57.8 ^a	33.2 ^c	49.6 ^b	56.2 ^a	57.1 ^a	4.63	<0.001
IDA (g/d)	160.2 ^a	83.9 ^d	128.9 ^c	142.1 ^b	149.5 ^{ab}	13.27	<0.001
ICA	2.77 ^a	2.53 ^b	2.60 ^b	2.53 ^b	2.61 ^b	0.04	0.026

Nota. ¹Cada valor de un tratamiento representa la media de 5 corrales de 10 patos por corral.

CP, dieta de control positivo con contenido adecuado de fósforo no fítico.

CN, dieta de control negativo con bajo contenido de P no fítico. SEM, Error estándar agrupado de las medias.

GMD, Ganancia media diaria.

IDA, Ingesta media diaria.

ICA, Índice de conversión alimenticia.

PCF, Peso corporal final.

a, b, c, d Las medias dentro de una fila que no comparten igual superíndice difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

El peso final de los patos fue mayor en el grupo CP y en el tratamiento con 1500 UFT/kg, seguido de los tratamientos con 1000 y 500 UFT/kg. El peor peso final lo obtuvieron los patos del grupo CN. La mejor GMD lo obtuvieron los patos de los tratamientos CP, 1000 y 1500 UFT/kg. El promedio de la IDA también se vio influenciada por los tratamientos, las mejores IDA lo tuvieron los tratamientos CP, 1500 UFT/kg, seguidos de los tratamientos 1000, 500 y CN. En cuanto al ICA general se observa la mejor eficiencia alimenticia en todos los tratamientos con bajo PNF y se determinó que el grupo de patos del CP se vio afectado en el ICA debido posiblemente a que los patos de este grupo siempre mostraron grandes consumos

de alimento, lo cual no siempre es lo más conveniente cuando se quiere alcanzar eficiencia en el crecimiento y engorde.

Es conocido que el P es un mineral esencial para el crecimiento normal, el desarrollo y el mantenimiento del sistema esquelético (Shastak y Rodehutsord, 2013). Los requerimientos de P no fítico utilizados en el presente estudio se basaron en los requerimientos establecidos por Grimaud Freres Selection (2001) para patos Muscovy. Como se esperaba, un nivel más bajo de PNF (1.0-1.1 g de PNF/kg de dieta) disminuyó la GMD, IDA y el ICA en 42, 48 y 9%, respectivamente durante todo el experimento, lo que concordó con estudios anteriores, quienes determinaron diferencias en el desempeño del pato *Anas platyrhynchos* (o pato común de razas Valley Cherry y Pekín) por efecto de la dieta deficitaria en P disponible. Por tanto, se observó que el pato Muscovy tiene una respuesta productiva similar a la del pato asiático, cuando es sometido a una dieta con bajo nivel de PNF.

Los hallazgos en nuestro estudio confirman la eficacia de la fitasa en su función catalítica sobre el fitato, tal como lo señala Adeola *et al.* (2018). De igual modo se infiere que las cantidades crecientes de fitasa en la dieta son necesarias debido a que existe abundante sustrato (fitatos). Varios estudios han demostrado que el P como fitato en los ingredientes alimenticios de origen vegetal está menos disponible para las aves porque además el fitato captura minerales, almidón o aminoácido, reduciendo su utilización (Pirgozliev *et al.*, 2012). Esto explicaría la mejora del desempeño del pato Muscovy alimentado con dietas deficientes en P a medida que se incluyen niveles crecientes de fitasa en la dieta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Dietas bajas en fósforo no fítico, con reducciones de 3.4, 3.0 y 2.5 g de PNF/kg en dietas de inicio, crecimiento y finalización, comparadas con dietas que cubren los requerimientos de fósforo no fítico produjo efectos adversos en el crecimiento del pato de engorde Muscovy en toda su etapa fisiológica de (1 a 84 días de edad).
- La Suplementación de dietas bajas en fósforo fítico con dosis altas de fitasa, por encima de la recomendación comercial de 500 unidades/kg mejoró consistentemente ganancias de peso, consumo de alimento y la eficiencia alimenticia (conversión alimenticia) del pato de engorde Muscovy durante todo el experimento.
- La dosis alta de fitasa a 1500 unidades/kg de alimento no causó efectos perjudiciales sobre el rendimiento del pato en crecimiento. Sin embargo, los datos sugieren que los patos alimentados con dietas pobres en fósforo no fítico, para máxima ganancia de peso en la fase de 1 a 21 días de edad requieren suplementaciones de fitasa de 1500 unidades por kg y de 1000 unidades/kg de fitasa en los días 22 a 84.
- Se acepta la hipótesis alternativa del presente estudio en las tres fases alimenticias del pato de engorde Muscovy, debido a las diferencias encontradas entre las medias de los tratamientos

