

# COMUNICACIONES

## REPORTS

## COMUNICAÇÕES

### FUENTES ALTERNAS DE FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS

Susmira Godoy y Claudio F. Chicco

#### RESUMEN

Para evaluar fuentes de fósforo, 24 corderos (14,5kg) fueron asignados, en grupos de 6, a dos fosfatos sedimentarios venezolanos, Riecito (RIO) y Monte Fresco (MONTE), un fertilizante (superfosfato triple; SFT) y un fosfato dicálcico (DICAL) como testigo. Las dietas contenían 14% PC; 2,2Mca/kg EM; y 0,37% P total (60% proveniente de las fuentes de P) y se suministraron durante 15 meses, con registros de peso y consumo. En 4 ovinos por tratamiento se determinó, en la séptima costilla, densidad, cenizas, Ca, P y F. La absorción aparente (AA) de P, Ca y la retención de F se determinó por colección total fecal y urinaria, incluyéndose un tratamiento de DICAL con 500ppm F como NaF (D+F). La ganancia de peso (g/animal/día) fue mayor ( $P<0,05$ ) para DICAL

y RIO que para MONTE y SFT. El consumo (g/animal/día) fue más elevado en DICAL, RIO y MONTE ( $P<0,05$ ) que para SFT. La mineralización ósea, expresada como contenido de cenizas, fue similar para DICAL y SFT, seguida por RIO y menor ( $P<0,05$ ) para MONTE. La acumulación de F en hueso fue más elevada para SFT, seguido por MONTE y RIO, y menor ( $P<0,05$ ) para DICAL. La AA de P fue similar para DICAL, D+F y SFT, y menor ( $P<0,05$ ) en RIO y MONTE. Para Ca la AA fue mayor en DICAL, D+F y RIO. La retención de F fue más elevada ( $P<0,05$ ) para D+F, seguida por MONTE, SFT y RIO. Se concluye que los fosfatos sedimentarios y fertilizantes pueden sustituir parcialmente a los fosfatos desfluorinados.

#### Introducción

En los rumiantes a pastoreo, la deficiencia mineral más relevante es la de fósforo (McDowell, 1976; Underwood, 1981). McDowell *et al.* (1984) reportaron deficiencias de P en las pasturas (<0,20%) en 46 países de América Latina y del sureste de Asia y África. Posteriormente, los mismos autores (McDowell *et al.*, 1993) señalaron que en la mayoría de las áreas de pas-

toreo de países tropicales, los suelos y forrajes son deficientes en P, con concentraciones <0,15% en las pasturas.

Estudios realizados en Venezuela sobre contenido mineral en suelos, plantas y animales (Chicco y Godoy, 1987) señalaron que la deficiencia de P es la condición predominante en las sabanas infértiles, bien y mal drenadas del país, con valores promedios en el suelo de 8ppm y en el forraje de 0,11%, por

debajo del requerimiento para las plantas (10ppm) y animales (0,25%).

Entre las principales fuentes de P para corregir las deficiencias del elemento se encuentran los fosfatos inorgánicos de Ca, Na, amonio y ácido fosfórico (Thompson y Méndes, 1973), que, en el caso de Venezuela son, en su mayoría, importados. Los fosfatos de Ca de grado alimenticio para animales han sido previamente procesados

por métodos químicos o térmicos para eliminar parcialmente el F. Los fosfatos naturales, como los fosfatos de yacimientos y fertilizantes fosfatados, en algunos casos, pueden ser utilizados en la alimentación animal con ciertas restricciones.

Venezuela posee cuantiosas reservas de fosfatos de yacimientos sedimentarios que pudieran incluirse como fuentes de P para la alimentación animal, tras la correspondien-

#### PALABRAS CLAVE / Absorción / Biodisponibilidad / Flúor / Fosfatos / Mineralización / Ovinos /

Recibido: 15/08/2003. Modificado: 05/12/2003. Aceptado: 11/12/2003.

Susmira Godoy. Doctora en Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Venezuela (UCV). Investigador, Institu-

to Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-CE- NIAP. Dirección: Apartado Postal 2103. Maracay 2105.

