

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**



TESIS

**“SUPLEMENTACIÓN DE ENZIMA FITASA PHYTACIN 5000G® EN
DIETAS DE GALLINAS ISA BROWN EN FASE DE POSTURA”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ELABORADO POR
NELSON FAUSTO FELIX ESPÍRITU**

**ASESOR
Dr. RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE**

**TINGO MARÍA – PERU
DICIEMBRE – 2018**



**T
ZOO**

Felix Espiritu, Nelson Fausto

“Suplementación de enzimas fitasa Phytacin 5000G en diaras de gallinas Isa Brown en fase de postura”

33 páginas; 06 cuadros; 00 Gráficos; 27 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Zootecnista) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia. 2018

1. ENZIMAS

2. FITASA

3. DIETAS

4. GALLINAS

5. POSTURA

6. FASE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, se reunieron a las 10:00 a.m. del 12 de diciembre de 2018, para calificar la Tesis titulada "**SUPLEMENTACIÓN DE ENZIMA FITASA PHYTACIN 5000 G® EN DIETAS DE GALLINAS ISA BROWN EN FASE DE POSTURA**", presentada por el Bachiller en Ciencias Pecuarias **NELSON FAUSTO FÉLIX ESPÍRITU**.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "**MUY BUENO**".

En consecuencia, el sustentante queda capacitado para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para la otorgación del Título de conformidad con lo establecido en el Artículo 265°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 18 de diciembre de 2018.

Ing. M. Sc. Juan Laó González
Presidente

Ing. Walter Alberto Paredes Orellana
Miembro

Ing. Wagner Severo Villacorta López
Miembro

Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate
Asesor

DEDICATORIA

A **Dios** por haberme dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis queridos padres: **Josefina** y **Severiano** que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis adorados hijos: **Keren Milagros**, **Daniel Enrique** y **Ana Lucía**, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos

A mí amada esposa: **Edith Martel León**, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma máter, la Universidad Nacional Agraria de la Selva, especialmente a la Facultad de Zootecnia nido de muchos que como yo eligieron esta extraordinaria carrera y que con mucho orgullo, amor, pasión y respeto representaré.

Especial reconocimiento y agradecimiento al Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate, asesor de Tesis y un gran amigo, por sus sabios conocimientos, su don de gente, por su profesionalismo y sobre todo por su apoyo y confianza depositada en mi persona.

A mis jurados: Ing. M.Sc. Juan Lao González, Ing. Walter Alberto Paredes Orellana, Ing. Wagner Severo Villacorta López, por el interés, motivación, apoyo y críticas necesarias para la realización de este trabajo.

A mis hermanos Eleazar Iván, Leonardo, Nellida, por su apoyo, amor, compañía y palabras de ánimo en todo momento. A toda mi familia por su apoyo, consejos, ánimo, respaldo, confianza en mí y amor que siempre me han brindado en especial a mi tía Ana y Yeni Lino.

Eterno agradecimiento a los docentes de la Facultad de Zootecnia por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo y amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

A mis amigos por todos los momentos que pasamos juntos, por los trabajos que juntos realizamos y por todas las veces que a mí me explicaron gracias por la confianza que en mi depositaron.

RESUMEN

La investigación se realizó en el Centro de Investigación y Capacitación Granja Zootécnica de la Facultad de Zootecnia, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María, departamento de Huánuco, con el objetivo de evaluar los índices productivos y económicos de gallinas Isa Brown, alimentados con dietas suplementadas con enzima fitasa, fueron utilizadas 126 gallinas Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, con peso vivo de 1933 ± 72 g, las cuales se distribuyeron en tres tratamientos con siete repeticiones y seis gallinas por repetición; los tratamientos fueron: T1: Dieta con 3.9% y 0.33% de calcio y fósforo disponible, respectivamente (Control positivo). T2: Dieta con 3.8% y 0.21% de calcio y fósforo disponible, respectivamente (Control negativo). T3: Dieta con 3.8% y 0.21% de calcio y fósforo disponible, respectivamente + 60 ppm de fitasa (Control negativo + fitasa); las evaluaciones estadísticas se realizaron mediante un DCA con arreglo factorial de 3×10 (3 Dietas x 10 semanas) y las diferencias entre tratamientos y semanas se realizaron mediante el test de Tukey (5%). Los resultados indican que, las gallinas que consumieron dieta con 60 ppm de fitasa reportaron mayor uniformidad de la parvada en función al peso vivo; también, el peso del huevo fue influenciada ($p < 0.05$) por la suplementación de 60 ppm de fitasa en dietas de gallinas. Sin embargo, el peso final, la masa de huevo, la conversión alimenticia y el porcentaje de postura no fueron influenciados ($p < 0.05$) por la suplementación de 60 ppm de fitasa. Se concluye que la uniformidad de la parvada y el peso del huevo se mejoran con la suplementación de 60 ppm de fitasa en dietas de gallinas Hy line Brown de 58 a 67 semanas de edad; entretanto, las mejores utilidades se reportaron en gallinas que consumieron dietas del grupo control negativo y control negativo + fitasa.

Palabras clave: Conversión alimenticia, Fósforo fítico, Masa de huevo, Mérito económico, Porcentaje de postura.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de gallinas de postura.....	3
2.1.1. Líneas genéticas de gallinas livianas de postura comercial.....	3
2.2. Características generales de la enzima fitasa.....	5
2.2.1. Tipos de enzimas fitasas.....	7
2.2.2. Importancia del fósforo y calcio.....	8
2.2.3. Factores anti nutricionales.....	9
2.3. Uso de fitasas en gallinas de postura.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar y fecha de ejecución.....	14
3.2. Tipo de investigación.....	14
3.3. Instalaciones equipos y materiales.....	14
3.4. Insumo en estudio.....	15
3.5. Animales experimentales.....	16
3.6. Dietas experimentales y alimentación.....	16
3.7. Sanidad.....	17
3.8. Variable independiente.....	17
3.9. Tratamientos experimentales.....	17
3.10. Croquis de distribución de los tratamientos.....	17
3.11. Análisis estadístico.....	19

3.12. Variables dependientes.....	19
3.13. Metodología.....	20
3.13.1. Uniformidad del peso vivo de la parvada	20
3.13.2. Peso de huevo.....	20
3.13.3. Masa de huevo.....	20
3.13.4. Conversión alimenticia para huevo.....	20
3.13.5. Porcentaje de postura.....	21
3.13.6. Beneficio económico.....	21
IV. RESULTADOS.....	23
4.1. Parámetros productivos.....	23
4.2. Parámetros económicos.....	25
V. DISCUSIÓN.....	26
5.1. Índices productivos.....	26
5.2. Parámetros económico.....	30
VI. CONCLUSIÓN.....	32
VII. RECOMENDACIONES.....	33
VIII. ABSTRACT	34
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
X. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Matriz nutricional de la fitasa Phytacin 5000G®	15
2	Composición porcentual de dietas balanceadas para gallinas de la línea genética Isa Brown en fase de postura	18
3	Aporte nutricional de las dietas comerciales para gallinas en postura	18
4	Promedios \pm desviación estándar de pesos vivos de gallinas, a los 58, 62 y 67 semanas de edad, en función a los tratamientos..	23
5	Índices productivos de gallinas en postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, alimentadas con dietas suplementadas con fitasa.....	24
6	Índices productivos de gallinas en postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, en función a la suplementación de enzima y al tiempo (semanas).....	24
7	Beneficio neto y mérito económico de gallinas Isa Brown alimentadas con dietas suplementadas con fitasa.....	25

I. INTRODUCCIÓN

En la alimentación de gallinas destinadas a la producción de huevo, se deben considerar ciertos factores importantes que determinan el éxito de un programa eficiente de alimentación y que darán como resultado la obtención de excelentes rendimientos; entre los factores más importantes están la alimentación durante el desarrollo y el factor ambiental. El fósforo es un nutriente esencial y caro, involucrado en muchos procesos metabólicos y está relacionado con el metabolismo del calcio para la formación del cascarón, asimismo, el metabolismo del fósforo y calcio están estrechamente relacionados, por lo que una deficiencia o abundancia de uno de ellos puede interferir con la utilización del otro.