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de beneficio/costo para incluir fitasas en la dieta del pato de engorde Muscovy en todas las fases alimenticias, considerando el precio de las fitasas, dado que a los patos alcanzan mejores pesos finales y ganancias de peso, y buena eficiencia alimenticia con el uso de estos aditivos.
- Considerando que se ha comprobado la hipótesis alternativa en el presente estudio se sugiérelas dietas del pato de engorde Muscovy con fines cárnicos cubriendo sus requerimientos de PNF, de lo contrario se corre el riesgo de no alcanzar el mejor desempeño productivo.
- Continuar evaluando el uso de fitasas en patos en la etapa reproductiva y su influencia en el índice de puesta, calidad de huevo e incubabilidad de huevos fértiles.
- Evaluar el impacto o beneficio ambiental del uso de fitasas en la alimentación del pato de engorde muscovy, considerando el contenido de P en las heces.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, A., Cárdenas, M. 2006. Enzimas en la alimentación de las aves. *Fitasas Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40(4): 377-387. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Adeola, O. 2010. Phosphorus equivalency value of an *Escherichia coli* phytase in the diets of White Pekin ducks. *Poult. Sci.* 89: 1199-1206.

Adeola, O. 2018. Phytase in starter and grower diets of White Pekin ducks. *Poult. Sci.* 97: 592-598.

Avilez, J.P., Camiruaga, M.F. 2006. Manual de crianza de patos. Universidad Católica de Temuco, Chile. 82 pp.

Bernal, H., Ruiz, E.A., Meza, Z., Valdivié, M., Colin, J., Gutiérrez, E., Morales, H. 2006. Sustitución de fosfato monocálcico por la enzima fitasa en dietas para cerdos de ceba *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40(2): 193-200. Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba.

Cano Rodríguez, I., Gómez Vallejo, F., Aguilera Alvarado, A.F., de la Rosa, G., Gardea Torresdey, J. 2004. Transporte y destino final de fósforo en el acuífero de puentecillas de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 3(2).

Dai, S. J., Zhang, K.Y., Ding, X.M., Bai, S.P., Luo, Y.H., Wang, J.P., Zeng, Q.F. 2018. Effect of dietary non-phytate phosphorus levels on the diversity and structure of cecal microbiota in meat duck from 1 to 21 d of age. *Poult. Sci.* 97: 2441-2450.

Fan, L., He, Z.Z., Ao, X., Sun, W.L., Xiao, X., Zeng, F.K., Wang, Y.C., He, J. 2019. Effects of residual super doses of phytase on growth performance, tibia mineralization, and relative organ weight in ducks fed phosphorus-deficient diets. *Poultry Science* 98:3926 – 3936

FEDNA. 2012. Valor nutritivo de los ingredientes alimenticios. España.

Heredia, O.S., Fresina, M.E., Santa Cruz, J.N., Silva Busso, A.A. 2000. Nitratos y fosforo en el agua subterranea de un area antropizada de la región Pampeana - Buenos Aires, República Argentina. 1st Joint World Congress on Groundwater.

Lalpanmawia, H., Elangovan, A.V., Sridhar, M., Shet, D., Ajith, S., Pal, D.T. 2014 Efficacy of phytase on growth performance, nutrient utilization and bone mineralization in broiler chicken. *Animal Feed Science and Technology* 192: 81-89.

Lázaro, R., Vicente, B., Capdevila, J. 2004. Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: Patos. XX Curso de especialización FEDNA.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2013. *Nutrición Animal*. Acribia, Editorial, S.A. España. 592 pp.

Pirgozliev, V., Bedford, M.R., Oduguwa, O., Acamovic, T., Allymehr, M. 2012. The effect of supplementary bacterial phytase on dietary metabolizable energy, nutrient retention and endogenous losses in precision fed broiler chickens. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 96: 52-57.

Rodehutscord, M., Hempel, R., Wendt, P. 2006. Phytase effects on the efficiency of utilization and blood concentrations of phosphorus and calcium in Pekin ducks. *Br. Poult. Sci.* 47: 311-321.

Shastak, Y., Rodehutscord, M. 2013. Determination and estimation of phosphorus availability in growing poultry and their historical development. *Worlds Poult. Sci. J.* 69:569–586.

Viveros, A., Arija, I., Centeno, C., Brenes, A. 2002. Efecto de la administración de fitasas de origen vegetal y microbiano sobre la utilización del fósforo en pollos broilers. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* 17: 1-2.

ANEXOS

ANEXO 1. ANAVA DE LA IDA DE 0-21 DÍAS DE EDAD

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	2.346255	0.586564	6.916756	3.06	4.89
Error	15	9.597385	0.639826			
Total	19	11.94364				

CV (%) 1.495319

ANEXO 2. ANAVA DE LA IDA DE 22-49 DÍAS DE EDAD

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	34.33777	8.584441	5.020997	3.06	4.89
Error	15	25.64563	1.709709			
Total	19	59.98339				

CV (%) 1.631346

ANEXO 3. ANAVA DE LA IDA DE 50-84 DÍAS DE EDAD

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	12.94761	3.236902	7.606184	3.06	4.89
Error	15	13.46397	0.897598			
Total	19	26.41158				

