

ABSORCIÓN DEL FÓSFORO Y CINÉTICA DE FÓSFORO Y CALCIO DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS

Susmira Godoy y Claudio F. Chicco

RESUMEN

Para medir la absorción verdadera del P y la cinética de P y Ca, cuatro ovinos por fuente, con diferentes tamaños del "pool" tisular de F, fueron alimentados durante 15 meses con fosfatos de Riecito (RIO), Monte Fresco (MONTE) y superfosfato triple (SFT), para conformar los grupos con alto "pool" tisular de F. Adicionalmente, cuatro animales con bajo "pool" tisular de F fueron suplementados, durante los últimos 30 días de experimentación, con un fosfato dicálcico (DICAL) más 500ppm de F (D+F). Se incluyó un grupo solamente con DICAL como testigo. Las dietas (1kg/animal/día) fueron isoproteicas, isoenergéticas, con igual contenido de P y Ca. Los animales fueron dosificados con 200 μ Ci de 32 P y 45 Ca para los estudios de cinética y determinación de la fracción endógena fecal de P. La absorción verdadera de P fue

superior ($P < 0,05$) para DICAL, D+F y SFT, y menor para RIO y MONTE. Los tiempos medios ($t_{1/2}$) de salida rápida del 32 P del plasma fueron menores para SFT, DICAL y D+F que para RIO y MONTE. El $t_{1/2}$ de ingreso del 45 Ca al compartimiento central fue más rápido ($P < 0,05$) para DICAL, seguido por SFT y D+F, y más lento para RIO y MONTE. El $t_{1/2}$ de salida rápida del 45 Ca del plasma fue menor ($P < 0,05$) para DICAL, seguido por D+F, RIO, MONTE y SFT. La captura de 32 P y 45 Ca fue mayor en el tejido óseo menos mineralizado. Se concluye que la biodisponibilidad del P es menor en los fosfatos de yacimiento; la cinética del P está relacionada con su biodisponibilidad; y el F, independientemente del tamaño tisular del "pool", limita la absorción del Ca sin efectos aparentes sobre la utilización del P.

SUMMARY

In order to measure true absorption of P, and P and Ca kinetics, four sheep per phosphorus source, with different tissue "pool sizes" of fluorine, were fed during a 15 month period sedimentary phosphates of Riecito (RIO) and Monte Fresco (MONTE), and triple superphosphate fertilizer (TSP) to constitute the high F tissue pool group. In addition, four animals with low F tissue pool were fed during the last 30 days of the experiment with dicalcium phosphate (DICAL) plus 500 ppm F (D+F). A reference group was fed DICAL alone. Sheep were kept in metabolic crates. The diets (1kg/animal/day) had similar protein, caloric, P and Ca contents. P and Ca kinetics, and endogenous faecal P fraction were determined by isotopic dilution technique with 32 P and 45 Ca (200 μ Ci/animal). True

absorption of P showed higher values ($P < 0,05$) for DICAL, D+F and TSP, and lower ones for RIO and MONTE. The half-life of fast 32 P blood clearance was lower for TSP, DICAL and D+F, in relation to RIO and MONTE. The $t_{1/2}$ for 45 Ca entry to plasma was lower for DICAL, intermediate for TSP and D+F, and higher for RIO and MONTE. The $t_{1/2}$ for 45 Ca clearance was significantly lower ($P < 0,05$) for DICAL, followed by RIO, DICAL+F, MONTE and TSP. Capture of 32 P and 45 Ca in bone tissue was higher in less mineralized bone. The results indicate that P bioavailability is lower in sedimentary phosphates; that P kinetics is related to the bioavailability of the element; and that high levels of F, independent of tissue pool, have a negative effect on Ca absorption, with no apparent effect on P utilization.

Introducción

En Venezuela, la producción bovina y de pequeños rumiantes, caprinos y ovinos, es una actividad de carácter pastoril, sujeta a las variaciones impuestas por las condiciones climáticas y de fertilidad de los suelos, que se refleja en la calidad y cantidad de biomasa vegetal disponible a los animales.

