

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

Departamento Académico de Ciencia Animal



“Efecto de la enzima fitasa sobre los coeficientes de metabolizabilidad y la energía metabolizable del polvillo de arroz en pollos de carne”.

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

PATRICIA LESLY, ESTUPIÑAN PALMA

Promoción 2000-1

**Tingo María – Perú
2003**



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

Av. Universitaria Km. 2 Tefefax: (084) 561280 faezoot@hotmail.com
TINGO MARÍA

"AÑO DE LOS DERECHOS DE LA PERSONA CON DISCAPACIDAD Y CENTENARIO
DEL NACIMIENTO DE JORGE BASADRE GROHMANN"

"Año del Sesquicentenario del Nacimiento del Héroe Coronel Leoncio Prado Gutiérrez"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

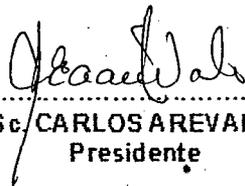
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de abril del 2003, a horas 5:00 p.m., para calificar la tesis titulada:

"EFECTO DE LA ENZIMA FITASA SOBRE LOS COEFICIENTES DE METABOLIZABILIDAD Y LA ENERGIA METABOLIZABLE DEL POLVILLO DE ARROZ EN POLLOS DE CARNE".

Presentada por la **Bachiller PATRICIA LESLY ESTUPIÑAN PALMA**; después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"MUY BUENO"**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el **Título de INGENIERO ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Art. 87 inc. M, del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

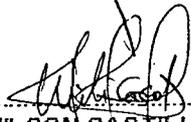
Tingo María, 16 de diciembre del 2003.


Ing° M.Sc. CARLOS AREVALO AREVALO
Presidente




Ing° M.Sc. JUAN LA O GONZALES
Miembro


Ing° M.Sc. TULITA ALEGRIA GUEVARA
Miembro


Dr. WILSON CASTILLO SOTO
Asesor

DEDICATORIA

A la memoria de mi querido padre, Eulalio Estupiñan Avila, desde el lugar en que se encuentre, quien me guió con eterna gratitud y devoción.

A mi querida madre, Martha Edith Palma Oyola, por sus sabios consejos e invaluable sacrificio, mi más sincero cariño respeto y agradecimiento.

Con el cariño de siempre a mis hermanos: Martha, Susy, Angélica y Robinson, por el apoyo moral que me brindaron, para la culminación de mis estudios.

Con amor a mi esposo Carlos Jáuregui Sánchez por sus enseñanzas, y hacer frente a las responsabilidades de la vida y a mis hijos Astrid y Fabricio, con todo mi cariño y respeto.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y, de manera especial, a los profesores de la Facultad de Zootecnia, quienes con sus conocimientos y consejos contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Dr. Wilson Castillo Soto, asesor del presente trabajo, por su valiosa ayuda técnica y científica, así también por los consejos recibidos, complemento determinante para la culminación de la presente tesis.
- Al Ing° Walter Paredes Orellana, por su colaboración y apoyo como co-asesor de la presente tesis.
- Al Ing° Wagner Villacorta López, por su colaboración, interés y apoyo permanente durante la ejecución del trabajo experimental.
- Al personal del Laboratorio de Nutrición Animal, por brindarme las facilidades, durante la segunda etapa experimental.
- A todas las personas que contribuyeron de alguna manera, en la realización del presente trabajo de investigación.
- A mis amigos; Denisse Osorio L., Ricardo Ramírez A., Liliana Salas A., y Julio H. Panduro V. por su valioso apoyo moral.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Fisiología digestiva del ave y acción de las enzimas digestivas	3
2.2 Factores que influyen sobre la disponibilidad del fósforo.....	5
2.3 Composición nutricional y biodisponibilidad de fósforo del polvillo de arroz	7
2.4 Pérdidas de proteínas debido a complejos de fitato	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Localización del experimento	13
3.2 Instalaciones	13
3.3 Animales y alimentación	14
3.4 Sanidad	16
3.5 Variable independiente	16
3.6 Tratamientos en estudio	17
3.7 Variables dependientes	18
3.8 Toma de muestras	18
3.9 Análisis de laboratorio	18
3.10 Análisis estadístico	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	24
VI. CONCLUSIONES	28

VII. RECOMENDACIONES	29
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	30
IX. ABSTRACT.....	33
X. ANEXO	34

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición porcentual y nutricional de dietas basales utilizadas en pollos parrilleros durante la fase experimental de acuerdo a la inclusión de los niveles de fitasa.	15
2. Análisis químico proximal del polvillo de arroz utilizado, en base a materia seca.	16
3. Nutrientes metabolizables del polvillo de arroz por efecto de diferentes niveles de inclusión de la enzima fitasa.	21
4. Coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz por efecto de diferentes niveles de inclusión de fitasa en la dieta	22
5. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F0.....	35
6. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F60.....	36
7. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F120.	37
8. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F180	38
9. Análisis de fósforo en raciones y heces.....	39

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Distribución de los grupos de animales en los tratamientos.	17
2.	Coefficientes metabolizables de proteína y de fósforo del polvillo de arroz , en función de la adición de enzima fitasa en la dieta.	23

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la enzima fitasa, sobre los coeficientes de metabolizibilidad del polvillo de arroz (PA) se utilizaron 72 aves de carne de la línea Arbor acres, entre machos y hembras (22 días de edad); que fueron sometidos a tratamientos que consistieron en la adición de enzima fitasa en el alimento, distribuidos de acuerdo a un diseño de bloques completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro bloques; cada unidad experimental estuvo conformada por cuatro aves; dos recibieron una ración base (RB) y dos una ración prueba (RP). El periodo experimental consistió en someter las aves a siete días de adaptación a la dieta y cinco días de colecta de heces. Las dietas y las heces fueron analizadas energía bruta (EB), materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y ceniza.

La disponibilidad del fósforo proveniente del polvillo de arroz frente a los niveles crecientes de enzima fitasa fue cuadrática, encontrándose mejores respuestas con 114.24 g/t (571.2 FTU), sin embargo los coeficientes de metabolizibilidad de la proteína aumentaron en forma lineal con el aumento de los niveles de fitasa en la dieta. Los coeficientes de metabolizibilidad del EE, MS, y EB; no fueron alterados con la adición de enzima fitasa.

I. INTRODUCCIÓN

La alimentación es un factor de mayor influencia en los costos de producción en la avicultura, ya que participa entre el 60 al 70% del costo total de producción en pollos de carne. La búsqueda por alimentos alternativos viene siendo una preocupación generalizada en los sistemas de producción e investigación avícola en la región amazónica. Los subproductos de granos representan fuentes alternativas de insumos que pueden ser utilizados en grandes cantidades en nuestro país. El polvillo de arroz posee aceptable concentración de nutrientes y es disponible en la zona, sin embargo a que posee estructuras fibrosas, el aprovechamiento está limitado, asimismo, contiene altas cantidades de fósforo total, que está en gran parte en forma de fitato, una forma química con baja disponibilidad biológica para aves.

