

ABSORCIÓN DEL FÓSFORO CONTENIDO EN LA UREA FOSFATO SUMINISTRADA EN ALIMENTO Y AGUA DE BEBIDA EN CERDOS*

Phosphorous absorption of urea phosphate provided to pigs on food and drinking water

Adelis Arias¹, Susmira Godoy², Pablo Pizzani³ y Claudio Chicco²

RESUMEN

Para evaluar la absorción del P contenido en la urea fosfato (UP) en dietas para cerdos, mediante pruebas de balance se determinó Retención Neta Aparente (RNA) y Eficiencia de Utilización (EU) de P y N. Se utilizaron 24 cerdos, machos de 50 kg de peso vivo distribuidos en un diseño completamente aleatorizado, mantenidos en jaulas metabólicas individuales durante 28 días consecutivos, divididos en dos períodos de 14 días, 7 de adaptación a las jaulas y a las raciones experimentales, y 7 de medición de variables, en cada uno. En el primer periodo recibieron una dieta sin fósforo adicionado al alimento (BASAL) a nivel de 0,3% del P total y en el siguiente, al nivel del requerimiento (0,6% P total). Se evaluaron seis tratamientos: Fosfato dicálcico (DICAL) y UP =100% P adicionado en el alimento como DICAL y UP; UP1, UP2, UP3 y UP4= 1, 2, 3 y 4 g UP/L en el agua. Las dietas contenían 15 % PC, 3265 Kcal EM/kg, 0,7 % de Ca, 0,30 % de P total para la dieta BASAL y 0,60 % para cada una de las dietas con la fuente fosforo incluida en el alimento y agua. La RNA para el nivel 0,3 % P total varió entre 48,65 y 61,13 %. Para el nivel 0,6 % P total los valores ($P>0,05$) fueron 69,76; 62,54; 65,05; 64,94; 72,47 y 68,25 para DICAL, UP, UP1, UP2, UP3 y UP4, respectivamente. La EU fue más elevada ($P<0,05$) en UP3 (87,06), UP1 (85,77), UP (82,05) y DICAL (79,35) que en UP2 (74,96) y UP4 (73,59%). La RNA de nitrógeno no presentó diferencias ($P>0,05$) con valores entre 42,76 y 56,31%. Las medidas de absorción del elemento no fueron afectadas por la fuente, concentración y forma de suministro. Lo anterior indica el alto potencial de la UP como fuente de P en la alimentación de cerdos.

Palabras clave: fosfato dicálcico, agua, dieta basal, retención neta aparente.

ABSTRACT

To evaluate the absorption of P content in the urea phosphate (UP) in diets for pigs by balance trial, apparent net retention (ANR) and Utilization Efficiency (EU) of P and N was determined. Twenty four pigs were used, males of 50 kg live weight distributed in a completely randomized design, maintained in individual metabolic cages for 28 consecutive days, divided into two periods of 14 days, 7 of adaptation to the cages and the experimental diets, and 7 for measurement of variables, in each one. In the first period received a diet with no phosphorus added to the food (BASAL) at 0.3% of total P and the next, the level of requirement (0.6% total P). Six treatments were evaluated: dicalcium phosphate and UP = 100% P added in the food as DICAL and UP; UP1, UP2, UP3 and UP4 = 1, 2, 3 and 4 g UP/L in water. The diets contained 15% CP, 3265 kcal ME / kg, 0.7% Ca, 0.30% of total P to the basal diet and 0.60% for each of the diets with phosphorus source included in the food and water. The ANR for 0.3% total P varied between 48.65 and 61.13%. For level 0.6% total P values ($P> 0.05$) were 69.76, 62.54, 65.05, 64.94, 72.47 and 68.25 for DICAL, UP, UP1, UP2, UP3 and UP4, respectively. The EU was higher ($P < 0.05$) in UP3 (87.06), UP1 (85.77), UP (82.05) and DICAL (79.35) than in UP2 (74.96) and UP4 (73.59%). The

(*) Recibido: 28-11-2011

Aceptado: 31-03-2012

¹ Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. Email: adearias@yahoo.com

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Maracay, Aragua.

³ Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos, Guárico.

RNA of nitrogen did not differ ($P > 0.05$) with values between 42.76 and 56.31%. Absorption measurements of the element were not affected by the source, concentration and method of delivery. This indicates the high potential of UP as a source of P in feed for pigs.