Entre las condiciones carenciales, la del fósforo es una

de las principales limitantes para los animales a pastoreo, particularmente en las regiones tropicales (McDowell *et al.*, 1993). La suplementación con fosfatos de grado alimenticio, en la mayoría de los casos, es costosa, por lo que, frecuentemente, se utilizan fuentes de P no convencionales, como fosfatos sedimentarios y fertilizantes.

En trabajos precedentes (Godoy *et al.*, 2002; Godoy y Chicco, 2004) efectuados en ovinos, se reseñaron informacio-

nes sobre las características productivas y digestibilidad aparente de algunos fosfatos de roca de Venezuela y de un fertilizante de alto contenido de flúor. Sin embargo, hay muy poca información disponible sobre la absorción verdadera del P en rumiantes. En estas especies, debido a la alta participación de la fracción metabólica fecal del P, es conveniente expresar los resultados de biodisponibilidad como absorción verdadera (Underwood, 1981). En este

sentido se considera que la técnica de dilución isotópica puede ser un método confiable para estimar la fracción endógena del P en las heces. El uso de elementos marcados permite, además, realizar estudios de la cinética del elemento (Lofgreen, 1960; Underwood, 1977).

El propósito del presente estudio fue determinar la absorción verdadera del P de las rocas fosfáticas de mayor uso en Venezuela y del superfosfato triple, con mediciones de la ci-

PALABRAS CLAVE / Calcio / Absorción / Cinética / Fosfatos / Fósforo / Rumiante /

22/09/2004. Modificado: 12/05/2205.- Aceptado: 01/06/2005.

Susmira Godoy. Doctora en Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Venezuela (UCV). Investigadora, Instituto Nacional de Investigacio-

nes Agrícolas, INIA-CENIAP, Venezuela. Dirección: Apartado Postal 2103, Maracay 2105, Venezuela. e-mail: sgodoy@inia.gov.ve

Claudio Chicco. Ph.D. en Bioquímica de la Nutrición, University of Florida, EEUU. Professor, Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV.

RESUMO

Para medir a absorção verdadeira do P e a cinética de P e Ca, quatro ovinos por fonte, com diferentes tamanhos do "pool" tisular de F, foram alimentados durante 15 meses com fosfatos de "Riecito" (RIO), Monte Fresco (MONTE) e superfosfato triplo (SFT), para conformar os grupos com alto "pool" tisular de F. Adicionalmente, quatro animais com baixo "pool" tisular de F foram suplementados, durante os últimos 30 dias de experimentação, com um fosfato bicálcico (DICAL) mais 500ppm de F (D+F). Incluiu-se um grupo somente com DICAL como testemunha. As dietas (1kg/animal/dia) foram isoproteicas, isoenergéticas, com igual conteúdo de P e Ca. Os animais foram dosificados com 200mCi de ^{32}P e ^{45}Ca para os estudos de cinética e determinação da fração endógena fecal de P. A absorção verdadeira de P foi

superior ($P < 0,05$) para DICAL, D+F e SFT, e menor para RIO e MONTE. Os tempos médios ($t_{1/2}$) de saída rápida do ^{32}P do plasma foram menores para SFT, DICAL e D+F que para RIO e MONTE. O $t_{1/2}$ de ingresso do ^{45}Ca ao compartimento central foi mais rápido ($P < 0,05$) para DICAL, seguido por SFT e D+F, e mais lento para RIO e MONTE. O $t_{1/2}$ de saída rápida do ^{45}Ca do plasma foi menor ($P < 0,05$) para DICAL, seguido por D+F, RIO, MONTE e SFT. A captura de ^{32}P e ^{45}Ca foi maior em tecido ósseo menos mineralizado. Conclui-se que a biodisponibilidade de P é menor nos fosfatos de jazida; a cinética de P está relacionada com sua biodisponibilidade; e o F, independentemente do tamanho tisular do "pool", limita a absorção do Ca sem efeitos aparentes sobre a utilização do P.

nética de P y Ca, y del efecto del F sobre la utilización tisular de los dos elementos.