Venezuela. e-mail: sgodoy@telcel.net.ve  
Claudio F. Chicco. Ph.D. en Bioquímica Nutricional, Universi-

dad de Florida. Profesor Titular Jubilado, Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV.

## SUMMARY

To evaluate phosphorus sources, 24 lamb (14.5kg) were randomly assigned, in groups of 6, to two Venezuelan raw rock phosphates, Riecito (RIO) and Monte Fresco (MONTE), a fertilizer (triple superphosphate; SFT) and a dicalcium phosphate (DICAL) as a reference control. The diets, fed for 15 months, had 14% PCE, 2.2Mcal EME/kg and 0.37% P (60% from phosphorus sources). Body weight and feed intake were recorded. In 4 sheep per treatment bone density, ash, Ca, P and F were determined in the seventh rib. Apparent absorption (AA) of P and Ca, and F retention were measured by total fecal and urinary collection, including an additional treatment of DICAL with 500ppm added F as NaF (D+F). Weight gain (g/animal/day) was higher ( $P<0.05$ )

for DICAL and RIO than for MONTE and SFT. Intake (g/animal/day) was higher for DICAL, RIO and MONTE, and lower ( $P<0.05$ ) for SFT. Bone mineralization expressed as ash content was similar for DICAL and SFT, followed by RIO and lower ( $P<0.05$ ) for MONTE. Bone F accumulation was higher with SFT followed by MONTE and RIO, and lower for DICAL. AA of P was similar for DICAL, D+F and SFT, which were higher ( $P<0.05$ ) than RIO and MONTE. AA of Ca was higher in DICAL, D+F and RIO. F retention was higher ( $P<0.05$ ) for D+F, followed by MONTE, SFT y RIO. It is concluded that sedimentary phosphates and fertilizers can only substitute partially feed grade defluorinated phosphates.

## RESUMIO

Para avaliar fontes de fósforo, 24 cordeiros (14,5 kg) foram designados, em grupos de 6, a dois fosfatos sedimentarios venezuelanos, Riecito (RIO) e Monte Fresco (MONTE), um fertilizante (superfosfato triplo; SFT) e um fosfato dicálcico (DICAL) como testemunha. As dietas continham 14% PC; 2,2 Mcal/kg EM; e 0,37% P total (60% proveniente das fontes de P) e se subministraram durante 15 meses, com registros de peso e consumo. Em 4 ovinos por tratamento determinou-se, na sétima costela, densidade, cinzas, Ca, P e F. A absorção aparente (AA) de P, Ca e a retenção de F determinou-se por colheita total fecal e urinária, incluindo-se um tratamento de DICAL com 500 ppm F como NaF (D+F). O ganho de peso (g/animal/día) foi maior

( $P<0,05$ ) para DICAL e RIO que para MONTE e SFT. O consumo (g/animal/día) foi mais elevado em DICAL, RIO e MONTE ( $P<0,05$ ) que para SFT. A mineralização óssea, expressada como conteúdo de cinzas, foi semelhante para DICAL e SFT, seguida por RIO e menor ( $P<0,05$ ) para MONTE. A acumulação de F no osso foi mais elevada para SFT, seguido por MONTE e RIO, e menor ( $P<0,05$ ) para DICAL. A AA de P foi semelhante para DICAL, D+F e SFT, e menor ( $P<0,05$ ) em RIO e MONTE. Para Ca a AA foi maior em DICAL, D+F e RIO. A retenção de F foi mais elevada ( $P<0,05$ ) para D+F, seguida por MONTE, SFT e RIO. Se conclui que os fosfatos sedimentarios e fertilizantes podem substituir parcialmente aos fosfatos desfluorinados.

TABLA I  
COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) DE LOS FOSFATOS UTILIZADOS

Fuente	Ca	P	F	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
		%				ppm		
DICAL	29,0 ±0,45	22,7 ±0,47	ND	ND	ND	ND	ND	ND
RIO	24,6 ±0,45	11,1 ±0,90	1,2 ±0,15	0,08 ±0,001	0,92 ±0,28	22 ±2,50	100 ±3,4	797 ±32,5
MONTE	34,4 ±0,41	12,0 ±0,80	2,5 ±0,18	0,12 ±0,01	0,37 ±0,09	19 ±1,2	39 ±1,3	449 ±25,5
SFT	15,8 ±0,71	19,3 ±0,53	2,6 ±0,19	0,69 ±0,02	ND	ND	ND	0,05 ± 0,005

ND: No detectable.

te evaluación. Resultados obtenidos por diferentes autores en aves y cerdos (Godoy y Chicco, 2001; 2002) y en rumiantes (Godoy *et al.*, 2000; 2002) señalan que estas fuentes pueden sustituir parcial o totalmente los fosfatos inorgánicos de importación, dependiendo de la finalidad productiva de los animales.

