

# Efecto de la fitasa sobre la biodisponibilidad del fósforo y nutrientes metabolizables del polvillo de arroz en pollos de carne

Phytase effect on the phosphorus bioavailability and metabolizable nutrients of rice bran in broilers

*Wilson Castillo Soto<sup>1</sup>, Cesar Lombardi Pérez<sup>2</sup>*

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fitasa sobre la biodisponibilidad del fósforo y nutrientes metabolizables del polvillo de arroz, en pollos de carne, se utilizaron 72 pollos, distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar, que recibieron dietas con 0, 60, 120 ó 180 g de fitasa; cada unidad experimental tuvo 4 aves, dos recibieron dieta base y dos dieta prueba. Los pollos se sometieron a siete días de adaptación y cinco de colecta de heces. En dietas y heces se analizaron energía bruta, materia seca, proteína bruta, fibra cruda, extracto etéreo y fósforo. La biodisponibilidad del fósforo del polvillo de arroz mostró respuesta cuadrática a la adición de fitasa, encontrándose mayores valores con 114,24 g/t (571,2 Unidades de Actividad Enzimática), mientras que la disponibilidad de proteína bruta aumentó en forma lineal. La biodisponibilidad del estrato etéreo, fibra cruda, materia seca y energía metabolizable; no varió con la adición de fitasa.

**Palabras clave:** Disponibilidad de nutrientes, fitasa, polvillo de arroz, pollos.

## ABSTRACT

The effect of phytase on phosphorus bioavailability and metabolizable nutrients of rice bran in was evaluated using 72 chickens, distributed through a complete block design at random and fed diets with 0, 60, 120 or 180 g of phytase/t, each experimental unit consisted of 4 chickens, two received a basal diet and two test diets. The experiment consisted of subjecting the chickens to seven days for adaptation and five for collection of feces. In diets and feces were analyzed cross energy, dry matter, crude protein, crude fiber, ethereal extract and phosphorus. The bioavailability of P from rice bran showed quadratic response to phytase, found higher values to 114,24 g/t (571,2 Unit of Enzyme Activity), while the availability of crude protein increased linearly. The bioavailability of ethereal extract, crude fiber, dry matter and crude energy, did not change with the addition of phytase.

**Key words:** Chicken, nutrient availability, phytase, rice bran.

---

<sup>1</sup> Doctor en Producción Animal. Profesor de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UPAO.

<sup>2</sup> M. Sc. en Patología Veterinaria. Profesor de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UPAO.

## INTRODUCCIÓN

La competencia por el uso de insumos energéticos destinados a la generación de biocombustibles y los utilizados en la industria avícola, ha generado que se eleven de manera directa los costos de producción en aves. Considerando que la alimentación constituye entre el 60 al 70% del costo total de producción en pollos de carne, la búsqueda por alimentos alternativos es una preocupación generalizada en los sistemas de producción e investigación avícola.

Alternativas viables de uso de ingredientes regionales han sido demostradas, con mayor énfasis, en insumos de origen vegetal. Sin embargo, es conocido que estos insumos contienen ácido fítico que representa en su composición hasta 65% del fósforo total. Cuando este ácido fítico ingresa al tracto digestivo se liga a cationes minerales principalmente Zn, Mg, Ca, Fe, Cu, Co, Mn, K, a las proteínas y almidones de la dieta formando, en ambos casos, complejos insolubles e indigestibles (Saylor, 2001), no permitiendo la digestión y absorción de los nutrientes de la dieta y perjudicando, como consecuencia, el desarrollo de los animales. Por tanto, la escasa disponibilidad del fósforo fítico crea dos problemas: 1) la necesidad de suplementar las dietas con alto contenido de fósforo inorgánico, con el consiguiente encarecimiento del producto final y, 2) la excreción al medio ambiente de altas cantidades de este macro mineral (Rebollar, 2000).

La producción de arroz, en la costa norte del Perú, genera el polvillo de arroz, como subproducto, de fácil acceso, posee, en promedio, 2521 kcal de energía metabolizable por kg, 13,13% de proteína, 8,07% de fibra y 14,49% de extracto etéreo (Rostagno *et al.*, 2011). Contiene también cantidades considerables de vitaminas del complejo B y de fósforo; sin embargo, este último se encuentra casi en su totalidad en la forma de fósforo fítico (Keshawartz, 2002) y, por lo tanto, además de tener su disponibilidad limitada, comprometería la disponibilidad de otros nutrientes como ha sido referido anteriormente.