Materiales y Métodos

Para medir la absorción verdadera del fósforo se evaluaron, en ovinos, dos fosfatos de yacimiento, Riecito (RIO) y Monte Fresco (MONTE), un fertilizante (superfosfato triple; SFT), constituyendo estos los grupos de alto "pool" tisular de flúor. Se incluyó además, un tratamiento con un fosfato dicálcico (DICAL) más 500ppm de flúor como NaF (D+F), considerado como el grupo de bajo "pool" tisular de F. Se utilizó el DICAL como testigo referencial. Las características químicas de los fosfatos utilizados se presentó en (Godoy y Chicco, 2004)

Los animales con alto "pool" tisular de F fueron alimentados durante 15 meses con los fosfatos de RIO, MONTE y SFT, y los de bajo "pool" tisular, solamente durante 30 días de la experimentación. Estos últimos tenían concentraciones de F en el hueso de 1600ppm (Godoy y Chicco, 2004), significativamente inferiores a los niveles registrados en los tratamientos con los fosfatos s e d i - mentarios (RIO: 2433; MONTE: 2667) y el superfosfato triple (SFT: 3133).

Las dietas experimentales (Godoy y Chicco, 2004) estaban constituidas por tusa y maíz molido, melaza de caña, harina de soya, urea, sal, aceite

vegetal y las diferentes fuentes de P, siendo isoproteicas (14% PC), isoenergéticas (2,2 Mcal EM/kg) y con similar tenor de P (0,37% P total) y de Ca (0,50-0,60%). Los animales fueron alimentados con las raciones experimentales a razón de 1 kg/animal/día como única dieta y agua a voluntad.

Al final del período de crecimiento de 15 meses, de cada tratamiento se seleccionaron cuatro ovinos, mestizos West African, de 48,5kg de peso vivo promedio, que fueron colocados en jaulas de metabolismo individuales por 21 días consecutivos, 14 días de adaptación y 7 de registros del consumo y de la excreción fecal y urinaria, y mantenidos con las mismas dietas.

Se tomaron muestras de los alimentos y de las heces y orina (10%) para análisis de P y Ca, previo mezclado, homogeneizado y conservación del material a -4°C . Se determinó la concentración de P inorgánico estable en plasma y heces por colorimetría (Fiske y Subbarow, 1925) y de Ca por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1984).

La absorción verdadera (AV) se calculó mediante la fórmula

$$AV(\%) = \frac{P \text{ consumido} - (P \text{ heces} - P \text{ endógeno fecal})}{P \text{ consumido}} \times 100$$

Para la determinación de la fracción endógena fecal de P y para los estudios de cinética de P y Ca, se utilizó la técnica de dilución isotópica con ^{32}P (Na_2HPO_4) y ^{45}Ca (CaHPO_4) de Amersham International®, respectivamente. Para cada ele-

mento se prepararon soluciones radiactivas constituidas por 10ml de una solución salina estéril (0,85%) y la cantidad correspondiente a 2mCi, para cargar jeringas con 1ml de la solución (200 μCi). Cada animal fue dosificado, a través de la vena yugular derecha, con 200 μCi de ^{32}P y, por vía oral, con 200 μCi de ^{45}Ca .

Para las estimaciones de la fracción metabólica fecal del P y consecuentemente de la absorción verdadera del elemento, se calculó, a diferentes tiempos, la actividad específica (AE) del ^{32}P en plasma y heces, cuando esta alcanzó el estado de equilibrio. Para ello se utilizaron las fórmulas de Kleiber *et al.* (1951) y Underwood (1981):

