

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“EVALUACIÓN DE DOS FITASASCOMERCIALES EN EL  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE CARNE”**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PRESENTADO PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**(Modalidad Examen Profesional)**

**MARCOS ANTONIO JESÚS CONDORI SÁNCHEZ**

**Lima– Perú**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por darme la vida, salud y fortaleza necesaria para seguir adelante y encarar las adversidades; a Jesús y a la Virgen María por ser la inspiración necesaria en busca de mis sueños e iluminar mi camino.

Con mucho cariño a mis queridos padres, Luisa y Carlos, mi eterno agradecimiento por su amor y paciencia, y ser ejemplos de fe, superación, humildad y sacrificio.

A mi hermano Carlos Martín, muy importante en mi vida, por su apoyo incondicional y por ser un modelo a seguir, gracias por creer en mí y ser motivación constante.

A mi sobrino Carlitos Andrés, a quien adoro y llena mi vida de alegría y orgullo.

A Sandra, por su amor, paciencia y comprensión, por haber compartido tantos momentos gratos y difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera especial, al Ing. Marcial Cumpa Gavidia, por su constante motivación para la elaboración de la presente investigación, por su amistad y consejos.

Al Ing. Gustavo G. Draghi, por la oportunidad brindada, su gran colaboración y apoyo para el desarrollo del trabajo.

A los Ing. Jorge Cuenca Velásquez y Ángel Salinas Aranguren de la empresa Gramobier S.A.C., por brindar las facilidades en la fase de campo de la investigación.

A todas las personas que desinteresadamente contribuyeron en la realización del presente trabajo.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	11
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
2.1.	EL FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES .....	13
2.2.	ACIDO FÍTICO .....	14
2.3.	FITASAS .....	16
2.4.	TIPOS DE FITASAS.....	17
2.4.1.	Fitasas vegetales .....	18
2.4.2.	Fitasas intestinales endógenas .....	19
2.4.3.	Fitasas exógenas o microbianas.....	20
2.5.	EFECTO DE LAS FITASAS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES .....	20
2.6.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD DE LAS FITASAS .....	22
2.7.	BIOTECNOLOGÍA DE FITASAS MICROBIANAS .....	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN.....	24
3.2.	INSTALACIONES Y EQUIPOS.....	24
3.3.	ANIMALES EXPERIMENTALES .....	26
3.4.	PRODUCTOS EVALUADOS.....	26
3.4.1.	Fitasa fúngica.....	26
3.4.2.	Fitasa bacteriana .....	27
3.5.	TRATAMIENTOS .....	30
3.6.	FORMULACIÓN Y ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES .....	30
3.7.	MANEJO ALIMENTICIO .....	30
3.8.	MANEJO SANITARIO.....	31

3.9.	ANÁLISIS QUÍMICOS .....	31
3.9.1.	Cálculo del contenido de calcio y fósforo .....	31
3.9.2.	Cálculo del contenido de cenizas en tibias de pollos .....	31
3.10.	MEDICIONES .....	40
3.10.1.	Peso vivo semanal y ganancia de peso .....	40
3.10.2.	Consumo de alimento .....	40
3.10.3.	Conversión alimenticia .....	40
3.10.4.	Mortalidad acumulada.....	41
3.10.5.	Índice de eficiencia productiva.....	41
3.10.6.	Mérito económico .....	41
3.11.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
4.1.	PESO VIVO Y GANANCIA DE PESO .....	43
4.2.	CONSUMO DE ALIMENTO .....	43
4.3.	CONVERSIÓN ALIMENTICIA .....	44
4.4.	MORTALIDAD .....	44
4.5.	PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA .....	46
4.6.	MÉRITO ECONÓMICO .....	48
V.	CONCLUSIONES.....	50
VI.	RECOMENDACIONES .....	51
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII.	ANEXOS.....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Matriz de la fitasa Ronozyme P (CT). .....	28
Cuadro 2: Matriz de la fitasa Phyzyme XP 5000G.....	29
Cuadro 3: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de inicio (1 a 8 días de edad). .....	32
Cuadro 4: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de crecimiento (9 a 23 días de edad).....	33
Cuadro 5: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de engorde (24 a 33 días de edad).....	34
Cuadro 6: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de acabado (34 a 42 días de edad). .....	35
Cuadro 7: Requerimientos nutricionales para pollos Cobb 500. ....	36
Cuadro 8: Niveles de suplementación de vitaminas y elementos traza recomendados para pollos Cobb 500 (por tonelada de alimento).....	37
Cuadro 9: Programa de Vacunación en Granja. ....	38
Cuadro 10: Contenido porcentual de Calcio y Fósforo total de las dietas experimentales utilizadas en el presente estudio. ....	39
Cuadro 11: Comportamiento productivo de pollos de carne alimentados con las dietas experimentales (período 42 días).....	45
Cuadro 12: Contenido de cenizas en tibia en pollos de carne a los 21 y 42 días de edad .....	47
Cuadro 13: Retribución económica del alimento. ....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura del ácido fítico y del fitato (en su forma ionizada) .....	15
Figura 2: Productos generados a partir de la hidrólisis del ácido fítico (IP <sub>6</sub> ).....	16
Figura 3: Estructura de la molécula de fitato y posibles sitios de acción de las fitasas..	18

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro de peso corporal inicial, peso corporal final y ganancia de peso por tratamiento.....	59
Anexo 2: Registro de consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad acumulada.....	60
Anexo 3: Análisis de variancia y prueba Tukey para peso corporal inicial.....	61
Anexo 4: Análisis de variancia y prueba Tukey para peso corporal final. ....	62
Anexo 5: Análisis de variancia y prueba Tukey para ganancia de peso. ....	63
Anexo 6: Análisis de variancia y prueba Tukey para consumo de alimento. ....	63
Anexo 7: Análisis de variancia y prueba Tukey para conversión alimenticia. ....	64
Anexo 8: Análisis de variancia y prueba Tukey para mortalidad.....	65
Anexo 9: Análisis de variancia y prueba Tukey para porcentaje de cenizas en tibia a los 21 días de edad. ....	66
Anexo 10: Análisis de variancia y prueba Tukey para porcentaje de cenizas en tibia a los 42 días de edad. ....	67
Anexo 11: Análisis de variancia y prueba Tukey para índice de eficiencia productiva (IEP).....	68

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos tipos de fitasas, una fitasa fúngica (*Peniophora lycii*) y otra fitasa bacteriana (*Escherichia coli*) sobre el comportamiento productivo en pollos de carne machos de 1 a 42 días. Se utilizaron 45,000 pollos machos de la línea Cobb 500 de un día de edad, y procedente del mismo lote de reproductoras. Los animales fueron distribuidos al azar en nueve unidades experimentales de 5,000 pollos cada uno. Se utilizaron tres tratamientos con tres repeticiones por tratamiento. El Tratamiento 1: Dieta control, sin fitasa; Tratamiento 2: dieta con la matriz de la fitasa fúngica y Tratamiento 3: dieta con la matriz de la fitasa bacteriana. Todas las dietas fueron isocalóricas, isoproteicas, y con el mismo contenido de calcio y fósforo disponible. En los resultados obtenidos no hubieron diferencias significativas estadísticamente ( $P < 0.05$ ) en los parámetros productivos (peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad). La suplementación con fitasa bacteriana (*Escherichia coli*) tuvo un mejor mérito económico con respecto a los otros dos tratamientos. En conclusión, es factible zootécnicamente el uso de fitasas microbianas en la alimentación de pollos, pues permitió un similar rendimiento que la dieta control y se observó una mejor retribución económica con la dieta suplementada con fitasa derivada de *Escherichia coli* en comparación a los otros dos tratamientos.

Palabras claves: *Fitasas, enzimas, pollos, nutrición, fósforo.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las dietas comúnmente suministradas a las aves en crianza comercial en gran medida incluyen fuentes vegetales las que dentro de su composición tienen un aporte importante de fósforo, el cual lamentablemente no está en una forma disponible para su utilización y aprovechamiento por las aves, llamado fósforo fítico o fitato.

Las aves poseen escasa o nula actividad endógena de fitasa, enzima que hidroliza el fitato. Los cereales y legumbres generalmente contienen una alta proporción (60-80%) de su fósforo total en forma de ácido fítico o fitato. El ácido fítico (ácido mio-inositol-hexafosfórico) tiene la capacidad de formar complejos con minerales esenciales (calcio, magnesio, cobre, hierro y zinc), lo que disminuye la absorción intestinal y biodisponibilidad de estos minerales. Además los fitatos interactúan con los aminoácidos, ácidos grasos y almidón.

Para resolver este problema, se han estudiado numerosas alternativas, entre ellas, la acidificación de las dietas, el empleo de fuentes de origen animal como harinas de hueso, sangre y carne, el uso de fuentes minerales nacionales y la adición de enzimas fitasas. La introducción de fitasas en las dietas de aves produce una ruptura en el anillo del ácido fítico, liberando así el fósforo, calcio, microminerales, energía y aminoácidos.

Hasta mediados de la década del noventa, el uso de las fitasas comerciales estuvo limitado por su precio. Actualmente, la adición de fitasas es la alternativa más extendida en la industria avícola. Los problemas medioambientales por contaminación de aguas y mantos freáticos que aceleran el proceso de eutrofización, la reducción de los costos de producción, así como la aplicación de nuevas tecnologías y la consideración de otros efectos adicionales, han hecho posible su utilización a nivel mundial.

Numerosos trabajos han demostrado que las fitasas pueden resultar una alternativa para lograr una mayor biodisponibilidad de estos nutrientes y por lo tanto vienen siendo utilizados cada vez más en la industria alimenticia, reduciendo la necesidad de suplementación de fósforo inorgánico, mejorando la ganancia de peso, la conversión

alimenticia, la mineralización ósea y reducción de los costos de producción, que se refleja en el menor uso de ingredientes como el calcio y fósforo en la dieta.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de adicionar en el alimento de pollos de carne dos fitasas comerciales, una fitasa fúngica (*Peniophora Lycii*) y otra fitasa bacteriana (*Escherichia coli*), sobre el comportamiento productivo medido a través de la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad, índice de eficiencia productiva y la retribución económica del alimento en pollos de carne machos de 1 a 42 días.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. EL FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES

El fósforo está asociado a funciones metabólicas muy importantes. Interviene en el metabolismo energético (relación peso y conversión alimentaria), en la formación y mantenimiento de los huesos, así como en la constitución del cascarón del huevo. Constituye, además, parte de los fosfolípidos que integran la membrana celular e interviene como tampón en la regulación del pH corporal (Marbey, 1998 y Harter-Denis, 1999).

En las aves, los alimentos deben contener niveles de fósforo 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. Esto resulta en concentraciones de fósforo más altas en las heces (Keshavarz y Nakajima, 1993). La cantidad de fósforo varía considerablemente y depende de factores ligados al ave, tales como la especie, la edad y el nivel de rendimiento planeado (Rodehutschord, 2011).

Las dietas para aves están constituidas principalmente por ingredientes en los que el fósforo está presente, casi totalmente como fitato, y su disponibilidad es muy pobre, debido al bajo nivel intestinal de las fitasas, el fósforo se convierte en un nutriente crítico que se excreta, casi en su totalidad. Por esto contribuye a la contaminación ambiental (Coelho, 1996; Martínez y Ortiz, 2008).