La fitasa es una enzima que hidroliza completamente el ácido fítico a la forma de monofosfato y, en algunos casos, a inositol libre y ortofosfato (Saylor, 2001); sin embargo, esta enzima no es secretada en el sistema digestivo de los animales. Es obtenida a través de fermentación por medio de hongos del grupo *Aspergillus niger*, un polvo de color amarillo pardo, fácilmente

te miscible en el agua. Una unidad de actividad de fitasa (FTU) es definida por la cantidad de enzima que libera 1  $\mu\text{mol}$  de fósforo inorgánico en un minuto, a partir de un substrato de fitato de sodio a 37 °C, a pH 5,5 (Teichmann *et al.*, 1998).

Trabajos con enzimas exógenas demuestran la importancia de estas sustancias como aditivos para mejorar la eficiencia alimenticia. Se ha encontrado que la adición de fitasa en dietas con insumos vegetales para pollos de carne aumenta la disponibilidad de fósforo fítico (Cousins, 1999). Además su inclusión en dietas, complementan la producción enzimática endógena al incrementar la digestibilidad de la fibra y, por consiguiente, mejorar la disponibilidad de nutrientes en el alimento (Teichmann *et al.* 1998; Aboosadi, 1995) y, contribuir a la liberación de proteínas, aminoácidos y minerales de complejos de fitato, mejorando el contenido de energía metabolizable aparente de las dietas (Ravindran *et al.*, 2000). Sin embargo, en polvillo de arroz, no se ha evaluado la concentración adecuada de enzimas que reproduzcan la mejor disponibilidad de sus nutrientes y, en qué medida mejoran la disponibilidad cuando no se utiliza fitasa.

Si se demuestra que los nutrientes del polvillo de arroz mejoran su biodisponibilidad con la adición de la fitasa, entonces se dispondrá de una alternativa de inclusión en las dietas de las aves, contribuyendo a disminuir, además de los costos de producción, la excreción al medio ambiente de altas cantidades de fósforo. Por tal motivo, se planteó que la fitasa mejora la biodisponibilidad del fósforo y nutrientes metabolizables del polvillo de arroz en pollos de carne; por tanto el objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la adición de la fitasa sobre la biodisponibilidad del fósforo y nutrientes metabolizables, coeficientes de metabolizabilidad y energía metabolizable aparente del polvillo de arroz, en pollos parrilleros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tres baterías confeccionadas con fierros y malla metálica, donde se distribuyeron los tratamientos con cuatro repeticiones cada una, haciendo un total de 18 jaulas metabólicas experimentales con dos subdivisiones, en cada una de las cuales se alojaron a dos aves; cada división tuvo un comedero y un bebedero independiente.

Se utilizaron 72 pollos parrilleros de la línea Arbor

acres de un día de edad, los mismos que recibieron similares condiciones de manejo y alimentación, durante los primeros 22 días de edad; a los 23 días, se alojaron en las jaulas metabólicas según los tratamientos en estudio. Se dispuso a cada tratamiento dos grupos de animales, los cuales recibieron una ración base y una ración prueba, ésta última compuesta por 75% de ración y 25% de polvillo de arroz.

Las dietas fueron formuladas para atender las necesidades de las aves en esta fase de crecimiento, según los requerimientos propuestos por la National Research Council (1994) (Cuadro 1).

Los tratamientos se establecieron en función al

nivel de enzima exógena que se adicionó a la ración. La enzima comercial Finase contenía 5000 FTU/g.

F0 = Alimento sin adición de fitasa.

F60 = Alimento con 60 g de fitasa/t (300 FTU/kg).

F120 = Alimento con 120 g de fitasa/t (600 FTU/kg).

F180 = Alimento con 180 g de fitasa/t (900 FTU/kg).

Las variables que permitieron evaluar el experimento fueron coeficiente de metabolizabilidad de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y fósforo (P), sus respectivos nutrientes digestibles y la energía metabolizable aparente (EMA).