Trabajos con enzimas han demostrado la importancia de estas sustancias como aditivos para mejorar la eficiencia alimenticia. La fitasa microbiana, es utilizada en dietas para animales no rumiantes con el propósito de tornar biodisponible el fósforo. Además su inclusión en dietas complementan la producción enzimática endógena, incrementando la digestibilidad de la fibra y, por consiguiente, mejora la disponibilidad de nutrientes en el alimento (TEICHMANN, *et al* 1998; ABOOSADI, 1995).

Es necesario evaluar al polvillo de arroz, desde el punto de vista de mejor aprovechamiento de nutrientes, mediante la inclusión de la enzima fitasa, a fin de procurar alternativas que permitan abaratar los costos de alimentación de aves en la región. Si la enzima fitasa mejora el valor nutricional del polvillo de arroz, entonces este ingrediente puede ser aprovechado más eficientemente por los pollos de carne. Para demostrar esto nos trazamos el objetivo de determinar los efectos de la adición de la enzima fitasa sobre los coeficientes de metabolizabilidad y energía metabolizable (aparente) del polvillo de arroz, en aves de carne.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Fisiología digestiva del ave y acción de las enzimas digestivas

En el tracto gastrointestinal, las glándulas secretoras atienden a dos funciones primarias: primero el que producen enzimas digestivas que son excretadas en casi todos los segmentos desde la boca hasta las extremidades distal del íleo; segundo, glándulas mucosas, presentes desde la boca hasta la cloaca, forman moco para la lubricación y protección de todas las partes del tracto digestivo. Estas secreciones son producidas por las glándulas salivares, estómago, páncreas, hígado y el mismo intestino, que son capaces de formar diferentes tipos de moléculas responsables para la digestión de los nutrientes (CUNNINGHAM, 1993)

Según MACARI, *et al* (1994); la secreción de enzimas, electrolitos y agua, es un proceso activo, el cual requiere energía, controlado por un sistema neuroendócrino, siendo que la mayoría de las secreciones digestivas son formadas solamente en respuesta a la presencia de alimentos en el tracto digestivo. Además se sabe que, en algunas porciones del tracto gastrointestinal, las mismas enzimas y otros constituyentes varían de acuerdo a los tipos de alimentos presentes.

En relación a la absorción, COUSINS (1999), reportó que la absorción de los carbohidratos, es en forma de monosacáridos, y una pequeña fracción es absorbida como disacáridos. La absorción en el intestino de las aves tienen la siguiente preferencia. D-galactosa mayor a D-glucosa, a la vez mayor a D-xilosa y mayor a D-fructosa, siendo que más del 98 % de todos los carbohidratos son transportados en el plasma.

Los pollitos al nacer no disponen de enzimas que digieren los glúcidos y los lípidos; ellos ya disponen de proteasas, pues estas son activadas por proteínas que entran en el tracto digestivo aún en la fase embrionaria, confirmando el concepto de estímulo de secreción por el substrato (MACARI *et al.*, 1994).

Existen enzimas que no son secretadas en la misma presencia del substrato, entre ellas la celulasa, hemicelulasa, pentosanasa, beta- glucanasa, xilanasa, galactosidasa, fitasa, etc. Ellas no son secretadas porque el código genético de los monogástricos no disponen de la indicación para su síntesis. Las enzimas ofrecidas a los animales en las raciones son llamadas enzimas exógenas, que tiene acción similar a la acción de las enzimas endógenas. Algunos autores indican que solamente se deberían utilizar enzimas exógenas cuando, los animales no fuesen capaces de sintetizarlas (CAMPBELL y BEDFORD, 1992).

Por el contrario, Wenk (1993), citado por PENZ (1998), reporta que la suplementación de enzimas exógenas puede aumentar la eficiencia de acción

de las enzimas endógenas, reduciendo la cantidad de residuos nutricionales que llegan al intestino grueso y disminuyendo la posibilidad de acción de microorganismos en esta parte del aparato digestivo.

2.2. Factores que influyen sobre la disponibilidad del fósforo.

2.2.1 Especies y estado fisiológico

En aves el buche permite que las fitasas de los vegetales empiecen actuar en forma inmediata sobre los sustratos presentes en el alimento sin esperar a llegar al estómago, sobre todo en los primeros tramos del aparato digestivo previos a la absorción (duodeno), siendo el tiempo de permanencia del alimento en dichos tramos y el contenido de sustancia seca de la digesta, los que influirán en gran medida sobre el aprovechamiento del P de la dieta (KEMME *et al.*, 1997). Asimismo se ha demostrado que en broilers la hidrólisis del ácido fítico tiene lugar fundamentalmente en el buche (69 a 86 % de la actividad fitásica añadida) y en menor medida en el proventrículo (31 a 38 %), no detectándose en el intestino delgado (LIEBERT, 1993)

2.2.2 Composición de la dieta

Los ingredientes de origen vegetal son los componentes mayoritarios de las dietas para monogástricos y, por tanto, una fracción importante del fósforo está presente como ácido fítico. Todos los factores relacionados con el metabolismo y absorción del P en el organismo, tales como los niveles de calcio y vitamina D, junto con aquellos factores que afecten a la

eficacia de la actividad fitásica (endógena y exógena) pueden influir en el aprovechamiento del P de la dieta (REBOLLAR y MATEOS, 2000)

2.2.3. Adición de enzima fitasa

La fitasa es una enzima muy utilizada, en aves y cerdos, es obtenida a través de fermentación por medio de hongos del grupo *Aspergillus niger*, se caracteriza por ser un polvo de color amarillo pardo, fácilmente miscible en el agua. Una unidad de actividad de fitasa (FTU), es definida por la cantidad de enzima que libera 1 micromol de fósforo inorgánico en un minuto, en un substrato de sodio fitato a 37°C en pH 5.5 (TEICHMANN *et al.*, 1998).

Las enzimas exógenas aumentan la digestibilidad y eficiencia de los alimentos, reduciendo la acción de inhibidores de crecimiento, principalmente los polisacáridos no amiláceos (PNA), auxiliando las enzimas endógenas en los procesos digestivos (KEMME, *et al.*, 1997)

Investigaciones realizadas, sobre la utilización de insumos no convencionales que contienen nutrientes poco disponibles, para los animales, han empleado enzimas exógenas. Desde el punto de vista de la nutrición, y de la viabilización técnica y económica de las enzimas exógenas, es un marco importante, pues permite el empleo de algunos ingredientes muchas veces disponibles pero de utilización limitada por su composición química o la presencia de inhibidores nutricionales. Esto generalmente ocurre con los polvillos de arroz y trigo, centeno, cebada y avena (MACARI *et al.*, 1994; KEMME *et al.*, 1997). Existen ingredientes ricos en fósforo fítico o en

polisacáricos no amídicos en los que se ha empleado enzimas exógenas, para digerir estos ingredientes (PENZ, 1998).