Key words: dicalcium phosphate, water, basal diet, apparent net retention.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes de fósforo usadas para la alimentación animal están constituidas por los fosfatos procesados químicamente: fosfato monodivalente MDCP= $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$, fosfato divalente DCP= CaHPO_4 y fosfato trivalente $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ con un contenido de fósforo entre 18 y 21% y una biodisponibilidad por encima de 90% (Waibel *et al.* 1984).

En el caso de la roca fosfórica proveniente de diferentes lugares de Venezuela, la de los yacimientos de Falcón presentan un gran potencial para la alimentación animal, mientras que los fosfatos de los estados Táchira y Mérida son de uso restringido por sus altos contenidos de flúor (Godoy 1997).

La industria petroquímica nacional ofrece actualmente en el mercado un producto mineral conocido como urea fosfato ($\text{NH}_2\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$), el cual se ha sugerido como materia prima aportadora de fósforo y nitrógeno no proteico (NNP) en la formulación de alimentos para animales.

En no rumiantes es factible la utilización como fuente de fósforo debido a que el nitrógeno presente en la UP es de escaso valor nutricional. Así, se ha demostrado la alta biodisponibilidad del P para estas especies animales cuando se ha incluido UP en el alimento (Godoy *et al.* 1995; Sarkkinen 1977). También se ha evaluado la UP como acidificante (Argenti *et al.* 2006) en la alimentación de lechones, se demostró su efecto favorable sobre la digestibilidad de nutrientes.

Con el objetivo de evaluar la UP como fuente de P en cerdos se determinó la retención y eficiencia de utilización de fósforo y nitrógeno de la UP suministrada en el agua de bebida y alimento en cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Unidad Experimental de Porcinos localizada en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias CENIAP-INIA, en Maracay, estado Aragua.

Mediante prueba de balance, con utilización del método de recolección total de heces y orina (Hurwitz 1964), se determinó la retención aparente de P y N para los tratamientos señalados en la Tabla 1. Dos tratamientos incluyeron la fuente de fósforo en el alimento (DICAL y UP) y cuatro tratamientos con UP en el agua a niveles de 1 (UP1), 2 (UP2), 3 (UP3) y 4 (UP4) g/L, con el fósforo restante para cubrir el requerimiento en el alimento como UP.

Tabla 1. Tratamientos para la prueba de balance en cerdos alimentados con dietas que contenían UP en el alimento y agua.

TRATAMIENTOS	
DICAL	100% P adicionado en el alimento como DICAL en la dieta
UP	100% P adicionado en el alimento como UP en la dieta
UP1 ¹	1 g UP/L en el agua de bebida
UP2 ¹	2 g UP/L en el agua de bebida
UP3 ¹	3 g UP/L en el agua de bebida
UP4 ¹	4 g UP/L en el agua de bebida

¹ El fósforo faltante del requerimiento fue adicionado en el alimento como UP.

Se utilizaron 24 cerdos, machos, con un peso promedio 50 kg, distribuidos según diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones, mantenidos en jaulas metabólicas individuales durante 28 días consecutivos, divididos en dos períodos de 14 días: 7 de adaptación a las jaulas y a las raciones experimentales, y 7 de registros de variables como consumo de alimento y agua, excreciones fecales y urinarias en cada periodo. Diariamente, se tomaron muestras del alimento ofrecido y el 10 % de la excreción de heces y de

orina para análisis de P y N (Fiske y Subarrow 1925).

En cada tratamiento y período se utilizaron los mismos animales, en el primer periodo recibieron una dieta BASAL con 0,3% P total (50% del requerimiento) y en el siguiente, la dieta de los tratamientos experimentales al nivel del requerimiento (0,6% P total) (Tabla 2).