También, el elemento calcio es importante porque su concentración en la dieta de gallinas ponedoras afecta la calidad del cascarón y la producción de huevo, provocando pérdidas económicas importantes para los productores cuando hay deficiencias en la dieta; asimismo, los ingredientes utilizados en las dietas de gallinas en postura, son granos y subproductos agroindustriales, los cuales se caracterizan por poseer entre 50% a 80% del total de fósforo en forma de fitatos, dicho fósforo fítico se caracteriza por ser de nula disponibilidad para los monogástricos; por tanto, la suplementación de fósforo en dietas para monogástricos es a partir de fuentes inorgánicas, caracterizado por ser de alto

valor económico, elevando así el costo por alimentación que es de 60% a 70% del costo total de producción.

Las fitasas, son enzimas que hidrolizan los fitatos y liberan fósforo y otros micro minerales, proteína y energía, haciendo posible el mayor aprovechamiento del fósforo presente en los vegetales; además, evita la contaminación ambiental ya que el fósforo es uno de los nutrientes que tiene un alto poder contaminante principalmente del medio acuático; por tanto, en este trabajo se plantea la siguiente interrogante ¿Cuáles son los efectos de la suplementación de la enzima fitasa, en dietas balanceadas para gallinas de postura?; para ello planteamos la siguiente hipótesis: La inclusión de 60 ppm de la enzima fitasa en dietas balanceadas para gallinas de postura, con bajo nivel de fósforo (0.21% de fósforo disponible y 3.8% de calcio) muestra mayor disponibilidad del fósforo de la dieta en relación a los otros tratamientos. Para ellos tenemos los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar los índices productivos y económicos de gallinas de postura alimentados con dietas suplementadas con la enzima fitasa.

Objetivos específicos

- Determinar la uniformidad de la parvada, peso del huevo, masa del huevo, conversión alimenticia para huevo y porcentaje de postura de gallinas alimentados con dietas balanceada suplementadas con fitasa.
- Determinar el beneficio y mérito económico de la producción de gallinas de postura alimentados con dietas suplementadas con la enzima fitasa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de gallinas de postura

Las líneas genéticas de gallinas de postura están establecidas por animales para la producción de huevo comercial con uno de los colores de cascarón, blanco o marrón. Las aves son de tamaño relativamente pequeño, y ponen un número elevado de huevos con cascarón resistente, el cual también depende de su nutrición. Su viabilidad es buena y su producción de huevos es económica; estas aves productoras de huevo con cascarón color marrón son 30 a 50% más grandes que las productoras de huevo con cascarón blanco (NORTH y DONALD 1998).

2.1.1. Líneas genéticas de gallinas livianas de postura comercial

Hy-Line Brown.- Son gallinas livianas de plumaje blanco que además producen huevos blancos. Se pueden encontrar variedades como Hy-line W-77 y W-36, quienes producen aproximadamente 300 huevos por campaña, llega al 50 % de postura a los 160 días de vida, tiene un porcentaje promedio de postura entre las semanas 20 a 78 del 75 %, peso corporal a las 70 semanas de 1.8 kg. Las gallinas de la línea Leghorn, son de plumaje blanco, tiene la cara de porte fina, pico no muy largo, cresta mediana con cinco dientes bien formados, orejillas blancas ovales y de tamaño moderado, la cresta, cara y barbillas son de

color rojo, son conocidas por sus huevos de cascara blanca y su inicio de puesta es a los cinco meses, en su edad adulta tiene un peso promedio de 2 kg, estas producen de 320 a 340 huevos por campaña y el peso del huevo oscila entre 70 a 75 g.

Isa Brown.- Las gallinas Isa Brown tienen su origen en EE.UU., siendo el resultado del cruce entre las razas puras Rhode Island Blanca y Rhode Island Roja. Se caracterizan por el plumaje rojizo, los primeros huevos comienzan a aparecer entre 21 a 22 semanas de edad, su pico de producción es entre 27 y 28 semanas de edad, su ciclo de postura es de 50 semanas de edad, siendo una raza de gallinas ponedoras por excelencia, dado que alcanza una producción de casi el 95% en las granjas industriales, con más de 320 huevos al año. El peso que logran estas gallinas es de 1.6 a 2.2 kg, con un peso promedio de huevos de 65 g y un índice de conversión de 2.33 kg/kg (ROLDÁN et al., 2010).

La producción de huevos generalmente dura entre 12 y 14 meses, empezando su periodo de puesta entre las semanas 18 y 22 de vida con un porcentaje de postura de 1.8 y peso promedio de huevo de 43 gramos, su pico de producción sucede entre las semanas 27 y 28 de producción con un porcentaje de puesta de 95.1 y peso promedio de huevo de 60.7 g. Para lograr este objetivo es necesario establecer programas adecuados de manejo, iluminación, alimentación y control de enfermedades. Las gallinas ponedoras llegan a poner de 300 a 320 huevos durante la postura, con un peso de 60 a 64 gramos por huevo. En esta etapa se deberá proporcionar las condiciones de espacio, equipo, iluminación adecuada, y de igual forma, la alimentación acorde con su edad para que alcancen los porcentajes de producción deseados, según su edad y su potencial genético (ISA BROWN, 2009).

La alimentación de gallinas de la línea Isa Brown, de acuerdo a ZAVIEZO (2012), comenta que se debe practicar una alimentación por fases para asegurar el consumo correcto de nutrientes con la finalidad de cumplir con la demanda de producción y a la vez controlar el tamaño de los huevos. Las dietas deben ser formuladas de acuerdo al consumo real de las aves y el nivel deseado de producción. Las gallinas deben tener acceso constante al alimento, especialmente antes de la oscuridad. Asimismo, ISA BROWN (2009) indica que el consumo de alimento de las gallinas es de 86 g/ave/día y su requerimiento nutricional al inicio de la puesta es de 2750 kcal/kg de energía metabolizable, 16.8% de proteína bruta en temperaturas de 18 a 24 °C y 17.5% en temperaturas mayores de 24°C; también, nos indica que el requerimiento de lisina total es de 0.84 % y 2.5% de calcio.

Los lotes con consumos menores de 280 kcal/día al momento del pico de producción tendrán una tendencia a sufrir depresiones de la producción post pico y reducir el tamaño de los huevos. Como resultado del aumento del contenido de energía en el alimento tendremos mayor ganancia de peso corporal, producción de huevos y peso de los mismos, especialmente cuando la temperatura ambiente es alta. Las grasas y aceites son insumos con altas densidades de energía y pueden ser usados para aumentar el contenido energético del alimento y su digestión produce menos calor corporal, lo cual es favorable durante el periodo de estrés calórico (NORTH y DONALD 1998).

2.2. Características generales de la enzima fitasa

Las fitasas son enzimas que mejoran la digestión del fósforo en los piensos utilizados en la alimentación de monogástricos. Por tanto, van a permitir

una mejor utilización del fósforo de la dieta, ya que el fósforo es el segundo mineral en importancia, desde el punto de vista cuantitativo, en el organismo del cerdo; al margen de su importancia cuantitativa, el fósforo va a cumplir una serie de funciones dentro del organismo animal de vital importancia, por lo que puede ser considerado como un mineral más importante ya que interviene en la formación y mineralización de la matriz orgánica de los huesos, intervienen en el crecimiento y diferenciación celular, al formar parte de los fosfolípidos, interviene en el metabolismo de los glúcidos, ácidos grasos, síntesis de aminoácidos y proteínas (QUILES, 2003).

Las fitasas son enzimas capaces de hidrolizar el ácido fítico, presente en los vegetales, produciendo ortofosfato inorgánico y myo-inositol libre. Las fitasas exógenas han sido encontradas en microorganismo como hongos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp*), levaduras y bacterias (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas sp*) (HERNÁNDEZ, 2003).

VIVEROS (2002), menciona que las fitasas son fosfatasas específicas que hidrolizan los fitatos a inositol y ortofosfato, existen dos tipos de actividad fitasica, 3 y 6-fitasas. Su diferencia radica en que la primera inicia su hidrolisis en el grupo fosfato que está en la posición 3 y la 6-fitasa en el que está en la 6. La 3-fitasa se ha encontrado en microorganismo y animales, mientras que la 6-fitasa es de origen vegetal, las fitasas se encuentran en la naturaleza en un gran número de granos, semillas y subproductos, siendo el centeno, el triticale, el trigo y los salvados los que poseen una mayor riqueza, en los microorganismos principalmente en hongos, también se encuentran en muy altas concentraciones y por último en la mucosa del tracto gastrointestinal, pero en cantidades muy poco representativas.

