

DIGESTIBILIDAD DEL FOSFORO DE INGREDIENTES ALIMENTICIOS EN OVINOS

Phosphorus digestibility of different feeds in sheep

Susmira Godoy, Francois Meschy, Claudio Chicco y Fanny Requena

¹Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIA-CENIAP. Maracay

²INRA, Laboratoire de Nutrition et Alimentation. 16, rue Claude Bernard F-75231. Paris.

RESUMEN

Se determinó la digestibilidad del fósforo de ingredientes alimenticios en 15 ovinos machos mestizos West African, de 30±3,3 kg de peso vivo, distribuidos, según un diseño completamente aleatorizado, en tres tratamientos, con cinco animales cada uno. En un primer experimento se evaluaron la torta de algodón y germen y afrecho de maíz desgrasado y, en el segundo, la semilla de algodón y pulitura de arroz, utilizándose un fosfato dicálcico como testigo referencial. Los experimentos se llevaron a cabo en dos periodos. En el primero, los animales fueron alimentados con una dieta basal (0,10% P total), y en el segundo, con dietas que contenían 0,25% P total. Los ovinos fueron mantenidos en jaulas de metabolismo para los registros de consumo y de la excreción fecal y urinaria, durante 10 días. Se determinó la absorción aparente, utilización neta y absorción verdadera de fósforo de los ingredientes. En el primer experimento, los valores de absorción aparente (%) fueron similares para las dietas con germen y afrecho de maíz (41,8), dicálcico (39,4) y torta de algodón (36,3). La absorción verdadera y la utilización neta del fósforo de las fuentes fueron 57,8 y 71,5; 55,6 y 58,0; 61,7 y 69,2, respectivamente, para dicálcico, torta de algodón y germen y afrecho de maíz desgrasado. En el segundo experimento, los valores de absorción aparente de fósforo (%) fueron de 35,2, 33,3 y 30,0, para las dietas con dicálcico, semilla de algodón y pulitura de arroz, respectivamente. La absorción verdadera y la utilización neta del fósforo de las fuentes fueron de 56,9 y 60,2; 52,8 y 49,5; 47,8 y 43,2 respectivamente, para dicálcico, semilla de algodón y pulitura de arroz. La biodisponibilidad relativa al testigo referencial, fosfato dicálcico (100%) fue de 81, 97, 82 y 72, respectivamente, para torta de algodón, germen y afrecho de maíz desgrasado, semilla de algodón y pulitura de arroz.

Palabras clave: fósforo, ovinos, biodisponibilidad, fitasas.

ABSTRACT

Phosphorus digestibility of different ingredients was determined with 15.30±3.3 kg live weight West African male sheep. The animals were distributed in three treatments, with five animals each. In a first experiment cotton cake and corn bran and oil extracted germ and, in the second, cotton seed and rice polishing, were evaluated using dicalcium phosphate (DCP)

as a reference control. The experiments were carried out in two periods. In both, phosphorus intake and excretion were determined. The animals were fed, in the first experiment, on a basal diet containing 0.10% total P, and in the second, on a diet with 0.25% total P. Sheep were kept in metabolism crates to register daily consumption and fecal and urinary excretion, during a 10 day period. Apparent absorption, net phosphorus utilization and phosphorus true absorption of the ingredients were determined. In the first experiment, the values of apparent absorption were higher for the diets with corn bran and oil extracted germ (41.8%) and DCP (39.4%), in relation with cotton cake (36.3%). Phosphorus true absorption and net utilization were 57.8 and 71.5; 55.6 and 58.0; 61.7 and 69.2%, respectively, for DCP, cotton cake and corn bran and oil extracted germ. In the second experiment, phosphorus apparent absorption (%) was 35.2, 33.3 and 30.0%, for DCP, cotton seed and rice polishing, respectively. Phosphorus true absorption and net utilization were 56.9 and 60.2; 52.8 and 49.5; 47.8 and 43.2%, respectively, for DCP, cotton seed and rice polishing. Phosphorus bioavailability as percent of dicalcium phosphate (100%), as the reference control was 81, 97, 82 and 72%, respectively, for cotton cake, corn bran and extracted oil germ, cotton seed and rice polishing.

