

BIODISPONIBILIDAD DEL FÓSFORO DE CEREALES EN AVES

Cereal Phosphorus Bio-Availability in Chicks

Glenn Hernández, Susmira Godoy y Claudio F. Chicco

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Apdo. 4653, Maracay 2101, Venezuela. E-mail: sgodoy@inia.gov.ve

RESUMEN

En aves en crecimiento, se determinó la biodisponibilidad del fósforo del trigo, maíz y sorgo, mediante el método de relación de las pendientes de dietas referenciales con niveles crecientes de fósforo inorgánico y las de los cereales. Se utilizó como variable independiente el consumo de fósforo, para las dietas de referencia, y consumo de alimento, para las dietas con trigo, maíz o sorgo, y como variable dependiente el contenido de cenizas de la tibia de pollos de cuatro semanas de edad. El peso (g) y el contenido de cenizas (%) del hueso fueron superiores ($P < 0,05$) para el trigo (1020; 43,6), intermedios para el maíz (823; 30,44) y más bajos para el sorgo (655; 28,97). La ganancia de peso y contenido de cenizas se incrementó ($P < 0,05$) por cada aumento del nivel de fósforo inorgánico (0,25; 0,35; 0,45%) de las dietas de referencia. Las regresiones y correlaciones entre las variables de consumo y contenido de cenizas del hueso fueron significativas ($P < 0,05$) para los cereales y dietas referenciales. La relación entre las pendientes de las regresiones permitió estimar la biodisponibilidad del fósforo del trigo, maíz y sorgo en 26,66; 24,67 y 23,0%, respectivamente.

Palabras clave: Fósforo, biodisponibilidad, cereales, aves.

ABSTRACT

In growing chicks, phosphorus bioavailability of wheat, corn and sorghum grains was determined by the slope relation between the regression equations of reference diets, with increasing levels of inorganic phosphorus, and those of the cereals. Phosphorus intake was used as independent variable, for reference diets, and feed intake, for wheat, corn or sorghum diets, and tibia bone ash of 4 week old chicks as dependent variable. Weight (g) and bone ash (%) content were higher ($P < 0.05$) for wheat (1020; 43.6), intermediate for corn (823;

30.44) and lower for sorghum (655; 28.97). Body weight (g) gain and bone ash (%) were greater ($P < 0.05$) for each increasing levels of inorganic phosphorus (0.25, 0.35, 0.45%) of the reference diets. Regressions and correlations between phosphorus intake and bone ash were significant ($P < 0.05$) for cereal and reference diets. According the slope relation of the regression equations, phosphorus bioavailability values of wheat, corn and sorghum were 26.66, 24.67 and 23.0% respectively.

Key words: Phosphorus, bioavailability, cereals, poultry.

INTRODUCCIÓN

El contenido de fósforo en granos de cereales y oleaginosas, a pesar de ser elevado, es de baja biodisponibilidad para los no rumiantes [6] debido a que el fósforo se encuentra principalmente combinado con el inositol y algunos cationes, formando la molécula de fitato, que representa aproximadamente entre 50 y 80% del fósforo total del grano [12, 16, 17]. El fósforo restante, del 20 al 30%, se encuentra formando compuestos como fosfolípidos, fosfoproteínas y ácidos nucleicos, y un 8-12% bajo la forma de fosfatos inorgánicos.

La biodisponibilidad del fósforo de los alimentos, en el caso de los no rumiantes, es variable, dependiendo de la proporción de fósforo fítico y de su solubilidad, y del aporte asociado de fitasas vegetales y digestivas que determinan la magnitud de la hidrólisis de los fitatos. Se ha demostrado que la actividad fitásica endógena del intestino es de baja significación en aves y cerdos [19], y que la actividad fitásica intrínseca de los granos de cereales, leguminosas y oleaginosas, que se utilizan en la formulación de dietas para aves y cerdos, es también baja, a excepción del trigo, centeno y triticale, fuentes de poco uso en Venezuela.