2.3. Composición nutricional y biodisponibilidad de fósforo del polvillo de arroz

Sobre la composición nutricional del polvillo de arroz, se conoce que, la proteína total varía entre 12.5 a 13.5 %, fibra 8.0 a 11.4 %, extracto etéreo 13 %, EM 2980 kcal/kg y fósforo total entre 1.30 a 1.50 % (NRC, 1994); variando en función de las cantidades de cáscara, granos quebrados y pulidura.

Alrededor de las dos terceras partes del contenido del fósforo total de las materias primas vegetales, se encuentran en un complejo que en su mayor parte no se encuentra disponible para los monogástricos (KESHAWARTZ, 2002)

La biodisponibilidad de fósforo del polvillo de arroz, es relativamente baja, por encontrarse formando parte de los complejos de fitatos; sin embargo, algunos estudios iniciales demuestran que es posible mejorar el aprovechamiento del fósforo proveniente del polvillo aumentando la biodisponibilidad del fósforo del fitato y reduciendo la suplementación de fuentes de fósforo. TEICHMAN *et al.* (1998) encontraron que el uso de hasta 15 % de polvillo de arroz en la ración con adición de fitasa no afectó la cantidad de

P, Ca, Mn y Zn en las cenizas de las tibias de pollos y necesitaron menor suplementación de Mn y Zn.

Se ha demostrado también, que las fitasas, a parte de mejorar la disponibilidad del fósforo, contribuyen a la liberación de proteínas, aminoácidos y otros minerales de complejos de fitatos en insumos de origen vegetal y a la inhibición de la formación de complejos de enzimas proteolíticas generando fitatos; en función de estos beneficios, las aves demuestran mejor performance (TEICHMAN *et al*, 1998).

Por tanto, la escasa disponibilidad del P fítico crea dos problemas: la necesidad de suplementar las dietas con alto contenido de P inorgánico, con el consiguiente encarecimiento del producto final y, la excreción al medio ambiente de altas cantidades de este macromineral (REBOLLAR y MATEOS, 2000)

Trabajos realizados con fitasa por COUSINS, 1999 han demostrado que en dosis de 500 unidades, la respuesta en la utilización del fósforo es casi lineal, dosis más altas de fitasa reflejan una pequeña mejoría por unidad de fitasa.

2.4 Pérdidas de proteínas debido a complejos de fitato

El efecto antinutritivo del fitato no está limitado a la unión con macroelementos y elementos traza procedentes de alimentos orgánicos. También las proteínas y los aminoácidos forman enlaces complejos con el

fitato, por lo cual no pueden ser absorbidos por los animales. El elevado potencial de enlaces del fitato, en un amplio espectro de valores de pH se manifiesta en un gran número de posibles situaciones de enlace: formación de complejos de proteínas y otros nutrientes macromoleculares con el fitato, complejos de proteína – fitato naturales en las materias primas de origen vegetal, complejos de proteína – fitato en el tracto gastrointestinal, formación de complejos de fitato y enzimas endógenas, formación de fitato de calcio insoluble en dietas con adecuados niveles de fósforo y alta relación molar de calcio respecto al fitato, saponificación del fitato de calcio y de ácidos grasos en el tracto gastrointestinal, formación de complejos de fitato de calcio y almidón (BASF, 2000).

En el ambiente altamente ácido del estómago, los aminoácidos especialmente lisina, metionina, arginina e histidina son fijados directamente al fósforo de fitato creando así complejos de proteína-fitato prácticamente insolubles.

En la región menos ácida del intestino, cationes minerales de múltiples enlaces (Ca, Mg, Zn, Fe) actúan como puente entre el fitato y la proteína, conduciendo a la formación de complejos fitato – mineral – proteína. Así se demuestra una vez mas el efecto antinutritivo del fitato (COUSINS, 1999).

Kemme *et al.* (1997), refieren la presencia de complejos nativos de ácido fítico y proteína en varias materias primas (maíz, extracto de harina de

soya, harina de girasol, harina de semilla de colza y salvado de arroz). A un pH de 2 – 3, estas diferentes materias primas condujeron a la formación de fuertes complejos entre la proteína soluble y el fitato. La incubación del fitato con la fitasa previno la formación de complejos. Después de la formación de un complejo de proteína - fitato fue posible disociar la proteína con pepsina. Este proceso fue acelerado significativamente por la adición de fitasa.

Los efectos positivos de la fitasa sobre la digestibilidad de las proteínas puede explicarse por diferentes aspectos: liberación de proteínas o aminoácidos de complejos nativos de ácido fítico y proteínas en material de origen vegetal, inhibición o desdoblamiento de complejos de *novoo* de proteínas o aminoácidos libres con fitato en el tracto gastrointestinal, inhibición de la formación de complejos de enzimas proteolíticas generando fitato (BASF, 2000)

Numerosos estudios *in vitro* documentan que el fitato es capaz de fijar proteínas, inclusive enzimas endógenas y aminoácidos libres. La suplementación del alimento con fitasa puede reducir estas propiedades del fitato y acelerar el desdoblamiento de complejos de fitato – proteína. Sin embargo, previa implementación de estos resultados en la alimentación animal práctica fue necesario cuantificar los efectos de la fitasa *in vivo* en experimentación animal (TEICHMANN *et al.* ,1998)

COUSINS (1999), reporta que los fitatos, no solo son capaces de formar complejos con proteínas, aminoácidos sino también con enzimas

endógenas, asimismo la interacción entre fitatos y proteínas aparentemente se da por una ligación iónica en la cual depende de condiciones de pH, por lo que hoy en día se le da importancia, ya que la presencia de complejos proteína-fitato; tiene influencia negativa en la digestibilidad y absorción de proteínas y aminoácidos.

Así también se han realizado trabajos de digestibilidad ileal, de nitrógeno y aminoácidos influenciada por diferentes niveles de fitasa, -en este mismo experimento fue determinado el efecto de la fitasa microbiana sobre energía metabolizable aparente (EMA). El contenido de EMA de la dieta aumentó linealmente, proporcional al aumento de suplementación de fitasa, al adicionarse 500 unidades de fitasa/kg mejoró el contenido de energía metabolizable 2.3 % de 13.06 % a 13.35 MJ/kg de dieta. REBOLLAR y MATEOS, 2000 reportaron que todavía, el modo de acción aún no está bien claro, mas con certeza, la mejoría de la digestibilidad de proteína y aminoácidos, es parcialmente responsable por estas respuestas. La fitasa es una herramienta para la reducción de suplementación de raciones con fósforo inorgánico, proteína y energía; asimismo, contribuye para la protección medioambiental, la cual tendrá gran influencia en la producción animal del futuro (SAYLOR, 2001).