Cuadro 1  
COMPOSICIÓN PORCENTUAL Y NUTRICIONAL DE LAS DIETAS  
BASALES UTILIZADAS EN POLLOS PARRILLEROS DE ACUERDO  
A LA INCLUSIÓN DE LOS NIVELES DE FITASA

Ingredientes	Tratamientos <sup>1</sup>			
	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
Carbonato de calcio	1,07	1,07	1,07	1,07
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30
Minerales y vitaminas	0,15	0,15	0,15	0,15
Zinc bacitracina	0,01	0,01	0,01	0,01
Fosfato dicálcico	0,35	0,35	0,35	0,35
Funginat	0,03	0,03	0,03	0,03
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
<b>Nutrientes Calculados<sup>2</sup></b>				
Proteína bruta	23,00	23,00	23,00	23,00
Fibra cruda	2,65	2,65	2,65	2,65
Energía metabolizable (kcal/kg)	3200,00	3200,00	3200,00	3200,00
Calcio	1,00	1,00	1,00	1,00
Fósforo disponible	0,45	0,45	0,45	0,45
Lisina	1,38	1,38	1,38	1,38
Metionina	0,50	0,50	0,50	0,50
Triptófano	0,20	0,20	0,20	0,20
Metionina + Cisteína	0,90	0,90	0,90	0,90
Precio Soles por kg	1,40	1,40	1,40	1,40

1 F0 = Testigo, alimento sin enzima fitasa, F60 = alimento con 60 g de enzima fitasa/t, F120 = alimento con 120g/t, F180 = alimento con 180 g de enzima fitasa/t.

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

El ensayo metabólico incluyó 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, cubiertas con plástico. Las heces fueron colectadas cada 24 horas, posteriormente, pesadas, secadas, molidas y almacenadas en el freezer.

En las dietas, insumos y heces se determinó materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), energía bruta (EB) y ceniza; siguiendo la metodología descrita por la AOAC (1997). El fósforo se determinó en un espectrofotómetro de luz visible, modelo Spectronic 20 D; la energía bruta, en una bomba calorimétrica adiabática.

Los coeficientes de metabolizabilidad de los nutrientes y de energía bruta (EB) se calcularon con el método de Matterson (1965).

Los animales fueron distribuidos en un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, siendo el peso inicial (22 días de edad) de los pollos el factor de bloqueo. Cada unidad experimental estuvo compuesta por cuatro aves, agrupadas en divisiones de dos, donde recibieron ración base o ración prueba.

Los resultados fueron procesados a través del análisis de varianza de la regresión (Sistema de Análisis Estadístico UNESP-FCAVJ, Sao Paulo, Brasil) (Banzato y Kronka, 1995).

El análisis químico proximal del polvillo de arroz utilizado en el experimento se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2  
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL POLVILLO DE ARROZ UTILIZADO<sup>1</sup>

Componente	Contenido (%)
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

<sup>1</sup> Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La PB y FC en el polvillo de arroz, utilizado en el experimento, se encontraron en los rangos reportados por la NRC (1994), el EE y P ligeramente inferiores. Probablemente, algunos factores, como condiciones ambientales y de procesamiento de la materia prima, que están en función de las cantidades de cáscara y pulidura, han influenciado en estas diferencias. Aún así, estas diferencias, nos permiten afirmar que el polvillo de arroz utilizado fue de calidad aceptable y los resultados obtenidos en el grado de aprovechamiento de los nutrientes fueron el reflejo de ellos mismos o de la adición de la fitasa en la dieta.

En el Cuadro 3, se muestran los coeficientes de metabolizabilidad de los nutrientes, calculados a partir de la diferencia de los nutrientes ingeridos menos los

Cuadro 3  
COEFICIENTES DE METABOLIZABILIDAD DEL POLVILLO DE ARROZ POR EFECTO DE LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE FITASA EN LA DIETA

Componente	Coeficientes de metabolizabilidad (%)				Sig <sup>2</sup>	SEM <sup>3</sup>
	Tratamientos <sup>1</sup>					
	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

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

<sup>2</sup> Sig: Significancia a través del análisis de variancia de la regresión.

<sup>3</sup> SEM: Error estándar de la media.

L: Efecto lineal.

Q: Efecto cuadrático.

NS: No significativo \* P<0,05, \*\* P<0,01.

nutrientes excretados. Se observó que la adición de fitasa en la dieta causó un efecto lineal en los coeficientes de la proteína ( $P < 0,05$ ) y una respuesta cuadrática en el fósforo ( $P < 0,01$ ), mientras que, para el EE, FC, MS y EB no influyó significativamente.