La inclusión de menores cantidades de fósforo en las dietas es una de las vías para reducir la excreción. Por ello, la adición de fitasas microbianas a las dietas mejora el aprovechamiento del fósforo, reduce el desperdicio de fosfato y permite utilizar menores cantidades de fósforo inorgánico en la dieta (Waldroup *et al.*, 2000).

## 2.2. ACIDO FÍTICO

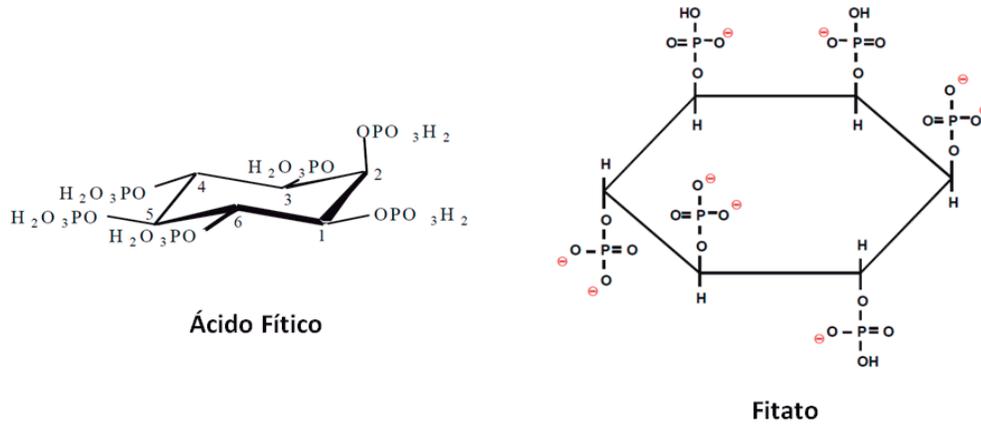
El aporte de fósforo vegetal a través de las materias primas vegetales es insuficiente para cubrir las necesidades de fósforo. Aproximadamente entre el 30 y 40% del fósforo total que consumen las aves a través de ingredientes de origen vegetal es fósforo disponible y entre el 60y 70% de fósforo se encuentran en forma de ácido fitico. Si el ácido fitico está formando complejos con los cationes se denomina fitina, o fitato cuando presenta la forma aniónica. Con ambas formas el fósforo no es biodisponible (Godoyet *al.*, 2010).

El ácido fitico es un ácido carboxílico con un pKa menor a 3.5, el cual posee en su estructura seis protones fuertemente acoplados con un pKa de entre 4.6 y 10, lo que confiere a la estructura un fuerte potencial de quelación sobre minerales esenciales (calcio, hierro y magnesio), así como su capacidad de unirse a proteínas, aminoácidos y azúcares e inhibir algunas enzimas digestivas, como la tripsina y quimotripsina,  $\alpha$ -amilasas, tirosinasas y pepsinas (Rigon *et al.*, 2007).

El ácido fitico se forma por la esterificación del alcohol inositol con un máximo de seis grupos fosfato, llegando a contener hasta 28.2% de fósforo en la molécula (Figura 1). Bajo las condiciones de pH de 2,5 a 7 del tracto gastrointestinal de las aves, este compuesto se encuentra ionizado (fitato), presentando cargas negativas que atraen moléculas minerales (calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc) y la porción libre de los aminoácidos básicos (lisina, arginina, histidina) en las cadenas proteicas (Rebollar, 1999; Chárraga y Fernández, 2010).

Según Franco (2007), el ácido fitico es considerado también como un factor antinutricional por los efectos que tiene sobre la disponibilidad de diversos nutrientes. se comprobó que los seis grupos reactivos del ácido fitico lo hacen un fuerte agente quelante, por lo que se une con facilidad a cationes como el Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y Zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ). Bajo el pH gastrointestinal, se forman complejos insolubles (metal-fitato) lo que disminuye la biodisponibilidad de los metales, para que sean absorbidos por animales monogástricos. Además, los fitatos reducen la digestibilidad de las proteínas, del

almidón y de los lípidos formando complejos menos solubles y más resistentes a la proteólisis.



**Figura 1: Estructura del ácido fítico y del fitato (en su forma ionizada)**

Vohra y Satyanarayana (2003) comentaron que ciertas enzimas como amilasa, tripsina, ácido fosfatasa y tirosinasa son inhibidas como resultado de la presencia del ácido fítico, así como por el inositolpenta-cis-fosfato.

Otro problema asociado al fitato es el ambiental. Selle *et al.* (2000) mencionan que las aves de granja no asimilan el fósforo que se encuentra dentro de las semillas, granos y plantas ya que carecen de las enzimas capaces de liberar el fósforo del fitato; por lo que los productores y nutricionistas se ven en la necesidad de adicionar fósforo de manera sintética en la dieta de los animales.

El fósforo adicionado y el fitato no asimilados causan fuertes problemas de contaminación debido a las altas concentraciones de ácido fítico en el excremento, lo que resulta en su acumulación en las tierras de pastoreo y principalmente en los mantos acuíferos (Pandey *et al.*, 2001). Además, cuando el ácido fítico entra a los ríos favorece la proliferación de cianobacterias, las cuales provocan hipoxia y como consecuencia la muerte de animales acuáticos (Roopesh *et al.*, 2006).

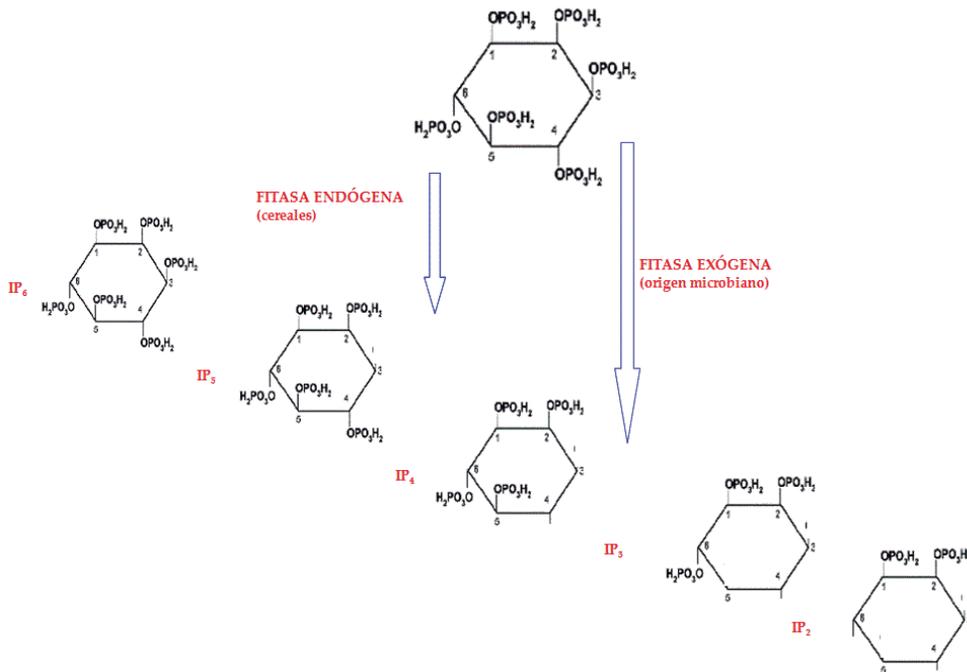
El peligro de contaminación ambiental es de primordial interés en el mundo; en la Unión Europea las leyes limitan la concentración de fósforo en los excrementos

de los animales de granja. La inclusión de menores cantidades de fósforo en las dietas es una de las maneras de reducir la excreción de fósforo en las heces. Otra alternativa para evitar este tipo de contaminación es adicionar enzimas específicas en la dieta del animal; como la fitasa, que disminuye las concentraciones de ácido fítico y de fósforo en las heces (Acosta y Cárdenas, 2006).

La FDA (Food and Drugs Administration) en Estados Unidos recomienda reemplazar entre el 0.10 y 0.12% de fósforo inorgánico adicionado al alimento del ave por fitasas (Pandey *et al.*, 2001).

### 2.3. FITASAS

Según Frontela *et al.* (2008), las fitasas (mioinositol hexafosfatohidrolasas) son enzimas con actividad fosfomonoesterasa, capaces de hidrolizar ácido fítico (mioinositol 1,2,3,4,5,6 hexa-cis-fosfato) para producir ortofosfato inorgánico y una serie de ésteres fosfóricos menores (desde inositol penta- a monofosfato como productos intermediarios), liberando finalmente el mioinositol (Figura 2).



**Figura 2: Productos generados a partir de la hidrólisis del ácido fítico (IP<sub>6</sub>)**

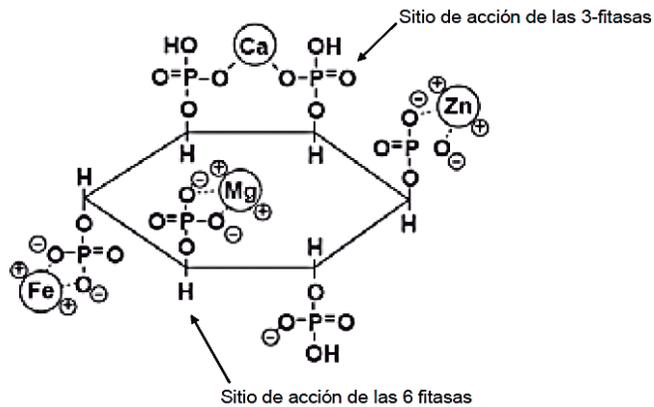
La actividad fitasa se mide en unidades fitasas, que se definen como la cantidad de enzima que liberará 1  $\mu\text{mol}$  de fosfato inorgánico por minuto bajo condiciones del análisis (Franco, 2007). Cada 0.1% de fósforo liberado del fitato equivale a entre 4.7 a 5.5 kg de fuente de fósforo inorgánico por cada tonelada métrica de alimento, dependiendo del tipo de la fuente de fósforo (Godoy *et al.*, 2010).

Kemme (1998) menciona que estas enzimas hidrolizan únicamente los fitatos en solución, por lo que su acción requiere humedad en el medio y condiciones determinadas de pH y temperatura. Estas condiciones son variables, según el tipo de fitasa. La hidrólisis de fitatos *in vitro* da lugar a una acumulación temporal de fosfatos de mioinositol, de 3 a 1 grupo fosfato (IP-3 a IP-1), los que no se perciben en la digesta ileal de aves que reciben dietas suplementadas con fitasas microbianas. Esto indica que en el organismo animal la acción de las fitasas se favorece con la presencia de otras fosfatasas que actuarían de forma sinérgica y que son, probablemente, de origen endógeno.

Las fitasas están presentes de forma natural en numerosos cultivos de bacterias y hongos. Se encuentran, además, en ciertos granos y pueden llegar al tracto intestinal de todos los animales por la ingestión de plantas que las contienen o por la propia microflora intestinal que las produce, así como también por la producción enzimática endógena de la mucosa (Applegate *et al.*, 2003).