Se calculó la retención neta aparente de P y N, por diferencia entre la cantidad del elemento ingerido con el alimento y agua, al nivel de requerimiento del P total, y el excretado en las heces y orina, y su relación con la ingesta total, según lo descrito por Ammerman (1995), mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$RNA = \left[\frac{P_{INGERIDO} - (P_{EXCRETADO\ FECAL} + P_{EXCRETADO\ ORINA})}{P_{INGERIDO}} \right] \times 100$$

La eficiencia de utilización de P se determinó midiendo la retención neta aparente con la dieta sin adición de fósforo inorgánico y la de los tratamientos con el nivel de requerimiento de fósforo. La EU se calculó a través de la relación entre la diferencia de la cantidad del elemento retenido en los tratamientos al nivel del requerimiento y el de la dieta BASAL y la diferencia del fósforo ingerido para cada uno

(Hurwitz 1964):

$$EU = \left(\frac{\text{Retenido tratamiento} - \text{Retenido BASAL}}{\text{Ingerido tratamiento} - \text{Ingerido BASAL}} \right) \times 100$$

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía con el siguiente modelo $\hat{y}_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_j$. Donde \hat{y}_{ij} = variable respuesta, μ = media general, τ_i = tratamientos, ϵ_j = error experimental. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey a los niveles de significancia de $\alpha = 0,05$ y $0,01$ (Steel y Torrie 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gestión de fósforo al nivel de 0,3% P total en la dieta (Tabla 3) estuvo entre 8,84 y 9,78 g/día ($P > 0,05$). Al nivel 0,6 % P total en la dieta se presentaron diferencias para la ingestión de P ($P < 0,05$) entre tratamientos, con valores de 19,20 y 18,86 para UP3 y UP4; 16,65, 16,13 y 15,55 para DICAL, UP2 y UP1, y 12,77 g/día para UP. La excreción fecal y urinaria de P no fue diferente ($P > 0,05$) entre tratamientos para los dos niveles de adición del elemento en la dieta, la excreción total varió entre 3,65 y 4,70 g/día para el nivel 0,3 % P total; mientras que para el nivel de 0,6 % P total, varió entre 4,76 y 6,06 g/día.

La RNA de fósforo para el nivel de 0,3 % P

Tabla 2. Dietas experimentales para la prueba de balance en cerdos alimentados con UP en el agua.

INGREDIENTES	DIETAS Y TRATAMIENTOS						
	BASAL	DICAL	UP	UP1 ¹	UP2 ¹	UP3 ¹	UP4 ¹
Maíz	77,9	77,3	76,8	77,1	77,5	77,6	77,8
Melaza	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Soya 48	16,0	16,0	16,0	16,00	16,0	16,0	16,0
D-L Lisina	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Carbonato de Ca	1,0	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Fosfato Dicalcico	--	1,0	--	--	--	--	--
UP	--	--	1,00	0,70	0,35	0,15	0,00
Sal	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Vit + Min	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PC, %	15,2	15,11	15,06	15,09	15,12	15,14	15,2
EM, Kcal/kg	3292,0	3271,6	3254,5	3264,7	3276,7	3283,5	3290,2
Ca, %	0,50	0,53	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
P total alimento, %	0,32	0,45	0,45	0,40	0,39	0,35	0,32
P disponible alimento, %	0,09	0,19	0,19	0,16	0,14	0,12	0,09
P disponible agua, %	--	--	0,018	0,036	0,054	0,072	0,090

BASAL= sin fosfato. DICAL = fosfato dicalcico, UP= urea fosfato en alimento, UP1= 1 g UP/L, UP2= 2 g UP/L, UP3= 3 gUP/L, UP4= 4 gUP/L. ¹El requerimiento de P disponible (0,3%/día)= consumo alimento x %P en dieta + consumo agua x %P en agua. Relación Ca:P= 1,9:1 hasta 5,5:1. Vitaminas (como % de la dieta): A= 1500 UI, D= 150 UI, E= 11UI, K= 0,5 mg, Colina= 0,3 g, ácido fólico= 0,3 mg, niacina= 10 mg, ácido pantoténico=, 8 mg, riboflavina= 2,5 mg, tiamina= 1 mg, B12, 10 ug. Minerales (como % de la dieta): Na= 0,10%, Cl= 0,08%, Mg= 0,04%, K= 0,23%, Cu= 4 mg, I= 0,14 mg, Fe= 60 mg (crecimiento y desarrollo) y 40 mg (engorde), Mn= 2 mg, Se= 0,15 mg, Zn= 60 mg.

Tabla 3. Retención neta aparente de P y eficiencia de utilización en cerdos alimentados con UP en el agua de bebida y en el alimento.