Key words: absorption, phosphorus, sheep, bioavailability, phytases.

INTRODUCCIÓN

Los rumiantes especializados para producción de carne y leche, en condiciones intensivas, y, los animales en estados fisiológicos de altos requerimientos, aún en sistemas no intensivos requieren, además del forraje, de una significativa elevada proporción de alimento concentrado a base de granos de cereales, oleaginosas y sus subproductos, para cubrir sus elevados requerimientos nutricionales.

Las dietas altas en concentrados contienen una gran proporción del fósforo total (>70%) en forma orgánica, como fitasas. En rumiantes se ha demostrado que, cuando se utilizan dietas con aproximadamente 50% del fósforo bajo la forma de fitasas, mas del 90% es hidrolizado por las fitasas producidas por los microorganismos del rumen [3, 12].

Sin embargo, diferentes autores [4, 10] sugieren la hipótesis de que, en rumiantes, a pesar de la actividad fitásica de los microorganismos del rumen, cuando se utilizan regímenes

alimenticios que exigen la incorporación de altos niveles de concentrados (>70%), la actividad fitásica de los microorganismos es limitante, probablemente debido a una saturación de su capacidad de hidrolizar el sustrato [6, 11]. Por otro lado, los tratamientos químicos o térmicos, que se utilizan en el procesamiento de los materiales, pueden también afectar la degradación del fósforo fítico presente [2, 9, 13].

Consecuentemente, en este trabajo se estudia la digestibilidad del fósforo de algunos ingredientes, utilizándose ovinos como animales experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Quince ovinos machos mestizos West African, de 30±3,3 kg de peso vivo promedio, distribuidos, según un diseño completamente aleatorizado, se asignaron a tres tratamientos (ingredientes), con cinco animales cada uno. En un primer experimento, se evaluaron la torta de algodón (1,34% P total) y germen y afrecho de maíz desgrasado (0,35% P total) y, en el segundo, la semilla de algodón (0,17% P total) y pulitura de arroz (1,33% P total), utilizándose en ambos experimentos un fosfato dicálcico (19% P total) como testigo referencial.

Cada experimento se llevó a cabo en dos periodos. En el primero, mediante prueba de balance, se determinó la cantidad de fósforo ingerida y excretada, en animales alimentados con una dieta basal (B: 0,10% P total) (TABLA I). Se ofreció diariamente un kg de alimento a cada animal, con suministro de agua a voluntad.

Los ovinos fueron mantenidos en jaulas individuales de metabolismo, durante 14 días de adaptación a las dietas y a las jaulas metabólicas y 10 días de registros de consumo y de las excreciones. Se tomaron muestras (10%) de heces y orina para análisis de fósforo [1].

En el segundo periodo, los animales fueron alimentados con dietas que contenían una concentración de fósforo equivalente al requerimiento de los animales (DE: 0,25% P total) y formuladas con los ingredientes a evaluar, utilizándose la misma metodología anteriormente descrita para la dieta basal. Los ingredientes bajo estudio aportaron el 80% del fósforo total de la dieta.

Mediante las siguientes fórmulas se determinó la absorción aparente (AA) y verdadera estimada (AVD) de las dietas y la utilización neta (UN) [8]:

$$AA, \% = \frac{P \text{ ingerido} - P \text{ heces}}{P \text{ ingerido}} \times 100$$

$$AVD, \% = \frac{P \text{ ingerido} - (P \text{ heces} - P \text{ endógeno})}{P \text{ ingerido}} \times 100$$

$$UN, \% = \frac{(P \text{ ingerido } D - B) - (P \text{ heces } D - B)}{(P \text{ ingerido } D - B)} \times 100$$

D: dieta experimental; B: basal

Para estimar la absorción verdadera, a la excreción fecal total se le sustrajo la fracción metabólica fecal del fósforo, calculada a través de la siguiente fórmula [2]: $Y \text{ (mg P/kg PV)} = 13,6 + P \text{ ingerido (g/día)} \times PV$.