#### **2.4. TIPOS DE FITASAS**

Según Frontela *et al.* (2008), existen diferentes criterios de para la clasificación de las fitasas. En cuanto a su pH óptimo, las fitasas pueden clasificarse en fitasas ácidas o alcalinas. Si se tiene en cuenta la posición del carbono del anillo de mioinositol en la molécula de fitato por el que la fitasa comienza el proceso de desfosforilación, se clasifican en 3-fitasa, 6-fitasa y 5-fitasa (Figura 3). No obstante el criterio más importante para clasificar las fitasas es por su origen (vegetal, animal o intestinales endógenas y exógenas o microbianas).



**Figura 3: Estructura de la molécula de fitato y posibles sitios de acción de las fitasas**

#### 2.4.1. Fitasas vegetales

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 (Ravindran *et al.*, 1995).

La actividad fitásica es muy reducida en harinas proteicas (soya, colza y algodón) y granos de leguminosas; y su contenido varía en función de la variedad y de factores medioambientales. En cambio, los subproductos de molinería, en especial los que proceden del trigo o los que se obtienen mediante procesos fermentativos (solubles de destilería, raicilla de cebada, gérmenes de maíz) son ricos en actividad fitásica (Yi y Kornegay, 1996).

Según Rodehutschord (2011) las fitasas vegetales en general son del tipo 6-fitasa y su acción fundamental consiste en liberar el grupo ortofosfato en la posición 6 de la molécula de mioinositol. A partir de aquí, la 6-fitasa actúa de forma secuencial, y desfosforila la molécula en su totalidad.

Pointillart (1993) menciona que el pH óptimo para la acción de estas fitasas está entre 4.0 y 7.5. La mayoría de ellas están por encima de 5.0 y pierden irreversiblemente su actividad a pH comprendidos entre 2.5 y 3.

La temperatura óptima de acción se sitúa entre 45 y 60 °C y se degradan rápidamente a temperaturas superiores.

Se estima que las fitasas vegetales son 10% menos eficientes que las de naturaleza fúngica (Pointillart, 1993). La razón podría ser el estrecho rango de pH al que estas fitasas son activas, pues sus valores óptimos de máxima actividad superan los encontrados en el buche y en el estómago, principales puntos de acción (Ward, 2002).

Frontela *et al.* (2008) menciona que la actividad fitásica de diferentes cereales es, alta para el trigo (2078 U/kg), centeno (5453 U/kg) y triticale (1100 U/kg), mediana para la cebada (925 U/kg) y más baja para el arroz (120 U/kg), maíz (12 U/kg), sorgo (24U/kg), soja (31 U/kg) y avena (42 U/kg).

#### **2.4.2. Fitasas intestinales endógenas**

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 (Jongbloed *et al.*, 1993). El contenido digestivo del buche, proventrículo e intestino de las aves, presentan escasa actividad fitásica propia. De cualquier forma, se estima que su interés práctico es muy reducido (Ravindran *et al.*, 1999).

Según Eeckhout y De Paepe (1991) numerosos hongos y microorganismos presentes en el tracto intestinal producen 3-fitasa. Los rumiantes y el conejo pueden beneficiarse de esta actividad fitásica. Sin embargo, en la mayoría de las especies monogástricas, la actividad de la flora microbiana tiene lugar en el intestino grueso. Por ello, aunque las fitasas microbianas hidrolicen los fitatos y liberen el fósforo inorgánico, el animal no se beneficia, ya que éste se excreta enteramente en las heces.

### **2.4.3. Fitasas exógenas o microbianas**

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 los alimentos (Zhang *et al.*, 2000; Frontela *et al.*, 2008).

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. Además, el pH óptimo de actividad oscila entre 2.5 – 7.5 y son activas en un amplio rango de temperaturas (35 y 63 °C). (Liebert *et al.*, 1993).

## **2.5. EFECTO DE LAS FITASAS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES**

Las fitasas aumentan la disponibilidad del fósforo que está ligado a fitatos. Se deduce que la adición de 500 unidades de fitasa por kilogramo de alimento produce una reducción del 33.2% en la excreción de fósforo, así permite disminuir el nivel de éste en la dieta a un nivel de inclusión de 0.1% (Cabaña, 2001).

En un estudio realizado por Sebastian *et al.* (1996) concluyeron que pollitos alimentados con raciones de maíz-soya y 600 UI de fitasa/kg, tuvieron desempeño semejante y mayor retención de P, Ca, Cu y Zn comparado con pollitos que no recibieron la enzima. Con lotes comerciales de ponedoras, Niekerc y Reuvekamp

(1997) llegaron a la conclusión de que es posible utilizar fitasas en avicultura con reducciones equivalentes de 1 g de fósforo disponible por cada 500 UI de fitasa, sin que se aprecien diferencias en los resultados.

La acción hidrolítica de la fitasa indirectamente eleva la digestibilidad del calcio. Se estima una equivalencia de 0.73% de calcio para 500 unidades de fitasa por kg de dieta. La adición de fitasa a una dieta de maíz-soya mejora la biodisponibilidad del fósforo, zinc y ácidos grasos (García *et al.*, 2003).

Sebastian *et al.*(1997) y Kornegay (1999) observaron mejora en la digestibilidad de los aminoácidos y la proteína en pollos de engorde con la adición de fitasa microbiana entre 1.8 y 4.3%. De acuerdo con estos autores, el fitato presente en los alimentos inhibe la acción de las enzimas digestivas y al adicionar fitasa se rompe el complejo de fósforo fítico, por lo que disminuye la acción del fitato y aumenta la digestibilidad.

Ravindran *et al.*(1995) observaron un aumento en la digestibilidad ileal de la proteína bruta y de la energía de 2.4 y 3.9% respectivamente, en raciones de maíz-torta de soya suplementadas con fitasa.

Qian *et al.*(1997) investigaron el efecto de la suplementación de fitasa, vitamina D3 y la razón dietética calcio: fósforo total en pollos de engorde. La adición de fitasa aumentó linealmente la ganancia de peso, consumo de alimento, contenido de ceniza del dedo y retención de fósforo y calcio. Estas variables se afectaron negativamente independientemente de la presencia de fitasa según se amplió la relación calcio: fósforo y mejoraron con la adición de vitamina D3. Estos autores demostraron que la suplementación de vitamina D3 mejoró la utilización del fósforo fítico y el calcio del alimento y aumentó entre 5 y 12% la retención de Ca y P, con mayor deposición de minerales en el hueso, por lo que concluyeron que la fitasa, vitamina D3 y la relación calcio: fósforo son factores importantes en la degradación de fitatos para mejorar la utilización de fósforo fítico y calcio.

## 2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD DE LAS FITASAS

Esta enzima, como todas, puede desencadenar su acción en condiciones medio ambientales determinadas (temperatura y pH) y, a su vez, presenta retos en términos de enzimas proteolíticas y concentraciones significativas de minerales, tanto de origen endógeno como en la dieta (Maenz *et al.*, 1999).

La razón de establecer un óptimo de actividad en la parte ácida es que el fitato es más soluble y susceptible ante el ataque de la fitasa a los niveles bajos de pH. Bedford (2004) obtuvo micro imágenes de diferentes secciones del tracto digestivo y demostró que, aproximadamente, 100 % del fitato soluble en dietas no suplementadas con fitasa reaparece en el yeyuno de manera íntegra.

Lo anterior es importante porque cuando el alimento pasa del proventrículo hacia el intestino delgado el pH se incrementa, y la solubilidad del sustrato y su susceptibilidad ante el ataque de la fitasa se ven disminuidos (Zhang *et al.*, 2000). De este modo, la estrategia de la fitasa para ser exitosa es que la hidrólisis debe estar concentrada en las partes altas del tracto digestivo, especialmente en el proventrículo, donde por los rangos de pH no solo se solubiliza el fitato, sino que se favorece el trabajo de la fitasa.

Algunos nutrientes o aditivos limitan la actividad de las fitasas al quelarse con el sustrato. Ciertos niveles de inclusión de calcio en la dieta para pollos influyen directamente en la función de las fitasas y reducen la habilidad de éstos para utilizar fósforo (Atia *et al.*, 2000). Asimismo, altos niveles de zinc o cobre pueden quelar al fitato en la región del yeyuno (rango de pH de 5-6). Esto ocasiona una baja eficacia de la fitasa y menor retención de fósforo en pollos (Banks *et al.*, 2004).

Kornegay *et al.* (1998) mostraron una respuesta exponencial de las fitasas fúngicas en la digestibilidad del fósforo en cerdos. Sin embargo, hubo una variación significativa en la respuesta a través de las pruebas, lo que indicó la presencia de factores dietéticos que pudieron alterar los beneficios de estas fuentes de fitasa. Por ello, la composición de la dieta y las condiciones del animal

necesitan considerarse para que el valor obtenido por el uso de la fitasa sea consistente.

## **2.7. BIOTECNOLOGÍA DE FITASAS MICROBIANAS**

Según Lei *et al.* (2013), existen tres tecnologías de fitasa alternativa, las cuales actualmente se están estudiando: fitasas en plantas transgénicas, animales transgénicos que expresan fitasas, y cultivos con bajo fitato; todas como opción al uso de fitasas microbianas en el alimento balanceado.

La fitasa en plantas transgénicas se producen por expresión de fitasa microbiana en plantas transgénicas u órganos de plantas transgénicas y métodos para la producción de dichas plantas. Esto se logra a través de la introducción en la planta de un constructo de expresión que comprende una secuencia de ADN de origen microbiano que codifica una proteína que tiene actividad de fitasa (Mullaney *et al.*, 2000).

El animal transgénico con fitasa más conocido es el Enviropig®, cerdos transformados para sobreexpresar el gen *appA* de *Escherichia coli* producido en la glándula salival, que logra una reducción del 75% en la excreción del fósforo fecal en estos animales, aunque la aceptación pública de animales transgénicos destinados al consumo sigue siendo baja (Lei *et al.*, 2013).

Se ha conseguido un éxito considerable en el desarrollo de soya con bajo fitato y granos, tales como el maíz, la cebada, el arroz y el trigo, por el empleo de mutantes de bajo ácido fítico. La efectividad de estos cultivos bajos en fitatos en la mejora de la nutrición animal y humana del fósforo y otros elementos (Mendoza, C., 2002).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN**

La fase experimental del trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la granja Gramo 05 “Macas” perteneciente a la empresa Gramobier S.A.C., ubicada en el Centro Poblado de Macas, en el Km. 42 de la Carretera a Canta, distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, Departamento de Lima. El trabajo tuvo una duración de 42 días, y se inició el 03 de noviembre del 2004 con la llegada del pollo BB a la granja.

La preparación de las dietas se realizó en la Planta de Alimentos de la misma empresa Gramobier S.A.C., ubicada en la Urb. Santa Luisa, Distrito de Los Olivos, provincia y región Lima.

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de la empresa Montana S.A. y en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos del Departamento de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### **3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS**

Durante el experimento se utilizaron tres galpones de 168 metros de largo y 12 metros de ancho, con un área total de 2016 m<sup>2</sup>, construidos con palos de eucalipto sobre terreno afirmado, y techo recubierto con tela arpillera de polipropileno. Dentro de cada galpón se instalaron tres corrales experimentales (de 56 metros de largo por 12 metros de ancho), cada uno de los cuales constituyó una unidad experimental. Los corrales fueron divididos por malla de pescar y cada corral experimental tuvo un área de 672 m<sup>2</sup> al finalizar la campaña de producción.

