

Crecimiento y mineralización ósea de pollos de engorde alimentados con fosfatos nacionales

Susmira Godoy^{1*}, Claudio Chicco², Adriana Morgado¹, Pablo Pizzani³, Adelis Arias⁴ y Jose Palma¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apartado Postal 4653. Maracay 2101, Aragua. Venezuela. *Correo electrónico: sgodoy@inia.gob.ve

² Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Aragua. Venezuela.

³ Universidad Nacional Rómulo Gallegos, Área de Agronomía. San Juan de los Morros, Guarico. Venezuela.

⁴ Universidad Nacional Ezequiel Zamora, Área de Agronomía. Guanare, Portuguesa. Venezuela.

RESUMEN

Para determinar el efecto de diferentes fuentes de fósforo sobre el crecimiento, la mineralización ósea y la retención del fósforo en aves, 440 pollos del híbrido comercial Cobb x Cobb, de un día de nacidos, sexados machos y alimentados hasta la cuarta semana de edad fueron distribuidos en cinco tratamientos, siguiendo un diseño completamente aleatorizado, en un arreglo factorial 5 x 2 (5 fuentes de fósforo, 2 niveles de adición de fósforo), con cuatro replicaciones de 10 aves cada una. Las fuentes de fósforo fueron la harina de hueso calcinada (HHC), el fertilizante superfosfato triple (SFT) y los fosfatos de yacimiento de Riecito (RIO), Lizardo aluminica (LIZA) y Jají (JAJI), que fueron incluidos en la dieta basal (0,35% P) a dos niveles de fósforo inorgánico (0,25 y 0,50%). Las raciones fueron isocalóricas (3.100 kcal EM/kg), isoproteicas (23,5% PC), manteniéndose constante el nivel de calcio (1%). Los fosfatos aportaron 0,25 y 0,50% del P adicionado a una dieta basal con 0,35% de fósforo total. Se llevaron registros de peso corporal y de consumo de alimento. A la cuarta semana de edad a cuatro aves/tratamiento se les extrajeron ambas tibias para determinación de densidad, cenizas y fósforo. Mediante prueba de balance, se determinó la retención neta aparente y la eficiencia de utilización neta del fósforo. El peso corporal (g/ave) de las aves a los niveles de 0,25 y 0,50% fue mayor ($P < 0,05$) para SFT, seguido por HHC, intermedios para RIO y JAJI y mas bajo para LIZA, con valores de 813 y 805, 747 y 745, 436 y 760, 393 y 661 y, 286 y 415, respectivamente, para el mismo orden de los tratamientos y niveles. El fosfato de RIO fue similar a HHC cuando se adicionó al nivel de 0,50%. Las diferencias entre niveles fueron significativas ($P < 0,05$) únicamente para los fosfatos sedimentarios. El consumo de alimento (g/ave) guardó relación con el peso corporal de las aves. Asimismo, la conversión alimenticia presentó similar tendencia a la observada para el peso corporal y el consumo de alimento. La conversión fue inferior ($P < 0,05$) para LIZA en ambos niveles de fósforo y RIO y JAJI, para el nivel de 0,25% P. En el caso de RIO al nivel de 0,50% P se obtuvieron pesos similares al SFT y HHC con la adición de 0,25% P, reflejando la menor disponibilidad del fósforo de ésta fuente. El contenido de cenizas (%) en el tejido óseo para 0,25 y 0,50% P fue más elevado ($P < 0,05$) para SFT seguido por HHC, RIO, LIZA y JAJI, con valores de 40,7 y 45,5, 38,7 y 43,7, 36,8 y 42,4, 35,0 y 40,1 y 33,2 y 38,2, respectivamente para fosfatos y niveles. El contenido de cenizas expresado en mg/cm³ de hueso presentó tendencias similares a la expresión porcentual. No se observaron diferencias en el tenor de P en hueso, cuyos valores fluctuaron entre 16,8 y 18,5%. La retención neta aparente de fósforo para 0,25 y 0,50% P fue mayor ($P < 0,05$) para SFT, seguido por HHC, RIO y LIZA y mas bajo para JAJI, con valores de 76,4 y 73,7, 71,8 y 69,3, 71,5 y 65,5, 69,4 y 66,2 y 62,7 y 58,6%, respectivamente para el mismo orden de tratamientos y niveles. La eficiencia de utilización de fósforo (%) fue mayor para SFT y HHC, seguida por RIO y LIZA e inferior para JAJI. Se concluye que las medidas de absorción corroboran los resultados de crecimiento y mineralización ósea, en relación a mayor absorción del SFT, seguido de HHC, RIO, LIZA y JAJI.