Las fitasas forman parte de un subgrupo de enzimas de la familia de las fosfatasas ácidas, las cuales son del tipo hidrolasas. Éstas actúan rompiendo los enlaces fosfomonoéster degradando los fitatos a mioinositol hexafosfato y fósforo inorgánico, los cuales tienen menor o nulo efecto quelante, las fitasas de origen microbiano han recibido una mayor atención debido a las altas posibilidades para ser empleadas en la industria de alimentos para animales y así lograr el aprovechamiento de micronutrientes como el fósforo, calcio, magnesio, hierro (NEIRA et al., 2013).

2.2.1. Tipos de enzimas fitasas

DONAYRE (2005), menciona que existen dos tipos de fitasas reconocidas por el IUPAC-IUB (1976) una de ellas la 3-fitasa (EC 3.1.3.8) y otra la 6-fitasa (EC 3.1.3.26), estas enzimas dan inicio a la defosforilación del mioinositol en las posiciones 3 y 6, por lo tanto, la de origen vegetal: la 6-fitasa está presente en las plantas como en el trigo con un pH óptimo a 5, también el centeno, entre otros. Según evaluaciones para determinar la eficacia relativa de la fitasa de origen vegetal y microbiana encontrándose que las fitasas de los cereales son 40% menos efectivas que la fitasa microbiana y la de origen microbiano: la 3-fitasa es encontrada en animales y microorganismos como hongos (*Aspergillus niger*) teniendo un pH óptimo de 2 a 5.5 tales que en el tracto digestivo afectan la eficacia de las enzimas.

QUILES (2003) menciona que existen dos orígenes de fitasas, la fitasa vegetal y microbiana, siendo utilizadas mayormente las de origen microbiano, por su mayor facilidad de producción y utilización en la dieta para la disponibilidad del fósforo, calcio, entre otros.

2.2.2. Importancia del fósforo y calcio

NEIRA et al. (2013), reportaron que la baja biodisponibilidad del fósforo en los insumos de origen vegetal, provoca deficiencias en animales monogástricos, la cual puede conducir a diferentes estados patológicos, como osteoporosis, pérdida de apetito, descenso en la fertilidad y en la producción de leche y huevo, raquitismo, hemorragia dispersa, lesiones en el tubo digestivo, entre otras; además, el fósforo no absorbido causa impactantes problemas de contaminación ambiental debido a altas concentraciones de ácido fítico en el excremento animal.

El calcio y fósforo son los dos integrantes más abundantes en el organismo animal, forman casi el 70% de las cenizas y se encuentran casi siempre juntos y su metabolismo está estrechamente relacionado, se depositan en los huesos durante el crecimiento pero también se almacenan y se movilizan constantemente durante toda la vida para suplir las necesidades del animal cuando hay deficiencia en la ración; la deficiencia del fósforo, provoca pérdida del apetito y síntomas del llamado “apetito depravado” o “pica”, caracterizado por consumo anormal de huesos, madera, etc., frecuentemente en animales que pastorean en suelos muy pobres en fósforo (BARRETO, 2010).

Los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitantes en la producción animal y su importancia radica en que son necesarios para la transformación de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales como leche, carne, piel, lana, etc., especialmente las de fósforo y calcio quienes cumplen funciones vitales y su ausencia deteriora la conformación de la estructura ósea y dental, la reproducción, los procesos energéticos y de reproducción celular (CHURCH et al., 2007).

2.2.3. Factores anti nutricionales

Las dos terceras partes del fósforo vegetal presente en insumos de origen vegetal (60 a 85%) está ligado al ácido fítico, en forma de fitatos, cuya biodisponibilidad para los monogátricos es casi nula, ya que una pequeñísima cantidad de fósforo ligado al ácido fítico llega a estar biológicamente disponible (QUILES, 2003).

En la clasificación de los llamados factores anti nutricionales relacionados al metabolismo de fósforo, se encuentra el ácido fítico, ácido orgánico formado por seis moléculas de fosfato y una de mioinositol, este compuesto es abundante en cereales y leguminosas, su presencia puede variar desde el 2% en cereales, como la soya, hasta un 4% en maíz y trigo, simultáneamente, posee la capacidad de unirse a proteínas, aminoácidos y azúcares e inhibir algunas enzimas digestivas como tripsina y quimotripsina, tirosinas y pepsinas (NEIRA et al., 2013).

PEREIRA (2010), aclara que el fitato es la principal reserva de fósforo en cereales, leguminosas, semillas, frutos secos, entre otros; correspondiendo a más del 50% del fósforo total; sin embargo, esta rica fuente de fósforo no es asimilable ya que estos carecen de las enzimas necesarias para la hidrólisis de este sustrato.

Por esta razón, los concentrados de alimentos para cerdos, aves y peces deben ser suplementados con fósforo inorgánico; un mineral costoso y no renovable, por otra parte, la carga negativa del ácido fítico hace que éste actúe como una molécula que atrae cationes provocando efectos negativos sobre la absorción intestinal de elementos trazas como calcio, hierro, manganeso, cobre y zinc, lo que conlleva a problemas nutricionales importantes.

2.3. Uso de fitasas en gallinas de postura

Muchas investigaciones se han realizado en el área de producción de gallinas ponedoras que han dejado como resultado estudios de gran importancia para su aplicación en el mejoramiento del desempeño productivo y el impacto medioambiental; en uno de estos, con ponedoras White Leghorn, se concluyó que una dieta baja en fósforo inorgánico suplementada con fitasas mejora significativamente la producción de huevo sin afectar la conversión alimenticia, contrastado con una dieta convencional, lo que permite inferir que el fosfato bicálcico puede ser reemplazado completamente por 250 unidades de actividad fitásica (UTF) de fitasas por kilogramo sin afectar el desempeño productivo (RAMA, 1998).

Por otra parte, en gallinas Dekalb Delta de 22 a 40 semanas de edad se observó que niveles de 0,1% de fósforo disponible en una dieta son inadecuados para la producción de huevo y que con la adición de 300 unidades de actividad fitásica a estas dosis de fósforo en la dieta, la producción se optimiza, mientras que los niveles de fósforo en las excretas disminuyen en un 50% (BOLING, 2000).

Complementario a lo anterior, KESHAVARZ (2000) realizó el mismo experimento en gallinas Babcock B300 y determinó que la disminución de fósforo en las excretas de las aves suplementadas con fitasas fue 34 a 47% menos que las no suplementadas. Otras investigaciones reportan, además, disminuciones entre el 34 y el 47% al efectuar el experimento con gallinas de 70 semanas de edad, las cuales presentaron síntomas de deficiencias de fósforo, lo cual plantea que las gallinas de mayor edad pueden ser más sensibles a dichas deficiencias que las más jóvenes (BOLING, 2000).

Con gallinas Hy Line White se demostró que la adición de 600 UTF microbiana en dietas deficientes en fósforo disponible y sin inclusión de una fuente concentrada de fósforo inorgánico mejora la conversión alimentaria, el porcentaje de postura y el grosor del cascarón (VALLARDI, 2002). De estos resultados los autores de la investigación deducen que la mejora en los parámetros productivos pudo deberse al aumento en la disponibilidad no solo de fósforo, sino de otros nutrientes que proveen energía y otros minerales como el calcio.

Con el propósito de contribuir en los estudios del impacto medioambiental que generan la producción avícola, en un estudio se suplementaron gallinas de postura Babcock B300 con 0,2% fósforo no fítico, 300 UFT fitasa y aminoácidos esenciales (lisina, metionina y triptófano) frente a una dieta control con el 0,4% de fósforo no fítico sin el suplemento de aminoácidos esenciales ni fitasas; se concluyó que el desempeño productivo no fue afectado pero la excreción de fósforo y nitrógeno se redujo en un 48% en las aves que habían recibido la dieta suplementada con aminoácidos esenciales y fitasas (KESHAVARZ Y AUSTIC, 2004). No obstante, es importante resaltar que los costos de las dietas con aminoácidos esenciales son significativamente más altos que las dietas con niveles de proteínas convencionales.