El ambiente interno del galpón fue preparado tres días antes de la recepción de los pollos BB. Se utilizó una densidad de 50 pollos por metro cuadrado en cada corral al momento de la recepción. El piso del galpón fue recubierto con cama de viruta.

Se utilizaron campanas a gas, las cuales estuvieron encendidas durante todos los días de la primera semana y fueron disminuyendo paulatinamente las horas de encendido conforme el pollo aumentaba los días de edad. Asimismo, se usaron termómetros ambientales para monitorear la temperatura correcta del galpón. La ventilación se realizó manualmente por medio del manejo de las cortinas.

Se usaron bebederos de plástico tipo tongo y comederos de plástico tipo bandeja desde la recepción, y conforme se avanzó hacia la fase de crecimiento y se iban ampliando los corrales, fueron reemplazados por bebederos lineales automáticos de 2.40 metros de largo y comederos de aluminio tipo tolva.

Los equipos utilizados para la crianza fueron los siguientes:

- Comederos bb de plástico tipo bandeja
- Comederos de aluminio tipo tolva.
- Bebederos bb de plástico tipo tongo.
- Bebederos lineales automáticos de aluminio.
- Cercos nórdex de plástico.
- Malla de pescar.
- Campanas a gas
- Balones de gas de 45 Kg.
- Tela arpillera de polipropileno color blanca para las cortinas y cielo raso.
- Mecheros a gas para proveer de luz.
- Termómetros ambientales
- Alambre galvanizado N° 16 y N° 10.
- Cilindros de agua.
- Rastrillo, palas.
- Herramientas manuales.

Para la preparación de alimentos se usó una mezcladora horizontal de cintas de 2 TN de capacidad y una balanza electrónica de 500 Kg. de capacidad y una precisión de 50 gramos. Para la preparación de la premezcla se utilizó una mezcladora horizontal de 50 Kg. de capacidad y una balanza electrónica de 30 Kg.

de capacidad y una precisión de 0.1gramos. Para el muestreo del peso de los animales se utilizó una balanza electrónica de 5 Kg. de capacidad y una precisión del gramo.

### **3.3. ANIMALES EXPERIMENTALES**

Se utilizaron 45,000pollosmachos de la línea Cobb 500 de un día de edad, obtenidos de la planta incubadora de la misma empresa Gramobier S.A.C.y procedente del mismo lote de reproductoras. Los animales fueron distribuidos al azar en nueve unidades experimentales de 5,000pollos cada uno. Se utilizaron tres tratamientos con tres repeticiones por tratamiento.Se mantuvo la homogeneidad en el manejo de los animales y la sanidad de las unidades experimentales.La densidad final fue de 7.44 pollos por metro cuadrado.

### **3.4. PRODUCTOS EVALUADOS**

Los productos evaluados en el trabajo de investigación fueron dos tipos deenzimas fitasas, una fitasafúngica (*Peniophora lycii*) y otra fitasa bacteriana (*Escherichia coli*).

Con respecto a la actividad enzimática, existen dos unidades utilizadas comercialmente para fitasas, FYT y FTU. Ambas son equivalentes analíticamente y están definidas como “la cantidad de enzima que libera un  $\mu\text{mol}$  de fosfato inorgánico por minuto a partir de fitato de sodio 5 mM a pH 5.5 y 37 °C”. Ambas unidades pueden ser nombradas como “unidades” o “U”. La razón por la que existen dos unidades de actividad es para indicar qué reactivo (y color) se ha usado para medir actividad (la reacción que mide FYT se basa en la formación de una coloración azul por sulfato de hierro, y la reacción que mide FTU visualiza un color amarillo por utilización de vanadato).

#### **3.4.1. Fitasa fúngica**

Es una enzima derivada del hongo *Peniophora lycii* y producida por fermentación de *Aspergillus oryzae*. El nombre comercial es Ronozyme®P

(CT), distribuida por la empresa DSM. La presentación es en polvo granular que contiene una tecnología especial de recubrimiento CT (Coated Thermotolerant), que minimiza la formación de polvo y protege a la enzima de las condiciones a las que se somete durante el procesamiento del alimento, incluyendo calor y humedad. Con esto se evita la necesidad de aplicar una fitasa líquida posterior al peletizado.

Esta fitasa presenta una actividad mínima de 2500 FYT/g. La dosis de uso para pollos de engorde sugerida por la empresa DSM es de 300 gramos por tonelada de alimento. La matriz de la fitasa Ronozyme® P (CT) se muestra en el Cuadro 1.

#### **3.4.2. Fitasa bacteriana**

Es una enzima fitasa derivada de *Escherichia coli* y expresada en levadura *Schizosaccharomyces pombe*. El nombre comercial es Phyzyme® XP 5000 G, distribuida por la empresa Montana S.A. la presentación es en polvo granular.

Esta fitasa presenta una actividad mínima de fitasa de 500 FTU/Kg. La dosis de inclusión recomendada por la empresa Montana S.A. para pollos de engorde es de 80 gramos por tonelada de alimento. La matriz de la fitasa Phyzyme® XP 5000G se muestra en el Cuadro 2.

Phyzyme XP tiene un rango mucho más amplio de actividad relativa a diferentes pH y no muestra ninguna disminución en la actividad fítica a diferencia de otras fitasas. En consecuencia, un amplio rango de actividad fítica a diferentes pH, da como consecuencia una mayor oportunidad de liberar fósforo de los fitatos en el animal.

**Cuadro 1: Matriz de la fitasa Ronozyme P (CT).**

<b>Nutriente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Matriz de nutrientes</b>	<b>Contribución a la dieta</b>
Fósforo Disponible	%	333	0.100
Calcio	%	333	0.100
Lisina	%	43	0.013
Metionina	%	66.7	0.002
Metionina+Cistina	%	30	0.009
Treonina	%	43	0.013
Proteína Bruta	%	1,000	0.300
Energía Metabolizable	Kcal/kg	40,000	12
Unidades de fitasa	FYT/kg	2,500,000	750

Fuente: DSM, 2005.

**Cuadro 2: Matriz de la fitasa Phyzyme XP 5000G.**

<b>Nutriente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Matriz de nutrientes</b>	<b>Contribución a la dieta</b>
Fósforo Total	%	1380	0.138
Calcio	%	1200	0.120
Lisina	%	120	0.012
Metionina	%	10	0.001
Cistina	%	30	0.003
Treonina	%	130	0.013
Triptófano	%	30	0.003
Proteína Bruta	%	2.225	0.223
Energía Metabolizable	Kcal/kg	530,000	53
Unidades de fitasa	FTU/kg	5,000.000	500

Fuente: Danisco, 2005.

### **3.5. TRATAMIENTOS**

Se evaluaron tres tratamientos:

- Tratamiento 1: Dieta control, sin adición de fitasa comercial.
- Tratamiento 2: Dieta formulada según la matriz de fitasa fúngica, con dosis recomendada de 300 gramos para pollos de carne.
- Tratamiento 3: Dieta formulada según la matriz de fitasa bacteriana, con dosis recomendada de 80 gramos para pollos de carne.

### **3.6. FORMULACIÓN Y ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES**

Las dietas utilizadas en el presente estudio se formularon por computadora al mínimo costo usando el programa BRILL, de acuerdo a los requerimientos de macronutrientes y micronutrientes usados en la empresa. Para todo el proceso de crianza se utilizaron cuatro tipos de dietas:

- Dieta de inicio: desde 1 hasta 8 días de edad.
- Dieta de crecimiento: desde 9 hasta 23 días de edad.
- Dieta de engorde: desde 24 hasta 33 días de edad.
- Dieta de acabado: desde 34 hasta 42 días de edad.

La composición porcentual y valor nutricional de las dietas se observan en los Cuadros 3, 4, 5 y 6. En el Cuadro 7 se observan los requerimientos nutricionales de la línea Cobb 500. En el Cuadro 8 se muestran los niveles de suplementación de vitaminas y elementos traza por tonelada de alimento. El suministro de agua y alimento fue *ad libitum* durante toda la campaña.

### **3.7. MANEJO ALIMENTICIO**

La presentación física del alimento utilizado en las cuatro etapas fue en harina. Consumo del alimento fue *ad libitum*, Los comederos eran removidos cuatro veces al día, para facilitar la caída del alimento de las tolvas y estimular el consumo, controlando en todo momento el posible desperdicio de alimento. El

cambio de agua era diario, previa limpieza de los bebederos. La altura de los comederos y bebederos se regulaban de acuerdo al tamaño de los pollos.

### **3.8. MANEJO SANITARIO**

Al primer día de edad se aplicó en la incubadora la vacuna contra la enfermedad de Marek-HVT por vía subcutánea y Newcastle + Bronquitis infecciosa (Avinew + H120) por aspersión. El programa de vacunación utilizado en la granja se muestra en el Cuadro 9.

Posteriormente a cada vacunación de Newcastle se asperjaba la cama con un producto a base de Yodo utilizando una mochila de 20 litros (a razón de 200 ml de producto por cada 20 litros de agua). Esta misma labor se efectuó siete días después de la última vacunación, cada tres días, hasta la venta.

### **3.9. ANÁLISIS QUÍMICOS**

#### **3.9.1. Cálculo del contenido de calcio y fósforo**

Se tomaron muestras homogéneas de las dietas de inicio, crecimiento, engorde y acabado. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Montana S.A. del Departamento de Control de Calidad, para la determinación de la cantidad de calcio y fósforo. Los resultados se muestran en el Cuadro 10.

#### **3.9.2. Cálculo del contenido de cenizas en tibias de pollos**

Se realizó el sacrificio de 10 pollos por cada unidad experimental los días 21 y 42. En ambos casos se extrajo la tibia izquierda de cada uno de los pollos para determinar la concentración de cenizas de las tibias.

Previo al análisis, las tibias fueron descarnadas y limpiadas. Luego fueron desgrasadas por el método de Soxhlet, utilizando éter como solvente. Este análisis se hizo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Cuadro 3: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de inicio (1 a 8 días de edad).**

ingredientes	Tratamientos <sup>1</sup>		
	1	2	3
Maíz Argentino	58.4495	59.9080	59.9300
Torta de soya paraguaya	31.6000	31.0000	31.0000
Harina de pescado	4.0000	4.0000	4.0000
Fosfato dicálcico	1.3000	0.7500	0.7500
Carbonato de calcio	0.9500	1.0500	1.0500
Cloruro de colina 25%	0.3500	0.3500	0.3500
Sal común	0.3315	0.3320	0.3320
Secuestrante de micotoxinas	0.2000	0.2000	0.2000
Bicarbonato de sodio	0.1355	0.1360	0.1360
DL-Metionina	0.2615	0.2595	0.2595
Premix pollos carne	0.1100	0.1100	0.1100
Caolín	0.1000	0.1000	0.1000
Antifúngico	0.0500	0.0500	0.0500
Fitasa fúngica <sup>2</sup>	0.0000	0.0300	0.0000
Fitasa bacteriana <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0080
Diclazuril	0.0220	0.0220	0.0220
Promotor de crecimiento	0.0250	0.0250	0.0250
L-Lisina 50%	0.1150	0.1275	0.1275
Aceite de soya	1.9500	1.5000	1.5000
Complejo enzimático	0.0500	0.0500	0.0500
<b>TOTAL</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

**Valor nutricional calculado:**

Energía metabolizable (Kcal/g)	2.96	2.96	2.96
Proteína total (%)	22.50	22.50	22.50
Lisina total (%)	1.35	1.35	1.35
Metionina total (%)	0.67	0.67	0.67
Metionina-cistina total (%)	1.01	1.01	1.01
Triptófano total (%)	0.29	0.29	0.29
Treonina total (%)	0.93	0.93	0.93
Calcio (%)	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible (%)	0.45	0.45	0.45
Sodio (%)	0.23	0.23	0.23

<sup>1</sup> Tratamientos: T1: Control (sin adición de fitasa); T2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica; T3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

<sup>2</sup> Ronozyme P (CT), con 750 FYT/Kg de alimento, correspondiente a 0.030% de la dieta.