Para plasma:

$$AD(\%) = \frac{\text{cpm de la muestra}}{\text{cpm del patrón}}$$

donde AD: actividad dosificada, cpm de la muestra: cuentas/min en 1ml de plasma, y cpm del patrón: cuentas/min en 100 μl de patrón \times 1000, y

$$AE \text{ plasma} = \frac{AD(\%)}{\text{mg P / ml plasma}}$$

Para heces:

$$AI(\%) = \frac{\text{cpm de las heces}}{\text{cpm del patrón}}$$

$$AE \text{ heces} = \frac{AI(\%)}{\text{mg P / g heces}}$$

donde AI: actividad inyectada, cpm heces: cuentas/min en 1g de heces

Para los estudios de cinética se estimó el tiempo medio ($t_{1/2}$)

de entrada del ^{45}Ca al "pool" central (plasma) y, por medio de ecuaciones exponenciales, la salida del ^{32}P y ^{45}Ca a los diferentes compartimientos. Para ello se relacionó la actividad específica del elemento en el plasma, como variable dependiente, y el tiempo (horas) postdosificación del material radioactivo, como variable independiente, para cada una de las fuentes de P. La pendiente de las ecuaciones fue utilizada para el cálculo de los $t_{1/2}$ de acuerdo a

$$t_{1/2} = \ln 2 / \text{pendiente}$$

Además, a las 144h postdosificación, los animales fueron sacrificados y se midió la captura de ^{32}P y ^{45}Ca por el tejido óseo, utilizando la séptima costilla izquierda, previa incineración (Godoy y Chicco, 2004). Se utilizó el efecto Cerenkov para la detección del ^{32}P y líquido de centelleo para el ^{45}Ca , con el uso de un equipo convencional de centelleo líquido.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y se utilizó la prueba de amplitudes múltiples de Duncan para las comparaciones de las medias de las diversas determinaciones. Se establecieron correlaciones y regresiones entre las variables estudiadas (Steel y Torrie, 1988).

Resultados

La excreción de P endógeno fecal (%), 6 días después de la dosificación de los animales, cuando la actividad es-

ACTIVIDAD ESPECÍFICA (AE) DEL ^{32}P EN HECES Y PLASMA, Y P ENDÓGENO FECAL EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS¹

Medidas	DICAL	D+F	RIO	MONTE	SFT
AE ^{32}P heces	0,0019 ±0,0004	0,0022 ±0,0003	0,0010 ±0,0003	0,0008 ±0,0003	0,0017 ±0,0004
AE ^{32}P plasma	0,0133 ±0,003	0,0186 ±0,006	0,0146 ±0,001	0,0165 ±0,003	0,0128 ±0,002
P endógeno ² , %	20,79 ±4,17 a	17,84 ±3,93 a	8,17 ±2,27 c	6,39 ±0,80 c	13,09 ±2,54 b

¹ Cuatro ovinos/tratamiento.

² % del P total. Promedios con letras distintas son diferentes entre sí (P<0,05).

ABSORCIÓN VERDADERA (AV) DE P EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS¹

Medidas	DICAL	D+F	RIO	MONTE	SFT
P Ingerido, g/día	2,60 ±0,52	2,19 ±0,29	1,97 ±0,74	2,22 ±0,78	2,32 ±0,72
P Excretado, g/día	0,79 ±0,11	0,78 ±0,21	0,89 ±0,40	1,09 ±0,45	0,78 ±0,24
P Endógeno, g/día	0,164 ±0,05	0,139 ±0,04	0,073 ±0,03	0,070 ±0,04	0,1102 ±0,03
AV, g/día	1,974 ±0,78	1,549 ±0,15	1,153 ±0,30	1,200 ±0,40	1,642 ±0,37
AV, % ²	75,92 ±7,00 a	70,74 ±6,91 a	58,53 ±5,33 b	54,04 ±5,20 b	70,78 ±4,45 a

¹ Cuatro ovinos/tratamiento.

² Promedios con letras distintas son diferentes entre sí (P<0,05).