BERRY *et al.* (2003), en un experimento con gallinas reproductoras Ross 38, inseminadas artificialmente de 27 a 60 semanas de edad en jaula, adicionaron 300 UTF a la dieta con 0,3% de fósforo, lo que aumentó en un 9,8% la producción de huevo, redujo la mortalidad y mejoró los contenidos minerales y la densidad del hueso; sin embargo, no apreciaron diferencias significativas en el peso del huevo, en la fertilidad, ni en la gravedad específica, comparada con los

huevos de las gallinas que consumían un 0,1% de fósforo sin fitasa. También reportaron que las gallinas enjauladas no tienen la posibilidad de reciclar fósforo por el consumo de excretas, como lo hacen las aves en piso, lo cual afecta significativamente la calidad de la cáscara de huevo.

Con la finalidad de identificar la digestibilidad ileal aparente de aminoácidos y energía en gallinas replumadas Dekalb Delta Leghorn, se llevó a cabo un ensayo adicionando 300 UFT fitasa a la dieta; aunque muchas investigaciones reportan resultados significativos con 600 y 1200 UFT con los niveles de inclusión empleados en la investigación, no se encontraron diferencias significativas. No obstante, entre los diferentes tipos de dietas estudiados (maíz-soya, maíz-soya-harina de hueso y maíz-soya-harina de hueso y trigo) sí se identificaron diferencias significativas en la digestibilidad ileal aparente (SNOW et al., 2003).

Por otra parte, SILVERSIDES Y HRUBY (2009) formularon dietas bajas en fósforo inorgánico - 0,12 y 0,15% - adicionadas a 300 y 600 UFT para gallinas Lohman White y Brown Classic, observando que el consumo de alimento y la producción de huevos fue más alto proporcionalmente a la adición de fitasas, efecto atribuido a los beneficios adicionales de la actividad fitásica, sobre todo con energía y proteína.

Un experimento realizado por ACOSTA *et al.* (2008) con 450 UTF/kg sin fósforo inorgánico en gallinas White Leghorn igualó la respuesta al aporte del fósforo que hicieron los fosfatos. Al tiempo, dedujeron que los resultados del metabolismo mineral indicaron la necesidad de suplementar al menos 250 mg/kg/ave/día de fósforo inorgánico o con la utilización de 450 UTF, de lo contrario disminuye el fósforo sérico a 3,63 mg, se aumenta la fosfatasa alcalina

a 795 UI/L y disminuyen las cenizas en tibia en un 34%. Estos resultados también sugieren que las fitasas garantizan la disponibilidad adicional del fósforo que cubre parte de los requerimientos dietéticos necesarios para un óptimo comportamiento y homeostasis mineral.

HUGHES *et al.* (2008) demostraron que un 0,15% de fósforo no fítico disminuyó significativamente el desempeño productivo en términos de conversión alimenticia en gallinas White Leghorn (Shaver y Bovan), aunque no se vieron afectados el peso del huevo, su densidad específica, ni el consumo de alimento. Sin embargo, el suplemento con fitasas exógenas corrigió por completo estos síntomas de deficiencia fosfórica y disminuyó la mortalidad de manera significativa.

Otro estudio interesado en el aporte de las fitasas sobre el manejo de excretas, mediante el método isotacoforético capilar evaluó la disponibilidad de fósforo fítico en gallinas Isa Brown de 20 y 47 semanas alimentadas con dietas basadas en maíz y soya, demostrando que las gallinas de 47 semanas tenían mayor disponibilidad del fósforo y menores niveles de excreción de fosforo fítico que las gallinas de 27 semanas de edad (HUGHES *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en la unidad de aves del Centro de Capacitación e Investigación Granja Zootecnia de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, localizado en la ciudad de Tingo María – Huánuco, a 660 m.s.n.m. con una temperatura promedio anual de 24°C, con una precipitación pluvial promedio anual de 3100 mm y una humedad relativa anual de 80%. El trabajo experimental tuvo una duración de 70 días, el cual se realizó entre los meses de septiembre a octubre del 2016.

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación experimental.

3.3. Instalaciones, equipos y materiales

Se utilizó un galpón del Centro de Capacitación e Investigación Granja Zootecnia de la Facultad de Zootecnia, cuyas características son: largo: 19.60 m, ancho 7.76 m y altura 4 m; el piso tiene una pendiente de 3 % y zócalo de 0.60 m, ambos son de material noble; presenta una puerta de acceso, instalaciones eléctricas; vigas y postes de madera, el techo es de calamina a dos aguas superpuestas con claraboya con paredes de malla metálica.

En el interior de dicho galpón se instalaron 21 jaulas experimentales, confeccionadas de madera, cuyas dimensiones fueron de 1 x 1 x 0.7 m de ancho, largo y alto, respectivamente; cada jaula alojó a seis gallinas con sus respectivos comederos y bebederos, la viruta de madera se utilizó como cama a una altura de 10 cm.

Los equipos utilizados fueron: una balanza electrónica con capacidad de 5 kg, con sensibilidad de un gramo, una balanza electrónica con capacidad de 300 g con sensibilidad de 0.1 g, un termohigrómetro que determina la temperatura y humedad del interior del galpón y cámara fotográfica.

3.4. Insumo en estudio

La fitasa fue incluida como suplemento en la dieta balanceada, dicha enzima cumple la función de disponibilizar macro y micro minerales, proteína y carbohidratos complexados en el ácido fítico de insumos vegetales (Cuadro 1) y como principal característica física es su consistencia granulada y para mejorar el mezclado, se preparó una pre mezcla con los aditivos para lograr mejor homogenización de los ingredientes y principalmente de la fitasa.

Cuadro 1. Matriz nutricional de la fitasa Phytacin 5000G®

Nutriente	Contribución en la dieta
Fósforo disponible, %	0,12
Calcio, %	0.10
Energía metab., kcal/kg	10
Proteína bruta	0.20
Unidades de Fitasa, FTU/kg	500

Recomendado: 60 g/tonelada de ración

3.5. Animales experimentales

Se utilizaron 126 gallinas de postura de la línea genética Isa Brown, de 58 semanas de edad, con 1933 ± 72 g de peso vivo, de propiedad del Centro de Capacitación e Investigación Granja Zootecnia de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, estas aves fueron distribuidas en tres tratamientos, cada tratamiento con siete repeticiones y cada repetición estuvo compuesta por seis gallinas, los cuales recibieron condiciones de manejo semejantes durante el experimento.

3.6. Dietas experimentales y alimentación

Las dietas fueron formuladas de acuerdo a las necesidades nutricionales propuesto por la Guía de Manejo de Gallinas Isa Brown (2011). Estas dietas fueron preparadas en la Planta Procesadora de Alimento Balanceado El Granjero, de la Facultad de Zootecnia de la UNAS, para el mezclado se utilizó una mezcladora horizontal de tornillo sin fin con capacidad de 100 kg; asimismo, las dietas evaluadas y su composición nutricional se detallan en el Cuadro 2.

Las necesidades nutricionales de macrominerales como el calcio y fósforo disponible para las gallinas, fueron consideradas de 3.9% y 0.33%, respectivamente; pero, suponiendo que la enzima fitasa disponibilice 0.10% y 0.12% de calcio y fósforo fítico, respectivamente; la dieta del T1 tuvo 3.9% y 0.33% de calcio y fósforo disponible, respectivamente y las dietas del T2 y T3 tuvieron 3.8% y 0.21% de calcio y fósforo disponible, respectivamente (Cuadro 3). El consumo de alimento fue fijado en 105 g/día/ave, ofrecida en dos fracciones, 50% en la mañana y la otra en la tarde.

3.7. Sanidad

El galpón y las jaulas experimentales se desinfectaron y esterilizaron con detergente, lejía, formol, cal viva y lanza llamas, respectivamente; también se desinfectaron los comederos y bebederos, se colocó un pediluvio en la entrada del galpón, como medida de prevención a enfermedades.

3.8. Variable independiente

Enzima fitasa.