Los datos fueron sometidos a ANOVA, entre las variables de absorción utilizadas como criterios de respuesta.

RESULTADOS

La AA no varió ($P > 0,05$) entre las dietas experimentales (TABLA II) siendo éstas superiores a la dieta basal ($P < 0,05$). La dieta que contenía germen y afrecho de maíz presentó una absorción verdadera que tienden a ser superior ($P > 0,05$) al dicálcico y torta de algodón. La utilización neta del fósforo fue superior ($P < 0,05$) para germen y afrecho de maíz y dicálcico, respecto a la torta de algodón. La absorción verdadera estimada de fósforo fue mayor ($P < 0,05$) para el germen y afrecho de maíz.

TABLAS I
DIETAS EXPERIMENTALES (%)

Ingredientes	Experimentos 1 y 2		Experimento 1		Experimento 2	
	Dieta Basal	Dicálcico	Torta Algodón	Germen y Afrecho de maíz	Semilla Algodón	Pulitura Arroz
Hidrolizado Plumas	6,22	6,60	-	-	-	-
Melaza	5,00	5,00	3,00	3,00	5,00	10,00
Almidón Yuca	23,19	26,50	23,00	6,00	21,00	15,00
Dicálcico	0,15	1,00	-	-	-	-
Carbonato Calcio	2,00	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00
Mineral	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tusa de maíz	60,70	56,70	55,00	59,00	49,00	54,00
Urea	1,75	1,70	2,00	2,00	2,40	2,40
Torta de algodón	-	-	14,00	-	-	-
Germen y afrecho de maíz	-	-	-	25,00	-	-
Semilla algodón	-	-	-	-	22,00	-
Pulitura arroz	-	-	-	-	-	16,0
PC, %	14,1	14,1	14,1	14,0	14,0	14,0
EM, Mcal/kg	2,24	2,15	2,24	2,32	2,51	2,31
P, %	0,11	0,256	0,258	0,252	0,253	0,258

En el segundo experimento, la absorción aparente de fósforo de las dietas (TABLA III) fue similar para dicálcico, semilla de algodón y pulitura de arroz, mientras que para la basal fue menor ($P < 0,05$). Los valores de la absorción verdadera estimada del fósforo de las dietas fueron similares para dicálcico, semilla de algodón y pulitura de arroz. La utilización neta y la absorción verdadera estimada del fósforo de las fuentes fueron más baja ($P < 0,05$) para las dietas con pulitura de arroz con relación a las que contenían semilla de algodón y fosfato dicálcico.

La biodisponibilidad relativa promedio del fósforo de los ingredientes alimenticios en comparación al fosfato dicálcico (100%), tomando como variables de respuesta la utilización neta de fósforo, fue más elevada ($P < 0,05$) para la torta de germen y afrecho de maíz desgrasado (97), seguida por la torta (81) y semilla de algodón (82) y más baja para la pulitura de arroz (72).

DISCUSIÓN

Los valores de absorción del fósforo de la torta de algodón son similares a los obtenidos por otros autores [5] para las tortas de oleaginosas (soya: 67,9; colza: 60,5; maní: 62,2; linaza: 63,8 y girasol: 59,7).