En el presente trabajo se reseñan los resultados del comportamiento productivo, la mineralización del tejido óseo, la absorción aparente de P y Ca, y la retención del F de dos fosfatos sedimentarios y del superfosfato triple, incluidos en dietas para ovinos por períodos de tiempo prolongados.

## Materiales y Métodos

Para determinar los índices productivos, la mineralización del tejido óseo, la absorción de P y Ca y la retención de F, 24 corderos mestizos West African recién destetados de 14,5 ±1,2kg de peso vivo inicial promedio fueron distribuidos, según un diseño aleatorio, en grupos de 6 animales cada uno, y alimentados con diferentes fuentes de P, dos fosfatos de yacimiento venezolanos, Riecito (RIO) y Monte Fresco (MONTE) y un fertilizante (superfosfato triple; SFT), que fueron comparados con un fosfato dicálcico (DICAL) como testigo (Tabla I).

Las dietas experimentales (Tabla II) estaban constituidas por tusa y maíz molido, melaza de caña, harina de soya, urea, sal, aceite vegetal y las diferentes fuentes de P previamente molidas. Todas las dietas tuvieron el mismo contenido de proteína cruda estimada (14% PC), energía (2,2Mcal EM/kg), Ca (0,50-0,60%) y P total (0,37% P). Las fuentes inorgánicas de fósforo aportaron el 60% del P total (0,22% P).

Durante 15 meses, las raciones experimentales fueron ofrecidas a razón de 1kg/animal/día promedio como única dieta y agua a voluntad. Se llevaron registros de peso corporal cada 28 días y de con-

sumo, por grupo de 3 animales cada uno (6 animales por tratamiento), cada 14 días.

## Mineralización ósea

Para los estudios de mineralización ósea, 4 animales por tratamiento fueron sacrificados para la extracción de la séptima costilla izquierda (McDowell *et al.*, 1984). En el tejido óseo se midió el volumen y se calculó además la densidad ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), mediante la relación entre el peso del hueso fresco (g) y el volumen de agua ( $\text{cm}^3$ ) desplazada y pesada, sumergiendo el hueso en un cilindro graduado de vidrio y recolectado el líquido en un vaso de precipitados, a

través de un dispositivo de drenaje. Se determinó el peso húmedo y después de secar a 105°C durante 48h, así como el peso seco desgrasado por reflujo con éter de petróleo al 100% en caliente (60°C) durante 4h. Los huesos fueron incinerados a 600°C durante 24h y las cenizas resultantes fueron expresadas como porcentaje del peso seco libre de grasa, en mg·cm<sup>-3</sup>.

Las concentraciones de F (ppm) y de Ca (mg·cm<sup>-3</sup> y %) se determinaron por espectrometría y por espectrofotometría de absorción atómica, respectivamente (AOAC, 1984). La concentración de P (mg·cm<sup>-3</sup> y %) se determinó por colorimetría (Fiske y Subbarrow, 1925).

#### Absorción y retención

Para la determinación de la absorción del P y Ca y la retención de F en ovinos con alto "pool" tisular de F en el organismo, se seleccionaron 4 animales de 48,5kg de peso promedio, de aquellos grupos que habían sido alimentados durante 15 meses con los fosfatos de RIO, MONTE y SFT. Para los animales de bajo "pool" tisular de F se incluyó un tratamiento adicional, con 4 ovinos de igual peso que fueron alimentados, durante los últimos 30 días de la experimentación, con DICAL + 500ppm F, como fluoruro de Na (D+F).