Sin embargo, en otras investigaciones, se utilizaron alimentos formulados utilizando valores de nutrientes y de EM determinados sin la adición de fitasa, lo cual no sería apropiado, debido a que, si existe un mejor aprovechamiento de los nutrientes con el uso de fitasa, entonces los valores

nutricionales y de EM también estarán aumentados; por lo que justifica realizar estudios iniciales de esta naturaleza para generar nuevos datos de los nutrientes para poder formular el alimento adecuadamente y probar su efecto de manera real en trabajos de evaluación de performance (ganancia de peso, consumo de ración y conversión alimenticia), así como el análisis económico (TEICHMAN *et al.*, 1998)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

El experimento se realizó en una instalación avícola para procesos metabólicos de la Facultad de Zootecnia, y en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Geográficamente se encuentra ubicado a 09°17'58" latitud sur; 76°01'07" longitud oeste; con una altitud de 660 m.s.n.m; como datos meteorológicos presenta una época de menor precipitación, entre los meses de abril a noviembre y época de mayor precipitación entre los meses de diciembre a marzo, la temperatura máxima es de 35 °C, mínima 19.9 °C y promedio mensual 24.85 °C , la humedad relativa promedio es de 80 % (UNAS, 2001).

3.2 Instalaciones

Se utilizó una sala de procesos metabólicos construido en una orientación de norte a sur, de 6 m de ancho por 12 m de largo de área interna, con piso de concreto, con pendiente de 3 %, con vigas y postes de madera, techo de calamina a dos aguas superpuestas con claraboya, paredes de malla metálica. Para el experimento, en el galpón se colocaron tres baterías confeccionadas con madera, fierros y malla metálica, en la cual se distribuyeron los tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, haciendo un

total de 18 jaulas metabólicas experimentales con dos subdivisiones, las cuales alojaron a dos aves cada una, así mismo cada división contó con un comedero y bebedero independiente.

3.3 Animales y alimentación

Se utilizaron 72 pollos parrilleros de la línea Arbor acres, entre machos y hembras, de un día de edad los mismos que recibieron similares condiciones de manejo y alimentación durante los primeros 22 días de edad. Las raciones fueron formuladas para atender las necesidades de las aves en esta fase (crecimiento), según los requerimientos propuestos por la NRC (1994), y son mostrados en el Cuadro 1.

Un grupo de 8 aves fueron sometidos a un experimento para determinar nitrógeno endógeno, para lo cual se le brindó un alimento sin fuente proteica; pero debido a la dificultad que se presentó durante el manejo de las aves en el ayuno, que fue la de mezcla de las heces con vómito, estos datos fueron desestimados y consecuentemente no se pudo determinar la energía metabolizable corregida.

El análisis químico proximal del polvillo de arroz utilizado en el experimento es mostrado en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas basales utilizadas en pollos parrilleros durante la fase experimental, de acuerdo a la inclusión de los niveles de fitasa.

Ingredientes %	Tratamientos			
	F0	F60	F120	F180
Maíz	56.59	56.58	56.57	56.55
Harina de Pescado	12.00	12.00	12.00	12.00
Torta de Soya	23.78	23.78	23.78	23.78
Aceite	5.73	5.73	5.73	5.73
CaCO ₃	1.07	1.07	1.07	1.07
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30
Supl.Mineral y Vitamínico	0.15	0.15	0.15	0.15
Zinc Bacitracina	0.01	0.01	0.01	0.01
Fosfato bicálcico	0.35	0.35	0.35	0.35
Funginat	0.03	0.03	0.03	0.03
Antib. Furazolidona	0.01	0.01	0.01	0.01
Metionina	0.08	0.08	0.08	0.08
Fitasa	0.00	0.06	0.012	0.018
Nutrientes Calculados¹				
PB (%)	23.00	23.00	23.00	23.00
FB (%)	2.65	2.65	2.65	2.65
EM (kcal/kg)	3200.00	3200.00	3200.00	3200.00
Ca (%)	1.00	1.00	1.00	1.00
P. Disp. (%)	0.45	0.45	0.45	0.45
Lis. (%)	1.38	1.38	1.38	1.38
Met. (%)	0.50	0.50	0.50	0.50
Trip. (%)	0.20	0.20	0.20	0.20
Met. + Cis. (%)	0.90	0.90	0.90	0.90
Precio S/kg.	1.40	1.40	1.40	1.40

¹Datos calculados en base a la composición de los ingredientes según la NRC (1994).

Cuadro 2. Análisis químico proximal del polvillo de arroz utilizado en base a materia seca¹

Nutriente	%
Materia seca	80.79
Proteína bruta	12.38
Extracto etéreo	6.38
Fibra bruta	10.8
Energía bruta (kcal/kg)	4301.4
Fósforo total	0.92

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.4 Sanidad

El ambiente de la sala y las jaulas, fueron desinfectados, con lanza llamas, cal viva, detergente y lejía. Así también se desinfectó los comederos y bebederos. La prevención de las enfermedades, se realizó de acuerdo al programa de vacunación para la zona.

3.5 Variable independiente

Enzima fitasa en la dieta

3.6 Tratamientos en estudio

Los tratamientos se establecieron en función al nivel de enzima exógena que se adicionó a la ración. La enzima utilizada de nombre comercial FINASE, contenía 5000 FTU/g de producto.

F0 = Alimento sin adición de enzima fitasa

F60 = Alimento con 60 g de enzima fitasa/t (300 FTU/Kg)

F120 = Alimento con 120 g de enzima fitasa/t (600 FTU/Kg)

F180 = Alimento con 180 g de enzima fitasa/t (900 FTU/Kg)

Después de 22 días de edad de las aves, cada tratamiento se dispuso en dos grupos de animales que recibieron una ración base y una ración prueba, estando esta última compuesta por 75 % de ración base y 25 % del insumo polvillo de arroz, insumo en estudio, tal como es mostrado en la Figura 1.