Palabras clave: fosfatos, aves, biodisponibilidad de fósforo

Growth and bone mineralization in chicken broilers fed with national phosphates

ABSTRACT

In order to determine the effect of different phosphorus sources on growth, bone mineralization, and phosphorus retention in birds, 440 male chicks of the commercial hybrid Cobb x Cobb, one day born, fed up to the fourth week on age, were distributed in five treatments, in a completely randomized design, using a factorial arrangement 5 x 2 (5 phosphorus sources, 2 levels of phosphorus additions), with four replications with 10 birds each. Phosphorus sources were calcinated bone (HHC), a fertilizer, triple superphosphate (SFT), and three raw rock phosphates, Riecito (RIO), Lizardo (LIZA), and Jají (JAJI). Phosphates were added to a basal diet (0.35% P) at two phosphorus levels (0.25 and 0.50%). Diets contained 3,100 kcal ME/kg, 23.5% CP, with a constant calcium level (1%). Body weight and feed intake were measured. Four birds per treatment were sacrificed to take both tibias to determine density, ash, and phosphorus. A balance technique was used to determine phosphorus net retention and utilization efficiency. Body weight (g/bird) at 0.25 and 0.50% P levels was greater ($P < 0.05$) for SFT, followed by HHC, intermediate for RIO and JAJI and lower for LIZA, with values of 813 and 805, 747 and 745, 436 and 760, 393 and 661 and, 286 and 415, respectively, for treatments and levels. RIO phosphate was similar to HHC and SFT when added at 0.50% phosphorus level. Differences between levels were significant ($P < 0.05$) only for sedimentary phosphates. Feed intake and feed efficiency showed similar tendency in relation to body weight. Bone ash content (%) for 0.25 and 0.50% added phosphorus, was higher ($P < 0.05$) for SFT followed by HHC, RIO, LIZA and JAJI, with values of 40.7 and 45.5, 38.7 and 43.7, 36.8 and 42.4, 35.0 and 40.1, and 33.2 and 38.2, respectively for phosphates and levels. Bone ash content expressed in mg/cm³ presented similar tendency to the percent expression. There were not differences in bone phosphorus content and values ranged were between 16.8 and 18.5%. Apparent phosphorus net retention (%) for 0.25 and 0.50% added phosphorus was greater ($P < 0.05$) for SFT, followed by HHC, RIO, and LIZA and lower for JAJI, with values 76.4 and 73.7, 71.8 and 69.3, 71.5 and 65.5, 69.4 and 66.2, and 62.7 and 58.6%, respectively for the same order of treatments and levels. Phosphorus utilization efficiency (%) was greater for SFT (66.7) and HHC (63.1), followed by RIO (61.5) and LIZA (62.0) and lower for JAJI (57.0). It is concluded that sedimentary phosphates had variable limitations, depending upon deposit origin, for growing chicks feeding and that absorption measures showed similar tendency as body weight and bone mineralization, in relation to a better response for SFT, followed of HHC, RIO, LIZA and JAJI.

Keywords: Phosphates, chicken, phosphorus bioavailability..

INTRODUCCION

En Venezuela las fuentes comerciales de fósforo que tradicionalmente se utilizan en la alimentación animal, son los fosfatos inorgánicos tri, di y monodiválentes, de origen importado y consecuentemente de elevado costo. Sin embargo existen fuentes alternas, tales como la harina de hueso calcinada, fosfatos sedimentarios no procesados y fertilizantes, que pudieran sustituir total o parcialmente las fuentes importadas en la alimentación animal.