Consecuentemente, la investigación que se reseña en este artículo tuvo como finalidad determinar la biodisponibilidad del fósforo de granos de cereales como componentes de

las dietas para aves, a través de pruebas de crecimiento y mineralización del tejido óseo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La biodisponibilidad del fósforo del trigo, maíz y sorgo se determinó en pollos de engorde, en etapa de crecimiento, desde un día de nacidos hasta los 28 días de edad, utilizando los índices productivos (peso, consumo de alimento y conversión) y mineralización del tejido óseo (cenizas y fósforo).

La investigación se realizó en la Unidad Avícola, del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en Maracay, Venezuela.

Para este estudio se utilizaron 360 pollos de un día de nacidos, del híbrido comercial Cobb × Cobb, uniformes en peso, sexados machos y distribuidos al azar en seis tratamientos con seis replicas de 10 aves cada uno.

Las dietas experimentales fueron formuladas con cada cereal (trigo, maíz y sorgo) con un nivel marginal de fósforo total entre 0,48 y 0,50%. Además, para el fosfato de referencia, se elaboraron dietas a base de maíz-soya con niveles crecien-

tes de fósforo inorgánico adicionado (0,25; 0,35; 0,45%) mediante la incorporación de un fosfato dicalcico (CaHPO_4) de alta pureza. Las dietas (TABLA I) estaban constituidas, además, por aislado de soya, harina de soya, aceite vegetal, vitaminas y minerales, siendo isoproteicas (23% PC), isoenergéticas (3100 Kcal EME/kg) y con un nivel de calcio entre 0,87 y 1,00%, cubriéndose los requerimientos nutricionales para la especie y edad de los animales (NRC, 1994). El contenido de fósforo total, para las dietas de referencia, fue de 0,57; 0,67 y 0,77%, siendo este último el nivel de requerimiento.

Semanalmente, se llevaron registros de peso individual de los pollos y del consumo por grupos. A la cuarta semana se sacrificaron 10 aves por tratamiento, por dislocación cervical y según peso promedio por grupo, para la extracción de ambas tibias. En las tibias se determinó peso húmedo y seco a 105°C, durante 48 horas, y peso seco desgrasado por reflujo con éter de petróleo al 100% en caliente, durante 4 horas. Los huesos fueron incinerados a 600°C durante 24 horas. Las cenizas resultantes fueron expresadas como porcentaje del peso seco libre de grasa, determinándose además el contenido de calcio y fósforo (%).

Los análisis de las diferentes raciones experimentales y del tejido óseo se realizaron de acuerdo a las siguientes meto-

TABLA I
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (%) / FEED COMPOSITION (%)

Ingredientes	Maíz	Sorgo	Trigo	Dietas de Referencia ¹		
				0,25%	0,35%	0,45%
Maíz	77	-	-	54,15	53,5	53,04
Sorgo	-	75	-	-	-	-
Trigo	-	-	80	-	-	-
Soya	-	-	-	35	35	35
Aislado Soya	16	16	10	-	-	-
Aceite vegetal	2,4	4,6	4,9	7,0	7,0	7,0
Carbonato de calcio	1,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,6
Fosfato dicálcico	0,8	0,9	0,8	0,85	1,6	1,96
Vit/min ²	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
D-L Metionina	0,4	0,4	0,8	0,3	0,3	0,3
L Lisina	0,2	0,2	0,8	-	-	-
EME ³ , Kcal/kg	3100	3100	3100	3100	3100	3100
PC,% ⁴	23	23	23	23	23	23
Ca,%	0,87	0,91	0,90	0,91	1	1
P Total,%	0,50	0,48	0,49	0,57	0,67	0,77

¹Niveles de fósforo del CaHPO_4 de las dietas de referencia.

²Vitaminas y minerales (por Kg de alimento): Vitamina A, 4000UI; Vitamina D, 200 UI, Riboflavina, 3mg; Ácido Pantoténico, 5mg; Niacina, 20 mg; Colina, 450 mg; Vitamina B12, 10 Ug; Vitamina E, 2 mg; Mn, 65 mg; Cu, 8 mg; Zn, 50 mg; Fe, 25mg; Mg, 500 mg.

³EME: Energía metabolizable estimada

⁴PC: Proteína cruda ($N \times 6,25$).

dologías: proteína ($N \times 6,25$) por el método de Kjeldahl [2], calcio por espectrofotometría de absorción atómica [2] y fósforo por colorimetría [7].