Variable	TRATAMIENTOS												
	DICAL		UP		UP1		UP2		UP3		UP4		
Nivel													
% P en la dieta	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,6
P Ingerido, g/día													
Alimento	9,18	16,65	9,37	12,77	9,08	13,48	9,78	12,19	8,84	13,74	9,56	11,49	
Agua	--	--	--	--	--	2,07	--	3,94	--	5,46	--	7,37	
Total ingerido	9,18	16,65 ^b	9,37	12,77 ^c	9,08	15,55 ^b	9,78	16,13 ^b	8,84	19,20 ^a	9,56	18,86 ^a	
DE	1,35	1,53	0,78	1,59	1,54	1,30	0,51	0,87	1,09	0,99	1,78	1,55	
P excretado, g/día													
En heces	3,54	4,90	4,16	3,83	4,64	4,93	3,98	3,71	3,93	4,37	3,61	5,77	
En orina	0,11	0,10	0,07	0,93	0,07	0,51	0,08	1,94	0,08	0,90	0,09	0,29	
Total excretado	3,65	4,97	4,23	4,76	4,70	5,44	4,06	5,65	4,01	5,28	3,71	6,06	
P absorbido g/día	5,53	11,67	5,14	8,00	4,36	10,10	5,72	10,48	4,83	13,91	5,85	12,79	
RNA, %	59,72	69,76	54,41	62,54	48,65	65,06	58,48	64,94	53,85	72,47	61,13	68,25	
DE	14,99	7,56	15,15	11,69	18,55	11,66	11,53	12,15	12,85	5,43	17,26	8,82	
EU, %	79,35 ^a ± 23,45		82,05 ^a ± 16,73		85,77 ^a ± 16,78		74,96 ^b ± 21,11		87,06 ^a ± 12,21		73,59 ^b ± 18,02		

Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias entre tratamientos ($P < 0,05$). Datos expresados como promedio ± desviación estándar (DE). DICAL= fosfato dicálcico. UP= Urea fosfato, UP1= 1 g UP/L, UP2= 2 g UP/L, UP3= 3 g UP/L, UP4= 4 g UP/L.

total, varió ($P > 0,05$) entre 48,65 y 61,13 (Tabla 3). Para el nivel de 0,6 % P total el valor promedio fue 67,2% ($P > 0,05$). La EU fue diferente ($P < 0,05$) entre tratamientos con valores de 87,1; 85,8; 82,1 y 79,4 % para UP3, UP1, UP y DICAL, seguidos de 74,9 y 73,6 % para UP2 y UP4, respectivamente.

Los valores de RNA de P observados son superiores a los reportados por Godoy (1997) en cerdos suplementados con fosfatos nacionales al nivel 0,3 % P total en la dieta (45,46- 51,92%) y al 0,6 % P total (56,23 - 63,61%); mientras que la EU del P se corresponde con la informada por ese autor (88,67 para DICAL y 80,68 y 74,48 para rocas fosfóricas de yacimientos venezolanos), los cuales presentan estructuras químicas (fosfato tricálcico) diferentes a la urea fosfato.

La eficiencia de utilización del fósforo de la

urea fosfato en el alimento o en el agua (UP, UP1 y UP3) fue similar a la fuente de referencia (DICAL). Aun cuando los valores para UP2 y UP4 fueron más bajos, también indican eficiente utilización del elemento.

La ingestión de nitrógeno (g/día) con el alimento o agua (Tabla 4) presentó diferencias ($P < 0,05$) entre tratamientos, fue mayor para UP4 y UP3 (94,92 y 94,47) seguido por UP2 y UP1 (89,11 y 87,34) y menores valores para DICAL y UP (80,77 y 74,68). El nitrógeno total excretado no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) con un promedio de $42,9 \pm 2,7$ g/día. La excreción de nitrógeno a través de las heces estuvo entre 27,03 y 37,64%; mientras que por vía urinaria ocurrió entre 63,01 y 69,9%. El patrón de excreción en heces y orina se produjo en proporciones ligeramente superiores a las señaladas por Whittemore *et al.* (2001), 15 - 20 % en las heces y

Tabla 4. Retención neta aparente de N en cerdos alimentados con UP en el agua y alimento.