<sup>3</sup>Phyzyme XP 5000G, con 500 FTU/Kg de alimento, correspondiente a 0.008 % de la dieta.

**Cuadro 4: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de crecimiento (9 a 23 días de edad).**

ingredientes	Tratamientos <sup>1</sup>		
	1	2	3
Maíz Argentino	56.8850	58.1960	58.2180
Torta de soya paraguaya	34.9500	34.4000	34.4000
Harina de huesos	2.1000	1.4000	1.4000
Carbonato de calcio	0.4000	0.7000	0.7000
Cloruro de colina 25%	0.3200	0.3200	0.3200
Sal común	0.4085	0.4075	0.4075
Bicarbonato de sodio	0.0100	0.0105	0.0105
DL-Metionina	0.3035	0.3020	0.3020
Premix pollos carne	0.1000	0.1000	0.1000
Caolín	0.1000	0.1000	0.1000
Antifúngico	0.0500	0.0500	0.0500
Fitasa fúngica <sup>2</sup>	0.0000	0.0300	0.0000
Fitasa bacteriana <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0080
Diclazuril	0.0220	0.0220	0.0220
Zinc-Bacitracina 10%	0.0160	0.0160	0.0160
Promotor de crecimiento	0.0210	0.0210	0.0210
L-Lisina 50%	0.1640	0.1750	0.1750
Aceite de soya	4.1000	3.7000	3.7000
Complejo enzimático	0.0500	0.0500	0.0500
<b>TOTAL</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

**Valor nutricional calculado:**

Energía metabolizable (Kcal/g)	3.04	3.04	3.04
Proteína total (%)	21.36	21.36	21.36
Lisina total (%)	1.29	1.29	1.29
Metionina total (%)	0.65	0.65	0.65
Metionina-cistina total (%)	0.98	0.98	0.98
Triptófano total (%)	0.28	0.28	0.28
Treonina total (%)	0.88	0.88	0.88
Calcio (%)	0.84	0.84	0.84
Fósforo disponible (%)	0.41	0.41	0.41
Sodio (%)	0.20	0.20	0.20

<sup>1</sup> Tratamientos: T1: Control (sin adición de fitasa); T2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica; T3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

<sup>2</sup> Ronozyme P (CT), con 750 FYT/Kg de alimento, correspondiente a 0.030% de la dieta.

<sup>3</sup> Phyzyme XP 5000G, con 500 FTU/Kg de alimento, correspondiente a 0.008 % de la dieta.

**Cuadro 5: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de engorde (24 a 33 días de edad).**

ingredientes	Tratamientos <sup>1</sup>		
	1	2	3
Maíz Argentino	60.8925	62.1020	62.1740
Torta de soya paraguaya	29.9000	29.4000	29.4000
Harina de huesos	2.0000	1.3500	1.3500
Carbonato de calcio	0.5500	0.8500	0.8500
Cloruro de colina 25%	0.2200	0.2200	0.2200
Sal común	0.3760	0.3755	0.3755
Antibiótico	0.1000	0.1000	0.1000
Pigmentante	0.2000	0.2000	0.2000
Premix pollos carne	0.1000	0.1000	0.1000
Caolín	0.1000	0.1000	0.1000
Antifúngico	0.0500	0.0500	0.0500
Fitasa fúngica <sup>2</sup>	0.0000	0.0300	0.0000
Fitasa bacteriana <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0080
Maduramicina	0.0550	0.0550	0.0550
Promotor de crecimiento	0.0080	0.0080	0.0080
L-Lisina 50%	0.1980	0.2110	0.2110
Hidroxianálogo de metionina	0.3505	0.3485	0.3485
Aceite de soya	4.8500	4.4500	4.4000
Complejo enzimático	0.0500	0.0500	0.0500
<b>TOTAL</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

**Valor nutricional calculado:**

Energía metabolizable (Kcal/g)	3.13	3.13	3.13
Proteína total (%)	19.25	19.25	19.25
Lisina total (%)	1.15	1.15	1.15
Metionina total (%)	0.63	0.63	0.63
Metionina-cistina total (%)	0.88	0.88	0.88
Triptófano total (%)	0.25	0.25	0.25
Treonina total (%)	0.80	0.80	0.80
Calcio (%)	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible (%)	0.38	0.38	0.38
Sodio (%)	0.18	0.18	0.18

<sup>1</sup> Tratamientos: T1: Control (sin adición de fitasa); T2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica; T3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

<sup>2</sup> Ronozyme P (CT), con 750 FYT/Kg de alimento, correspondiente a 0.030% de la dieta.

<sup>3</sup> Phyzyme XP 5000G, con 500 FTU/Kg de alimento, correspondiente a 0.008 % de la dieta.

**Cuadro 6: Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales en la etapa de acabado (34 a 42 días de edad).**

ingredientes	Tratamientos <sup>1</sup>		
	1	2	3
Maíz Argentino	62.8600	64.0690	64.1405
Torta de soya paraguaya	27.7500	27.2000	27.2000
Harina de huesos	1.8000	1.1500	1.1500
Carbonato de calcio	0.5500	0.8500	0.8500
Cloruro de colina 25%	0.2000	0.2000	0.2000
Sal común	0.3675	0.3675	0.3675
Pigmentante	0.2175	0.2175	0.2175
Premix pollos carne	0.0900	0.0900	0.0900
Caolín	0.1500	0.1500	0.1500
Antifúngico	0.0500	0.0500	0.0500
Fitasa fúngica <sup>2</sup>	0.0000	0.0300	0.0000
Fitasa bacteriana <sup>3</sup>	0.0000	0.0000	0.0080
Salinomicina	0.0550	0.0550	0.0550
Zinc-Bacitracina 10%	0.0160	0.0160	0.0160
Promotor de crecimiento	0.0170	0.0170	0.0170
Promotor de crecimiento	0.0080	0.0080	0.0080
L-Lisina 50%	0.1575	0.1705	0.1710
Hidroxianálogo de metionina	0.3115	0.3095	0.3095
Aceite de soya	5.3500	5.0000	4.9500
Complejo enzimático	0.0500	0.0500	0.0500
<b>TOTAL</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

**Valor nutricional calculado:**

Energía metabolizable (Kcal/g)	3.19	3.19	3.19
Proteína total (%)	18.25	18.25	18.25
Lisina total (%)	1.08	1.08	1.08
Metionina total (%)	0.59	0.59	0.59
Metionina-cistina total (%)	0.80	0.80	0.80
Triptófano total (%)	0.23	0.23	0.23
Treonina total (%)	0.76	0.76	0.76
Calcio (%)	0.78	0.78	0.78
Fósforo disponible (%)	0.35	0.35	0.35
Sodio (%)	0.17	0.17	0.17

<sup>1</sup> Tratamientos: T1: Control (sin adición de fitasa); T2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica; T3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

<sup>2</sup> Ronozyme P (CT), con 750 FYT/Kg de alimento, correspondiente a 0.030% de la dieta.

<sup>3</sup>Phyzyme XP 5000G, con 500 FTU/Kg de alimento, correspondiente a 0.008 % de la dieta.

**Cuadro 7: Requerimientos nutricionales para pollos Cobb 500.**

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Inicio</b>	<b>Creci- miento</b>	<b>Acabado 1</b>	<b>Acabado 2</b>
Energía					
Metabolizable	Kcal/Kg	3023	3166	3202	3202
Proteína total	%	21.5	19.5	18.0	17.0
Lisina total	%	1.33	1.25	1.10	1.04
Metionina total	%	0.56	0.53	0.48	0.44
Met+Cis total	%	0.98	0.96	0.88	0.80
Triptófano total	%	0.21	0.19	0.17	0.16
Treonina total	%	0.85	0.80	0.73	0.70
Arginina total	%	1.39	1.30	1.20	1.11
Calcio	%	0.90	0.88	0.84	0.78
Fósforo disponible	%	0.45	0.42	0.40	0.35
Sodio	%	0.20	0.17	0.16	0.16
Cloro	%	0.20	0.20	0.20	0.20
Potasio	%	0.65	0.65	0.65	0.65
Ácido Linoleico	%	1.25	1.25	1.25	1.25

Fuente: Cobb Broiler Nutrition Guide, 2005.

**Cuadro 8: Niveles de suplementación de vitaminas y elementos traza recomendados para pollos Cobb 500 (por tonelada de alimento).**

Vitaminas/elementos	Unidad	Inicio	Crecimiento	Acabado
Vitamina A	MIU	12.0	10.0	9.0
Vitamina D <sub>3</sub>	MIU	4	4	3
Vitamina E	KIU	30	30	30
Vitamina K (a)	g	4	3	3
Vitamina B1 Tiamina	g	4	2	2
Vitamina B2 Riboflavina	g	9	8	8
Vitamina B6 Piridoxina	g	4	4	3
Vitamina B12	mg	20	15	15
Biotina	mg	150	120	120
Ácido Fólico	g	1.5	1.0	1.0
Ácido Nicotínico	g	60	50	50
Ácido Pantoténico	g	15	12	12
Manganeso	g	120	120	120
Zinc	g	100	100	100
Hierro	g	40	40	40
Cobre	g	20	20	20
Yodo	g	1.0	1.0	1.0
Selenio	g	0.30	0.30	0.30

Fuente: Cobb Broiler Nutrition Guide, 2005.

**Cuadro 9: Programa de Vacunación en Granja.**

<b>Edad( días)</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Tipo</b>	<b>Vía de aplicación</b>
8	Gumboro	Bursine 2	Cepa Lukert	Oral
10	Newcastle	Hipraviar ND Broilers	Cepa La Sota	Subcutánea
12	Newcastle+Bronquitis Infecciosa	TAD/IB/ND	Cepa La Sota + Mass H-120	Ocular
18	Gumboro	Bursa Blen M	Cepa 2512	Oral
22	Newcastle	AVINEW	Cepa VG/GA	Oral

Fuente: Elaboración propia (2013)

**Cuadro 10: Contenido porcentual de Calcio y Fósforo total de las dietas experimentales utilizadas en el presente estudio.**

Tipo de dieta	Nutriente	Tratamiento		
		T1	T2	T3
<b>Inicio</b>	Calcio (%) <sup>1</sup>	0.89	0.82	0.80
	Fósforo total (%) <sup>2</sup>	0.59	0.53	0.52
<b>Crecimiento</b>	Calcio (%) <sup>1</sup>	0.86	0.75	0.72
	Fósforo total (%) <sup>2</sup>	0.61	0.52	0.53
<b>Engorde</b>	Calcio (%) <sup>1</sup>	0.84	0.72	0.73
	Fósforo total (%) <sup>2</sup>	0.60	0.50	0.49
<b>Acabado</b>	Calcio (%) <sup>1</sup>	0.80	0.73	0.68
	Fósforo total (%) <sup>2</sup>	0.60	0.49	0.48

Fuente: Laboratorio de Montana S.A. Departamento de control de calidad.