Para cada cereal (trigo, maíz o sorgo) y las dietas de referencia se determinaron ecuaciones de regresión lineal: $Y = a + bX$; donde Y = cenizas del hueso (mg); X = niveles de fósforo inorgánico (mg ingerido/día) para la dieta de referencia, y consumo (g/ave) de las dietas para los tratamientos de trigo, maíz o sorgo. El fósforo disponible (mg/g) se calculó dividiendo la pendiente de la ecuación para cada cereal entre la pendiente del fosfato de referencia [3].

La biodisponibilidad del fósforo fítico se estimó mediante la relación entre el fósforo disponible (mg/g) y el fósforo total (mg/g) de cada cereal.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando un modelo estadístico completamente aleatorizado y la prueba de F fue aplicada para verificar la significancia de los cuadrados medios de las fuentes de variación, tomando el nivel de significación $\alpha = 0,05$. Cuando el ANAVAR detectó diferencias significativas entre las diferentes variables de los tratamientos, los promedios fueron separados de acuerdo a la prueba de Tukey [22], al mismo nivel de significancia utilizado en el análisis de la varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices productivos de los pollos de engorde, a la cuarta semana de edad, alimentados con los diferentes cereales, se presentan en la TABLA II. El peso de las aves (g/ave) fue superior ($P < 0,05$) para el trigo (1020) seguido por los tratamientos de maíz (823) y sorgo (655), con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos. El peso de las aves guardó relación ($P < 0,05$) con el consumo de alimento, con valores de consumo (g/ave) superiores ($P < 0,05$) para las aves que recibieron la dieta a base de trigo (1213,8), seguidas por las alimentadas con maíz (995,8) y más bajo para el sorgo (825,3), con diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos.

La conversión de alimento (kg alimento/kg de ganancia de peso) fue similar para las dieta base de trigo (1,19), y maíz (1,21) y más baja ($P < 0,05$) para el sorgo (1,26).

La mejor respuesta productiva (peso y consumo) en las aves alimentadas con trigo, en relación con las que recibieron maíz y sorgo, posiblemente fue debido al mayor consumo de alimento registrado en este tratamiento y a la mayor biodisponibilidad del fósforo, por la elevada actividad fitásica intrínseca de este material [6, 19].

Los índices productivos fueron más bajos para las aves alimentadas con sorgo, probablemente debido a la presencia de compuestos antinutricionales como taninos, que están asociados a un efecto negativo sobre la digestibilidad de la proteína del grano y de la dieta [11], y a una mayor proporción de fitatos [10]. La tendencia a mejores índices de conversión con las dietas de maíz y sorgo probablemente se debe a una mayor eficiencia en la utilización de nutrientes a medida que disminuye el consumo [9].

Las características del tejido óseo de las aves, asociadas al proceso de mineralización y expresadas en términos de concentración de ceniza, calcio y fósforo (TABLA III), indican que el contenido de cenizas (%) de las tibias fue mayor ($P < 0,05$) para el trigo (43,6), en relación a las aves alimentadas con maíz (30,44) y sorgo (28,97), sin diferencias significativas ($P > 0,05$) entre estas últimas. Para la concentración de calcio (%) los valores fueron mayores ($P < 0,05$) para el trigo (35,42) y maíz (35,33) en relación al sorgo (34,27). El contenido de fósforo (%) en el tejido óseo, fue mayor ($P < 0,05$) para el trigo (19,12) en relación con las aves alimentadas con maíz (17,40) y sorgo (17,31).

La mineralización de la tibia presentó una tendencia similar a las mediciones productivas, lo que estaría relacionado con los requerimientos de fósforo disponible para la mineralización inicial del tejido óseo en relación a los requerimientos para crecimiento [1].