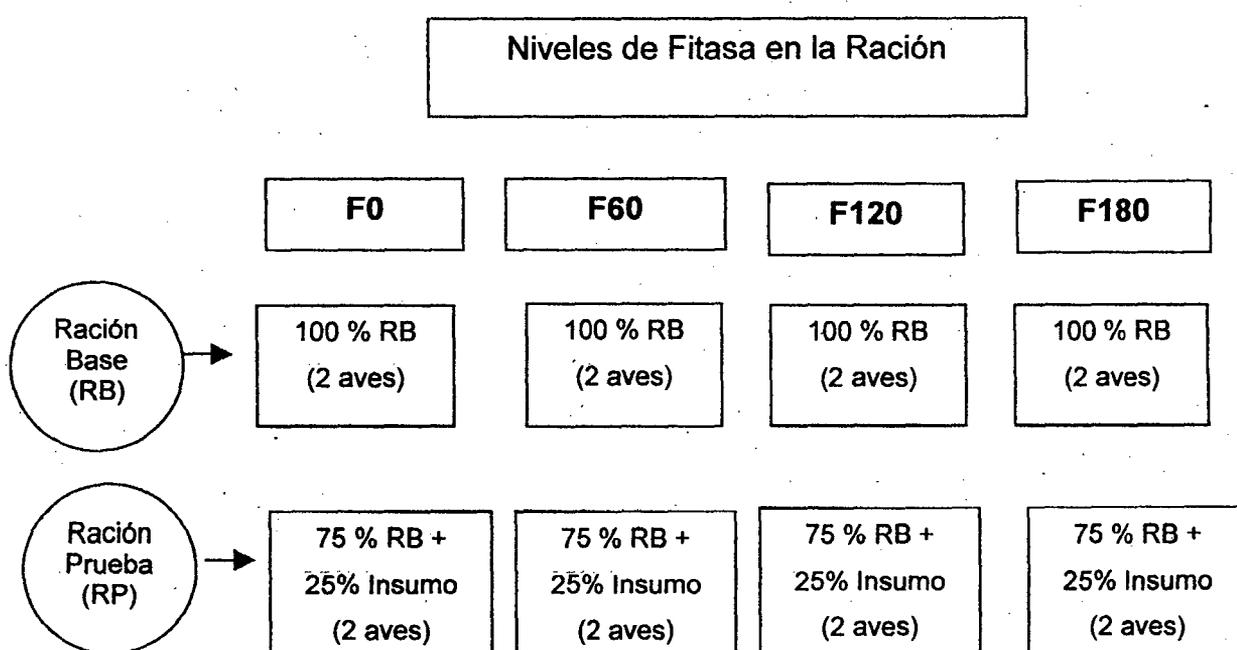


Figura 1. Distribución de los grupos de animales en los tratamientos

3.7 Variables dependientes

- Coeficientes de metabolizabilidad de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y fósforo (P).
- Energía metabolizable aparente (EMA)

3.8 Toma de muestras

El período experimental comprendió siete días de adaptación a la dieta y cinco días de colecta de heces.

Se utilizó el método de colecta total de heces, para lo cual, debajo de las jaulas experimentales se acondicionaron bandejas de zinc, cubierto con plásticos para facilitar la colecta.

Las heces eran colectadas cada 24 horas, posteriormente estas fueron pesadas y las submuestras fueron secadas, molidas y almacenadas en el freezer para los análisis correspondientes.

3.9 Análisis de laboratorio

En las raciones, insumos y heces se determinó materia seca, proteína bruta, fibra cruda, extracto etéreo, energía bruta y ceniza; siguiendo la metodología descrita por la AOAC (1997); El fósforo se determinó en espectrofotómetro de luz visible Marca Milton Roy, modelo Spectronic 20 D, la energía bruta se determinó a través del método de la Bomba Calorimétrica Adiabática.

Los coeficientes de metabolizabilidad de los nutrientes y de la energía bruta se calcularon siguiendo el método de MATTERSON (1965).

Fórmula para determinación del Coeficiente de metabolizabilidad del nutriente de la dieta

$$\text{CM del nutriente} = \frac{\text{N cons.} - \text{N. excr.}}{\text{N. cons.}}$$

Donde:

N cons = Nutriente consumido

N excr. = Nutriente excretado

Coeficiente de metabolizabilidad del nutriente del insumo en estudio; por ejemplo del fósforo (P) del polvillo de arroz (PA)

$$\text{CM del P del PA} = \frac{P_{MRB} + (P_{MRp} - P_{MRb})}{\% \text{ de sustitución}}$$

Donde:

P_{MRB} = Fósforo Metabolizable de la ración base

P_{MRp} = Fósforo Metabolizable de la ración prueba

P_{MRb} = Fósforo Metabolizable de la ración base

% de sustitución

Para hallar el nutriente metabolizable (NM)

$$\text{NM} = \frac{\text{N total} \times \text{CM}}{100}$$

Donde:

NM = Nutriente Metabolizable

NT = Nutriente Total

CM = Coeficiente de Metabolizabilidad

3.10 Análisis estadístico

Los animales fueron distribuidos utilizando un Diseño de Bloques Completo al Azar, con cuatro bloques y cuatro repeticiones, siendo el peso inicial (22 días de edad) de las aves el factor de bloqueo; cada unidad experimental estuvo compuesta por cuatro aves, agrupadas en divisiones de dos, donde recibieron o ración base o ración prueba.

El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde :

Y_{ij} = Observación cualesquiera de la unidad experimental, que corresponde al i -ésimo tratamiento

U = Media de la Población

T_i = Efecto del i -ésimo Tratamiento (1, 2, 3, 4)

B_j = Efecto del j -ésimo bloque (1, 2, 3, 4)

E_{ij} = Error experimental (Efecto aleatorio del error experimental, asociado a dicho experimento).

Los datos de cada variable fueron procesados a través del análisis de variancia de la regresión (BANZATO y KRONKA, 1995).

IV. RESULTADOS

En el Cuadro 3, se muestran los nutrientes metabolizables del polvillo de arroz, mediante la inclusión de la enzima fitasa.

Cuadro 3. Nutrientes metabolizables del polvillo de arroz por efecto de los diferentes niveles de inclusión de la enzima fitasa.

Nutrientes Metabolizables	Tratamientos ¹				Sig ²	SEM ³
	0	60	120	180		
Materia Seca (%)	59.95	51.42	49.00	50.90	NS	9.82
Proteína, (%)	7.52	7.50	8.54	8.31	L**	0.32
Fibra (%)	2.56	2.58	2.69	2.85	NS	0.18
Extracto Etéreo, (%)	4.81	5.08	4.93	4.99	NS	0.27
Energía Metabol.(kcal/kg)	2782.4	2815.6	2688.3	2598.9	NS	191.7
Fósforo (%)	0.23	0.48	0.48	0.42	Q**	0.38

¹ Niveles de adición de enzima fitasa en la dieta : 0, 60, 120 y 180 g/t de alimento.

² Sig : Niveles de significancia a través del análisis de variancia de la regresión, L: Efecto lineal, Q: Efecto cuadrático, NS : No significativo; * P< 0.05, ** P< 0.01 .

³SEM: Error estándar de la media.

Se observó un aumento lineal en la proteína y una respuesta cuadrática en el fósforo; en extracto etéreo, fibra bruta, materia seca y energía metabolizable, la adición de enzima fitasa, no tuvo efecto significativo.

Los coeficientes de metabolizabilidad calculados, se muestran en el Cuadro 4, observándose un efecto lineal en proteína y una respuesta cuadrática en el fósforo, referente a extracto etéreo, fibra bruta, materia seca y energía bruta, podemos apreciar que no tuvo efecto significativo la adición de enzima fitasa.

Cuadro 4. Coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz por efecto de los diferentes niveles de inclusión de fitasa en la dieta.