<sup>1</sup> Metodología USP 23 p. 258.

<sup>2</sup> Metodología AOAC 942.05 Vol. 1c4, Ic4, p.4 16th Ed. 1995. 5th Revision 1999. Official Methods of Analysis Ash of Animal Feed.

### **3.10. MEDICIONES**

#### **3.10.1. Peso vivo semanal y ganancia de peso**

La medición del peso vivo se realizó semanalmente por cada unidad experimental, utilizando una muestra del 10% de la población. El promedio del peso vivo se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Peso vivo (Kg/pollo)} = \frac{\text{Peso de las aves (Kg)}}{\text{Número de pollos pesados}}$$

La ganancia de peso se determinó por la diferencia entre el peso final y el peso inicial:

$$\text{Ganancia de peso (Kg/pollo/semana)} = \text{Peso final (Kg)} - \text{Peso inicial (Kg)}$$

#### **3.10.2. Consumo de alimento**

Se evaluó el consumo de alimento semanalmente, pesando los residuos de alimento contenido en los comederos y por diferencia con el total de alimento suministrado en la semana. El consumo de alimento es la diferencia entre la cantidad suministrada durante la semana y el residuo al final de la misma.

$$\text{Consumo alimento (Kg/pollo/semana)} = \frac{\text{Consumo alimento semanal (Kg)}}{\text{Número de pollos}}$$

#### **3.10.3. Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia semanal (C.A.S.) se obtuvo en base a los datos obtenidos sobre el consumo de alimento semanal y la ganancia de peso semanal.

$$\text{C. A. S.} = \frac{\text{Consumo alimento semanal (Kg)}}{\text{Ganancia de peso semanal (Kg)}}$$

La conversión alimenticia acumulada (C.A.A.) se obtuvo de la relación del consumo acumulado entre el peso vivo final.

$$C. A. A. = \frac{\text{Consumo alimento acumado (Kg)}}{\text{Peso final del pollo (Kg)}}$$

#### **3.10.4. Mortalidad acumulada**

Es el registro acumulado del número de animales muertos, desde el inicio hasta el final del experimento y fue expresado en porcentaje.

$$\text{Mortalidad acumulada (\%)} = \frac{\text{Número de aves muertas} * 100}{\text{Número total de aves}}$$

#### **3.10.5. Índice de eficiencia productiva**

Esta medida permite evaluar el desempeño del lote, porque utiliza las medidas anteriores y las reduce en un solo índice que mide la eficiencia de cada tratamiento evaluado.

$$IEP = \frac{\text{Viabilidad (\%)} * \text{peso vivo (Kg)}}{\text{Conversión alimenticia acumulada} * \text{edad (días)}}$$

#### **3.10.6. Mérito económico**

El propósito es conocer cuál de las dos enzimas fitasas es económicamente conveniente, evaluando la utilidad o pérdida de la suplementación de las enzimas fitasas.

Para realizar el cálculo de la retribución económica del alimento, se consideró como ingresos los Kg de pollo producidos y como egresos el consumo de alimento.

$$\text{Retribución económica T (i)} = \text{Ingreso T (i)} - \text{Egreso (i)}$$

Donde:

Ingreso: Precio de Kg de carne de pollo (Soles/Kg).

Egreso: Costo de Kg de carne de pollo (Soles/Kg).

T (i): Tratamiento 1,2,3.

### 3.11. DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio se llevó a cabo bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA), con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. El análisis de varianza de los datos se realizó con el programa estadístico SAS versión 9.2. (Statistical Analysis System, 2009).

El modelo aditivo lineal utilizado será el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = observación experimental

$\mu$  = media general de la población

$t_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento ( $i = 1, 2$  y  $3$ ).

$e_{ij}$  = efecto de la j-ésima unidad experimental a la que se aplicó el i-ésimo tratamiento (error experimental).

Con el fin de apreciar las diferencias entre los promedios de los parámetros evaluados se realizó la prueba estadística de Tukey. Los datos de mortalidad fueron transformados al arco seno para su análisis (Calzada, 1982).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del comportamiento productivo de los pollos de carne alimentados con dietas que contienen fitasas exógenas comerciales durante un periodo de crianza de 42 días se presentan en el Cuadro 11.

### 4.1. PESO VIVO Y GANANCIA DE PESO

El promedio de peso vivo final de las aves y la ganancia de peso se presentan en el Cuadro 11. Para ambos parámetros productivos no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) para los tres tratamientos.

Estos resultados concuerdan con Martínez (2004), que al usar una dieta con un nivel de inclusión de fitasa de 500 FTU/Kg de alimento, igualó el desempeño productivo en ganancia de peso de pollos de engorde en comparación con aves alimentadas con una dieta control positivo sin fitasas. Similar resultado obtuvieron Viveros *et al.* (2002) y Ortiz (2008) que encontraron que las aves que consumieron raciones que incorporaban enzimas microbianas mostraron una ganancia de peso similar a las dietas control (sin incluir fitasas). Igual resultado obtuvo Dilger *et al.* (2004) al comparar dos tipos de fitasas microbianas a 0.45% de fósforo disponible en dietas para pollos de carne.

### 4.2. CONSUMO DE ALIMENTO

Los datos sobre el efecto de los tratamientos evaluados en el presente estudio sobre el consumo de alimentos se presentan en el Cuadro 11. Los valores de consumo de alimento promedio indican que este parámetro no fue significativamente influenciado ( $P < 0.05$ ) por ninguno de los tratamientos.

Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Valenzuela (2011), que encontró que el consumo de alimento es independiente del tipo de fitasa. Similar respuesta obtuvo Wu *et al.* (2006) que no encontraron diferencia estadística al

comparar el consumo de alimento utilizando fitasas de *Aspergillus niger* y de *Escherichia coli* expresado en *Schizosaccharomyces pombe*.

#### **4.3. CONVERSIÓN ALIMENTICIA**

Los resultados de conversión alimenticia acumulada del presente estudio se muestran en el Cuadro 11. Estos valores no presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los tres tratamientos. El mismo efecto presentó Ortiz (2008) y Godoy *et al.* (2010), quienes encontraron que la tendencia general de la adición de fitasa, a diferentes niveles de fósforo total, no afecta la conversión alimenticia. Similar resultado encontró Sebastian (1997) quien no obtuvo diferencia en los índices de conversión alimenticia, afirmando que esto se da porque todos los pollos consumieron la misma cantidad de alimento para ganar un kilogramo de peso vivo y además de que si hay mayor crecimiento corporal, se incrementa el consumo de alimento.

#### **4.4. MORTALIDAD**

Según se observa en el Cuadro 11, el porcentaje de mortalidad obtenido en el presente estudio no presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la mortalidad total entre los tratamientos, y se encuentra dentro de los parámetros normales. El porcentaje de mortalidad varía por múltiples razones, entre las cuales se encuentran: manejo en los galpones, reproductoras jóvenes, pollos con bajo peso inicial, alimento mal formulado, pero en términos generales se puede manifestar que el efecto de la inclusión de enzimas fitasas no tiene efecto sobre la elevación de la mortalidad en la presente investigación.

Mohamed y Hamza (1991) afirman que los animales alimentados con dietas basadas en maíz amarillo, soya, centeno, harina de pescado y harina de hueso pueden presentar porcentajes de mortalidad inferior a 5.56% con suplementación enzimática o sin ella, sin atribuir directamente esta mortalidad a los efectos de las enzimas.

**Cuadro 11: Comportamiento productivo de pollos de carne alimentados con las dietas experimentales (período 42 días).**

Mediciones	Tratamiento <sup>1</sup>		
	1	2	3
<b>Peso inicial, g</b>	44.0 <sup>a</sup>	44.0 <sup>a</sup>	44.0 <sup>a</sup>
<b>Peso final, g</b>	2799 <sup>a</sup>	2802 <sup>a</sup>	2803 <sup>a</sup>
<b>Ganancia de peso, g</b>	2755 <sup>a</sup>	2758 <sup>a</sup>	2759 <sup>a</sup>
<b>Consumo de alimento, g</b>	4851 <sup>a</sup>	4848 <sup>a</sup>	4831 <sup>a</sup>
<b>Conversión alimenticia, g/g</b>	1.733 <sup>a</sup>	1.730 <sup>a</sup>	1.723 <sup>a</sup>
<b>Mortalidad, %</b>	3.96 <sup>a</sup>	3.80 <sup>a</sup>	3.91 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Valores dentro de una fila con superíndice común no difieren significativamente (P<0.05).

<sup>1</sup> **Tratamientos:**

Tratamiento 1: Dieta control sin adición de fitasa.

Tratamiento 2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica.

Tratamiento 3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

#### **4.5. PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA**

El porcentaje de cenizas es una técnica que ayuda a cuantificar la mineralización en los huesos de las aves. El porcentaje de ceniza normal en un hueso de ave joven es mayor al 13%, un valor inferior a éste es considerado como anormal (Valenzuela, 2011).

Los datos sobre porcentaje de cenizas en tibia evaluados en el presente estudio se muestran en el Cuadro 12. Con la adición de enzimas fitasas se obtuvieron valores similares a los conseguidos en la dieta control para la concentración de cenizas de la tibia. Esto nos indica que el nivel de mineralización ósea es similar para todos los tratamientos.

Similar resultado obtuvo Camiruaga *et al.* (2001) en donde no encontró diferencias significativas para el peso de la tibia y sus cenizas en animales con dietas con y sin fitasas. Esto difiere de observado en otros estudios que presentan un aumento del porcentaje de cenizas en tibia con fitasas microbianas (Broz *et al.*, 1994; Qian *et al.*, 1997; Sebastian *et al.*, 1996).

**Cuadro 12: Contenido de cenizas en tibia en pollos de carne a los 21 y 42 días de edad**

Contenido de cenizas (%)	Tratamiento <sup>2</sup>		
	1	2	3
<b>21 días</b>	51.31 <sup>a</sup>	50.91 <sup>a</sup>	51.81 <sup>a</sup>
<b>42 días</b>	50.49 <sup>a</sup>	50.53 <sup>a</sup>	49.63 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Valores dentro de una fila con superíndice común no difieren significativamente (P<0.05).

<sup>1</sup> **Fuente:** Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

<sup>2</sup> Tratamiento 1: Dieta control sin adición de fitasa.

Tratamiento 2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica.

Tratamiento 3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

#### 4.6. MERITO ECONÓMICO

En el Cuadro 13 se observa la retribución económica de cada tratamiento. Los costos de alimentación fueron obtenidos, considerando los precios de los ingredientes de la primera semana de octubre del 2013.

La dieta suplementada con la fitasa bacteriana presentó mejor mérito económico comparado al de la dieta suplementada con la fitasa fúngica. Ambas son mayores al control. La misma tendencia ocurre con el Índice de eficiencia productiva (IEP). Estos datos concuerdan con Martínez (2004), que menciona que las fitasas derivadas de *Escherichia coli* y cultivadas en la levadura *Saccharomyces pombe* produce mayores ahorros en costos de alimento comparado con la fitasa cultivada en *Aspergillus niger*.