Los valores más bajos de absorción obtenidos para la torta de algodón se deben a los cambios químicos inducidos por el tratamiento térmico aplicado para la obtención del producto [7, 9, 13], que afecta la degradabilidad de la proteína y la de los fitatos, que se encuentran unidos fuertemente a la estructura proteica. Además, el calor provoca enlaces entre los grupos aldehídos y los aminoácidos libres (reacción de Maillard), impidiendo que las fitasas microbianas puedan liberar fósforo inorgánico de la molécula de fitato. Por otro lado, en la torta de algodón, el fitato se encuentra en pequeños cristales globoides [7], provocando, este efecto anatómico, que el tiempo de contacto entre la fitasa y el fitato pueda ser limitante, disminuyendo la eficiencia de las fitasas de los microorganismos del rumen [13].

TABLA II
MEDIDAS DE ABSORCIÓN DE FÓSFORO DE DIFERENTES DIETAS EN OVINOS

Medidas	Basal	Dicálcico	Torta Algodón	Germen y Afrecho de maíz	ET
P ingerido, g/día	1,298	2,658	2,494	2,386	0,01
P heces, g/día	1,017	1,611	1,589	1,389	0,24
P endógeno, g/día	0,421	0,488	0,483	0,479	0,002
AA, %	20,52 ^b	39,40 ^a	36,27 ^a	41,78 ^a	9,66
AVD, %	54,07	57,75	55,63	61,88	9,66
UN, %	-	71,46 ^a	58,00 ^b	69,21 ^a	6,06

¹ P endógeno: Y (mg P/kg PV) = 13,6 + P ingerido (g/día) * PV

AA: absorción aparente; AVD: absorción verdadera de P de la dieta; UN: utilización neta a, b Letras distintas en la misma fila son diferentes entre sí ($P < 0,05$) ET: error típico

TABLA III
MEDIDAS DE ABSORCIÓN DE FÓSFORO DE DIFERENTES DIETAS EN OVINOS

Medidas	Basal	Dicálcico	Semilla Algodón	Pulitura de arroz	ET
P ingerido, g/día	1,350	2,733	2,810	2,694	0,01
P heces, g/día	1,139 ^c	1,772 ^b	1,874 ^a	1,886 ^a	0,23
P endógeno ¹ , g/día	0,456	0,491	0,500	0,499	0,05
AA, %	15,63 ^b	35,16 ^a	33,32 ^a	30,01 ^a	8,35
AVD, %	49,41 ^a	53,13 ^a	51,11 ^a	48,53 ^a	8,53
UN, %	-	60,23 ^a	49,45 ^{ab}	43,15 ^b	5,59

¹ P endógeno: Y (mg P/kg PV) = 13,6 + P ingerido (g/día) * PV

AA: absorción aparente; AVD: absorción verdadera de P de la dieta; UN: utilización neta ET: error típico

En los cereales, el ácido fítico se encuentra asociado a las estructuras parietales del grano. En el caso de la torta de germen y afrecho de maíz desgrasado, el fósforo fítico presente en las estructuras parietales (afrecho) es de baja digestibilidad, ya que no es fácilmente liberado por estar integrado como una parte estructural de las células de la periferia del grano. El fósforo fítico en el grano de maíz se encuentra concentrado en el germen [14]. Esta localización del fitato puede ser responsable de la más alta degradabilidad del fósforo fítico del germen y afrecho de maíz desgrasado.

En el arroz, los principales sitios de acumulación son el germen y las envolturas (pericarpio, testa y aleurona) del grano. La pulitura de arroz, por contener las estructuras parietales del grano y el germen, es un subproducto con elevada concentración del fósforo fítico.

En las leguminosas, el ácido fítico se concentra en los cotiledones, asociado con las proteínas [15]. En la harina de semilla de algodón, al igual que en la de colza, el fitato se encuentra localizado en cristales globoides formando complejos proteínicos. En la soya, a diferencia de las anteriores, el fitato se distribuye uniformemente en la matriz proteica, permitiendo una mayor digestibilidad en esta última.

Los coeficientes de absorción aparente y más los de absorción verdadera son estimadores de la digestibilidad del fósforo en rumiantes. Entre métodos, la absorción aparente presentó los valores más bajos, por no tomar en cuenta las pérdidas metabólicas del elemento.