Coeficientes de Metabolizabilidad (%)	Tratamientos ¹				Sig ²	SEM ³
	0	60	120	180		
Materia seca	59.95	63.65	60.65	63.02	NS	3.82
Proteína Bruta	60.74	60.58	68.98	67.12	L*	5.85
Fibra Bruta	23.70	23.89	24.91	26.39	NS	3.10
Extracto Etéreo	75.39	79.62	77.27	78.21	NS	2.66
Energía Bruta	64.69	65.46	62.50	60.42	NS	3.23
Fósforo total	25.05	52.29	52.29	45.75	Q**	5.88

¹ Niveles de adición de enzima fitasa en la dieta : 0, 60, 120 y 180 g/t de alimento.

² Sig : Niveles de significancia a través del análisis de variancia de la regresión, L: Efecto lineal, Q: Efecto cuadrático, NS : No significativo; * P< 0.05, ** P< 0.01 .

³SEM: Error estándar de la media.

Los coeficientes de metabolizabilidad de proteína y de fósforo son observados en la Figura 2.

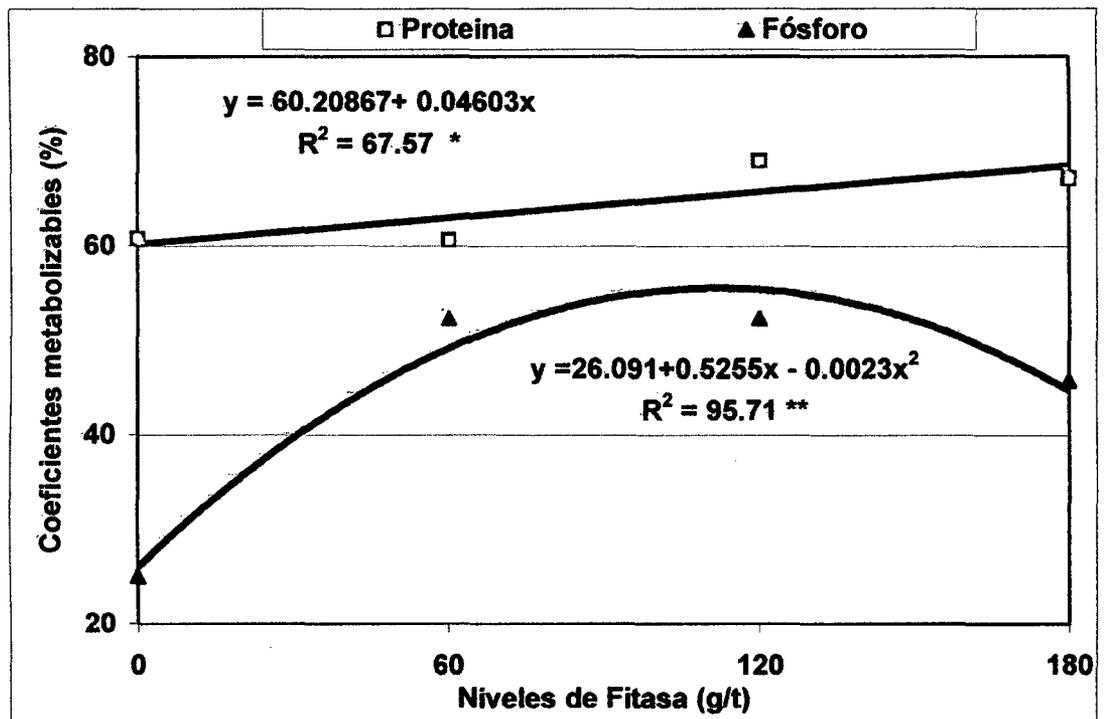


Figura 2. Coeficientes metabolizables de proteína y de fósforo del polvillo de arroz en función de adición de enzima fitasa en la dieta.

(* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$).

V. DISCUSIÓN

Sobre la calidad del polvillo de arroz utilizado en el experimento, los valores determinados en la composición química, se encontraron entre los rangos reportados por la NRC (1994); para proteína bruta y fibra cruda, mientras que el extracto etéreo y fósforo se mostraron ligeramente inferiores; probablemente, algunos factores, como condiciones medio ambientales y procesamiento de la materia prima, que está en función de las cantidades de cáscara y pulidura, estén influenciando para la presentación de estas diferencias. Aún así, esta evidencia nos permite afirmar que el polvillo de arroz utilizado, fue de aceptable calidad y los resultados obtenidos en el grado de aprovechamiento de los nutrientes sean el reflejo de ellos mismos o de la adición de la enzima fitasa en la dieta.

El efecto lineal significativo en la proteína, se explica porque a medida que aumentó la adición de la enzima fitasa en la dieta, aumentó el coeficiente de metabolizabilidad, debiéndose esta respuesta en un 67.57 % a la adición de la enzima y de acuerdo al modelo adoptado. La dependencia lineal fue observada desde 0 hasta 180 g/t (900 FTU/kg) de alimento.

Posibles explicaciones a los resultados encontrados en la disponibilidad de la proteína podrían estar basados en que, la disponibilidad de

nutrientes en insumos de origen vegetal puede ser influenciado por la formación de fuertes complejos naturales como es el caso de los fitatos, conjuntamente con la proteína, quien limita al fósforo y algunos minerales; así también, los fitatos forman complejos con los aminoácidos y enzimas endógenas, la interacción fitato – proteína se da por una ligación iónica, la cual depende de condiciones de pH ácido (2 – 3), y conducen a la formación de fuertes complejos, resultando un complejo insoluble. Con la adición de fitasa, se ha comprobado que esta enzima reduce estas propiedades del fitato y acelera el desdoblamiento o evita la formación de complejos de fitato – proteína (Kemme *et al.*, 1997). Este mismo efecto debe haber ocurrido en el experimento y eso explicaría los mayores coeficientes de metabolizibilidad de la proteína encontrados, a medida que aumentó la enzima en la dieta.

El valor encontrado en el coeficiente de metabolizibilidad del fósforo de 25.05 % en polvillo de arroz sin adición de la fitasa, es mayor al reportado por la NRC (1994), correspondiente al fósforo no fítico que fue de 14.66 %.

La respuesta de la disponibilidad del fósforo proveniente del polvillo de arroz frente a los niveles crecientes de enzima fitasa fue cuadrática, encontrándose mejores respuestas con 114.24 g/t (571.20 FTU/kg), dando un coeficiente de metabolizibilidad de 56.10 %, lo cual significa una mejora en el aprovechamiento del fósforo de 124 % en relación al coeficiente obtenido sin la adición de fitasa (25.05 %); debiéndose esta respuesta en un 95.71 % a la adición de enzima y de acuerdo al modelo adoptado.

Resultados semejantes fueron encontrados por ABOOSADI *et al.* (1995), en que la adición de la enzima fitasa (0, 300, 600 FTU/kg) a dietas con polvillo de arroz, aumentó significativamente, la disponibilidad del fósforo fítico, a un 56 %, confirmando la efectividad de la enzima fitasa en hidrolizar al ácido fítico.