Los índices productivos de los animales alimentados con las dietas de referencia se presentan en el TABLA IV. Los pesos (g/ave) fueron mayores en las aves alimentadas con la adición de 0,45% Pi (1247), seguidos de las aves alimentadas con 0,35% Pi (1140) y más bajo para la dieta de 0,25% Pi (1010), con diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$). El consumo de alimento (g/ave) fue de 1667,9, 1513,0 y 1416,7, para 0,45, 0,35 y 0,25% Pi, respectivamente, con diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

TABLA II

PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS A LOS 28 DIAS DE EDAD ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE TRIGO, MAÍZ Y SORGO^{1, 2} / BODY WEIGHT, FEED INTAKE AND FEED CONVERSION IN BROILERS 28 DAYS OLD FED WITH WHEAT, CORN AND SORGHUM DIETS^{1, 2}

Variables	Trigo	Maíz	Sorgo
Peso (g)	1020 ± 25 ^a	823 ± 12 ^b	655 ± 14 ^c
Consumo, (g)	1213,8 ± 32 ^a	995,8 ± 25 ^b	825,3 ± 1,9 ^c
Conversión de Alimento ³	1,19 ± 0,03 ^a	1,21 ± 0,03 ^{ab}	1,26 ± 0,09 ^b

¹Error estándar (n = 60). ²Kg de alimento/kg ganancia de peso. estadísticamente ($P < 0,05$).

^{a, b, c} Promedios con letras distintas dentro de una misma fila difieren

TABLA III
CONTENIDO DE CENIZAS, CALCIO Y FÓSFORO EN TEJIDO ÓSEO DE AVES ALIMENTADAS CON DIETAS A BASE DE TRIGO, MAÍZ Y SORGO^{1,2} / BONE ASH, CALCIUM AND PHOSPHORUS CONTENT IN BROILERS FED WITH WHEAT, CORN AND SORGHUM DIETS^{1,2}

Variables	Tratamientos	Hueso
Ceniza%	Trigo	43,6 ± 0,64 ^a
	Maíz	30,44 ± 1,43 ^b
	Sorgo	28,97 ± 2,61 ^b
Ca%	Trigo	35,42 ± 4,68 ^a
	Maíz	35,33 ± 7,33 ^a
	Sorgo	34,27 ± 0,16 ^b
P%	Trigo	19,12 ± 0,42 ^a
	Maíz	17,40 ± 0,46 ^b
	Sorgo	17,31 ± 0,58 ^b

¹ ± Error estándar (n = 10). ²10 aves/tratamiento. ^{a,b}Promedios con letras distintas dentro de una misma columna, para cada variable, difieren estadísticamente (P < 0,05).

TABLA IV
PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE POLLOS ALIMENTADOS CON 0,25; 0,35 Y 0,45% DE FÓSFORO INORGÁNICO AÑADIDO A LA DIETA BASAL^{1,2} / BODY WEIGHT, FEED INTAKE AND FEED CONVERSION IN BROILERS FED WITH 0,25; 0,35 Y 0,45% INORGANIC PHOSPHORUS ADDED TO THE BASAL DIET^{1,2}

Variables	0,25	0,35	0,45
Peso, (g)	1010 ± 12,78 ^c	1140 ± 15,9 ^b	1247 ± 12,55 ^a
Consumo, (g)	1416,7 ± 5,6 ^c	1513 ± 3,42 ^b	1667,9 ± 4,1 ^a
Conversión Alimenticia ³	1,40 ± 0,004 ^b	1,33 ± 0,003 ^a	1,34 ± 0,14 ^a

¹ ± Error estándar (n = 40) ²P inorgánico añadido como CaHPO₄. ³kg de alimento/kg ganancia de peso. ^{a,b,c}Promedios con letras distintas dentro de una misma fila difieren estadísticamente (P < 0,05).

La mejor conversión de alimento (P < 0,05) se observó en los tratamientos de 0,45% Pi (1,34) y 0,35% Pi (1,33), con un valor de 1,40 para 0,25% Pi (TABLA IV).

El contenido de ceniza (%) del tejido óseo de las aves alimentadas con diferentes niveles de Pi fue mayor (P < 0,05) para el nivel de 0,45% Pi (40,95), con valores más bajos para 0,35% Pi (38,59) y 0,25% Pi (37,48). El tenor de calcio en el hueso también fue mayor (P < 0,05) para la dieta con 0,45% Pi (37,37%), en relación con los tratamientos de 0,35% Pi (35,92%) y 0,25% Pi (35,79%), sin diferencias significativas (P > 0,05) entre estos últimos. Para el contenido de fósforo, el tratamiento de 0,45% Pi (19,48%) fue mayor (P < 0,05) que los de 0,35% Pi (16,92%) y 0,25% Pi (16,79%), sin diferencias significativas (P > 0,05) entre estos últimos (TABLA V).

