

FUENTES DE FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS.

2. DIGESTIBILIDAD

Phosphorus Sources in Swine Feeding. 2. Digestibility

Daggett Frenseuie, Claudio F. Chicco, Susmira Godoy y Julio Garmendia

Postgrado Producción Animal, Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. E-mail: sgodoy@telcel.net.ve

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la digestibilidad de fuentes inorgánicas de fósforo de diferentes estructuras químicas, dos combinaciones de fosfatos monodiválentes (MMD y MD), un tricalcico (TRIC) y un fosfato sedimentario de las minas de Riecito (RIO), en cerdos mestizos (Yorkshire y Landrace x Duroc y Hampshire), se determinó la absorción aparente (AA), retención neta aparente (RNA) y la eficiencia de utilización (EU) del P de las mismas fuentes, mediante el método de colección total. Los fosfatos MMD, MD, TRIC, y RIO, contenían un porcentaje de 21, 21, 18 y 12 de P, respectivamente. Se utilizaron 16 cerdos castrados mestizos, de 30 kg de peso vivo promedio distribuidos aleatoriamente, cuatro animales/tratamiento. Los estudios de balance se realizaron a dos niveles de P para estimar la utilización neta del elemento. Se utilizó una dieta basal (0,45% de P total-nivel bajo-) constituida por maíz, sorgo, arroz, soya, galleta molida, sebo, vitaminas y minerales para la primera colección y se le adicionó 0,15% de P de cada fuente para la segunda colección (0,60% de P-nivel alto-). Se tomaron diariamente muestras (10%) de heces y orina y el pool se utilizó para análisis de P, determinándose la cantidad de P ingerido y excretado en ambos periodos. Los valores de AA, RNA y EU del P (%) de las diferentes fuentes fueron similares para MMD (52,99; 51,55 y 96,75), MD (52,13; 49,78 y 95,75) y TRIC (48,95; 46,98 y 89,59) respectivamente, siendo éstos significativamente superiores ($P<0,05$) a RIO (39,41; 37,98 y 64,95). Los valores de biodisponibilidad relativa promedio se calcularon mediante los valores absolutos obtenidos en la prueba de absorción del P (AA, RNA y EU) de las fuentes en estudio con relación al fosfato de referencia MMD (100%), con valores relativos de 98,26 para MD y 93,43 para TRIC. No se registraron diferencias significativas entre los fosfatos desfluorinados, siendo éstos ($P<0,05$) superiores a RIO (71,98%). Se concluye que no hay diferencias entre fosfatos comerciales obtenidos por

diferentes métodos industriales y que el fosfato sedimentario RIO tiene una biodisponibilidad más baja que los fosfatos desfluorinados y su incorporación parcial o total en la alimentación dependerá de la finalidad productiva de los animales.

Palabras clave: Biodisponibilidad, fósforo, fosfatos, cerdos, digestibilidad.

ABSTRACT

To evaluate the bio-availability of inorganic sources of phosphorus of different chemical structures, two combinations of monocalcium phosphates (MMD and MD), one tricalcium phosphate (TRIC) and one sedimentary phosphate (RIO), were tested in f_1 cross bred pigs (Yorkshire and Landrace x Duroc and Hampshire), to measure absorption assay, apparent absorption (AA), apparent net retention (ANR) and utilization efficiency (UE) of phosphorus using the total collection method. The phosphates MMD, MD, TRIC and RIO, had 12% P. Sixteen male pigs with average body weights of 30 kg were randomly assigned to the four treatments, four animals/treatment. The basal diet (0.45% total P) was formulated with corn, sorghum, broken rice, soybean, bakery by-products, animal fat, minerals and vitamins. The balance studies were carried out at two levels of P. The basal diet (0.45% total P; low level) for the first collection and the addition of 0.15% P from the different phosphates for the second collection (0.60% P; high level). Daily fecal and urinary samples were taken to make a pool for P chemical analysis, in order to determine the amount of P intake and excretion in both periods. Phosphorus (%) AA, ANR, and UE from the different sources were similar for MMD (52.99; 51.55, and 96.75), MD (52.13; 49.78, and 95.75) and TRIC (48.95; 46.98, and 89.59), and were higher ($P<0.05$) than RIO (39.43; 37.94, and 64.95). Relative bioavailability averages were calculated using the absolute values obtained in the P digestibility trial, (AA, ANR and UE) using MMD as reference control (100%). The value percentages were 98.26; 93.43 and 71.98, respectively for MD, TRIC and RIO, the latter

being significantly lower ($P < 0.05$). The conclusion is that no difference exists among defluorinated phosphates and that the RIO sedimentary phosphate has a lower bio-availability and can be used totally or partially according feeding strategies.