CV (%) 1.417809

ANEXO 4. ANAVA DEL ICA DE 0-21 DÍAS

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	13.4087	3.352174	56.22163	3.06	4.89
Error	15	0.894364	0.059624			
Total	19	14.30306				

CV (%) 5.888985

ANEXO 5. ANAVA DEL ICA DE 22-49 DIAS

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	6.268213	1.567053	8.730733	3.06	4.89
Error	15	13.58141	0.905427			
Total	19	19.84962				

CV (%) 12.82541

ANEXO 6. ANAVA DEL ICA DE 50-84 DÍAS

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	2.874842	0.71871	25.4575	3.06	4.89
Error	15	0.423477	0.028232			
Total	19	3.298319				

CV (%) 3.062404

ANEXO 7. ANAVA DE GMD-INICIO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.243	0.06075	7.140517	3.06	4.89
Error	15	6.485	0.432333			
Total	19	6.728				

CV (%) 0.942817

ANEXO 8. ANAVA DE GMD-CRECIMIENTO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.0024	0.0006	6.42654	3.06	4.89
Error	15	0.0211	0.001407			
Total	19	0.0235				

CV (%) 8.824837

ANEXO 9. ANAVA DE GMD-FINAIZACIÓN

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	1.322	0.3305	9.732697	3.06	4.89
Error	15	1.0475	0.069833			
Total	19	2.3695				

CV (%) 7.995763

ANEXO 10. IDA PERIODO COMPLETO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.00312	0.00078	8.032092	3.06	4.89
Error	15	0.364575	0.024305			
Total	19	0.367695				

CV (%) 14.92586

ANEXO 11. ANAVA ICA – PERIODO COMPLETO

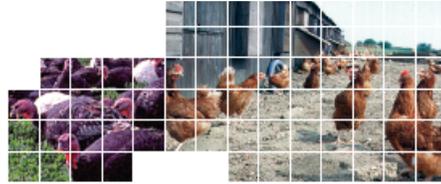
FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.00095	0.000237	7.153888	3.06	4.89
Error	15	0.02315	0.001543			
Total	19	0.0241				

CV (%) 4.880159

ANEXO 12. GMD PERIODO COMPLETO

FV	GL	SC	CM	Fcalc	F0.05	F0.01
Tratamientos	4	0.0919	0.00236	8.032092	3.06	4.89
Error	15	0.9845	0.0629			
Total	19	0.91677				

CV (%) 12.8556



FINASE® EC Aves

Ingrediente Activo 6-fitasa de *E. coli*.

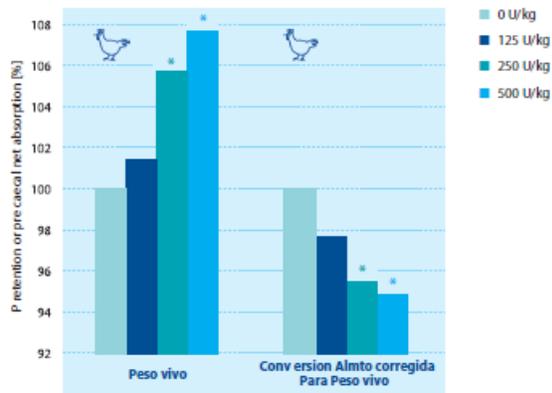
Actividad Enzimática 5000 PPU/g en FINASE® EC (polvo y líquido).

Modo de Acción FINASE® EC libera el fosfato ligado como fitato de materias primas de origen vegetal. La 6-fitasa incluida es altamente activa bajo condiciones intestinales, lo cual es importante para una buena eficiencia, dado el bajo tiempo de retención en aves.

Así, FINASE® EC efectivamente:

- Mejora la disponibilidad de fosfato y libera nutrientes unidos a fitato.
- Reduce el impacto ambiental del fosfato excretado por las aves.

Beneficios en Aves El efecto de FINASE® EC se demuestra en un ensayo realizado en Bélgica. Los resultados muestran la positiva influencia de la mayor liberación de P y otros nutrientes por el uso de FINASE® EC sobre el rendimiento de las aves al ser alimentadas con una dieta deficiente en fosfato.



Tasa de Inclusión En general, se puede asumir que 1,3 g de P disponible pueden ser reemplazados por 500 PPU/kg de alimento. Debido a diferencias de las aves en la utilización del P, se recomienda utilizar una mayor cantidad de fitasa en aves de rápido crecimiento, como broilers y pavos, que en ponedoras.

broilers y pavos	500 PPU/kg de alimento
ponedoras	300 PPU/kg de alimento

Esto es equivalente a 100 g/t de alimento para broilers y pavos, y 60 g/t de alimento para ponedoras, de FINASE® EC en polvo o líquido.



Encipharm
 Consultora y Comercial Ltda.
 Avenida Irrarrizaval 5185. Oficina 410 • Ñuñoa
 Santiago • Chile
 Fono / Fax: 56 2 785 8377 • 56 2 226 3086
 www.encipharm.cl