Las ecuaciones de regresión lineal (TABLA VI) que relaciona el contenido de cenizas (mg/ave) del hueso (Y) y (X) que representa consumo (mg/ave) de fósforo inorgánico añadido a las dietas de referencia (FIG. 1) o el consumo de las dietas con los cereales estudiados (g/ave), fueron significativas con coeficientes de correlación de 0,94 para la dieta de referencia y, de 0,95; 0,79 y 0,97, para trigo, maíz y sorgo, respectivamente.

TABLA V
CONTENIDO DE CENIZAS, CALCIO Y FÓSFORO DEL TEJIDO ÓSEO DE AVES ALIMENTADAS CON 0,25; 0,35 Y 0,45% FÓSFORO INORGÁNICO AÑADIDO A DIETAS DE REFERENCIA^{1,2,3} / BONE ASH, CALCIUM AND PHOSPHORUS CONTENT IN BROILERS FED WITH 0,25; 0,35 Y 0,45% INORGANIC PHOSPHORUS ADDED TO THE REFERENCES DIETS^{1,2,3}

Variables	Fósforo inorgánico (%)	Hueso
Ceniza %	0,25	37,48 ± 0,61 ^b
	0,35	38,59 ± 0,80 ^b
	0,45	40,95 ± 1,18 ^a
Ca %	0,25	35,79 ± 0,61 ^b
	0,35	35,92 ± 0,74 ^b
	0,45	37,37 ± 0,37 ^a
P %	0,25	16,79 ± 0,46 ^b
	0,35	16,92 ± 0,58 ^b
	0,45	19,48 ± 0,42 ^a

¹ ± Error estándar (n = 10). ²10 aves/tratamiento. ³Fósforo inorgánico añadido como CaHPO₄. ^{a,b,c}Promedios en letras distintas dentro de una misma columna, para cada variable, difieren estadísticamente (P < 0,05).

TABLA VI
ECUACIONES DE REGRESIÓN ENTRE INGESTA DE FÓSFORO INORGÁNICO AÑADIDO A LA DIETA DE REFERENCIA Y EL CONSUMO DE LAS DIETAS DE TRIGO, MAÍZ Y SORGO Y, EL CONTENIDO DE CENIZAS DEL HUESO / EQUATIONS REGRESSIONS BETWEEN INORGANIC PHOSPHORUS INTAKE ADDED TO THE REFERENCES DIETS AND FEED INTAKE OF WHEAT, CORN AND SORGHUM AND, BONE ASH CONTENT

Variabes	$^1Y = a + bX$	R
Dieta referencia	$Y = 340,52 + 16,732X$	0,94*
Trigo	$Y = -16187,0 + 14,781X$	0,95*
Maíz	$Y = -7192,1 + 12,075X$	0,79*
Sorgo	$Y = -3991,1 + 9,199X$	0,97*

¹ Y = Variable dependiente (Ceniza, mg). X = variable independiente: Consumos de fósforo (mg/día) para las dietas de referencia (100% de biodisponibilidad) o el consumo de alimento (g/día) de las dietas a base de trigo, maíz o sorgo.