La harina de hueso calcinada es un fosfato tricálcico que contiene aproximadamente 33% de calcio y 15% de

fósforo, con una alta biodisponibilidad de este último que varía entre 95 y 100% (Del Puerto *et al.*, 2000). En relación a los fosfatos sedimentarios, Venezuela posee ingentes depósitos que no son procesados para producir fosfatos de grado alimenticio para animales (Chicco y Godoy, 1989; Casanova, 1993), por lo que, la elaboración de raciones balanceadas depende de la importación de fosfatos defluorinados. Sin embargo, los fosfatos de yacimientos podrían ser utilizados parcial o totalmente como fuentes de fósforo en dietas para aves. Los resultados experimentales con estas fuentes de fósforo han sido variables, encontrándose valores de disponibilidad biológica entre 25 y 85% (De

Groote, 1983; Godoy y Chicco, 2001). Además, estos fosfatos contienen de mediana a altas concentraciones de elementos tóxicos, particularmente de flúor y aluminio.

Entre los fertilizantes, el superfosfato triple (SFT) es un fosfato utilizado frecuentemente en la suplementación de rumiantes por su contenido de fósforo de aproximadamente 19% y un alto coeficiente de absorción aparente (65%), con concentraciones medianamente alta de flúor (2,6%). Los estudios realizados en rumiantes y no rumiantes demuestran su posibilidad de uso en animales de ciclo productivo corto, como pollos de engorde y novillos y toretes destinados a la matanza (Godoy y Chicco, 2004)

El objetivo de este trabajo fue determinar, a través de pruebas de crecimiento, mineralización ósea y estudios de balance en aves, la disponibilidad biológica relativa de la harina de hueso calcinada, algunas rocas fosfáticas venezolanas y un fertilizante, el superfosfato triple.

MATERIALES Y METODOS

Para determinar el efecto de diferentes fuentes de fósforo sobre el crecimiento, la mineralización ósea y la retención del fósforo en aves, 440 pollos del híbrido comercial Cobb x Cobb, de un día de nacidos, sexados machos, alimentados hasta la cuarta semana de edad, fueron distribuidos en cinco tratamientos, siguiendo un diseño completamente aleatorizado, en un arreglo factorial 5 x 2 (5 fuentes de fósforo, 2 niveles de adición de fósforo), con cuatro replicaciones de 10 aves cada una.

Las fuentes de fósforo fueron la harina de hueso calcinada (HHC), un fertilizante, superfosfato triple (SFT), y los fosfatos de yacimiento de Riecito (RIO), Lizardo alumínica (LIZA) y Jají (JAJI), que fueron incluidos en la dieta basal (0,35% P) a dos niveles de fósforo inorgánico (0,25 y 0,50%). La composición química (%) de las fuentes evaluadas fue para HHC: 33,1 Ca y 15,5 P, SFT: 15,8 Ca, 19,3 P y 2,8 F, RIO: 30,8 Ca, 14,9 P y 1,22 F, Lizardo alumínica: 25 Ca, 14,2 P, 1,38 F y 3,0 Al y JAJI: 29,5 Ca, 14,2 P y 1,93 F.

Las aves fueron identificadas con bandas alares y mantenidas en baterías metálicas, con suministro de agua y alimento *ad libitum*. La ración contenía, aislado y harina de soya, maíz pilado, aceite vegetal,

vitaminas, minerales y las fuentes de fósforo a evaluar (Cuadro 1). Las raciones eran isocalóricas (3.100 kcal EM/kg), isoproteicas (23,5% PC), manteniéndose constante el nivel de calcio (1%), mediante la adición de carbonato de calcio. Los fosfatos aportaron 0,25 y 0,50% del P adicionado a una dieta basal con 0,35% de fósforo total.

Se llevaron registros de pesos en forma individual y de consumo de alimento para cada réplica, al inicio del experimento, a los 14 y 28 días de edad. A la cuarta semana de edad y previo pesaje de todas las aves, se sacrificaron, por dislocación cervical, cuatro aves/tratamiento, según peso promedio por grupo, para extracción de ambas tibias. En las tibias se determinó la densidad (g/cm^3), calculada mediante la relación entre el peso del hueso fresco (g), y el volumen de agua (cm^3) desplazada, al sumergir la tibia en un cilindro de vidrio graduado (Godoy y Chicco, 2001), midiéndose su peso húmedo. Además, se determinó el peso seco a 105°C, durante 48 h y peso seco desgrasado por reflujo con éter de petróleo al 100% en caliente durante 4 h. Los huesos fueron incinerados a 600°C durante 24 h. Las cenizas resultantes fueron expresadas como por ciento del peso seco libre de grasa (%) y en mg/cm^3 de hueso fresco. Se determinó, además, el contenido de fósforo expresado en unidades porcentuales.