Key words: Bio-availability, phosphorus, phosphates, pigs, digestibility.

INTRODUCCIÓN

La falta de producción de fosfatos de grado alimenticio para consumo animal en Venezuela, a pesar de los considerables yacimientos de fosfatos sedimentarios existentes en varias regiones del país [11], hace necesaria la importación de éstos para la industria manufacturera de alimentos concentrados para animales, particularmente aves y cerdos. En la literatura mundial existe abundante información sobre la biodisponibilidad de estas fuentes de fósforo, derivada principalmente de investigaciones realizadas en aves. El criterio utilizado es fundamentalmente la mineralización del tejido óseo, expresado en términos relativos a una fuente de referencia, generalmente un fosfato monocalcico. Es generalmente aceptado que los fosfatos monocalcicos son más disponibles que los dicalcicos y estos que los tricalcicos, siendo las formas hidratadas mejor utilizadas que las anhidras.

Por otro lado hay limitada información sobre la absorción real del fósforo de diferentes fuentes, particularmente importante para cerdos y rumiantes. Existen algunas indicaciones que, en los cerdos, la biodisponibilidad es mayor que en las aves [15] y que, en algunos casos, el fosfato tricalcico es mejor utilizado que el dicalcico [12].

El objetivo de este artículo es reseñar los datos sobre la digestibilidad de cuatro fosfatos en la alimentación de cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante pruebas de balance, utilizando el método de recolección total de heces y orina en cerdos, se determinó la absorción aparente, retención neta aparente y la eficiencia de utilización del fósforo de cuatro fosfatos. Las fuentes de fósforo, de diferentes estructuras químicas, fueron dos combinaciones de fosfatos monocalcicos (MMD y MD, un tricalcico (TRIC) y un fosfato sedimentario de las minas de Riecito (RIO), con 21, 21, 18 y 12% P, respectivamente.

Se utilizaron 16 cerdos machos mestizos castrados provenientes del cruce de la línea materna Yorkshire y Landrace y la paterna Duroc y Hampshire (cuatro animales/tratamiento), de aproximadamente 30 kg de peso vivo, correspondientes en edad y peso a la fase de crianza.

El experimento se llevó a cabo en dos períodos (nivel bajo y nivel alto). En el primero, se determinó la cantidad de fósforo ingerida y excretada, en animales alimentados con la

dieta basal con 0,45% P total (nivel bajo) y, en el segundo, los animales fueron alimentados con las dietas experimentales que contenían una concentración de fósforo (0,60% P total) equivalente al requerimiento [14] mediante la adición de 0,15% de los fosfatos a evaluar (TABLA I).

Para ello, los animales fueron mantenidos en jaulas individuales de metabolismo, durante 28 días consecutivos, 14 días de adaptación a las dietas y a las jaulas metabólicas y 10 (5 días por semana/período) de registros diarios de consumo, de la excreción fecal y urinaria. Se tomaron diariamente muestras (10%) de heces y orina para análisis de fósforo [2], previo mezclado y homogeneizado del material y de los alimentos.

Se calculó absorción aparente (AA) y la retención neta aparente (RNA) del fósforo por diferencia entre la cantidad del elemento ingerido con el alimento, al nivel de 0,60% de P total, y el excretado por las heces y orina, así como su relación con la ingestión total, utilizándose las siguientes fórmulas:

$$AA, \% = \frac{P \text{ Ingerido} - (P \text{ Excreción Fecal})}{P \text{ Ingerido}} \times 100$$

$$RNA, \% = \frac{P \text{ Ing.} - (P \text{ Exc. heces} + P \text{ Exc. orina})}{P \text{ Ingerido}} \times 100$$