3.9. Tratamientos experimentales

Los tratamientos del presente experimento fueron:

T1: Dieta con 3.9 y 0.33 % de calcio y fósforo disponible, respectivamente.

T2: Dieta con 3.8 y 0.21 % de calcio y fósforo disponible, respectivamente.

T3: Dieta con 3.8 y 0.21 % de calcio y fósforo disponible, respectivamente + 60 ppm de fitasa.

3.10. Croquis de distribución de tratamientos y repeticiones

T1R1	T2R2	T3R3	T2R6
T2R1	T3R2	T3R7	T1R3
T3R1	T1R6	T1R4	T2R4
T2R7	T1R5	T2R5	T3R5
T1R2	T2R3	T3R4	T1R7
T3R6			

Cuadro 2. Composición porcentual de dietas balanceadas para gallinas de la línea genética Isa Brown en fase de postura

Insumos	Tratamientos		
	Control positivo	Control negativo	Control negativo + enzima fitasa
Maíz molido	50.88	51.50	51.50
Torta de soya	21.15	21.10	21.10
Polvillo de arroz	15.00	15.00	15.00
Carbonato de calcio	9.43	9.46	9.46
Fosfato bicálcico	1.11	0.52	0.52
Sal común	0.45	0.45	0.45
Premezcla vitamínica mineral	0.10	0.10	0.10
Aflaban	0.05	0.05	0.05
BHT	0.05	0.05	0.05
Zinc bacitracina	0.05	0.05	0.05
Lisina	0.011	0.011	0.011
Metionina	0.136	0.135	0.135
Treonina	0.026	0.025	0.025
Cloruro de colina	0.10	0.10	0.10
Aceite de palma	1.50	1.50	1.50
Phytacin 5000 G, ppm	0.00	0.00	60.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00

Cuadro 3. Aporte nutricional de las dietas comerciales para gallinas en postura

Nutrientes	Control positivo	Control negativo	Control negativo + enzima fiatas
Proteína bruta, %	16.00	16.00	16.00
Energía digestible, kcal/kg	2651	2655	2655
Calcio, %	3.90	3.80	3.80
Fósforo disponible, %	0.33	0.21	0.21
Lisina digestible, %	0.71	0.71	0.71

*Valores calculados de acuerdo a MANUAL DE MANEJO DE LA LÍNEA ISA BROWN (2011)

3.11. Análisis estadístico

Las aves fueron distribuidas en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos y siete repeticiones; con análisis de covarianza para controlar el peso inicial. Las comparaciones de los promedios fueron realizadas utilizando la prueba de Tukey 5%. El análisis de variancia se realizó utilizando el software estadístico infoStat (INFOSTAT, 2018), cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ij} = u + T_i + b(X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

u = Media poblacional

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

$b(X_{ij} - \bar{X})$ = Efecto de la covarianza entre el peso vivo inicial y las variables dependientes

e_{ij} = Error experimental

3.12. Variables dependientes

- Uniformidad del peso vivo de la parvada, $\bar{x} \pm DE$
- Peso del huevo, g
- Masa del huevo, g
- Conversión alimenticia para huevo
- Porcentaje de postura, %
- Beneficio neto, S/.
- Mérito económico, %

3.13. Metodología

3.13.1. Uniformidad del peso vivo de la parvada

Al inicio, a los 30 días y al final del ensayo, se pesaron individualmente las aves con la finalidad de verificar la dispersión de los pesos vivos en función al promedio de cada tratamiento.

3.13.2. Peso de huevo

Semanalmente se pesaron los huevos de cada repetición y de cada tratamiento, con la finalidad de verificar el peso individual de los huevos de cada tratamiento, para ello se utilizó una balanza, con capacidad de 300 gramos y con sensibilidad de 0.1 gramos.

3.13.3. Masa de huevo

La masa de huevo fue determinada con los datos de porcentaje de postura y peso del huevo en gramos, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Masa de huevo} = \frac{\% \text{ producción de postura} \times \text{peso huevo en g}}{100}$$

3.13.4. Conversión alimenticia para huevo

La conversión alimenticia de las gallinas en fase de postura, determina la transformación de los alimentos en huevo y para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento (g/día)}}{\text{Masa de huevo (g/día)}}$$

3.13.5. Porcentaje de postura

El porcentaje de postura fue determinado con el número de gallinas en el ensayo y el número de huevos producidos, para ellos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de postura, \%} = \frac{\text{Número de huevos} \times 100}{\text{Número de gallinas}}$$

3.13.6. Beneficio económico

La determinación del beneficio económico se realizó a través del beneficio neto, en función de los costos de producción y de los ingresos calculados por el precio de venta de los huevos al final del experimento. En los costos de producción, se consideraron los costos variables (costos del alimento, luz eléctrica y sanidad) y los costos fijos (costo del agua, mano de obra e instalaciones). Los cálculos del beneficio económico para cada tratamiento se realizaron a través de la siguiente ecuación:

$$\text{BN} = \text{PY}_i - (\text{CF}_i + \text{CV}_i)$$

Dónde:

BN_i = Beneficio neto para cada tratamiento, S/.

i = Tratamiento

PY_i = Ingreso bruto para cada tratamiento, S/.

CF_i = Costo fijo para cada tratamiento, S/.

CV_i = Costo variable para cada tratamiento, S/.

Para el análisis de mérito económico, se empleó la siguiente ecuación:

$$ME (\%) = \frac{BN}{CT} \times 100$$

Dónde:

ME = Mérito económico en porcentaje

BN = Beneficio neto por tratamiento

CT = Costo total por tratamiento.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros productivos

En el Cuadro 4 se muestran los pesos vivos con sus respectiva desviación estándar de gallinas Isa Brown a los 58, 62 y 67 semanas de edad que fueron alimentadas con dietas suplementadas con enzima fitasa.

Cuadro 4. Promedios \pm desviación estándar de pesos vivos de gallinas, a los 58, 62 y 67 semanas de edad, en función a los tratamientos

Tratamientos	Peso inicial, g	Peso medio, g	Peso final, g
	58 semanas	62 semanas	67 semanas
Control +	1946 \pm 125	1973 \pm 126	1958 \pm 169
Control –	1924 \pm 174	1954 \pm 139	1914 \pm 188
Control – más fitasa	1929 \pm 137	1962 \pm 128	1951 \pm 140

En el Cuadro 5, se muestran los pesos iniciales, pesos finales, consumo diario de alimento, masa de huevo y conversión alimenticia para huevo, de gallinas de postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, alimentadas con dietas suplementadas con enzima fitasa. También, en el Cuadro 6 se detallan los pesos de los huevos, el porcentaje de postura y masa de huevo de gallinas Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad en función a la inclusión de fitasa y a las semanas de evaluación.

Cuadro 5. Índices productivos de gallinas en postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, alimentadas con dietas suplementadas con fitasa

Tratamiento	Peso inicial, g	Peso final, g	Consumo alimento, g	Masa de huevo, g	Conv. Alimenticia (huevo)
Control +	1946	1958	105	55.89	1.88
Control –	1924	1914	105	56.39	1.86
Control – más fitasa	1929	1951	105	56.68	1.85
CV (%)	3.87	4.04	---	2.43	2.44
p-valor	0.84	0.54	---	0.56	0.60

Cuadro 6. Índices productivos de gallinas en postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, en función a la suplementación de enzima y al tiempo (semanas)

Tratamientos	Peso huevo, g	Producción, %	Masa de huevo, g
Control +	62.83 b	89.38	56.06
Control –	62.67 b	89.59	56.16
Control – más enzima	63.40 a	89.67	56.66
Semanas			
1	62.51 c	87.53	54.67
2	62.91 bc	90.48	56.54
3	63.15 bc	90.74	57.14
4	62.59 bc	89.95	56.02
5	63.13 bc	89.42	56.43
6	62.77 bc	92.73	58.20
7	62.93 bc	87.17	54.87
8	63.28 ab	89.80	56.82
9	62.44 c	87.46	54.59
10	63.94 a	90.20	57.65
p-valores de los factores y de la interacción			
Tratamiento	0.0001	0.9619	0.6339
Semana	0.0001	0.1194	0.0663
Trat. X Semana	0.2096	0.9216	0.9527
CV (%)	1.12	6.50	6.58

abc: Promedios seguidos de letras diferentes en columna para cada factor evaluado, indican diferencias significativas Tukey (5%).