Al final de la evaluación de crecimiento, mediante prueba de balance, se determinó la retención neta aparente (RNAP) y la eficiencia de utilización neta del fósforo (EUP). Del total de las aves, se seleccionaron 88, según peso promedio por grupo, que fueron distribuidas, mediante un diseño completamente aleatorizado, en 22 subgrupos de 4 aves cada uno (dos grupos por tratamiento), y alimentadas con las dietas experimentales, con los niveles de adición de fósforo (0,25 y 0,50% P).

Las aves fueron mantenidas en las baterías metálicas, con suministro de agua y alimento a voluntad, midiéndose diariamente la cantidad de alimento consumido y la excreción cloacal, durante tres días consecutivos, previo un período de adaptación también de tres días. Las excretas, colectadas en bandejas, fueron homogeneizadas y el 10% fue almacenado a 0°C, para análisis del contenido de fósforo (AOAC, 1984).

El cálculo de la retención neta aparente de fósforo (RNAP) y de la eficiencia de utilización neta del

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales para la evaluación de fosfatos en pollos de engorde

Ingredientes	HHC		SFT		RIO		JAJI		LIZA	
	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50
	----- % -----									
Harina maiz	67,32	66,85	66,20	65,57	66,80	66,51	66,82	65,85	65,60	64,33
Harina soya	11	11	11,00	11,00	11,00	11,00	11	11	11,00	11,00
Aislado soya	14	14	14,00	14,00	14,00	14,00	14	14	14,00	14,00
Aceite vegetal	4	4	4,00	4,00	4,00	4,00	4	4	4,00	4,00
Sal yodada	0,4	0,4	0,40	0,40	0,40	0,40	0,4	0,4	0,40	0,40
Vitam. Miner.†	0,5	0,5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,5	0,5	0,50	0,50
Metionina	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
CaCO ₃	0,97	-	2,35	1,68	1,40	-	1,03	-	2,25	1,52
HHC	1,56	3,00								
SFT			1,30	2,60						
RIO					1,67	3,34				
JAJI							2,00	4,00		
LIZA									2,00	4,00
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PC, %	23,7	23,6	23,6	23,5	23,6	23,6	23,6	23,4	23,5	23,4
EME, kcal	3111	3096	3076	3056	3095	3085	3095	3064	3056	3016
Ca, %	1	1,19	1	1	1	1,1	1	1,3	1	1
P, %	0,60	0,85	0,60	0,85	0,60	0,85	0,60	0,85	0,6	0,85

† Vitaminas (por kg de alimento): vitamina A 4000 UI, vitamina D 200 UI, riboflavina 3 mg, ácido pantoténico 5 mg, niacina 20 mg, colina 450 mg, vitamina B12 10 µg, vitamina E 2 mg. Microminerales (por kg de alimento): Mn 65 mg, I 1 mg, Cu 8 mg, Zn 50 mg, Fe 25 mg, Mg 500 mg.

elemento (EUN) se hizo utilizando las siguientes ecuaciones (Hurwitz, 1964).

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y la prueba de F fue aplicada para verificar la significancia de los cuadrados medios de las fuentes de variación. Se utilizó la prueba de amplitudes múltiples de Duncan para las comparaciones de las medias de las determinaciones realizadas en las diferentes fuentes (Steel y Torrie, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de peso, consumo y conversión alimenticia de los pollos, a la cuarta semana, alimentados con las diferentes fuentes de fósforo, se presentan en el Cuadro 2. El peso corporal (g/ave) de las aves alimentadas con los fosfatos al nivel de 0,25 y 0,50% fue mayor ($P < 0,05$) para SFT, seguido por HHC, intermedios para RIO y JAJI y mas bajo para LIZA, con valores de 813 y 805, 747 y 745, 436 y

Cuadro 2. Peso final, ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia (CA) de pollos de engorde alimentados con diferentes fuentes de fósforo (0-4 semanas).