La eficiencia de utilización del fósforo (EU) se determinó midiendo la retención neta aparente al nivel bajo en fósforo (dieta basal: 0,45% P total) y al nivel alto en fósforo (0,60% P total). La EU se calculó a través de la relación entre la diferencia de la cantidad de P retenido al nivel alto y bajo de fósforo en la dieta y el ingerido a los mismos dos niveles de fósforo [13]. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$EU, \% = \frac{\text{Retenido nivel alto} - \text{Retenido nivel bajo}}{\text{Ingerido nivel alto} - \text{Ingerido nivel bajo}} \times 100$$

Para el cálculo de la biodisponibilidad relativa se utilizaron los valores absolutos de la absorción aparente, retención neta aparente y eficiencia de utilización, y se expresaron como % del fosfato de referencia (MMD), al cual se le asignó el valor de 100.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza, de acuerdo a un modelo estadístico completamente aleatorizado y se aplicó la prueba de F para verificar la significancia de los cuadrados medios de las fuentes de variación. Se utilizó la prueba de amplitudes múltiples de Tukey [18], para hacer las comparaciones de las medias de los tratamientos. El análisis estadístico se realizó utilizando el "software" del programa estadístico "STATISTIX" [17].

RESULTADOS

La ingestión de fósforo, a los diferentes niveles del elemento en la ración (0,45 y 0,60% P total), fue similar en los distintos tratamientos. La excreción fecal (g/día) de fósforo fue

TABLA I
COMPOSICIÓN DE LA DIETA BASAL (0,45% P) Y DE LAS DIETAS SUPLEMENTADAS CON LOS FOSFATOS (0,15% P)

Ingredientes %	Basal	Dietas con adición de 0,15% P inorgánico			
		MMD ¹	MD ²	TRIC ³	RIO ⁴
Residuo pastelería	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Maíz	33,000	33,000	33,000	33,000	33,000
Soya	27,400	27,400	27,400	27,400	27,400
Pulitura de arroz	10,000	10,000	10,000	10,000	10,00
Cebo	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250
Melaza	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Carbonato	2,170	1,830	1,820	1,460	1,324
Sal	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Vit. y Min. ⁵	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Lisina	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360
Metionina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Bentonita	1,400	1,060	1,040	1,270	0,996
Fosfatos	-	0,680	0,710	0,840	1,250
Proteína cruda ⁶ , %	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Lisina,%	1,327	1,327	1,327	1,327	1,327
Metionina	0,666	0,666	0,666	0,666	0,666
E.M.E ⁷ , kcal/Kg	3200	3200	3200	3200	3200
Calcio, %	0,899	0,899	0,893	0,920	0,901
Fósforo total, %	0,450	0,600	0,600	0,600	0,600

¹ Monodicalcico, ² Monodicalcico, ³ Tricalcico, ⁴ Riecito. ⁵ Vitaminas y minerales (como % de la dieta): Vitaminas: A: 1500 UI; D:150 UI, E: 11 UI; K: 0,5 mg; colina: 0,30 g; ácido fólico: 0,3 mg; niacina: 10 mg; ácido pantoténico: 8 mg; riboflavina: 2,5 mg; tiamina: 1 mg; B₆: 1 mg; B₁₂: 10ug. Minerales: Na:0,10%; Cl: 0,08%; Mg:0,04%; K: 0,23%; Cu: 4 mg; I: 0,14mg; Fe:6 mg; Mn: 2 mg; Se: 0,15 mg; Zn: 60 mg. ⁶ Proteína cruda (N x 6,25). ⁷ Energía metabolizable estimada por cálculo.

mayor (P<0,05) para RIO e inferior para MMD, MD y TRIC, con valores de 5,24, 4,08, 4,13 y 4,42, respectivamente. La retención de fósforo fue menor (P<0,05) para el fosfato sedimentario RIO y superior para los fosfatos desfluorinados MMD, MD y TRIC, con valores de 3,28; 4,47; 4,29 y 4,07, para el mismo orden de los tratamientos.

Los valores (%) AA y RNA del fósforo (TABLA II), no presentaron diferencias significativas entre MMD (52,99 y 51,55), MD (52,13 y 49,78) y TRIC (48,95 y 46,98), respectivamente, siendo éstos significativamente superiores (P<0,05) al fosfato sedimentario RIO (39,41 y 37,98).