4.2. Parámetros económicos

En el Cuadro 7 se muestra los parámetros económicos de la producción de gallinas Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad, alimentadas con dietas suplementadas con enzima fitasa.

Cuadro 7. Beneficio neto y mérito económico de gallinas Isa Brown alimentadas con dietas suplementadas con fitasa

Tratamientos	Yi (g)	CT (S/.)	Pi (S/.)	BNi (S/.)	ME (%)
Control +	55.89	0.28	0.356	0.079	28.80
Control -	56.39	0.27	0.359	0.086	31.39
Control - más fitasa	56.68	0.28	0.361	0.084	30.29

Yi = Masa de huevo (g), CT= Costo total (S/.), Pi= Ingreso bruto (S/.), BNi= Beneficio neto (S/.), ME= Mérito Económico (%).

V. DISCUSIÓN

5.1. Índices productivos

La uniformidad de la parvada ($\bar{X} \pm DE$), se evaluó en base a la desviación estándar del grupo de aves de cada tratamiento (Cuadro 4). Al inicio del ensayo 58 semanas de edad, se observó menor uniformidad de la parvada en el grupo de gallinas control negativo (1924 ± 174 g), seguido por control negativo más fitasa (1929 ± 137 g) y control positivo (1946 ± 125 g); entretanto, cuando se evaluaron al final del ensayo 67 semanas de edad, se observa que las gallinas del grupo control negativo más fitasa reportaron mayor uniformidad de parvada (1951 ± 140 g), seguido por control positivo (1958 ± 169 g) y el menos uniforme fue para el control negativo (1914 ± 188 g).

Las dietas experimentales ($p > 0.05$) no influenciaron sobre la masa de huevo (Cuadro 5); numéricamente, mayor masa de huevo (56.68 g) fue para el grupo de gallinas alimentadas con dieta baja en fósforo y calcio, pero suplementada con 60 ppm de enzima fitasa y menor masa de huevo (55.89 g) para el grupo de gallinas del control positivo, quienes se alimentaron con dieta completa de fósforo y calcio. Asimismo, la menor masa de huevo fue reportada por las gallinas que consumieron la dieta control negativo (bajo en calcio y fósforo disponible), probablemente debido a la deficiencia de dos minerales importantes en el rendimiento productivo de gallinas en postura (NEIRA et al., 2013).

La conversión alimenticia para huevo no fue influenciada ($p > 0.05$) por los diferentes grupos de tratamientos propuestos (Cuadro 5); numéricamente, se nota mejor conversión alimenticia (1.85) en el grupo de gallinas control negativo más enzima fitasa; entretanto, la peor o deficiente conversión alimenticia (1.88) fue para el grupo de gallinas control positivo que consumieron dietas completas de fósforo y calcio; además, las gallinas del control negativo reportaron 1.86 de conversión alimenticia para huevo el cual fue intermedio entre los otros grupos evaluados.

Estos resultados son corroborados por RIBEIRO et al. (2015) quienes estudiaron la suplementación de fitasa con 500 FTU/kg en dietas reducidas de fósforo disponible 0.1% y calcio 0.27% de 300 codornices en fase de pico de producción de huevos, observándose semejante consumo de alimento y conversión alimenticia en relación a aquellas que se alimentaron con dietas del control positivo fósforo disponible 0.32% y calcio 3.07%. Sin embargo, GAO et al. (2013) evaluaron la suplementación de tres fuentes de enzima fitasa en dietas de gallinas en postura Hy Line Brown, indicando que las gallinas que consumieron dietas del control negativo (bajo % de fósforo), reportaron ($p < 0.05$) menor producción de huevo, masa de huevo, consumo de alimento, peso vivo final y ganancia de peso vivo, en relación a aquellas que consumieron dietas del control.

El peso del huevo en función de los tratamientos y las evaluaciones semanales (Cuadro 6) mostró diferencia ($p < 0.05$), observándose, mayor peso del huevo (63.4 g) en gallinas del grupo control negativo más enzima, que fueron alimentadas con dietas bajas en fósforo y calcio, pero suplementadas con 60 ppm de enzima fitasa, en comparación a los otros grupos de gallinas control positivo y control negativo que produjeron menor peso de huevo (62.83 y 62.67 g)

respectivamente; sin embargo, VALLARDI et al. (2002) indica que gallinas hy line Brown de 36 a 64 semanas de edad alimentadas con dietas con diferentes concentraciones de fósforo disponible y enzima fitasa; observaron semejante peso de huevo.

Estas diferencias probablemente se deben porque el peso del huevo no es una variable productiva absoluta, ocurriendo una correlación inversa entre el peso de huevo y las cantidades de huevo que produce en un cierto tiempo, observándose mayor peso del huevo con menor cantidad de huevo producido en cierto tiempo y viceversa; por tanto, la masa de de huevo es más representativa para su evaluación (HY LINE BROWN, 2016).

También, se observa efecto ($p < 0.05$) de las evaluaciones semanales sobre el peso del huevo, verificándose que durante las 10 semanas de evaluación ocurrió gradualmente aumento de peso de los huevos, con excepción en la semana 9, que fue menor como la primera semana. Sin embargo, no hubo interacción entre los factores evaluados (tratamientos y evaluaciones semanales). Estos resultados son comentados por OLIVEIRA y OLIVEIRA (2013), quienes indican que la edad de las aves influencia sobre el porcentaje de cáscara del huevo, debido a la menor capacidad de las aves en la absorción de nutrientes, menor movilización ósea del calcio y aumento gradual del tamaño del huevo sin aumento proporcional de la cantidad de la cáscara.

El porcentaje de producción y la masa de huevo, no fueron influenciadas ($p > 0.05$) por los grupos de tratamientos y las evaluaciones semanales; asimismo, no hubo interacción entre los dos factores evaluados. Sin embargo, numéricamente el mayor porcentaje de producción (89.67%) se reportó en gallinas del grupo control negativo más enzima fitasa y menor porcentaje

(89.38%) en el grupo de gallinas del control positivo. Sin embargo, VALLARDI et al. (2002) indica que gallinas hy line Brown de 36 a 64 semanas de edad alimentadas con dietas con diferentes concentraciones de fósforo disponible y enzima fitasa; observaron que el porcentaje de producción de huevos fue mejor ($p < 0.01$) para las gallinas que consumieron dietas con 0.006% de fitasa en comparación a aquellas que consumieron la misma dieta sin suplementación de fitasa.

Estos resultados son semejantes a los propuestos por BOLING et al. (2000), quienes suplementaron fitasa exógena en dieta de gallinas de postura de 70 semanas de edad y observaron incremento del uso del fósforo de la dieta y mantuvieron estable el porcentaje de postura; sin embargo, las aves que consumieron dietas sin suplementación de fitasa exógena, presentaron bajos índices de postura y mostraron señales clínicas de deficiencia de fósforo más rápido que las aves jóvenes.

Asimismo, GAO et al. (2013) evaluaron la suplementación de tres fuentes de enzima fitasa en dietas de gallinas en postura Hy Line Brown, indicando que las gallinas que consumieron dietas del control negativo (bajo porcentaje de fósforo) más 500 y 5000 FTU/kg de tres fuentes de enzima fitasa, reportaron ($p < 0.05$) mejor producción de huevo, calidad del huevo y semejante desempeño productivo comparadas con gallinas alimentadas con la dietas del grupo control positivo (adecuados % de fósforo).

BOLING et al. (2000) estudiaron los efectos de la suplementación de fósforo disponible y fitasa en dietas de gallinas jóvenes y adultas y concluyeron que el tercer componente más costoso en la dieta de no rumiantes, después de

la energía y la proteína, es el fósforo. Además, es un mineral crítico (RAMA et al., 1998), ya que del total de elementos minerales en el organismo, Ca y P representan el 70% y son esenciales para la formación de huesos, la transferencia de energía a las células, la regulación del pH en la sangre, el control del apetito, la ganancia de peso y la conversión alimenticia (ALVARADO, 2000).