COEFICIENTES DE LAS ECUACIONES DE LA SALIDA DEL ^{32}P DEL PLASMA DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS¹

Fuente	Compartimiento ²	A	k	R ²	T _{1/2} ³ , h
DICAL	A ₁	0,3060	-1,6595	0,92	0,42 ±0,04 a
	A ₂	0,0400	-0,0490	0,71	14,15 ±1,55 A
D+F	A ₁	0,2239	-1,4762	0,92	0,47 ±0,04 a
	A ₂	0,0400	-0,0394	0,54	17,59 ±1,29 A
SFT	A ₁	0,5253	-1,8094	0,89	0,38 ±0,05 a
	A ₂	0,0550	-0,0288	0,66	24,07 ±3,45 A
RIO	A ₁	0,2413	-1,1423	0,94	0,61 ±0,07 b
	A ₂	0,0500	-0,0471	0,59	14,72 ±1,92 A
MONTE	A ₁	0,2211	-1,3277	0,87	0,52 ±0,08 b
	A ₂	0,0600	-0,0456	0,42	15,20 ±2,31 A

¹ ^{32}P administrado vía intravenosa; cuatro ovinos/tratamiento.

² Ecuaciones globales por tratamiento (A₁: rápido; A₂: lento; $y = A_1 e^{k_1 t} + A_2 e^{k_2 t}$)

³ T_{1/2}: tiempo medio salida de $^{32}\text{P} = \ln 2/k$. Promedios con distintas letras son diferentes entre si (P<0,05); minúsculas para A₁; mayúsculas para A₂.

pecífica del ^{32}P en heces y plasma alcanzó la fase de equilibrio, fue más baja para RIO y MONTE, intermedia para SFT y mayor (P<0,05) para DICAL y D+F (Tabla I). La absorción verdadera de P (%), para las diferentes fuentes (AV, % en Tabla II) presentó valores superiores

INCORPORACIÓN DE ^{45}Ca AL PLASMA DE OVINOS SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES FUENTES DE P^{1,2}

Fuente	A ₁	k ₁	T _{1/2} ³ , hora
DICAL	0,3881	0,3731	1,86 ±0,26 a
D+F	0,2333	0,0379	18,29 ±1,55 ab
RIO	0,2176	0,0179	38,72 ±4,89 c
MONTE	0,2765	0,0204	33,16 ±4,38 c
SFT	0,3418	0,0817	8,48 ±1,23 b

¹ Cuatro ovinos/tratamiento.

² Ecuaciones globales por tratamiento ($y = A_1 e^{k_1 t}$)

³ T_{1/2}: tiempo medio (hora) = $\ln 2/k$. Promedios con distintas letras son significativamente diferentes (P<0,05).

(A₂) de salida del ^{32}P para las diferentes fuentes. Los tiempos medios (h) de salida rápida del ^{32}P del plasma fueron menores (P<0,05) para SFT, DICAL y D+F, con relación a los fosfatos de roca de RIO y MONTE. Sin embargo, los tiempos medios (h) de salida lenta fueron similares para D+F, RIO, MONTE y DICAL, y ligeramente superior para SFT.

En el caso del ^{45}Ca , después de la dosificación oral del elemento, se registraron dos tipos de movimientos del elemento, uno de entrada al "pool" central y otro de salida hacia los diferentes compartimientos. La incorporación de ^{45}Ca al plasma (Tabla IV) presentó un tiempo medio (h) más rápido (P<0,05) para DICAL, seguido por SFT, intermedio para D+F y más lento para los fosfatos de yacimiento de RIO y MONTE.

La tasa de salida y el tiempo medio (h) de la fase rápida (A₁) del ^{45}Ca del "pool" central del plasma hacia los diferentes compartimientos (Tabla V) fue más rápida (P<0,05) en los animales alimentados con DICAL y más lenta para SFT, D+F, y los fosfatos de yacimientos de RIO y MONTE. El tiempo medio de la fase lenta (A₂) fue más rápido (P<0,05) para DICAL, con relación a los fosfatos yacimientos de RIO y MONTE, y SFT y D+F.