La EU (%) de fósforo de las diferentes fuentes fue similar para MMD (96,57), MD (95,75) y TRIC (89,59), siendo éstas significativamente superiores (P<0,05) a RIO (64,95) (TABLA III). Los valores de EU fueron superiores a los de digestibilidad aparente.

Las correlaciones entre las variables de absorción de fósforo, (absorción aparente, retención neta y eficiencia de utilización), fueron positivas y altamente significativas (P<0,001), (TABLA IV).

La biodisponibilidad relativa (TABLA V) se calculó relacionando los valores de absorción de fósforo de las fuentes en estudio con relación al fosfato de referencia MMD (100%). Así mismo, por la alta correlación entre las variables, los valores se promediaron, indicando que no se registraron diferencias significativas entre los fosfatos desfluorinados, con valores relativos (%) para MD (98,26) y TRIC (93,43), siendo estos significativamente (P<0,05) superiores a RIO (71,98).

DISCUSIÓN

El fosfato sedimentario RIO presentó los valores más bajos (P<0,05) de absorción aparente, retención neta aparente y

TABLA II
ABSORCIÓN APARENTE Y RETENCIÓN NETA APARENTE DEL FÓSFORO EN CERDOS ALIMENTADOS
CON DIFERENTES FUENTES DE FÓSFORO¹

Variables		Fuentes de fósforo			
		MMD ²	MD ³	TRIC ⁴	RIO ⁵
P ingerido,	g/día	8,67	8,62	8,66	8,64
P fecal,	g/día	4,08 ^a	4,13 ^a	4,42 ^a	5,24 ^b
P urinario,	g/día	0,13	0,20	0,17	0,13
P retenido,	g/día	4,47 ^a	4,29 ^a	4,07 ^a	3,28 ^b
AA ⁶ ,	%	52,99 ^a	52,13 ^a	48,95 ^a	39,41 ^b
		± 4,19	± 2,01	± 1,65	± 0,36
RNA ⁷ ,	%	51,55 ^a	49,78 ^a	46,98 ^a	37,98 ^b
		± 3,64	± 2,05	± 1,01	± 0,20

¹Cuatro animales/tratamientos (Nivel de P total 0,60%). ²Monodicalcico. ³Monodicalcico. ⁴Tricalcico. ⁵Riecito. ⁶AA: Absorción

Aparente = $\frac{P \text{ ingerido} - P \text{ fecal}}{P \text{ ingerido}} \times 100$ ⁷RNA: Retención Neta Aparente = $\frac{P \text{ ingerido} - (P \text{ fecal} + P \text{ urinario})}{P \text{ ingerido}} \times 100$ a,b: promedios con distintas

letras en las mismas filas son significativamente (P<0,05) diferentes.

TABLA III
EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL FÓSFORO EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FUENTES DE FÓSFORO¹

Balance	MMD ²		MD ³		TRIC ⁴		RIO ⁵	
Nivel de P, %	0,45	0,60	0,45	0,60	0,45	0,60	0,45	0,60
P ingerido, g/día	6,35	8,67	6,47	8,62	6,48	8,66	6,44	8,64
P fecal, g/día	3,97	4,08	4,11	4,13	4,22	4,42	4,41	5,24
P urinario, g/día	0,16	0,13	0,13	0,20	0,14	0,17	0,18	0,13
P retenido, g/día	2,23	4,47	2,23	4,29	2,12	4,07	1,85	3,28
EU ⁶ , %	96,57 ^a		95,75 ^a		89,59 ^a		64,95 ^b	
	± 0,96		± 2,14		± 5,41		± 5,50	

¹Cuatro animales/ tratamientos; Nivel bajo (Basal) = 0,45% de P; Nivel alto (Basal + 0,15% Pi) = 0,60% de P total. ²monodicalcico. ³

Monodicalcico, ⁴Tricalcico, ⁵Riecito. ⁶E.U: Eficiencia de utilización = $\frac{\text{Retenido nivel alto} - \text{Retenido nivel bajo}}{\text{Ingerido nivel alto} - \text{Ingerido nivel bajo}} \times 100$. a, b; promedios con

distintas letras son significativamente (P<0,05) diferentes.

TABLA IV
CORRELACIONES ENTRE LAS EXPRESIONES
DE UTILIZACIÓN DE FÓSFORO

Variables	r ¹	
	AA ²	EU ³
EU	0,9968**	
RNA ⁴	0,9978**	0,9910**

¹r, Correlación. ** = (P<0,001). ²AA: Absorción Aparente. ³EU: Eficiencia de Utilización. ⁴RNA: Retención Neta Aparente.