Los animales fueron colocados en jaulas de metabolismo individuales por 21 días consecutivos, 14 días de adaptación y 7 de registro diario del consumo y de las excreciones fecal y urinaria. Se utilizó el método de colección total y se tomaron muestras (10%) de heces y orina para análisis de P, Ca y F por medio de las técnicas indicadas anteriormente, previo mezclado y homogeneizado del material, y de los suplementos.

La absorción aparente (AA) de P y Ca fue calculada según

$$AA (\%) = \frac{I - E}{I} \times 100$$

TABLA II  
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES  
PARA OVINOS EN CRECIMIENTO ALIMENTADOS CON  
FOSFATOS DE YACIMIENTOS

INGREDIENTES	DICAL	RIO	MONTE	SFT
Tusa de maíz molida (%)	38,76	38,26	38,26	38,27
Maíz molido (%)	38,2	38,2	38,2	38,2
Melaza ce caña (%)	9,3	9,3	9,3	9,3
Soya/48 (%)	6,3	6,3	6,3	6,3
Urea (%)	2,9	2,9	2,9	2,9
Sal (%)	1,56	1,56	1,56	1,56
Aceite vegetal (%)	0,98	0,98	0,98	0,98
Carbonato Ca (%)	0,5	-	-	0,79
Minerales <sup>1</sup>	0,5	0,5	0,5	0,5
DICAL (%)	1			
RIO (%)		2		
MONTE (%)			1,8	
SFT (%)				1,2
Proteína cruda (%)	24	24	24	24
EM (Mcal/kg)	2,2	2,2	2,2	2,2
Ca (%)	0,50	0,52	0,60	0,50
P total (%)	0,37	0,37	0,37	0,37

<sup>1</sup> Composición: Mg: 1%, S: 1%, Zn: 5000ppm, Fe: 1500ppm, Mn: 3000ppm, Cu: 1250ppm, Co: 20ppm, Se: 15ppm.

TABLA III  
CAMBIO DE PESO Y CONSUMO DE OVINO SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES  
FOSFATOS<sup>1</sup>

	DICAL	RIO	MONTE	SFT
Peso inicial (kg/animal)	14,5 ± 1,2	14,5 ± 1,2	14,5 ± 1,2	14,5 ± 1,2
Peso final (kg/animal)	53,8 ± 0,35a	53,5 ± 4,77a	44,2 ± 3,88b	42,8 ± 6,25b
Cambio peso (g/animal/día)	112,8 ± 0,35a	108,0 ± 4,80a	90,3 ± 3,88b	73,9 ± 6,25b
Consumo (g/animal/día)	883,0 ± 185,7a	818,6 ± 175,9b	830,2 ± 243,9b	744,9 ± 287,6c
Conversión alimenticia	7,68 ± 2,01	7,75 ± 2,17	8,89 ± 2,61	10,78 ± 4,72

<sup>1</sup> Seis animales/tratamiento.

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

TABLA IV  
ECUACIONES DE REGRESIÓN ENTRE EDAD (X) Y PESO CORPORAL O CONSUMO DE  
ALIMENTO EN OVINOS SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS

Fosfatos	Peso vs edad	Consumo vs edad
DICAL	Y= 5,02+3,43X; R <sup>2</sup> = 0,93; P<0,01	Y= 1205,1-40,9X; R <sup>2</sup> = 0,59; P<0,05
RIO	Y= 3,79+3,46X; R <sup>2</sup> = 0,88; P<0,01	Y= 1202,5-42,3X; R <sup>2</sup> = 0,55; P<0,05
MONTE	Y= 8,36+2,58X; R <sup>2</sup> = 0,82; P<0,01	Y= 1273,5-58,8X; R <sup>2</sup> = 0,61; P<0,05
SFT	Y= 8,77+2,46X; R <sup>2</sup> = 0,82; P<0,01	Y= 1252,9-51,4X; R <sup>2</sup> = 0,59; P<0,05

donde I: cantidad de P o Ca ingerida y E: cantidad de P o Ca excretada en heces.

La retención neta aparente (RNA) de F fue calculada según

$$RNA (\%) = \frac{FI - FE}{FI} \times 100$$

donde FI: cantidad de flúor ingerida y FE: cantidad de flúor excretada en heces y orina.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza, correla-

ción y regresión y, se utilizó la prueba de amplitudes múltiples de Duncan para las comparaciones de las medias de las diversas determinaciones (Steel y Torrie, 1988).