La captura de ^{32}P y ^{45}Ca por el hueso fue mayor (P<0,05) para MONTE, seguida por RIO y SFT e inferior (P<0,05) para DICAL y D+F (Tabla VI). En el caso particular de la captura de ^{32}P por el tejido óseo, se encontró una relación inversa (P<0,05) entre ésta y la absorción verdadera del P ($y = 82,53 - 1,04x$; $r = -0,90$).

Discusión

Los valores de absorción verdadera de P son más elevados que los registrados para la absorción aparente (Georgievskii, 1982), debido a que en la estimación de ésta última no se elimina de la ex-

(P<0,05) para DICAL, D+F y SFT, y más bajos para RIO y MONTE.

La cinética del ^{32}P desde el "pool" central de plasma hacia los otros compartimientos, mostró un patrón de salida de por lo menos dos tiempos, uno rápido y otro lento, lo que determinó que las ecuaciones de regresión que describen al proceso, fueran biexponenciales para cada fuente de P (Tabla III).

Las mayores pendientes de salida rápida (A₁) se obtuvieron para SFT y DICAL, intermedias para D+F, y menores para MONTE y RIO. No se observaron diferencias entre las pendientes de la fase lenta

creción fecal total la fracción endógena del elemento. Esta fue más elevada para los fosfatos de mayor biodisponibilidad del elemento, DICAL, D+F y SFT, y significativamente menor en los fosfatos de roca de RIO y MONTE. Esto se corresponde con el valor de 15-30% de P endógeno, como % del P fecal total, generalmente aceptado en la literatura científica (ARC, 1980). Este valor es inferior a la fracción endógena registrada por Boxebeld *et al.* (1983) en corderos con dietas deficientes en P (24,5mg/día/kg de peso). La absorción verdadera de P para DICAL resultó similar a la señalada por varios autores (Long *et al.*, 1956; Lofgreen, 1960; Arrington *et al.*, 1963; O'Donovan *et al.*, 1965; Vitti *et al.*, 1989), variando entre 50 y 70%, lo que indica la alta disponibilidad de esta fuente.

Los estudios de cinética con ^{32}P señalan que la dinámica de este elemento está influenciada por su biodisponibilidad. Así, las tendencias de menores tiempos medios del compartimiento rápido y lento, relacionados con la absorción primaria y secundaria del P, respectivamente para los fosfatos DICAL, D+F y SFT, indican que, en estas fuentes, el P es metabolizado y distribuido a los tejidos más rápidamente. Tendencias similares han sido reportadas por Vitti *et al.* (1989), quienes señalan tiempos medios (h) del ^{32}P del plasma más bajos para los fosfatos de mayor absorción, como superfosfato triple (75,9) y fosfato monoamónico (63,0), en relación a los fosfatos de roca (86,4-87,4), lo que indica que la salida del ^{32}P del plasma es más rápida en las fuentes con mayor biodisponibilidad del P. En términos absolutos, los tiempos medios de esta experimentación coinciden con los señalamientos de Georgievskii (1982) en el sentido que, en la primera hora postdosificación, cerca del 90% del ^{32}P es removido del torrente circulatorio.

TABLA V
COEFICIENTES DE LAS ECUACIONES DE LA CINÉTICA DE SALIDA DEL ^{45}Ca DEL PLASMA DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS POR PERÍODOS PROLONGADOS¹

Fuente	Compartimiento ²	A	k	R ²	t _{1/2} ³ , hora
DICAL	A ₁	0,4334	-0,1187	0,79	5,84 ± 0,78 a
	A ₂	0,2000	-0,0053	0,87	130,8 ± 14,45 A
D+F	A ₁	2,4154	-0,0463	0,63	14,97 ± 1,76 b
	A ₂	0,3500	-0,0022	0,91	315,1 ± 29,13 c
SFT	A ₁	0,7220	-0,0407	0,50	17,03 ± 1,23 b
	A ₂	0,2600	-0,0024	0,84	288,8 ± 42,34 c
RIO	A ₁	0,7368	-0,0527	0,66	13,15 ± 2,09 b
	A ₂	0,2500	-0,0022	0,86	315,06 ± 19,65 c
MONTE	A ₁	0,4117	-0,0430	0,35	16,12 ± 2,23 b
	A ₂	0,3650	-0,0031	0,92	223,6 ± 31,17 B

¹ ^{45}Ca administrado vía oral; cuatro ovinos/tratamiento.