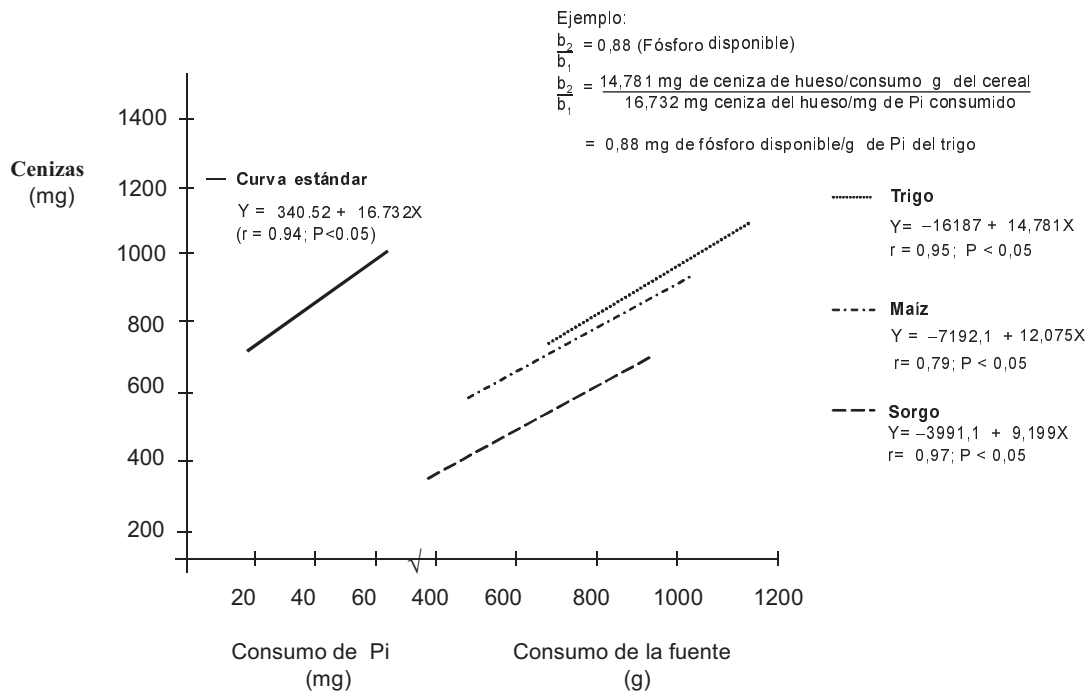


FIGURA 1. ECUACIONES DE REGRESIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE CENIZA DE LA TIBIA (mg) Y EL CONSUMO DE FÓSFORO INORGÁNICO (mg/AVE) PARA DIETA DE REFERENCIA O EL CONSUMO DE ALIMENTO (g/AVE) DE LAS DIETAS A BASE DE TRIGO, MAÍZ O SORGO / EQUATIONS REGRESSION BETWEEN BONE ASH AND INORGANIC PHOSPHORUS INTAKE (MG/CHICK) FOR TO REFERENCE DIET OR FED INTAKE (G/CHICK) IN WHEAT, CORN OR SORGHUM DIETS.

A partir de la pendiente de la dieta referencial y las pendientes correspondientes a cada cereal (FIG. 1) se calculó el contenido fósforo disponible del trigo, maíz y sorgo fue de 0,88 mg/g 0,72 mg/g y 0,55 mg/g, respectivamente. En relación con el fósforo total de cada cereal, el valor de disponibilidad relativa estimada para el trigo, maíz y sorgo es de 26,66; 24,62 y 23,00%, respectivamente.

La biodisponibilidad del fósforo fítico para el trigo fue de 26,66%, para el maíz de 24,67% y para el sorgo de 23,00%. Estos resultados son superiores a los valores de 18 a 22% reportados por Peeler [18], pero comparables con los obtenidos para el maíz en un estudio similar utilizando cerdos en crecimiento [15]. Otros estudios de crecimiento y finalización en gansos, también indican disponibilidades de fósforo mayores

para el trigo, cuando se compara con el maíz [4, 5]. La disponibilidad más alta del fósforo en trigo y maíz en comparación al sorgo, es aparentemente debido a la cantidad más alta de fitasas naturales en estos granos, como reportado por Ravindran y col. [20, 21], Eeckout y de Paepe [6], McCance y Widdowson [13] y Mollgaard [14]. En términos generales, a medida que aumenta la biodisponibilidad del fósforo se evidencia un incremento en el consumo, ganancia de peso y mineralización del tejido óseo [3, 8].