Variable	HHC		SFT		RIO		JAJI		LIZA	
	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50
Peso final, g/ave	747,3b†	745,5b	813,9a	805,5a	436,5d	760,6c	393,4d	661,1c	286,9e	415,3d
Ganancia, g/ave	599,6	596,2	664,1	657,7	288,7	594,5	235,0	512,9	146,5	274,7
Consumo, g/ave	940,0a	965,0a	998,8a	991,9a	642,5c	965,0a	560,0d	865,0b	530,6d	610,0cd
CA	1,57a	1,62a	1,50a	1,50a	2,23b	1,62a	2,38b	1,69a	3,62c	2,20b

† Promedios con letras diferentes son distintos estadísticamente ($P < 0,05$).

760, 393 y 661, y 286 y 415, respectivamente, para el mismo orden de los tratamientos y niveles. El fosfato de RIO fue similar a HHC cuando se adicionó al nivel de 0,50%. Las diferencias entre niveles fueron significativas ($P < 0,05$) únicamente para los fosfatos sedimentarios.

El consumo de alimento (g/ave) guardó relación con el peso corporal de las aves con valores de 998,8 y 99,9, 940,0 y 965,0, 642,5 y 965,0, 560,0 y 865,0, y 530,6 y 610,0 para el nivel de 0,25 y 0,50% de P, respectivamente para SFT, HHC, RIO, LIZA y JAJI, sin diferencias entre niveles para SFT y HHC, pero si ($P < 0,05$) en el caso de los fosfatos sedimentarios. Asimismo, la conversión alimenticia, expresada como kg de alimento/kg de peso, presentó similar tendencia a la observada para el peso corporal y el consumo de alimento, sin diferencias entre fuentes y niveles para HHC y SPT, ni de estos con los niveles de 0,50% P de RIO y JAJI. La conversión fue inferior ($P < 0,05$) para LIZA en ambos niveles de fósforo y RIO y JAJI, para el nivel de 0,25% P.

Los resultados indican que con SFT y HHC al 0,25% P los animales alcanzan pesos finales similares al nivel de 0,50% P, demostrándose que con el nivel más bajo, se cubre el requerimiento de fósforo en la etapa de crecimiento de las aves. En el caso del fosfato de RIO al nivel de 0,50% P se obtienen pesos similares al SFT y HHC con la adición de 0,25% P, reflejando la menor disponibilidad del fósforo de ésta fuente. El fosfato de RIO (0,50% P) fue equivalente al HHC y SFT (0,25% P), corroborando estudios previos realizados por Osorio y Jensen (1986) y Godoy y Chicco (2006), cuando el nivel de fósforo de RIO en la dieta se ajustó de acuerdo a su biodisponibilidad relativa al fosfato

dicálcico. En las dietas suplementadas con los fosfatos de JAJI y LIZA, las diferencias entre niveles fueron mas evidentes, con pesos superiores para la adición de 0,50% P, sin alcanzar, sin embargo, los pesos de los tratamientos SFT, HHC y RIO. Lo anterior se debe a la menor biodisponibilidad del P de estos fosfatos sedimentarios (Motzok *et al.*, 1956; Rojas *et al.*, 1980) y a la presencia de elementos minerales tóxicos que limitan la respuesta animal, como el alto contenido de aluminio y flúor, que tienden a limitar el consumo de alimento y consecuentemente el peso corporal de los animales (Gardiner *et al.*, 1968; Weber *et al.*, 1969; Chan *et al.*, 1976, 1977; Suttie *et al.*, 1984).

El contenido de cenizas (%) en el tejido óseo (Cuadro 3), para los niveles de 0,25 y 0,50% P fue más elevado ($P < 0,05$) para el SFT seguido por HHC, RIO, LIZA y JAJI, con valores de 40,7 y 45,5, 38,7 y 43,7, 36,8 y 42,4, 35,0 y 40,1, y 33,2 y 38,2, respectivamente para fosfatos y niveles. Las diferencias entre niveles fueron significativas ($P < 0,05$) para todos los fosfatos. El contenido de cenizas expresado en mg/cm^3 de hueso presentó tendencias similares a la expresión porcentual, con valores mas elevados para SFT (186,6 y 260,7), seguido por HHC (174,3 y 226,9), RIO (149,4 y 214,3), JAJI (143,7 y 204,9) y LIZA (204,4 y 201,0). No se observaron diferencias en el tenor de P en hueso, cuyos valores fluctuaron entre 16,8 y 18,5%. El contenido de cenizas (% mg/cm^3) incrementó con el nivel de P en la dieta, en todos los tratamientos, siendo más elevado para el SFT, seguido por HHC y RIO y más bajo para LIZA.