5.2. Parámetros económicos

La evaluación económica se determinó principalmente en función del peso final de gallinas, la masa de huevo y los costos de dietas de cada grupo de tratamiento, y como indicador el mérito económico o también denominado la rentabilidad (Cuadro 4). La mejor rentabilidad fue para el grupo de gallinas del control negativo (31.39%), seguido por el grupo de gallinas del control negativo más enzima fitasa (30.29%) y con el más bajo para las gallinas del grupo control positivo (28.8%).

Se verifica que la inclusión de enzima fitasa apenas representa el 18% del costo de fosfato, debido a ello se observa menor precio de dietas del control negativo que a pesar de reportar menores índices productivos se muestra como el más rentable; asimismo, la dieta del control positivo es el más caro y reporta menores índices productivos y por ello demuestra ser el de menor rentabilidad. Entretanto, las gallinas del grupo control negativo más fitasa reportaron mejores índices productivos a pesar de poseer en sus dietas bajos niveles de calcio y fósforo y probablemente los efectos positivos de la suplementación de la enzima fitasa mejoraron la rentabilidad debido al bajo costo de la fitasa, que representa en 0.3 soles por cada 100 kg de dieta para gallinas.

Estos resultados son corroborados por VIANA et al. (2009) quienes comentan que el uso de enzimas exógenas como la fitasa aumenta la disponibilidad de nutrientes como el fósforo, aminoácidos y energía, permitiendo menores costos de dietas suplementadas con fitasa.

VI. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados del trabajo se concluye:

- La suplementación de 60 ppm de enzima fitasa en dietas de gallinas en postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad mejoró la uniformidad de la parvada en base a peso vivo y el peso del huevo.
- La suplementación de 60 ppm de enzima fitasa en dietas de gallinas en postura Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad no mejoró la masa del huevo, conversión alimenticia para huevo y porcentaje de postura; sin embargo numéricamente fueron mejor y más eficientes.
- El peso del huevo aumenta con la edad de las gallinas Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad.
- Económicamente, las gallinas Isa Brown de 58 a 67 semanas de edad alimentadas con dietas bajas en fósforo sin y con suplementación de 60 ppm de enzima fitasa reportaron mejor utilidad.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda suplementar las dietas de gallinas de postura con 60 ppm de enzima fitasa.
- Realizar otros trabajos de investigación con diferentes dosis de enzima fitasa para evaluar su efecto en los índices productivos de aves productoras de huevo.

THE SUPPLEMENTATION OF THE PHYTACIN/PHYTASE 5000G[®] ENZYME IN THE DIETS OF ISA BROWN HENS DURING THE LAYING PHASE

VIII. ABSTRACT

The research took place in the Zootechnic Faculty's Research and Farm Capacitation Center at the Universidad Nacional Agraria de la Selva in Tingo María, Huánuco department, Peru, with the objective of evaluating the productive and economic indices of Isa Brown hens when fed with diets supplemented with the phytase enzyme, 126 Isa Brown hens, fifty eight to sixty seven weeks old, with a live weight of 1933 ± 72 g were used, the likes of which were distributed into three treatments with seven repetitions and six hens per repetition; the treatments were: T1: a diet with 3.9% and 0.33% of available calcium and phosphorous, respectively (positive control); T2: a diet with 3.8% and 0.21% of available calcium and phosphorous, respectively (negative control); T3: a diet with 3.8% and 0.21% available calcium and phosphorous, respectively + 60 ppm of phytase (negative control + phytase); the statistical evaluations were done using a DCA (CRD in English) with a factorial arrangement of 3 x 10 (3 diets x 10 weeks) and the differences between treatments and weeks were realized using the Tukey test (5%). The results indicate that the hens which consumed a diet with 60 ppm of phytase reported greater uniformity in the flock as a function of the live weight; also, the weight of the egg was influenced ($p < 0.05$) by the supplementation of 60 ppm of phytase in the diets of the hens. Nonetheless, the final weight, the mass of the egg, the food conversion and the laying percentage were not influenced ($p < 0.05$) by the supplementation of 60 ppm of phytase. It is concluded that the uniformity in the flock and the weight of the egg improve with the supplementation of 60 ppm of phytase in the diets of Hy line Brown hens at fifty eight to sixty seven weeks of age; meanwhile, the best utilities were reported in hens that consumed diets from the negative control and negative control + phytase groups.

Keywords: Food conversion, Phytic phosphorous, Egg mass, Economic merit, Laying percentage.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA A. LON-WO, E. CÁRDENAS, M. ALMEIDA M. 2008. Comportamiento productivo y metabolismo mineral de gallinas, según la fuente de fósforo y la adición de una enzima fitasa (*Aspegillus ficuum*) en la dieta. Revista cubana de ciencia agrícola. v. 42, n. 3, p. 279-284.
- ALVARADO, M. 2000. Efecto de la fitasa (Natuphos) sobre la excreción de nitrógeno y fósforo en pollos de engorde. 43p.
- BERRY W. HESS J. LIEN R, ROLAND D. 2003. Egg production, fertility and hatchability of breeder hens receiving dietary phytase. *Poultry science* association. J appl. Poult. v. 12, p. 264-270.
- BOLING DS, DOUGLAS WM, SHIRLEY BR, PARSONS MC, KOELKEBECK WK. 2000. The effects of various levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. *Poultry Sci.* v. 79, p. 535-538.
- CHURCH, D.; POND, W.; POND, K. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda edición Limusa Wiley México. p.636.
- DONAYRE, J. 2005. Cómo elegir fitasas. Un nuevo enfoque dentro de la formulación de raciones. Artículos Técnicos de Engormix. p. 3.

- GAO, C.; JI, C.; ZHANG, J.; ZHAO, L.; MA, Q. 2013. Effect of a novel plant phytase on performance, egg quality, apparent ileal nutrient digestibility and bone mineralization of laying hens fed corn–soybean diets. *Animal Feed Science and Technology* 186, p.101-105.
- HY LINE BROWN. 2016. Guía de manejo de ponedoras comerciales Hy Line Brown. 32 p.
- HUGHES A. DAHIYA J. WYATT C. CLASSEN H. 2008. The efficacy of quantum phytase in a forty week production trial using white leghorn laying hens fed corn-soybean meal based diets. *Poultry science*. v. 87, p. 1156-1161.
- ISA BROWN 2009. Guía de manejo sistemas de producción alternativo
- ISA BROWN 2011. Guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales.
- KESHAVARZ K. 2000. Nonphytate Phosphorus Requirement of Laying Hens with and Without Phytase on a Phase Feeding Program. *Poultry science*. v. 79, p. 748-763.
- KESHAVARZ, K. AUSTIC R. 2004. The Use of Low-Protein, Low- Phosphorus, Amino Acid- and Phytase-Supplemented Diets on Laying Hen Performance and Nitrogen and Phosphorus Excretion. *Poultry science*. v. 83, p. 75-83.
- NORTH, M., DONALD, D. 1998. Manual de producción avícola, tercera edición. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. México, D.C. Santa fe de Bogotá 1998. pág. 325-332, 794,271.

- NEIRA, A.; NAVA, E.; ILINÁ, A.; MICHELENA, G.; GAONA, J.; MARTÍNEZ, J. 2013. Aspectos fundamentales de las fitasas. Revisión Científica. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma Aguas Calientes, n. 57, p. 58-63.
- OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, D. 2013. Qualidade e tecnologia de ovos. Lavras: UFLA, 224 p.
- PEREIRA, A.; JUNQUEIRA, O.; ALVA, J.; SGAVIOLI, S.; PRAES, M.; GRIEP JÚNIOR, D. 2010. Utilização de rações de poedeiras comerciais formuladas com fitase e níveis de proteína bruta, sobre a excreção de fósforo, nitrogênio e cálcio. ARS VETERINARIA, Jaboticabal, SP, v.26, n.3, 178-183.
- QUILES, A. 2003. Papel de las fitasas en la alimentación porcina. Artículo en Intervet. España. p. 42-50.
- RAMA, R. REDDY R, RAMASUBBA R. 1998. Enhancement of phytate phosphorus availability in the diets of commercial broilers and layers. Animal feed science and technology. v. 79, p. 211-222.
- RIBEIRO, J.; JOSÉFASSANI, E.; MAKIYAMA, L.; CLEMENTE, A. 2015. Suplementação de enzimas amilase, fitase e protease para codornas japonesas em postura. B. Industr. Anim., Nova Odessa, v.72, n.2, p.163-169.
- SNOW, J. DOUGLAS, M. AND PARSONS C. 2003. Phytase Effects on Amino Acid Digestibility in Molted Laying Hens. Poultry Science. v. 82, p. 474–477.