TABLA V
VALOR BIOLÓGICO DE LA DIGESTIBILIDAD RELATIVA
(%) DE LOS FOSFATOS COMERCIALES Y SEDIMENTARIO
EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Variables	Fuentes de fósforo			
	MMD ¹	MD ²	TRIC ³	RIO ⁴
DA ⁵	100	98,68	92,89	74,69
EU ⁶	100	99,15	92,76	67,30
RNA ⁷	100	96,94	94,62	73,94
Promedio	100 ^a	98,26 ^a	93,43 ^a	71,98 ^b
	± 0,00	± 5,25	± 1,34	± 4,79

^{a,b}Valores con distintas letras en la misma línea son diferentes (P<0,05) entre sí. ¹monodicalcico. ²Monodicalcico. ³Tricalcico. ⁴Riecito. ⁵Absorción Aparente. ⁶Eficiencia de Utilización. ⁷Retención Neta Aparente.

eficiencia de utilización, con relación a los fosfatos de grado alimenticio para animales. Resultados similares de absorción aparente (36%) y verdadera (63%) del fósforo de fosfatos de yacimientos en cerdos fueron obtenidos por Bellaver y col. [3]. Rojas y col. [16] reportan en aves valores de eficiencia de utilización (65%) iguales a los de este estudio (64.95%). También, Godoy y Chicco [7] encontraron que la eficiencia de utilización (65,1%) para RIO en aves, cuando comparada con un fosfato dicálcico, concuerda con el valor obtenido en este estudio. Los valores más bajos de RIO con relación a los fosfatos desflurizados probablemente se deben a la mayor complejidad de la estructura química del fosfato sedimentario, fluorapatita, de menor solubilidad (< 1% en agua) y a la posible formación de fosfatos de hierro y aluminio que son insolubles en el tracto digestivo [1, 8]. No se excluye un posible efecto del flúor en modificar la cinética del fósforo tisular, con una tasa menor de movilización del "pool" central a los diferentes comportamientos, lo que pudiera tener un efecto indirecto sobre la absorción [9].

Independientemente de la fuente de fósforo, cuando se compara la absorción aparente con la eficiencia de utilización, se observa que esta última presenta valores más elevados. Esto se explica en gran parte, por la eliminación de la fracción metabólica de fósforo de la excreción total, cuando se utilizan dos niveles de incorporación del elemento en la dieta, para las estimaciones de retención neta aparente. Godoy y Chicco [10, 11] obtuvieron valores superiores de absorción aparente (54%) y verdadera (79%) a los de esta investigación. Sin embargo, los hallazgos similares de Rojas y col. [16] y Bellaver y col. [3] a los encontrados en este estudio, utilizando métodos isotópicos (P^{32}) en aves y cerdos, respectivamente, con fosfatos sedimentarios, sugiere que el método que determina la eficiencia de utilización aproxima el valor de utilización verdadera del P.

Los valores de biodisponibilidad relativos al MMD (100%) de 98,26; 93,43 y 71,98 para MD, TRIC, y RIO, respectivamente, evidencian que la digestibilidad pudiera ser la expresión más sensible para estimar la biodisponibilidad del fósforo en cerdos, en comparación con el crecimiento y mineralización ósea, como señalado por otros autores [3, 5]. Esto se sustenta en el hecho de que el crecimiento puede realizarse a expensas de una menor mineralización ósea, cuando el fosfato es de menor biodisponibilidad [8]. Por lo tanto, la mineralización del hueso está sujeta a condiciones de menor absorción, menor consumo y a mayor demanda para el desarrollo muscular y demás tejidos de mayor intensidad metabólica. En cambio, la absorción está influenciada mayoritariamente por la forma química del fosfato en términos de estructura y solubilidad, y es menos afectada por los procesos metabólicos que ocurren a nivel tisular.

Sin embargo, cuando las evaluaciones de fosfatos se realizan en animales jóvenes, de rápido crecimiento, la mineralización ósea tiene un alto grado de sensibilidad [6]. En cambio, en animales adultos, no hay una respuesta muy evidente del tejido óseo, por cambios en la dinámica de los procesos de

reabsorción y acreción ósea [4]. Finalmente, Los estudios de absorción pueden determinar la biodisponibilidad del fósforo en todas las especies en animales de todas las edades y particularmente en adultos.