Los resultados indican una mayor utilización del fósforo en los fosfatos SFT y HHC que provocaron una mayor mineralización del tejido óseo. Los valores

Cuadro 3. Concentración de cenizas y P en hueso de pollos de engorde alimentados con diferentes fuentes de fósforo durante 4 semanas.

Variable	HHC		SFT		RIO		JAJI		LIZA	
	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50
Cenizas, %	38,65c†	42,37b	40,71b	45,47a	35,01c	43,70c	33,22c	38,20c	36,80c	40,06b
Cenizas, mg/cm ³	164,3c	186,9c	186,6c	260,7a	149,4d	214,3b	143,7d	204,9b	204,4b	201,0b
P, %‡	18,61	17,12	18,51	17,87	16,77	18,04	17,51	17,16	18,34	17,69

† Promedios con letras diferentes son distintos estadísticamente (P<0,05)

‡ Como % del contenido de cenizas.

Cuadro 4. Balance de fósforo y eficiencia de utilización neta (EUN) de pollos de engorde alimentados con diferentes fuentes de fósforo.

Variable	HHC		SFT		RIO		JAJI		LIZA	
	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50	0,25	0,50
P ingerido, g/ave	1,30	1,86	1,36	1,87	0,64	1,60	0,42	1,45	0,70	1,27
P excretado, g/ave	0,37	0,57	0,32	0,49	0,18	0,55	0,16	0,60	0,21	0,43
P retenido, g/ave	0,94	1,29	1,04	1,38	0,46	1,05	0,26	0,85	0,49	0,84
P retenido, %	71,8b†	69,3b	76,4a	73,7b	71,5b	65,5b	62,6c	58,6c	69,4b	66,2b
EUN, %	63,06b		66,67a		61,46b		57,00c		61,95b	

† Promedios con letras diferentes son distintos estadísticamente (P<0,05)

para HHC son mayores a los reportados por Del Puerto *et al.* (2000), quienes señalaron un contenido de cenizas de 40,6% al nivel de 0,50% P adicionado a la dieta. De los fosfatos sedimentarios, RIO presentó los mejores valores de mineralización en relación a JAJI y LIZA. Lo anterior guarda relación con lo señalado anteriormente sobre la menor biodisponibilidad del fósforo y al posible efecto del flúor y del aluminio de estas fuentes. El contenido de cenizas en el tejido óseo para el nivel de 0,50% de P fue mayor al reportado por

Godoy y Chicco (1999) para los yacimientos de LIZA (38,9%), RIO (38,9%) y JAJI (36,9%) con adición de 0,30% de fósforo a la dieta basal.

Los valores de retención neta aparente y de eficiencia de utilización de fósforo se presentan en el Cuadro 4. La retención neta aparente de fósforo (%), para el nivel de 0,25 y 0,50% del elemento adicionado a la dieta basal, fue mayor (P<0,05) para SFT, seguido por HHC, RIO y LIZA y mas bajo para JAJI, con

valores de 76,4 y 73,7, 71,8 y 69,3, 71,5 y 65,5, 69,4 y 66,2, y 62,7 y 58,6%, respectivamente para el mismo orden de los tratamientos y niveles. La eficiencia de utilización de fósforo (%) fue mayor para SFT (66,7) y HHC (63,1), seguida por RIO (61,5) y LIZA (62,0) e inferior para JAJI (57,0).