El tratamiento con fitasa bacteriana numéricamente obtuvo la mayor retribución económica por pollo, ya que el costo total de alimentación por pollo fue menor y el peso final a la venta fue mayor que los otros tratamientos. Este resultado es similar al estudio de Martínez (2004) y Ortiz (2008), que encontraron un mayor mérito económico con la fitasa bacteriana que con la fitasa fúngica y el tratamiento control. Esto demuestra que la acción superior de las fitasas sobre el fitato, permitiendo más ahorros en los costos por un menor uso del fosfato dicálcico u otra fuente fosfatada.

**Cuadro 13: Retribución económica del alimento.**

Item	Tratamiento <sup>1</sup>		
	T1	T2	T3
<b>INGRESOS</b>			
Peso final a 42 días (Kg)	2.799	2.802	2.803
Precio por Kg pollo (S/.)	4.10	4.10	4.10
<b>Ingreso bruto por pollo (S/.)</b>	<b>11.48</b>	<b>11.49</b>	<b>11.49</b>
<b>EGRESOS</b>			
Consumo alimento inicio de 1 a 8 días (Kg/pollo)	0.161	0.161	0.161
Consumo alimento crecimiento de 9 a 23 días (Kg/pollo)	1.240	1.240	1.240
Consumo alimento engorde de 24 a 33 días (Kg/pollo)	2.329	2.329	2.329
Consumo alimento acabado de 34 a 42 días (Kg/pollo)	1.121	1.118	1.101
	<b>4.851</b>	<b>4.848</b>	<b>4.831</b>
Costo/Kg de alimento inicio (S/.)	1.262	1.259	1.258
Costo/Kg de alimento crecimiento (S/.)	1.243	1.241	1.240
Costo/Kg de alimento engorde (S/.)	1.239	1.236	1.236
Costo/Kg de alimento acabado (S/.)	1.221	1.218	1.217
Costo de alimento inicio (Soles/pollo)	0.203	0.203	0.203
Costo de alimento crecimiento (Soles/pollo)	1.541	1.539	1.538
Costo de alimento engorde (Soles/pollo)	2.886	2.879	2.878
Costo de alimento acabado (Soles/pollo)	1.369	1.363	1.341
<b>Costo total de alimento por pollo (S/.)</b>	<b>5.999</b>	<b>5.983</b>	<b>5.958</b>
Retribución económica del alimento			
Por pollo (S/.)	5.477	5.506	5.536
Porcentaje relativo	100	100.54	101.08
<b>Índice de eficiencia productiva (IEP)</b>	<b>369</b>	<b>373</b>	<b>376</b>

\* Precio sin IGV correspondientes a la primera semana de Octubre del 2013.

<sup>1</sup> Tratamiento 1: Dieta control sin adición de fitasa.

Tratamiento 2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica.

Tratamiento 3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se llevó a cabo el presente estudio, se puede establecer las siguientes conclusiones:

- El comportamiento productivo de los pollos de carne alimentados con dietas suplementadas con fitasas fueron similares al grupo control (sin adición de enzimas fitasas).
- Se observó una mejor retribución económica con la dieta suplementadas con fitasa bacteriana, frente a la dieta suplementada con fitasa fúngicay al grupo control.
- La matriz asignada a cada fitasa microbiana, permitió la liberación de la cantidad de fósforo y otros nutrientes consignados en ella.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Al concluir el presente trabajo se recomienda:

- Utilizar la fitasa con la que se obtuvo mejor desempeño económico.
- Realizar pruebas con fitasas en dietas que contengan otros ingredientes como trigo, cebada, afrecho y arrocillo en la crianza comercial de pollos de carne.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A.; CARDENAS, M. 2006. Enzimas en la alimentación de las aves: Fitasas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 2006. Vol. 40, Núm. 4. pp. 377-387.

APPLEGATE, T.J.; JAERN, B.C.; NASSBAUN, D.L.; ANGEL, R. 2003. Water soluble phosphorous in fresh broiler litter is dependent upon phosphorous concentration fed but not on fungal phytase supplementation. Poultry Science, 82: 1024.

ATIA, F.A., WEIBEL, P.E., HERMES, I., CARLSON, C.W. Y WALSER, M.M. 2000. Effects of dietary phosphorous, calcium and phytase on performance of growing turkeys. Poultry Science 78: 231.

BANKS, K.M., THOMPSON, K.L. P., JAYNES Y APPLEGATE, T.J. 2004. The effects of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. Poultry Science 83:1335.

BEDFORD, M.R. 2004. Enzymes and enzyme cocktails for enhancing nutrient retention. Multi-State Animal Nutrition Conference Proc.

BROZ, J.; OLDALE, P.; PERRIN, A.; RYCHEN, G.; SCHULZE, G. Y SIMOES C. 1994. Effects of supplemental phytase on performance and phosphorus utilisation in broilerchickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. British Poultry Science. 35:273-280.

CABAÑA, N. 2001. Eficacia de las fitasas en alimentación animal. Centro de Investigación Agropecuaria. México. Vol. 2, pp. 23-38.

CALZADA, J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Quinta Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

CAMIRUAGA, M; GARCIA, F.; ELERA, R. Y SIMONETTI. 2001. Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maíz o triticale. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile. 28 (1): 23-36.

CHARRAGA, S.; FERNANDEZ, S. 2010. Uso de Enzimas en Producción Avícola. XIII Seminario Internacional de Avicultura AMEVEA Ecuador, pp.1-13.

- COBB. 2005. Cobb Broiler Nutrition Guide. Cobb Vantres. Arkansas, US.
- COELHO, M.B. 1996. Ecological Nutrition: A costly or smart move? En: Phytase in animal nutrition and waste management. A BASF Reference Manual 1996. Eds. M.B. Coelho y E.T. Kornegay. BASF Corporation, pp. 41.
- DANISCO, 2005. Especificaciones técnicas Phyzyme XP 5000G. Danisco Animal Nutrition. Reino Unido.
- DILGER, R.; OYANGO, E.; SANDS, J. Y ADEOLA, O. 2004. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. Poultry Science, Jun 83(6): 962-70.
- DSM, 2005. Especificaciones técnicas Ronozyme P (CT). DSM Nutritional Products Europe Ltd. Suiza.
- EECKHOUT, W. Y DE PAEPE, M. 1991. The quantitative effects of an industrial microbial phytase and wheat phytase on the apparent phosphorus absorbability of mixed feed by piglets. Med. Fac. Landbouwwet. Rijkuniv. Gent. 56:1643.
- FRANCO, C. 2007. Optimización de la producción de fitasa por *Aspergillus niger* en Fermentación en Estado Sólido utilizando métodos estadísticos. Tesis de Maestría. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. México.
- FRONTELA, C.; ROS, G.; MARTINEZ, C. 2008. Empleo de fitasas como ingrediente funcional en alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 58 (3): 215-220.
- GARCIA, M.; CARRILLO, G.; LOPEZ, J. 2003. Disponibilidad de fósforo de la pasta de soya y sorgo-gluten de maíz, adicionadas con fitasa en pollos de engorda en iniciación. Departamento de Zootecnia de la Universidad de México. 40:1575-1580.
- GODOY, S.; HERNANDEZ, G.; CHICCO, C. 2010. Effect of supplemental microbial phytase on the utilization of phosphorus phytate in broiler chickens fed com-soybean diets. Revista Internacioanl Arbitrada a la Divulgación de Investigaciones Originales en el Área Agropecuaria. 12 (2), pp. 508-512.
- HARTER-DENIS, J. 1999. Biotechnology in the feed industry. Proc. Alltech's 15th Annual. Symposium. Eds. T.P. Lyons y K.A. Jacques. Nottingham University Press. USA, pp. 511.

- JONGBLOED, A.W., FREITAG, M., HENSCHKE, H.U., SCHULTE-SIENBECK, H. & REICHELT, B. 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.
- KEMME, P.A. 1998. Phytate and phytases in pig nutrition. PhD. Thesis. Agricultural University of Wageningen. Holanda.
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. 1993. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. Poultry Science 72:144.
- KORNEGAY, E.T. 1999. En: Biotechnology in the feed industry. Proc. Alltech's 15th Annual Symposium. Ed. T.P. Lyons y K.A. Jacques. Nottingham University Press. Reino Unido, pp. 461.
- KORNEGAY, E.T.; RADCLIFFE, J.S. Y ZHANG, Z. 1998. Influence of phytase and diet composition on phosphorus and amino acid digestibilities, and phosphorus and nitrogen excretion in swine. BASF Tech. Symposium. Durham NC, pp. 125
- LEI, X.; WEAVER, J.; MULLANEY, E.; ULLAH, A.; AZAIN, M. 2013. Phytase, a new life for an old enzyme. Annu. Rev. Anim. Biosci. 2013. 1:283-309.
- LIEBERT, F.; WECKE, C.; SCHÖNER, F.J. 1993. Enzyme use in soy-based diets. Proc. 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition. Eds. C. Wenk y M. Boessinger. Karthause Ittingen, Suiza, pp. 202.
- MAENZ, D.D.; ENGELE-SCHAAN, C.M.; NEWKIRK, R.W.; CLASSEN, H.L. 1999. The effect of minerals and mineral chelators on the formation of phytase-resistant and phytase-susceptible forms of phytic acid in solution and in slurry of canola meal. Animal Feed Science and Technology. 81:177.
- MARBAY, S. 1998. Influence of dietary phosphorus on performance of laying hens. Feedstuffs 70:1.
- MARTINEZ, M. 2004. Use of a yeast versus fungi derived phytases to improve the bioavailability of phosphorous and the potential of new techniques to evaluate their

effectiveness. Danisco Animal Nutrition. Congreso Internacional de Ciencias Pecuarias. Lima – Perú.

MARTINEZ, I.; ORTIZ, J. 2008. Uso de fitasas microbianas en raciones de ponedoras comerciales post-muda. Universidad Evangélica Boliviana, pp. 1-16.

MENDOZA C. 2002. Effect of genetically modified low phytic acid plants on mineral absorption. *Int. J.Food Sci. Technol.* 37:759–67.

MOHAMED, M AND A. HAMZA, 1991. Using enzyme preparations in corn-soybean meal broiler rations. *Egyptian Journal of Animal Production* 28: 245-254.

MULLANEY, E.J.; DALY, C.B.; SETHUMADHAVAN, K.; RODRIQUEZ, E.; LEI, X.G.; ULLAH, A.H. 2000. Phytase activity in *Aspergillus fumigatus* isolates. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 275:759–63.

NIEKERK, G.C Y REUVEKAMP, B.F.1997. Nutritional evaluation of low phytate and high in poultry. *World Poultry* 13 (4): 26.

ORTIZ, J. 2008. Evaluación de dos tipos de fitasas microbianas en la dieta suplementaria de pollos parrilleros. Veterquímica, Bolivia.

PANDEY, A; SZAKACS, G.; SOCCLO, C.L.; RODRIGUEZ, J.A. Y SOCCLO, V.T. 2001. Production purification and properties of microbial phytases. *Bioresource Technology.* (77):203-214.

POINTILLART, A. 1993. Proc. 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition. Eds. C. Wenk y M. Boessinger, Kartause Ittingen, Switzerland, pp. 192.

QIAN, H.; KORNEGAY, E.T. Y DENBOW, D.M. 1997. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. *Poultry Science* 76:37.

RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W.L. 1999. Influence of microbial phytase on aparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. *Poultry Science.* 78:699.

RAVINDRAN, V., KORNEGAY, E.T., POTTER, L.M., OGUNABAMERU, O.B., WELTON, M.K., WILSON, J.H. Y PATCHANACORN, M.1995. An evaluation of

various response criteria in assessing biological availability of phosphorus for broilers. Poultry Science 74:1820.

REBOLLAR, P.G.; MATEOS, G.G. 1999. El Fósforo en nutrición animal: necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. XV Curso de Especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona. Cap 2, pp. 19-64.

RIGON, M.; GREINER, R.; RODRIGUEZ, J.; WOICIECHOWSKI, A.; PANDEY, A.; THOMAZ, V.; SOCOL, C. 2007. Phytase production using citric pulp and other residues of the agroindustry in SSF by fungal isolates. Food Technology Biotechnology, 46 (2):178-182.

RODEHUTSCORD, M. 2011. Avances en la valoración del fósforo en aves. XXVII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España, pp.237-246.

ROOPESH, K.; RAMACHANDRAN, S.; NAMPOOTHIRI, K. M.; SZAKACS, G. Y PANDEY, A. 2006. Comparison of phytase production on wheat bran and oilcakes in solid-state fermentation by *Mucor racemosus*. Bioresource Technology (97): 506-511.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, P. Y CHAVEZ, R. 1996. Efficacy of supplemental microbial phytase at different calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. Poultry Science 75:1516.

SEBASTIAN, S., TOUCHBURN, P., CHAVEZ, R., Y LAGUE, P. 1997. Apparent Digestibility of Protein and Amino Acids in Broiler Chickens Fed a Corn- Soybean Diet Supplemented with Microbial Phytase. Department of Animal Science, Macdonald Campus, McGill University, 76:1760-1769.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R.A. y BRYDEN, W.L. 2000. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. Nutrition Research Reviews. (13): 255-278.

VALENZUELA, G. 2011. Evaluación *in vivo* de la actividad enzimática de tres tipos de fitasas de diferentes casas comerciales para mejorar la disponibilidad de fósforo fítico y nutrientes en pollos broilers machos. Tesis Ingeniería en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador.

VIVEROS, A.; ARIJA, I.; CENTENO, C. Y 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. Vol. 17 (1-2). Madrid, España.

VOHRA Y SATYANARAYANA, 2003. Phytases: Microbial sources, production, purification, and potential biotechnological applications. Critical reviews in Biotechnology. 23(1): 29-60.

WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; CRUM, R.C.; RABOY, V. 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 78:1451.

WARD, N.E. 2002. Phytase stability may be improved by new technology. Feedstuffs. March 4.

WU, G.; LIU, Z.; BRYANT, M. & ROLAND, D.A. 2006. Comparison of Natuphos and Phyzyme as Phytase Sources for Commercial Layers Fed Corn-Soy Diet. Poultry Science 85:64.

YI, Z.; KORNEGAY, E.T. 1996. Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs. Animal Feed Science and Technology. 61:361.

ZHANG, Z.B.; KORNEGAY, E.T.; RADCHIFFE, J.S.; HENBOW, D.M.; VIET, H.P.; LARSEN, C.T. 2000. Comparison of genetically engineered microbial and plant phytase for young broilers. Poultry Science. 78:709.

## **VIII. ANEXOS**

**ANEXO1: REGISTRO DE PESO CORPORAL INICIAL, PESO CORPORAL FINAL Y GANANCIA DE PESO POR TRATAMIENTO.**

<b>Tratamiento<sup>1</sup></b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Ganancia de peso(g)</b>
<b>T1</b>	1	43	2872	2829
	2	44	2732	2688
	3	45	2793	2748
	Promedio	44	2799	2755
<b>T2</b>	1	43	2840	2797
	2	44	2768	2724
	3	45	2799	2754
	Promedio	44	2802	2758
<b>T3</b>	1	43	2865	2822
	2	44	2774	2730
	3	45	2771	2726
	Promedio	44	2803	2759

**<sup>1</sup> Tratamientos:**

Tratamiento 1: Dieta control sin adición de fitasa.

Tratamiento 2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica.

Tratamiento 3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

**ANEXO 2: REGISTRO DE CONSUMO DE ALIMENTO, CONVERSIÓN ALIMENTICIA Y MORTALIDAD ACUMULADA.**

<b>Tratamiento<sup>1</sup></b>	<b>Repetición</b>	<b>Consumo de alimento (g)</b>	<b>Conversión alimenticia acumulada</b>	<b>Mortalidad acumulada (%)</b>
<b>T1</b>	1	4911	1.710	3.88
	2	4754	1.740	4.04
	3	4887	1.750	3.95
	Promedio	4851	1.733	3.96
<b>T2</b>	1	4998	1.760	4.00
	2	4761	1.720	4.79
	3	4786	1.710	2.60
	Promedio	4848	1.730	3.80
<b>T3</b>	1	4928	1.720	3.40
	2	4688	1.690	4.73
	3	4877	1.760	3.60
	Promedio	4831	1.723	3.91

**<sup>1</sup> Tratamientos:**

Tratamiento 1: Dieta control sin adición de fitasa.

Tratamiento 2: Dieta formulada según la matriz de la fitasa fúngica.

Tratamiento 3: Dieta formulada según la matriz de la fitasa bacteriana.

### ANEXO 3: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA PESO CORPORAL INICIAL.

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: PESO INICIAL

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
Error	6	6.00000000	1.00000000		
Total corregido	8	6.00000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PESO Media
0.000000	2.272727	1.000000	44.00000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	0	0	0.00	1.0000

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PESO INICIAL**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	1
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	2.5052

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tukey**

Agrupamiento	Media	N	TRATAMIENTO
A	44.0000	3	CONTROL
A			
A	44.0000	3	PHYZYME
A			
A	44.0000	3	RONOZYME

## ANEXO 4: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA PESO CORPORAL FINAL.

### Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: PESO FINAL

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	32.06222	16.03111	0.01	0.9947
Error	6	18073.79333	3012.29889		
Total corregido	8	18105.85556			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PESO Media
0.001771	1.959054	54.88441	2801.578

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	32.06222222	16.03111111	0.01	0.9947

### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PESO FINAL

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	3012.299
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	137.5

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey  
Agrupamiento

	Media	N	TRATAMIENTO
A	2803.47	3	PHYZYME
A	2802.27	3	RONOZYME
A	2799.00	3	CONTROL

## ANEXO 5: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA GANANCIA DE PESO.

### Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: GANANCIA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	32.06222	16.03111	0.01	0.9948
Error	6	18506.99333	3084.49889		
Total corregido	8	18539.05556			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	GANANCIA Media
0.001729	2.014024	55.53827	2757.578

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	32.06222222	16.03111111	0.01	0.9948

### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GANANCIA

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	3084.499
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	139.14

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

### Tukey Agrupamiento

	Media	N	TRATAMIENTO
A	2759.47	3	PHYZYME
A	2758.27	3	RONOZYME
A	2755.00	3	CONTROL

## ANEXO 6: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA CONSUMO DE ALIMENTO.

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase                    Niveles            Valores  
TRATAMIENTO            3            CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones                    9

Variable dependiente: CONSUMO

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	692.14889	346.07444	0.03	0.9745
Error	6	79882.56000	13313.76000		
Total corregido	8	80574.70889			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONSUMO Media
0.008590	2.382276	115.3853	4843.489

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	692.1488889	346.0744444	0.03	0.9745

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CONSUMO**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	13313.76
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	289.07

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**Tukey Agrupamiento**

	Media	N	TRATAMIENTO
A	4850.87	3	CONTROL
A			
A	4848.43	3	RONOZYME
A			
A	4831.17	3	PHYZYME

**ANEXO 7: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA CONVERSIÓN ALIMENTICIA.**

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME
Número de observaciones		9

Variable dependiente: CONVERSION

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.00015556	0.00007778	0.10	0.9076
Error	6	0.00473333	0.00078889		
Total corregido	8	0.00488889			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CONVERSION Media
0.031818	1.624579	0.028087	1.728889

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	0.00015556	0.00007778	0.10	0.9076

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CONVERSION**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	0.000789
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	0.0704

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento

Media	N	TRATAMIENTO
A	1.73333	3 CONTROL
A	1.73000	3 RONOZYME
A	1.72333	3 PHYZYME

**ANEXO 8: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA MORTALIDAD.**

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: MORTALIDAD

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.04062222	0.02031111	0.03	0.9660
Error	6	3.50153333	0.58358889		
Total corregido	8	3.54215556			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	MORTALIDAD Media
0.011468	19.64953	0.763930	3.887778

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	0.04062222	0.02031111	0.03	0.9660

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para MORTALIDAD**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	0.583589
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	1.9138

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento

	Media	N	TRATAMIENTO
A	3.9567	3	CONTROL
A			
A	3.9100	3	PHYZYME
A			
A	3.7967	3	RONOZYME

**ANEXO 9: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA A LOS 21 DÍAS DE EDAD.**

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: CENIZAS

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1.22000000	0.61000000	0.30	0.7492
Error	6	12.07340000	2.01223333		
Total corregido	8	13.29340000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CENIZAS Media
0.091775	2.762836	1.418532	51.34333

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	1.22000000	0.61000000	0.30	0.7492

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CENIZAS**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	2.012233
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	3.5538

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento

	Media	N	TRATAMIENTO
A	51.810	3	PHYZYME
A	51.310	3	CONTROL
A	50.910	3	RONOZYME

**ANEXO 10: ANÁLISIS DE VARIANCIA Y PRUEBA TUKEY PARA PORCENTAJE DE CENIZAS EN TIBIA A LOS 42 DÍAS DE EDAD.**

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: CENIZAS

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1.55120000	0.77560000	1.33	0.3331
Error	6	3.50440000	0.58406667		

Total corregido		8	5.05560000			
R-cuadrado	Coef Var		Raíz MSE	CENIZAS Media		
0.306828	1.521890		0.764243	50.21667		
Fuente		DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO		2	1.55120000	0.77560000	1.33	0.3331

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CENIZAS**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	0.584067
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	1.9146

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento

	Media	N	TRATAMIENTO
A	50.5300	3	RONOZYME
A	50.4900	3	CONTROL
A	49.6300	3	PHYZYME

**ANEXO 11: ANÁLISIS DE VARIANCI A Y PRUEBA TUKEY PARA ÍNDICE DE EFICIENCIA PRODUCTIVA (IEP).**

**Procedimiento ANOVA**

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	3	CONTROL PHYZYME RONOZYME

Número de observaciones 9

Variable dependiente: IEP

Fuente		DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo		2	74.00000000	37.00000000	Infty	<.0001
Error		6	0.00000000	0.00000000		
Total corregido		8	74.00000000			

R-cuadrado	Coef Var		Raíz MSE	IEP Media
1.000000	0		0	372.6667

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	2	74.00000000	37.00000000	Infty	<.0001

**Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para IEP**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error de cuadrado medio	0
Valor crítico del rango estudentizado	4.33920
Diferencia significativa mínima	0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento

	Media	N	TRATAMIENTO
A	376.0	3	PHYZYME
B	373.0	3	RONOZYME
C	369.0	3	CONTROL