El fósforo fítico, puede estar unido a proteínas, almidón y diversos minerales, formando el complejo fitato; considerado que este complejo ha sido hidrolizado, se esperaría también un aumento en la disponibilidad de estos nutrientes, sin embargo la EM como reflejo del grado de absorción de carbohidratos, lípidos y en menor proporción de proteína no fue aumentada.

En lo que respecta a los coeficientes de metabolizabilidad de MS, EE, FB, EM; no se encontró diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre niveles, lo que es discordante con COUSINS (1999), quien encontró que el contenido de EMA de la dieta aumentó linealmente, proporcional al aumento de suplementación de fitasa, al adicionarse 500 unidades de fitasa/kg mejoró el contenido de energía metabolizable 2.3 % de 13.06 a 13.35 MJ/kg de dieta.

La hidrólisis del ácido fítico, que tiene lugar fundamentalmente en el buche (69 a 86% de la actividad de la fitasa añadida), podría haber sido influenciado negativamente por la fibra, porque al promover aumento en la velocidad de paso del alimento, y en la viscosidad del bolo alimenticio, no daría tiempo a la acción de la enzima fitasa sobre los complejos fitatos

(LIEBERT,1993), así como de las enzimas endógenas sobre sus propios sustratos, dificultando la digestión y absorción de nutrientes (COUSINS,1999).

Entre las preocupaciones ambientales se incluye la limitada superficie de tierra disponible para la eliminación de los residuos animales, la alta densidad de los animales en las grandes unidades de producción y la acumulación de fósforo en la tierra, y su entrada a las aguas, siendo este un problema ambiental al cual debemos enfrentar, pero también es cierto que es un nutriente crítico para los animales y plantas, es por eso que se debe proporcionar niveles adecuados de P, a fin de minimizar al mismo tiempo la concentración de este elemento, que pasa a la cama porque no lo utilizan las aves, es por ello que la inclusión de fitasa en la dieta, al aumentar el aprovechamiento del fósforo y la proteína en las aves, reduce el nivel de fósforo y nitrógeno en las excretas, contribuyendo de esta manera en la protección del medio ambiente (SAYLOR, 2001).

VI. CONCLUSIONES

- La enzima fitasa mejoró los coeficientes de metabolizabilidad de la proteína del polvillo de arroz, aumentando linealmente con la adición de los niveles de fitasa en la dieta.
- Los mejores coeficientes de metabolizabilidad del fósforo se obtuvieron con 114.24 g/t (571.20 FTU), de adición de enzima en la dieta.
- Los coeficientes de metabolizabilidad de extracto etéreo, energía metabolizable, materia seca y fibra bruta no fueron mejorados con la adición de niveles crecientes de enzima fitasa en la dieta.

VII. RECOMENDACIONES

- En la formulación de dietas para aves, utilizar valores determinados de fósforo disponible de los alimentos y de las exigencias nutricionales, que a la vez resultaran más eficiente y económica.
- Adicionar la enzima fitasa, en otros productos no tradicionales de la zona a fin de utilizarlos, y mejorar los costos de producción.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC- AMERICAN OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. 1997. Official methods of analysis. v. I y II. 16 th. ed. AOAC, Washington,. s.p.
- ABOOSADI. M.A., SCAIFE,J.R.,MURRAY.I.,BEDFORD,M. 1995. Efecct of phytase supplementation of diets containing rice bran on growth performance and bone characteristics in broiler chickens. Anim. Sci., 60 : 557-558 (Abstract).
- BASF. 2000. La Fitasa Original, Natuphos. Alimentos balanceados para animales . Mouth Morris, Watt 7(6) : s.p
- BANZATTO, A. y KRONKA, S. 1995. Experimentação Agrícola. 3^{ra} Ed. Jaboticabal. FUNEP. 247 p.
- COUSINS, B. ENZIMAS NA NUTRICA0 DE AVES. *In*: Simposium Internacional sobre Nutrición en Aves. (1., 1999, Concordia, Brasil). 1999. ACAV – Embrapa. p. 118 – 132.
- CAMPBELL Y BEDFORD. 1992. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. Can. J. Anim. Sci., 72:449-466.
- CUNNINGHAM, G. 1993. Tratado de fisiología veterinaria. Guanabara Koogan s.a, Rio de Janeiro, Brasil. 454 p.
- KEMME, P., JONGBLOED, A.,M ROZ,Z. y BEYNEN, A. 1997. J. Anim. Sci., Champaign. 75: 2129 – 2138 pp.

- KESHAWARTZ, K. 2002. ¿Cuál es la diferencia entre el fósforo total, fósforo fítico, fósforo no fítico?. *Industria avícola*. 49.(4.): 20 - 24 p
- LIEBERT, F. 1993. I symposium on enzymes in animal nutrition. Ed. C. Wenk y M. Boessinger. *Karthause ittingen. procedings*. Suiza. pp:202 - 205.
- MACARI, M., FURLAN, R., GONZALES, E. 1994. *Fisiología aviaria aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal, FUNEP/UNESP. Brasil 296 p.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., SINGSEN, E.P. 1965. *The Metabolizable Energy of Feed Ingredients for Chickens*. Research Report. 7:3-11.
- NRC- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th ed. National Academy Press, Washington, D.C. 93 p.
- PENZ, J. 1998. *Enzimas en Racoes para Aves y Suinos*. In: *Simposio aditivos na produção de não - rumiantes*. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (35., 1998, Botucatu, Brasil). *Anais. SBZ*. p 165-176.
- REBOLLAR, P. y MATEOS, G. 2000. *El fósforo en nutrición animal. necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad*. {En línea}: FEDNA, (<http://www.etsia.upm.es/Fedna/capitulos/99cap2.pdf> , 07 de set. 2000).
- SAYLOR, W. 2001. *Técnicas de reducción de fósforo: manejo nutrición en pollo de engorda*. *Industria Avícola. Latinoamericana de Poultry International*. 48 (5): 24-31.

TEICHMANN, H., LOPEZ, J., LOPEZ, G. 1998. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. Rev. Bras. Zootec., Visosa, 27 (2): 338 - 334.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – UNAS. 2001. Datos meteorológicos José Abelardo Quiñónez. (Archivos). Tingo María, Perú.

**IX. EFFECT OF THE PHYTASE ON THE COEFFICIENTS OF
METABOLIZABILITY AND THE METABOLIZABLE ENERGY OF RICE
BRAN IN BROILERS**

ABSTRACT

The effect of the Phytase, on the coefficients of metabolizability of Rice Bran (RB) was evaluated. For this purpose 72 chicks of twenty two days old male and females broiler chickens of the Arbor Acres line were distributed according to a complete block randomized design with four treatments and four blocks. Each experimental unit was conformed by four chickens where two of them received a basic diet (BD) and two received a test diet (TD).