Los valores de retención neta aparente del fósforo para SFT y HHC son similares al de fosfato dicálcico grado alimenticio, señalado por Godoy y Chicco (2005), quienes lo utilizaron como testigo referencial (71,5%) en la evaluación de fuentes de fósforo, indicando la alta biodisponibilidad del fósforo de estas fuentes. En el caso del SFT hay que tomar en consideración el contenido de flúor (2,8% cuando se utiliza en la alimentación animal), particularmente cuando ésta se aplica por largos periodos de tiempo (Godoy y Chicco, 2004). Los valores de RNAP y EUP corroboran los resultados anteriormente señalados de peso y mineralización del tejido óseo. Sin embargo, los valores mas bajos de absorción para el nivel de 0,50% P en relación a 0,25% P y mas altos en el contenido de cenizas indican que el nivel de 0,50% está por encima del requerimiento de las aves, particularmente para los fosfatos de mayor biodisponibilidad. Por ello aumenta la excreción cloacal y la acreción ósea como mecanismos para compensar el exceso del fósforo dietario (Godoy y Chicco, 2002, 2005). La eficiencia de utilización del fósforo para los fosfatos de yacimientos, coincide con los valores obtenidos mas recientemente por Godoy y

Chicco (2005) quienes reportaron valores de 64,8, 55,5 y 65,5% para RIO, JAJI y LIZA, respectivamente.

Cuando la biodisponibilidad del fósforo fue expresada en términos de peso corporal y contenido de cenizas en el hueso (Cuadro 5) como criterios de respuesta, utilizando la HHC como testigo referencial (100%) y como equivalente al fosfato tricálcico con 97% de biodisponibilidad en relación al fosfato dicálcico (Chicco y Godoy, 1997), RIO fue ligeramente inferior al valor obtenido por Osorio y Jensen (1986) para la misma fuente de fósforo. Otros autores (Dilworth *et al.*, 1964; Rojas *et al.*, 1980) indican valores de biodisponibilidad entre 54 y 70% de P en fosfatos de roca bajos en contenido de flúor. Para JAJI la biodisponibilidad del fósforo fue similar a la obtenida para el fosfato de Curaçao (Fritz *et al.*, 1969; Potter, 1988) y otros fosfatos de roca. Tendencias similares de biodisponibilidad relativa en aves fueron reportadas en experimentaciones previas (Godoy y Chicco, 2001, 2002, 2005) utilizando como variables de respuesta ganancia de peso, consumo voluntario y mineralización ósea.

CONCLUSIONES

El nivel mas bajo de adición de fósforo, para las fuentes evaluadas, cubre los requerimientos de las aves en etapa de crecimiento. Para el caso del SFT, por el contenido de flúor, podría incluirse como única fuente de fósforo en la dieta de animales de ciclo productivo corto, como pollos de engorde.

Cuadro 5. Biodisponibilidad relativa y eficiencia de utilización neta (EUN) del fósforo en pollos de engorde alimentados con diferentes fuentes de fósforo al nivel de 0,50%.†

Variable	HHC	SFT	RIO	JAJI	LIZA
	----- % -----				
Peso	100	108	102	88,7	55,7
Cenizas	100	107	103	90,2	94,5
Retención Neta	100	106	95	85	96
EUN	100	106	97	90	98

† Se utilizó la HHC como testigo referencial con valor de 100

El fosfato de RIO debe incluirse en la dieta al nivel más alto de fósforo debido a la menor biodisponibilidad de este elemento. Esto no es así para los fosfatos de LIZA y JAJI que, aún en el nivel más alto de P, no logran respuestas similares al SFT, HHC y RIO, indicando menor biodisponibilidad del fósforo y posibles efectos del flúor y del aluminio sobre la respuesta animal.

Los procesos de mineralización de la tibia, en todas las fuentes, fueron mejores al nivel más alto de adición de P, debido a procesos de acreción, en mayor grado para los fosfatos SPT, HHC y RIO.