#### Resultados

La respuesta productiva de los ovinos con peso inicial promedio de 14,5kg fue mejor (P<0,05) en los animales ali-

mentados con DICAL y RIO que en los que consumían MONTE y SFT, al presentar una ganancia de peso (g/animal/día) mayor, y un peso promedio (kg/animal) mayor al final del período de 15 meses (Tablas III y IV).

El consumo de alimento promedio (g/animal/día) fue más elevado en DICAL, seguido por RIO y MONTE, siendo menor (P<0,05) para SFT (Tabla III). La misma tendencia se registró para la conversión alimenticia (kg alimento/kg ganancia de peso). El consumo disminuyó progresivamente con el tiempo en los animales alimentados con MONTE y SFT (Tabla IV).

El consumo de F (g/animal/día) en los animales alimentados con los fosfatos sedimentarios fue, en promedio, de 9,56

para los alimentados con RIO; 20,08 para MONTE y 18,96 para SFT, y presentó una correlación negativa con el peso corporal (r=-0,46; P<0,001) y el consumo (r=-0,32; P<0,001). A su vez, el consumo presentó una relación inversa (r=-0,43; P<0,001) con la conversión alimenticia, es decir, a mayor consumo mejor conversión.

En general, la mineralización del tejido óseo, al final

del período de alimentación de 15 meses, fue mayor para los animales alimentados con DICAL y SFT, con relación a los que consumían los fosfatos de yacimiento de RIO y MONTE, como se aprecia en la Tabla V.

La densidad del tejido óseo fue significativamente superior ( $P<0,05$ ) en DICAL y SFT, y menor ( $P<0,05$ ) para RIO, mientras MONTE tuvo una posición intermedia.

La concentración de cenizas en hueso (%) fue similar para DICAL y SFT, seguida por RIO, y menor ( $P<0,05$ ) para MONTE. Cuando el contenido de cenizas se expresó en  $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$  de hueso, el SFT presentó el valor más elevado, sin diferencias con DICAL, y ambos superiores ( $P<0,05$ ) a los fosfatos de RIO y MONTE.

Los contenidos de P y Ca en el tejido óseo siguieron la misma tendencia de las medidas anteriores, con valores más elevados para SFT y DICAL, y más bajos en RIO y MONTE. En cuanto al F, en concordancia con su menor concentración en DICAL, los animales alimentados con esta dieta presentaron una menor ( $P<0,05$ ) acumulación de F que en aquellos alimentados con SFT, MONTE y RIO.

Los estudios de correlación entre las variables utilizadas para estimar la mineralización del tejido óseo señalan correlaciones positivas y altamente significativas ( $P<0,001$ ) entre densidad y contenido de cenizas ( $r=0,66$ ), P ( $r=0,64$ ) y Ca ( $r=0,64$ ), expresados en  $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$  de hueso, y no cuando los valores se comparan en porcentaje.

En los estudios de digestibilidad (Tabla VI) los valores de AA de P fueron similares para DICAL, D+F y SFT, mientras que en los fosfatos de RIO y MONTE fue menor ( $P<0,05$ ), sin diferencias significativas entre rocas. La AA de Ca de los distintos fosfatos presentó valores superiores ( $P<0,05$ ) para DICAL, D+F y RIO, y menores para MONTE y SFT,

TABLA V  
MINERALIZACIÓN DEL TEJIDO ÓSEO DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FUENTES DE P POR PERÍODOS PROLONGADOS<sup>1</sup>

	DICAL	RIO	MONTE	SFT
Densidad ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	1,347 ± 0,21a	1,141 ± 0,16b	1,235 ± 0,08ab	1,333 ± 0,12a
Cenizas (%)	61,81 ± 0,97a	60,75 ± 1,63b	57,87 ± 3,70c	63,56 ± 0,54ab
Cenizas ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	473,4 ± 52,6bc	412,7 ± 75,9c	408,2 ± 115,6c	552,9 ± 79,7ab
P (%)	15,94 ± 0,88ab	15,17 ± 1,10b	15,80 ± 0,77ab	16,76 ± 0,71a
P ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	78,71 ± 10,39ab	62,14 ± 8,68c	64,91 ± 19,81c	92,74 ± 14,24a
Ca (%)	35,04 ± 1,94ab	33,37 ± 2,42b	34,76 ± 1,70ab	36,87 ± 1,56a
Ca ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	165,85 ± 22,86ab	136,71 ± 19,10c	142,81 ± 43,58c	204,03 ± 31,34a
F (ppm)	816,7 ± 76,4a	2433,3 ± 208,2b	2666,7 ± 152,8b	3133,3 ± 32,5c

<sup>1</sup> Cuatro animales/tratamiento.