² Ecuaciones globales por tratamiento (A₁: rápido; A₂: lento; $y = A_1 e^{k_1 t} + A_2 e^{k_2 t}$)

³ t_{1/2}: tiempo medio (hora) = ln2/k

Promedios con distintas letras son significativamente diferentes (P<0,05): minúsculas para A₁; mayúscula para A₂.

TABLA VI
ACTIVIDAD ESPECÍFICA (AE) DEL ^{32}P Y ^{45}Ca EN EL TEJIDO ÓSEO DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS¹

Medidas	DICAL	D+F	RIO	MONTE	SFT
AE $^{32}\text{P} \times 10^{-4}$	9,13 ± 1,7 c	8,00 ± 1,2 c	17,8 ± 3,4 b	29,28 ± 7,1 a	12,24 ± 3,2 bc
AE $^{45}\text{Ca} \times 10^{-7}$	0,72 ± 0,1 c	0,85 ± 0,2 c	1,54 ± 0,4 b	2,15 ± 0,4 a	1,54 ± 0,3 b

¹ Cuatro ovinos/tratamiento

Promedios con letras distintas en una misma fila son diferentes entre sí (P<0,05)

Los tiempos medios de incorporación de ^{45}Ca al plasma, más elevados en los fosfatos de yacimiento de RIO y MONTE, señalan un retardo en la absorción de Ca a nivel intestinal, probablemente por la mayor complejidad de estructura química y por la presencia de F en estas fuentes. Los tratamientos D+F y SFT, con tiempos medios del ^{45}Ca , aunque menores que los fosfatos de roca, fueron mayores que el fosfato de referencia (DICAL), indicando que el F interfiere con la absorción del Ca (Ramberg *et al.*, 1982). Los resultados de cinética del ^{45}Ca se corresponden con valores de absorción de Ca obtenidos en experimentos previos (Godoy y Chicco, 2004). El efecto del F fue menos evidente en D+F, lo que indicaría, probablemente, que es necesario un tiempo mayor de suministro del elemento para demostrar la interrelación entre éste y el Ca.

La salida del ^{45}Ca del plasma, descrita a través de ecuaciones biexponenciales, registró un menor tiempo medio

en el compartimiento rápido para DICAL, indicando que el elemento radioactivo siguió la cinética del elemento de la fuente (Georgievskii, 1982). En los tratamientos D+F, SFT, y en los fosfatos de RIO y MONTE, la salida del ^{45}Ca fue más lenta, lo que se debe posiblemente al efecto del F sobre la absorción primaria de Ca (Ramberg *et al.*, 1982). La fase de salida lenta de ^{45}Ca , relacionada con la absorción secundaria de Ca, presentó tiempos medios bajos para el fosfato de referencia (DICAL) y más elevados para las fuentes con altas concentraciones de F, corroborando su efecto negativo sobre el Ca.

Los valores más elevados de ^{32}P y ^{45}Ca en el hueso, en los tratamientos con RIO y MONTE, corroboran hallazgos anteriores que indican una mayor captura de los elementos marcados por el tejido óseo menos mineralizado (Chicco *et al.*, 1973). Además, la relación inversa entre la absorción verdadera de P y la captura de ^{32}P en el tejido óseo indica que, en el com-

partimiento de metabolización lenta (hueso), el proceso de reabsorción ósea es menor a mayor disponibilidad del elemento a nivel tisular.

Los resultados sugieren que, en el caso de los fosfatos de yacimiento RIO y MONTE, el efecto del "pool" de F está enmascarado por la baja disponibilidad del P de esas fuentes. Sin embargo, la biodisponibilidad del P del SFT no fue afectada por el "pool" tisular de F, indicando que este elemento no interfiere la absorción de P.