Variable	TRATAMIENTOS					
	DICAL	UP	UP1	UP2	UP3	UP4
N Ingerido, g/día						
Alimento	80,77 ^{ab} ± 4,14	74,68 ^b ± 6,36	87,27 ^{ab} ± 11,58	77,81 ^b ± 7,46	88,99 ^a ± 8,78	88,12 ^{ab} ± 8,96
Agua	--	--	1,94	3,34	5,48	6,80
Total ingerido	80,77 ^{bc} ± 4,15	74,68 ^c ± 6,35	87,34 ^{abc} ± 10,65	89,11 ^{ab} ± 8,59	94,47 ^a ± 8,97	94,92 ^a ± 8,96
N excretado, g/día						
En heces	14,99 ^a ± 2,69	15,8 ^a ± 3,48	16,87 ^a ± 2,70	10,48 ^b ± 3,93	15,51 ^a ± 5,18	14,08 ^a ± 4,25
En orina	27,69	26,87	27,93	28,30	26,44	32,84
Total excretado	42,69	42,70	44,81	38,77	41,96	46,92
N absorbido g/día	38,08	31,99	42,53	50,32	52,51	47,99
RNA, %	47,21 ± 7,83	42,76 ± 8,06	48,15 ± 7,81	56,31 ± 11,70	55,27 ± 8,59	51,05 ± 10,46

Letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0,05$). Datos expresados como promedio ± (DE). DICAL= fosfato dicálcico. UP= Urea fosfato, UP1= 1 g UP/L, UP2= 2 g UP/L, UP3= 3 g UP/L, UP4= 4 g UP/L.

entre 40 y 45% en la orina, lo que equivale a un 60-70% del total ingerido.

La RNA de nitrógeno no presentó diferencias ($P>0,05$) entre tratamientos con un valor promedio de 49,4. Estos valores son ligeramente superiores al señalado por la literatura (Whitemore *et al.* 2001) como referencia para cerdos (20-40%).

Los resultados indican que en cerdos, el nitrógeno que ingresa como urea al organismo mediante la UP suministrada, no tiene efecto sobre la RNA y EU e indica que es eliminado tanto por vía fecal como urinaria, con una retención de nitrógeno de la dieta ligeramente más elevada en los tratamientos con urea fosfato a los niveles de 2, 3 y 4g/L.

CONCLUSIONES

La urea fosfato puede ser utilizada como fuente de fósforo en cerdos, tanto en el alimento como en el agua, sin afectar las medidas de absorción del elemento.

La urea fosfato puede ser utilizada para cubrir el 100% del requerimiento del elemento tanto en la ingesta sólida como en el agua.

La retención de nitrógeno no fue afectada por la forma de suministro ni por la fuente del elemento, lo cual indica su alto potencial en la alimentación de cerdos.

REFERENCIAS

- Argenti, P., Espinoza, F., Rivera, J., Rivas, A. y Castillo, J. 2006. Uso de urea fosfato en lechones lactantes. XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. San Juan de los Morros. Guárico. Venezuela. 111 pp.
- Ammerman, C. 1995. Method for Estimation of Mineral Bioavailability. En: Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins. C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis (Eds). Academic Press. New York. p: 83-94.
- Godoy, S. 1997. Fosfatos de yacimientos en la nutrición animal. Tesis de Doctorado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 216 p.
- Godoy, S., Chicco, C. y León, A. 1995. Biodisponibilidad del fósforo de la urea fosfato en la nutrición animal. Zootecnia Tropical. 13 (1): 49-62.
- Hurwitz, S. 1964. Estimation of net phosphorus utilization by the slope method. J. Nutr. 84: 83.
- Fiske, C. and Subarrow, E. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. J. Biological Chem. 66: 375.
- Sarkkinen, K. 1977. Production of urea phosphate and its use in the feeding of animals. 1er International Congress on phosphorus Compounds. Rabat. pp: 433-441.
- Steel, R., and Torrie, J. 1988. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrics Approach. 2nd. Ed. New York. Mc Graw Hill. 622 p.
- Waibel, P., Nahorniak, N., Dziuk, H., Walser, N., and Olsen, W. 1984. Bioavailability of phosphorus in commercial feed phosphate supplements for turkeys. Poultry Sci. 78: 638-691.
- Whittemore, C., Green, D., and Knap, P. 2001. Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs. Animal Science. 73: 363-373.