Se concluye que las medidas de absorción corroboran los resultados de crecimiento y mineralización ósea, en relación a mayor absorción del SFT, seguido de HHC, RIO, LIZA y JAJI. Asimismo, se demuestra que el nivel de adición de 0,50% P está por encima del requerimiento al presentar valores más bajos de absorción relativa que el nivel de 0,25% P.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 15^a ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Casanova E. 1993. Las rocas fosfóricas y su uso agroindustrial en Venezuela. Apuntes Técnicos PALMAVEN. Vol.3. Caracas, Venezuela.
- Chan M.M., R.B. Ruckery R.S. Riggins. 1976. Effect of fluoride and ethane-1hidroxy-1,1 diphosphonate on bone metabolism in the growing chick. J. Nutr., 106: 802-811.
- Chan M.M., R.S. Riggins y R.B. Rucker. 1977. Effect of ethane-1hidroxy-1,1 diphosphonate (EHDP) and dietary fluoride on biochemical and morphological changes in chick bone. J. Nutr., 107: 1747-1754.
- Chicco C.F. y S. Godoy. 1989. El fósforo en la nutrición animal, formas de utilización y alternativas futuras. I Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana. Pequiven, Caracas. pp 42-57.
- Chicco C.F. y S. Godoy. 1997. Calidad de los fosfatos en la alimentación de las aves. Symposium "Los fosfatos en el balance mineral de la ración para animales". XV Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal. IX Congreso Venezolano de Zootecnia. ALPA, AVPA. Maracaibo, Venezuela. pp. 49-69.
- De Groote G. 1983. Biological availability of phosphorus in feed phosphates for broilers. Proc. European Symposium on Poultry Nutrition. Tours, Francia. pp. 91-99.
- Del Puerto M., M.C. Cabrera y A. Saadoun. 2000. Biodisponibilidad del P por un método de balance digestivo modificado. Memorias Congreso Uruguayo de Producción Animal AUPA. Montevideo, Uruguay.
- Dilworth D.C., E.J. Day y J.E. Hill. 1964. Availability of calcium in feed grade phosphates to the chick. Poul. Sci., 43: 1132-1151.
- Fritz J.C., T. Robert, J.W. Bochner y E.L. Hove. 1969. Factors affecting the chick requirement for phosphorus. Poul. Sci., 48: 307-320.
- Gardiner E.E., K.S. Winckee y R. Hironaka. 1968. The influence of dietary sodium fluoride on the utilization and metabolizable energy value of a poultry diet. Poul. Sci., 47: 1241-1244.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 1999. Fosfatos sedimentarios venezolanos en la nutrición de pollos de engorde. I. Crecimiento y mineralización del tejido óseo. Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 9(4): 282-291.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 2001. Relative bio-availability of phosphorus from Venezuelan raw rock phosphates for poultry. Anim. Feed Sci. Techn., 94: 103-113.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 2002. Biodisponibilidad de fosfatos sedimentarios de Venezuela en la alimentación de cerdos. Interciencia, 27: 489-495.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 2004. Fuentes alternas de fósforo en la alimentación de ovinos. Interciencia, 29(1): 33-38.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 2005. Retención y cinética del fósforo en pollos de engorde alimentados con fosfatos sedimentarios. Interciencia, 30(4): 217-220.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 2006. Respuesta productiva y mineralización ósea de pollos de engorde alimentados con fosfatos sedimentarios según su biodisponibilidad. Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 16(1): 83-88.

- Hurwitz S. 1964. Estimation of net phosphorus utilization by the slope method. *J. Nutr.*, 84: 83-92.
- Motzok Y., D. Arthur y H.D. Branion. 1956. Utilization of phosphorus from various phosphate supplements by chicks. *Poult. Sci.*, 35: 627-649.
- Osorio J.G. y L.S. Jensen. 1986. Biological availability of phosphorus from a Venezuelan rock phosphate for broiler chicks. *Nutr. Repor. Inter.*, 33: 545-552.
- Potter L.M. 1988. Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weight and toe ash measurements. *Poult. Sci.*, 67: 96-102.
- Rojas R.E., R.J. Rangel, A.S. Bezares y E.G. Ávila. 1980. Determinación de fósforos disponible en una roca fosfórica y su empleo en dietas para aves. *Vet. Méx.*, 11: 1-8.
- Soto E., N. Obispo, C.F. Chicco, D. Godoy, A. León y A. Valle. 1993. Características químicas y físicas de rocas fosfáticas nacionales y otras fuentes de fósforo. *Zootecnia Trop.*, 11: 241-249.
- Steel R.G. y J.H. Torrie. 1998. Principles and Procedures of statistics. A Biometrics Approach. 2^{da}. ed. Mc Graw-Hill. New York, NY..
- Suttie J.W., D.L. Kolstad y M.L. Sunde. 1984. Fluoride tolerance of the young chick and turkey poult. *Poult. Sci.*, 63: 738-743.
- Weber C.W., A.R. Doberenz y B.L. Reid. 1969. Fluoride toxicity in the chick. *Poult. Sci.*, 48: 230-235.