El F tiene un efecto negativo sobre la utilización del Ca, como ha sido indicado en los animales alimentados con F, independientemente del tiempo de suplementación (Ramberg *et al.*, 1982).

Conclusión

Se corrobora nuevamente la menor biodisponibilidad del P de los fosfatos de yacimiento RIO y MONTE y que ésta es mas elevada para el SFT. La cinética del P presenta una relación directa con la biodis-

ponibilidad del elemento. El F limita la absorción del Ca, sin tener efectos aparentes sobre la utilización del P.

REFERENCIAS

- AOAC (1984) *Official methods of analysis*. 5th ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington DC, EEUU. 1018 pp.
- ARC (1980) *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureau. Slough, RU. 183 pp.
- Arrington LR, Outler JC, Ammerman CB, Davis GK (1963) Absorption, retention and tissue deposition of labeled inorganic phosphates by cattle. *J. Anim. Sci.* 22: 940-943.
- Boxebeld A, Guenguen L, Hannequart G, Durand M (1983) Utilization of phosphorus in growing sheep fed a low phosphorus diet. *Reprod. Nutr. Dev.* 23: 1043-1053.
- Chicco CF, Ammerman CB, Feaster JP, Dunavant BG (1973) Nutritional interrelationships of dietary calcium, phosphorus and magnesium in sheep. *J. Anim. Sci.* 36: 986-993.
- Fiske CH, Subbarow E (1925) The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66: 375-400.
- Georgievskii VI (1982) The physiological role of macroelements. En Georgievskii VI, Annenkov BN, Samokhin VI (Eds.) *Mineral Nutrition of Animals*. Butterworths. Londres, RU. pp. 91-170.
- Godoy S, Chicco CF (2004) Fuentes alternas de fósforo en la alimentación de ovinos. *Interciencia* 29: 33-38.
- Godoy S, Chicco CF, Requena F (2002) Fosfatos sedimentarios venezolanos en la alimentación de ovinos. *Interciencia* 27: 482-488.
- Kleiber M, Smith AH, Ralston NP, Black AJ (1951) Radiophosphorus (P^{32}) as tracer for measuring endogenous phosphorus in cow's feces. *J. Nutr.* 45: 253-263.
- Lofgreen GP (1960) The availability of phosphorus in dicalcium phosphate, bone, meal, soft phosphate and calcium phytate for mature wethers. *J. Nutr.* 70: 58-62.
- Long TA, Tillman AD, Nelson AB, Davis B, Gallup WD (1956) Dicalcium phosphate and soft phosphate with colloidal clay as sources of phosphorus for beef heifers. *J. Anim. Sci.* 15: 1112-1118.
- McDowell LR, Conrad JH, Hembry FG (1993) *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 2^a ed. Boletín del Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville, Florida, EEUU. 76 pp.
- O'Donovan M, Plumlee P, Smith WH, Beeson WM (1965) Availability of phosphorus in dicalcium phosphates and defluorinated phosphate for steers. *J. Anim. Sci.* 24: 981-989.
- Ramberg CF, Chang JM, Mayer GP, Norberg AI, Kronfeld DS (1982) Inhibition of calcium absorption and elevation of calcium removal rate from bone in fluoride treated calves. *J. Nutr.* 100: 981-987.
- Steel RGD, Torrie JH (1988) *Principles and procedures of statistics. A Biometrics Approach*. 2nd ed. McGraw-Hill. Nueva York, EEUU. 622 pp.
- Underwood EJ (1977) *Trace elements in human and animal nutrition*. 4th ed. Academic Press. Nueva York, EEUU. 543 pp.
- Underwood EJ (1981) Sources of minerals. En Underwood EJ (Ed.) *The mineral nutrition of livestock*. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham, RU. pp. 9-19.
- Vitti DM, Abdalla AL, Filho JC (1989) Fontes alternativas de fósforo para rumiantes: Absorção real e disponibilidade biológica. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 41: 503-512.