The chickens firstly were adapted to the diet for seven days and their excreta were collected for five days after the adaptation period.

Rice bran, the diets and the excreta was analyzed for cross energy (CE), dry matter (DM), crude protein (CP), crude fiber (CF), ethereal extract (EE) and ash (A).

The availability of phosphorus coming from the rice bran compared with the growing levels of phytase was quadratic, being better answers with 114.24 g/t (571.2 FTU), however the coefficients of metabolizability of the protein increased in lineal form with the increase of the phytase levels in the diet. The coefficients of metabolizability of the ethereal extract (EE), crude fiber (CF), dry matter (DM) and cross energy (CE); were not altered with the addition of enzyme phytase.

X. ANEXO

Cuadro 5. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de los coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F0 ¹.

Componente	1ra. MS %	2da. MS %	PB %	EE %	FB %	EB (2da.MS)	MS Orig. %	EB (100% MS)
POLVILLO - F0		80.79	12.38	6.38	10.80	4301.40	80.79	5324.17
RB Ración Base		90.38	20.03	5.06	3.18	4142.59	90.38	4583.53
RP Ración Prueba		90.86	18.95	5.45	4.21	4294.97	90.86	4727.02
RB Heces								
B - I	20.93	92.39	35.81	4.17	9.13	3640.39	19.34	3940.24
B - II	20.40	94.39	34.46	5.45	10.16	4836.83	19.26	5124.30
B - III	20.84	96.13	39.84	5.11	9.53	3700.76	20.03	3849.75
B - IV	20.84	93.69	32.95	4.93	10.15	3656.82	19.52	3903.11
RP Heces								
B - I	20.18	92.98	31.56	4.13	10.31	3695.29	18.76	3974.28
B - II	21.58	94.35	31.45	3.20	12.71	3927.24	20.36	4162.42
B - III	20.98	93.15	33.69	4.63	10.44	3905.85	19.54	4193.08
B - IV	20.98	92.46	29.73	4.58	12.22	3681.19	19.40	3981.39

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la

Selva.

Cuadro 6. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de los coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F60 ¹.

Componente	1ra.	2da.					MS	EB
	MS %	MS %	PB %	EE %	FB %	EB (2da.MS)	Orig. %	(100% MS)
POLVILLO - F60		80.79	12.38	6.38	10.80	4301.40	80.79	5324.17
Ración Base (RB)		90.05	20.03	5.06	3.50	4073.00	90.05	4523.04
Ración Prueba (RP)		89.89	18.17	5.45	5.33	3866.21	89.89	4301.05
RB Heces								
B - I	16.97	94.02	35.59	4.42	11.59	3691.90	15.96	3926.72
B - II	34.24	93.95	33.78	2.72	9.82	3467.91	32.17	3691.23
B - III	20.57	91.30	34.93	4.09	9.72	3683.64	18.78	4034.66
B - IV	25.92	93.06	34.28	4.19	8.15	3659.59	24.12	3932.50
RP Heces								
B - I	19.85	93.82	31.07	3.98	14.60	3761.75	18.62	4009.54
B - II	22.01	94.05	28.62	3.72	14.64	3562.60	20.70	3787.98
B - III	22.58	92.76	31.33	3.50	14.91	3690.18	20.95	3978.21
B - IV	27.01	93.09	35.28	3.71	13.01	3557.00	25.14	3821.03

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 7. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de los coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F120¹

Componente	1ra. MS %	2da. MS %	PB %	EE %	FB %	EB 2da.MS	MS Orig. %	EB (100% MS)
POLVILLO - F120		80.79	12.38	6.38	10.80	4301.40	80.79	5324.17
Ración Base (RB)		94.17	19.73	5.06	3.15	4073.00	94.17	4325.16
Ración Prueba (RP)		94.15	18.17	5.45	5.50	3866.21	94.15	4106.44
RB - Heces								
B - I	20.17	91.92	34.65	3.83	9.11	4101.78	18.54	4462.34
B - II	22.26	94.17	32.61	2.22	9.93	3543.97	20.96	3763.37
B - III	25.21	83.55	30.79	4.45	9.54	3603.20	21.06	4312.62
B - IV	34.49	91.77	38.88	4.75	9.15	3715.78	31.65	4049.02
RP Heces								
B - I	21.46	93.43	25.33	3.71	14.15	3428.02	20.05	3669.08
B - II	20.66	94.72	33.32	4.73	17.98	3989.01	19.57	4211.37
B - III	25.57	91.22	22.45	3.50	12.54	3104.56	23.32	3403.38
B - IV	34.79	93.37	24.98	4.11	16.14	3792.28	32.48	4061.56

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 8. Análisis proximal de dietas y heces para la determinación de los coeficientes de metabolizabilidad del polvillo de arroz en el tratamiento F180¹.

Componente	1ra. MS %	2da. MS %	PB %	EE %	FB %	EB (2da.MS)	MS Orig. %	EB (100% MS)
POLVILLO - F180		80.79	12.38	6.38	10.80	4301.40	80.79	5324.17
Ración Base (RB)		94.27	20.03	5.06	3.70	3746.20	94.27	3973.90
Ración Prueba (RP)		93.97	18.17	5.45	6.14	3680.11	93.97	3916.26
RB - Heces								
B - I	18.87	93.35	34.27	4.36	9.72	4100.79	17.62	4392.92
B - II	21.42	94.17	36.39	3.32	10.91	4723.55	20.17	5015.98
B - III	20.91	88.87	34.02	3.52	11.85	3785.06	18.58	4259.10
B - IV	26.22	92.52	35.67	3.48	11.21	3571.04	24.26	3859.75
RP Heces								
B - I	18.93	92.73	29.12	3.71	15.77	3600.11	17.55	3882.35
B - II	23.15	94.71	28.83	3.24	15.78	3582.06	21.93	3782.13
B - III	24.31	92.20	31.22	3.27	16.78	3640.53	22.41	3948.52
B - IV	29.27	94.18	35.67	3.64	15.53	3603.20	27.57	3825.87

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la

Selva.

Cuadro 9. Análisis de fósforo en raciones y heces ¹.

Componentes	Niveles			
	0	60	120	180
Polvillo de arroz	0.918	0.918	0.918	0.918
Ración Base (RB)	0.844	0.820	0.827	0.866
Ración Prueba (RP)	0.923	0.979	0.920	0.995
RB Heces				
B - I	1.899	1.631	1.586	1.809
B - II	1.616	1.329	1.467	1.809
B - III	1.839	1.423	1.348	1.690
B - IV	1.452	1.302	1.616	1.839
RP - Heces				
B - I	1.910	1.928	1.546	1.928
B - II	1.869	1.854	1.950	1.917
B - III	2.152	1.542	1.422	2.062
B - IV	2.230	1.750	1.646	1.646

¹ Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.