CONCLUSIONES

La ganancia de peso y la mineralización del tejido óseo corroboran la mayor biodisponibilidad del fósforo de las dietas

a base de trigo en relación a las de maíz y sorgo. Se sugiere que la alta concentración de fitasas intrínsecas del trigo favorece la utilización del fósforo en las aves. La mayor biodisponibilidad del fósforo está asociada con incrementos en los índices productivos de las aves y mineralización ósea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMQUIST, H.J. The phosphorus requirement of young chicks and poults. A review. **Poult. Sci.** 33:936-942. 1954.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods Analysis**. 15th Ed. Washington, D.C. 1018 pp. 1984.
- [3] CORLEY, J.R.; BAKER, D.H.; EASTER, R.A. Biological availability of phosphorus in rice bran and wheat bran as affected by pelleting. **J. Anim. Nutr.** 50: 286-292. 1980.
- [4] CROMWELL, G.; HAYS, V.; OVERFIELD, J. Effects of phosphorus levels in corn, milo and wheat base diets on performance and bone strength of pigs. **J. Anim. Sci.** 33:1103 (Suppl). 1972.
- [5] CROMWELL, G.; HAYS, V.; OVERFIELD, J. Effects of phosphorus levels in corn, wheat and barley diets on performance and bone strength of swine. **J. Anim. Sci.** 39: 180 (Suppl). 1974.
- [6] EECKHOUT, W.; DE PAEPE, M. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. **Anim. Feed Sci. Technol.** 47: 19-29. 1994.
- [7] FISKE, C.; SUBBARROW, E. The colorimetric determination of phosphorus. **J. Biological Chem.** 66:375-384. 1925.
- [8] GEORGIEVSKII, V. The physiological role of macroelements. In: V.I. Georgievskii; B.N. Annenkov; V. I. Samokhin (Eds)., **Mineral Nutrition of Animals**. London, Butterworths. 91-170pp. 1982.
- [9] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Relative bioavailability of phosphorus from Venezuelan raw rock phosphates for poultry. **Anim. Feed Sci. Technol.** 94:103-113. 2001.
- [10] GODOY, S.; CHICCO, C.F.; MESCHY, F.; REQUENA, F. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. **Intercien.** 30(1):24-28. 2005.
- [11] JARAMILLO, M. Estudio nutricional de cultivares de sorgo graníferos (*Sorghum Bicolor* (L) Moench) altos en taninos condensados producidos en Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Maracay (Trabajo de Grado). 200 pp. 1991.
- [12] KIRBY, L.; NELSON, T. Total and phytate phosphorus content of some feed ingredients derived from grains. **Nutr. Reports Intl.** 37: 277-280. 1988.
- [13] MCCANCE, R.A.; WIDDOWSON, E.M. Activity of the phytase in different cereals and its resistance to heat. **Nature.** 153:660. 1944.
- [14] MOLLGAARD, H. On phytic acid, its importance in metabolism and its enzymic cleavage in bread supplemented with calcium. **Biochem. J.** 40:589-603. 1946.
- [15] NÄSI, J.M.; HELANDER, E.H.; PARTANEN, K.H. Availability for growing pig of minerals and protein of high phytate barley-rapeseed meal diet treated with *Aspergillus niger* phytase or soaked with whey. **Anim. Feed Sci. Technol.** 56:83-98. 1995.
- [16] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of Poultry**. 9th Ed. Washington, D.C. National Academy Press. 155 pp. 1994.
- [17] OBERLEAS, D. The determination of phytate and inositol phosphate. **Meth. of Biochem. Anal.** 20:87-101. 1971.
- [18] OGAWA, M.; TANAKA, M.; KASAI, Z. Isolation of high phytin containing particles from rice grains using an aqueous polymer two phase system. **Agric. Chem.** 39:695-700. 1975.
- [19] PEELER, H.T. Biological available of nutrients in feeds: availability of major minerals ions. **J. Anim. Sci.** 35:695-701. 1972.
- [20] POINTILLARD, A. Enhancement of phosphorus utilization in growing pigs fed phytase-rich diets by using rye bran. **J. Anim. Sci.** 69:1109-1115. 1991.
- [21] RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L.; KORNEGAY, E.T. Phytates: Occurrence bioavailability and implications in poultry nutrition. **Poult. Avian Biol. Rev.** 6: 125-143. 1995.
- [22] ROBERSON, K.D. Estimation of the phosphorus requirement of weanling pigs fed supplemental phytase. **Anim. Feed Tech.** 80:91-100. 1999.
- [23] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of statistics; A Biometrics Approach**. 2nd Ed. New York, McGraw Hill. 622 pp. 1988.