- SILVERSIDES F. HRUBY M. 2009. Feed formulation using phytase in laying hen diets. *Journal appl poultry*. v. 18, p. 15-22.
- VALLARDI M. MORALES, R. ÁVILA, E. 2002. Efecto de la adición de fitasa como fuente de fósforo, inorgánico en dietas para gallinas de postura. *Tec Pecu Mex*. v. 40, n. 2, p. 181-186.
- VIANA, M.; ALBINO, L.; ROSTAGNO, H. 2009. Efeito da suplementação de fitase no metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.1074-1080.
- 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 Broiler. *Producción y Sanidad Animal*. v. 17. p. 1-22.
- ROLDÁN, J.; PARDO, N.; DURÁN, L.; MARTÍNEZ, H.; DURÁN, F. 2010. *Volvamos al campo. Manual de explotación en aves de corral*. Editorial grupo latino Ltda. 40p.
- ZAVIEZO, D. 2012. congreso nacional en nutrición animal y producción industrial de alimentos balanceados, San José – Costa Rica. 19-20p.

X. ANEXO

Anexo 1. Análisis de variância para peso inicial de gallinas Hy Line Brown

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	1939.7381	969.8691	0.17	0.8420
Error	18	100555.7074	5586.4282		
Total correcto	20	102495.4455			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE P1 Media
0.018925 3.866879 74.74241 1932.887

Anexo 2. Análisis de variância para peso vivo de gallinas Hy Line Brown a 30 días de evaluación

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1363.89725	681.94862	0.17	0.8434
Error	18	71416.23079	3967.56838		
Total correcto	20	72780.12804			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE P2 Media
0.018740 3.209256 62.98864 1962.717

Anexo 3. Análisis de variância para peso vivo de gallinas Hy Line Brown a 30 días de evaluación

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	7861.9570	3930.9785	0.64	0.5386
Error	18	110455.6766	6136.4265		
Total correcto	20	118317.6336			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE P3 Media
0.066448 4.035387 78.33535 1941.210

Anexo 4. Análisis de variância para masa de huevo de gallinas Hy Line Brown

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	2.24705194	1.12352597	0.60	0.5602
Error	18	33.79038708	1.87724373		
Total correcto	20	36.03743902			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	MH Media
0.062353	2.432609	1.370125	56.32330

Anexo 5. Análisis de variância para conversión alimenticia para de huevo de gallinas Hy Line Brown

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0.00217516	0.00108758	0.53	0.5992
Error	18	0.03714484	0.00206360		
Total correcto	20	0.03932000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	CA Media
0.055320	2.435441	0.045427	1.865243

Anexo 6. Análisis de variância para peso de huevo en función a suplementación de fitasa y semanas de evaluación de gallinas Hy Line Brown

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	30	713688.1691	23789.6056	47754.2	<.0001
Semana	9	31.92546640	3.54727404	7.12	<.0001
Fitasa	2	17.66200532	8.83100266	17.73	<.0001
Sem*Fitasa	18	11.46298830	0.63683268	1.28	0.2096
Error	150	74.7251	0.4982		
Total no correcto	180	713762.8943			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PH Media
0.449642	1.120955	0.705810	62.96503

Anexo 7. Análisis de variância para porcentaje de postura en función a suplementación de fitasa y semanas de evaluación de gallinas Hy Line Brown

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	30	1444164.598	48138.820	1420.86	<.0001
Semana	9	488.4623033	54.2735893	1.60	0.1194
Fitasa	2	2.6351033	1.3175516	0.04	0.9619
Fitasa*semana	18	342.6736147	19.0374230	0.56	0.9216
Error	150	5081.996	33.880		
Total no correcto	180	1449246.594			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE POST__ Media
 0.140940 6.500172 5.820651 89.54610

Anexo 8. Análisis de variância para masa de huevo en función a suplementación de fitasa y semanas de evaluación de gallinas Hy Line Brown

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	30	570794.6925	19026.4898	1385.19	<.0001
Semana	9	255.0062848	28.3340316	2.06	0.0363
Fitasa	2	12.5634604	6.2817302	0.46	0.6339
Fitasa*semana	18	124.8638477	6.9368804	0.51	0.9527
Error	150	2060.3446	13.7356		
Total no correcto	180	572855.0371			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE MH Media
 0.159996 6.583699 3.706161 56.29300

Anexo 9. Parámetros de costos de producción de gallinas de postura alimentados
con dietas suplementadas con enzima fitasa

Trat	Rep	PI, g	PF, g	GDPT, g	Consumo	Precio	Cost Alim.
					Alimento, g	Alim., S/.	S/.
1	1	2015	2026	0.19	105	1.676	0.176
1	2	1913	1895	-0.31	105	1.676	0.176
1	3	1922	1929	0.11	105	1.676	0.176
1	4	1919	1963	0.73	105	1.676	0.176
1	5	1861	1833	-0.48	105	1.676	0.176
1	6	1987	2065	1.29	105	1.676	0.176
1	7	2006	1999	-0.11	105	1.676	0.176
2	1	1752	1880	2.13	105	1.647	0.173
2	2	1886	1813	-1.20	105	1.647	0.173
2	3	1881	1836	-0.76	105	1.647	0.173
2	4	1936	1928	-0.13	105	1.647	0.173
2	5	1963	1859	-1.73	105	1.647	0.173
2	6	1965	1983	0.31	105	1.647	0.173
2	7	2086	2101	0.24	105	1.647	0.173
3	1	1859	1881	0.37	105	1.683	0.177
3	2	1999	2001	0.03	105	1.683	0.177
3	3	1860	1941	1.35	105	1.683	0.177
3	4	1983	2002	0.32	105	1.683	0.177
3	5	1909	1927	0.31	105	1.683	0.177
3	6	1949	1976	0.45	105	1.683	0.177
3	7	1942	1930	-0.21	105	1.683	0.177

Anexo 10. Parámetros de costos de producción de gallinas de postura
alimentados con dietas suplementadas con enzima fitasa

Trat	Rep	Sanidad, S/.	Energía E. S/.	Mano de obra, S/.	Instal., S/.	Otros costos, S/.	CT, S/.
1	1	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
1	2	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
1	3	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
1	4	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
1	5	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
1	6	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
1	7	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.276
2	1	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
2	2	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
2	3	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
2	4	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
2	5	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
2	6	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
2	7	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.273
3	1	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277
3	2	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277
3	3	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277
3	4	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277
3	5	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277
3	6	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277
3	7	0.0143	0.0086	0.0286	0.0286	0.02	0.277

Anexo 11. Parámetros de costos de producción de gallinas de postura alimentados con dietas suplementadas con enzima fitasa

Trat	Rep	Masa de Huevo, g	Ingreso total, S/.	Beneficio Neto, S/.	Mérito Económico, %
1	1	54.50	0.347	0.07	25.59
1	2	56.78	0.361	0.09	30.82
1	3	56.68	0.360	0.08	30.61
1	4	56.27	0.358	0.08	29.71
1	5	55.54	0.353	0.08	27.95
1	6	55.79	0.355	0.08	28.63
1	7	55.69	0.354	0.08	28.31
2	1	56.95	0.362	0.09	32.81
2	2	55.66	0.354	0.08	29.62
2	3	56.47	0.359	0.09	31.53
2	4	57.03	0.363	0.09	32.87
2	5	56.46	0.359	0.09	31.45
2	6	57.18	0.364	0.09	33.24
2	7	55.01	0.350	0.08	28.19
3	1	53.35	0.339	0.06	22.62
3	2	57.17	0.364	0.09	31.40
3	3	58.28	0.371	0.09	34.01
3	4	55.06	0.350	0.07	26.56
3	5	57.29	0.364	0.09	31.69
3	6	59.67	0.380	0.10	37.15
3	7	55.96	0.356	0.08	28.60