CONCLUSIONES

Se concluye que no hay diferencias en la digestibilidad entre los fosfatos de grado alimenticio para animales, siendo éstos mejores que el fosfato sedimentario de Riecito. Este último puede ser utilizado parcial o totalmente en la alimentación de cerdos, dependiendo de las finalidades productivas de los animales, previo ajuste a su biodisponibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMMERMAN, C.B.; ARRINGTON, L.R.; McCALL J.T.; FEASTER J.P.; COMBS, G.E.; DAVIS, G.K. Inorganic phosphorus utilization by swine as measured by an isotope technique. **J. Anim. Sci.** 22:890-893. 1963.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 15th Washington, C.D. 1018 pp. 1984.
- [3] BELLAYER, C.P.; GOMES, C.; FÍALO, E.T.; DOS SANTOS, D.L. Absorcao e disponibilidade do fósforo de fosfatos naturais em racoes para suínos. **Pesq. Agropec. Bras.** 19: 1513- 1518. 1984.
- [4] BRAITHWAITE, G. D. Studies on the absorption and retention of calcium and phosphorus by young and mature Ca deficient sheep. **Brit. J. Nutr.** 34: 311- 324. 1975.
- [5] GUEGUEN, L. Determination of phosphorus availability. **Feed Mix.** (Special Edition) (Netherlands) 12-15pp. 1994.
- [6] GILLIS, M. B.; NORRIS, L.C.; HEUSER, G.F. Studies on the biological value of inorganic phosphates. **J. Nutrition.** 52: 115-125. 1994.
- [7] GODOY, S.; CHICCO, C. F. Uso de fosfatos sedimentarios en la alimentación animal. **Rev. Fac. Agron, UCV.** 17: 281-298. 1991.
- [8] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Evaluación de fosfatos sedimentarios nacionales en la alimentación animal. **VII Jornadas Científicas Técnicas de la Facultad de Agronomía.** LUZ. II Charlas sobre alimentación animal. Maracaibo, 2-7 noviembre. Venezuela. 42pp. 1997.
- [9] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Fosfatos sedimentarios venezolanos en la Nutrición de Pollos de engorde. I. Crecimiento y Mineralización del Tejido Óseo. **Rev. Científ. FCV-LUZ**, IX(4): 282-291. 1999.
- [10] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Relative bioavailability of phosphorus from Venezuelan raw rock phosphates for

- poultry. **Anim. Feed Sci. and Technol.** 94:103-113. 2001.
- [11] GODOY, S.; CHICCO, C.F. Bioavailability of Venezuelan sedimentary phosphates in swine feeding. **Proceedings, Western Section, A.S.A.S.** Colorado, 19-21 June. USA. Vol. 53, 287-289 pp. 2002.
- [12] GOMERCIC, H.; LESIC-MUDRIC. R. Effects of Supplementary dicalcium and tricalcium phosphates on bone structure in pigs. **Krmiva**. 35: 59-67. 1993.
- [13] HURWITZ, S. Estimation of net phosphorus utilization by the slope method. **J. Nutr.** 84:83-92. 1964.
- [14] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Swines** 10th Revised Ed. National Academy Press. Washington D.C. 189 pp. 1998.
- [15] REBOLLAR, P.G.; MATEOS, G.G. El fósforo en la Nutrición Animal. Necesidades, Valoración de Materias Primas y Mejora de la Disponibilidad. En: **XV curso de Especialización FEDNA**. 6 y 7 de junio. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España. 20-63 pp. 1999.
- [16] ROJAS, R.E.; RANGEL, R.J.L.; BEZARES, A.S.; AVILA, A.G. Determinación de fósforo disponible en una roca fosfórica y su empleo en dietas para aves. **Vet. Méx.** 11:1-5. 1980.
- [17] ANALYTICAL SOFTWARE. STATISTIX x 3,5: **An interactive statistics analysis program for the IBM PC**. St. Paul. 1992.
- [18] STEEL, R. G. D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. A Biometrics. Approach. 2nd. Ed. New York. Mc Graw-Hill. 622 pp. 1988.