Los coeficientes de metabolizabilidad de proteína y de fósforo se representan en la Figura 1. El efecto lineal significativo en la proteína, se explica porque a medida que aumentó la adición de la fitasa en la dieta, aumentó el coeficiente de metabolizabilidad, debiéndose esta respuesta en un 67,57% a la adición de la enzima de acuerdo al modelo. La dependencia lineal fue observada desde 0 hasta 180 g/t (900 FTU/kg) de alimento. La respuesta de la biodisponibilidad del fósforo del polvillo de arroz frente a los niveles crecientes de fitasa fue cuadrática, encontrándose mejores respuestas con 114,24 g/t (571,20 FTU/kg), dando un coeficiente de metabolizabilidad 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%). Esta respuesta se debe en un 95,71% a la adición de fitasa de acuerdo al modelo de regresión.

Los resultados de la biodisponibilidad de la proteína podrían estar basados en que, la disponibilidad de nutrientes en insumos de origen vegetal puede ser influenciada por la formación de complejos naturales fuertes como el de los fitatos, conjuntamente con la proteína, que limita al fósforo y algunos minerales;

también, los fitatos forman complejos con los aminoácidos y enzimas endógenas, la interacción fitato-proteína se da por una ligación iónica, la cual depende del pH ácido (2-3), y conducen a la formación de complejos fuertes e insolubles. Se ha comprobado que la fitasa reduce las propiedades del fitato y acelera el desdoblamiento o evita la formación de complejos de fitato-proteína (Kemme *et al.*, 1997). Este mismo efecto podría haber ocurrido en el experimento y explicaría los mayores coeficientes de metabolizabilidad de la proteína a medida que aumentó la fitasa en la dieta.

El Cuadro 4 muestra los resultados de que los nutrientes metabolizables del polvillo de arroz. Con el análisis de varianza de la regresión, se comprobó que el aumento en los niveles de inclusión de la fitasa en la dieta provocó un aumento lineal en la proteína metabolizable y una respuesta cuadrática en el fósforo; en extracto etéreo, fibra bruta, materia seca y energía metabolizable, la adición de fitasa no tuvo efecto significativo.

El coeficiente de metabolizabilidad del fósforo de 25,05% en polvillo de arroz sin adición de fitasa, fue mayor que el reportado por la NRC (1994), correspondiente al fósforo no fítico que fue de 14,66% y similar al reportado por Rostagno *et al.* (2011) de 29%.

Los resultados con adición de fitasa fueron semejantes a los encontrados por Aboosadi *et al.* (1995), en que la adición de la fitasa (0, 300, 600 FTU/kg) a die-

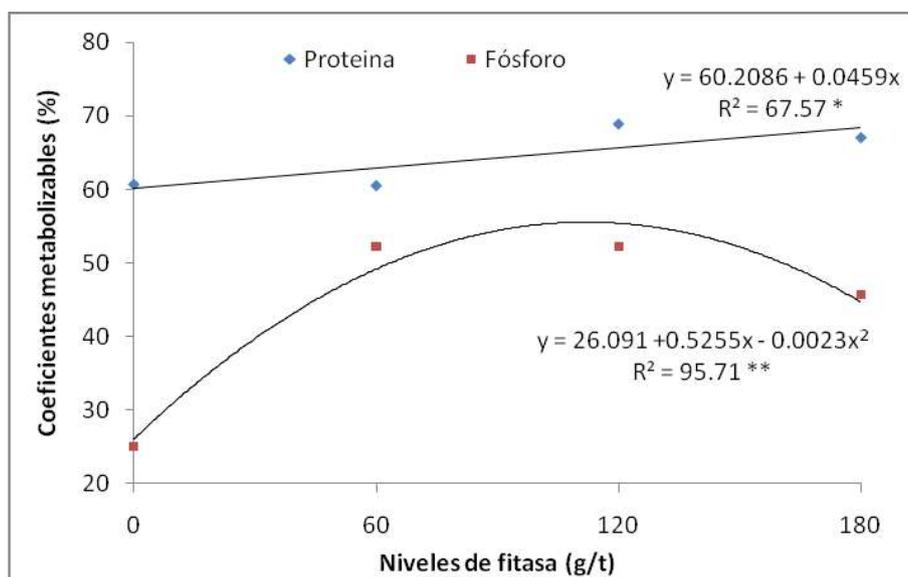


Figura 1. Coeficientes metabolizables de proteína y de fósforo del polvillo de arroz en función de la adición de fitasa en la dieta. \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ .

Cuadro 4  
NUTRIENTES METABOLIZABLES DEL POLVILLO DE ARROZ POR EFECTO DE LOS  
DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE FITASA

Nutrientes metabolizables (%)	Tratamientos <sup>1</sup>				Sig <sup>2</sup>	SEM <sup>3</sup>
	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 metabolizable (kcal/kg)	2782,4	2815,6	2688,3	2598,9	NS	191,7
Fósforo biodisponible	0,23	0,48	0,48	0,42	Q**	0,38

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

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> SEM: Error estándar de la media.

tas con polvillo de arroz aumentó significativamente la biodisponibilidad del fósforo fítico, en 56 %, confirmando la efectividad de la fitasa en hidrolizar al ácido fítico. El fósforo fítico puede estar unido a proteínas, almidón y diversos minerales, formando el complejo fitato. Considerando que este complejo ha sido hidrolizado, se esperaría también un aumento en la biodisponibilidad de estos nutrientes, sin embargo, la EMA como reflejo del grado de absorción de carbohidratos, lípidos y en menor proporción de proteína no fue aumentada.

Los coeficientes de metabolizabilidad y nutrientes metabolizables de MS, EE, FC y EMA no mostraron diferencias estadísticas significativas (P< 0,05) entre niveles de adición de fitasa en la dieta, siendo discordantes con los reportados por Ravindran et al. (2000), quien encontró que el contenido de EMA de la dieta aumentó linealmente con el aumento de fitasa.

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, 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 substratos, dificultando la digestión y absorción de nutrientes (Macari et al., 1994; Cousins, 1999).

Preocupaciones ambientales incluyen 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 un problema ambiental que se enfrenta. También es cierto que el fósforo es un nutriente crítico para los animales y plantas, y por eso se debe proporcionar niveles adecuados a fin de minimizar su concentración 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 (Saylor, 2001), contribuyendo en la protección del medio ambiente.

## CONCLUSIONES

La fitasa mejoró los coeficientes de metabolizabilidad y la biodisponibilidad de la proteína del polvillo de arroz, aumentando linealmente con la adición de los niveles de fitasa en la dieta.

La biodisponibilidad de fósforo del polvillo de arroz mostró respuesta cuadrática a la adición de fitasa, los mejores coeficientes de metabolizabilidad y el mejor valor de biodisponibilidad se obtuvieron con 114,24 g/t (571,20 FTU) de fitasa en la dieta.

Los coeficientes de metabolizabilidad y biodisponibilidad de extracto etéreo, energía metabolizable, materia seca y fibra bruta no fueron mejorados significativamente con la adición de niveles crecientes de enzima fitasa en la dieta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. y 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).
- Banzatto, A. y Kronka, S. 1995. Experimentação Agrícola. 3<sup>ra</sup> Ed. Jaboticabal. FUNEP. 247 p.
- Cousins, B. Enzimas na nutrição de aves. In: Simposium Internacional sobre Nutrición en Aves. (1., 1999, Concordia, Brasil). 1999. ACAV - Embrapa. p. 118 -132.
- Kemme, P., Jongbloed, A., Mroz, Z. y Beynen, A. 1997. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by pig physiological status. *J. Anim. Sci.*, 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.
- Liebert, F. 1993. I symposium on enzymes in animal nutrition. Ed. C. Wenk y M. Boessinger. Karthause ittingen. procedings. Suiza. p. 202-205.
- Macari, M., Fuslan, R. y 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. y Singesen, 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.
- Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, S., Selle, P.H. y Bryden, W. L. 2000. Response broiler chicken to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. *Br. Poultry Sci.* 21: 193-300.
- Rebollar, P. y Mateos, G. 1999. 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 setiembre 2010).
- Rostagno, H., Teixeira Albino, L., Donzele, J., Gomes, P., Oliveira, R., Lopes, D., Ferreira, A., Barreto, S. y Euclides, R. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3<sup>a</sup>. ed. Minas Gerais, Brasil, 252 p.
- Saylor, W. 2001. Técnicas de reducción de fósforo: manejo nutrición en pollo de engorda. *Industria Avícola. Poultry International*. 48 (5): 24-31.
- Teichmann, H., López, J. y López, G. 1998. Efeito da fitasa na biodisponibilidade do fósforo em dietas com farelo de arroz integral para frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, 27 (2): 338 - 334.