CONCLUSIONES

La utilización neta y la absorción verdadera de fósforo de las dietas, presentaron valores similares entre sí, sugiriendo la posibilidad de estimar el fósforo metabólico fecal para determinar la absorción verdadera.

Los coeficientes de absorción de fósforo promedios para las fuentes evaluadas, con relación al fosfato dicálcico, fueron más bajos para la torta de algodón y pulitura de arroz, con relación al germen y afrecho de maíz y a la semilla de algodón.

AGRADECIMIENTO

ECOS-NORD (Francia) y FONACIT (Venezuela) por el financiamiento parcial a este trabajo (VA9901).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods Analysis**. 15th. Washington, D.C. 1018 p. 1984.
- [2] BRAVO D.; MESCHY F.; BOGAERT C. AND SAUVANT D. Ruminal phosphorus availability from several feedstuffs measured by the nylon bag technique. **Reprod. Nutr. Dev.**40:149-162. 2000.
- [3] CLARK W. D., WOHLT JR. J. E., GILBREATH R. L.; ZAJAC P. K. Phytate phosphorus intake and disappearance in the gastrointestinal tract of high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.** 69:3151-3155. 1986.
- [4] ELLIS L. C. AND TILLMAN A. D. Utilization of phytin phosphorus in wheat bran by sheep. **J. Anim. Sci.** 50:606-607. 1960.
- [5] FIELD A. C.; WOOLLIAMS J. A.; DINGWALL R. A. AND MUNRO C. S. Animal and dietary variation in the absorption and metabolism of phosphorus by sheep. **J. Agric. Sci.** 103:283-291. 1984.
- [6] GODOY S. AND MESCHY F. 2000. Utilisation of phytate phosphorus by rumen bacteria in a semi-continuous culture system (Rusitec) in lactating goats fed on different forage to concentrate ratios. **Reprod. Nutr. Dev.** 41:259-265.
- [7] HAN Y. W. Use of microbial phytase in improving the feed quality of soya bean meal. **Anim. Feed Sci. Technol.** 24:345-350. 1989.
- [8] HURWITZ, S. Estimation of net phosphorus utilization by the slope method. **J. Nutr.** 103: 875-882. 1964.
- [9] KONISCHI C., MATSUI T., PARK X., YANO H., YANO F. 1999. Heat treatment of soybean meal and rapeseed meal suppresses rumen degradation of phytate phosphorus in sheep. **Anim. Feed Sci. Technol.** 80, 115-122.
- [10] LOFGREEN G. P. The availability of the phosphorus in dicalcium phosphates, bonemeal, soft phosphates and calcium phytate for mature wethers. **J. Nutr.**70:58-62. 1960.
- [11] MESCHY F. AND GUEGUEN L. Les recommandations d'apport alimentaire en elements minéraux : analyse et perspectives. **Renc. Rech. Ruminants.**5:237-240. 1998.
- [12] MORSE D., HEAD H. H., AND WILCOX C. J. Disappearance of phosphorus in phytate from concentrates in vitro and from rations fed to lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 75:1979-1986. 1992.
- [13] PARK W. Y.; MATSUI T.; KONISHI C. KIM S. W.; YANO F. AND YANO H. Formaldehyde treatment suppresses ruminal degradation of phytate in soybean meal and rapeseed meal. **B. J. Nutr.** 81:467-471. 1999.
- [14] POINTILLART A. Phytates, Phytase: leur importance dans L'alimentation des monogastriques. **Prod. Anim.** 7:29-39. 1994.
- [15] YOON, S. J., CHOI Y. J., MIN H. K., CHO K. K., KIM J. W., LEE S. C. AND JUNG Y. H. Isolation and identification of phytase-producing bacterium. Enterobacter sp. 4, and enzymatic properties of phytase enzyme. **Enzyme and Microbial technology.** 18: 449-454. 1996.