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

TABLA VI  
ABSORCIÓN APARENTE DE P Y CA EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS<sup>1</sup>

	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
Excretado (g/día)	0,79 ± 0,11	0,78 ± 0,21	0,89 ± 0,40	1,09 ± 0,45	0,78 ± 0,24
Absorbido (g/día)	1,81 ± 0,54	1,42 ± 0,22	1,02 ± 0,36	1,14 ± 0,45	1,54 ± 0,52
AA P (%)	68,19 ± 6,60a	64,76 ± 7,05a	55,62 ± 5,66b	51,89 ± 8,99b	65,72 ± 5,97a
Ca					
Ingerido (g/día)	6,05 ± 1,21	4,39 ± 0,79	5,70 ± 2,21	6,73 ± 2,35	6,02 ± 1,86
Excretado (g/día)	1,66 ± 0,28	1,28 ± 0,60	1,75 ± 0,82	2,53 ± 1,01	2,42 ± 0,75
Absorbido (g/día)	4,38 ± 1,18	3,11 ± 0,42	3,95 ± 1,45	4,19 ± 1,52	3,60 ± 1,27
AA Ca (%)	71,43 ± 5,63a	70,87 ± 7,26a	69,74 ± 4,45a	62,67 ± 5,85b	59,06 ± 7,10b

<sup>1</sup> Cuatro animales/tratamiento.

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

TABLA VII  
RETENCIÓN NETA APARENTE DE FLÚOR EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES FOSFATOS<sup>1</sup>

PARAMETRO	D+F	SFT	RIO	MONTE
Ingerido (mg/día)	264,85 ± 34,2	276,11 ± 85,4	215,85 ± 83,6	444,78 ± 162,1
Heces (mg/día)	36,83 ± 25,4	106,05 ± 43,4	88,96 ± 35,4	172,01 ± 71,3
Orina (mg/día)	19,82 ± 9,9	26,22 ± 15,0	11,25 ± 6,9	14,77 ± 8,6
Excretado total (mg/día)	56,64 ± 27,5a	132,25 ± 40,2b	100,21 ± 38,1b	186,78 ± 74,2c
Heces (% excretado)	66,97 ± 12,8	78,49 ± 9,94	88,39 ± 6,39	91,67 ± 4,92
Orina (% excretado)	33,03 ± 12,8	21,51 ± 9,94	11,61 ± 6,39	8,33 ± 4,92
Retenido (mg/día)	208,20 ± 34,9	143,84 ± 54,5	115,65 ± 55,0	258,00 ± 125,9
RNA (%)	78,52 ± 8,93a	52,41 ± 7,64b	54,23 ± 9,34b	56,65 ± 12,85b

<sup>1</sup> Cuatro corderos/tratamiento.

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

sin diferencias significativas entre éstos últimos.

El consumo de F se correlacionó negativamente con la AA de P ( $r=-0,32$ ;  $P<0,02$ ) y de Ca ( $r=-0,24$ ;  $P<0,09$ ). La retención neta aparente de F (%) fue más elevada ( $P<0,05$ ) en los animales alimentados con D+F, seguida por MONTE, SFT y RIO, sin diferencias significativas entre éstos

últimos (Tabla VII). La excreción total de F (mg/día) fue mayor ( $P<0,05$ ) para los animales alimentados con MONTE, con relación a SFT y RIO, y significativamente menor para D+F, registrándose además, una correlación positiva entre excreción e ingestión de F ( $r=0,77$ ;  $P<0,01$ ). La proporción del elemento (%) excretada en las heces

fue mayor que en la orina, para todas las fuentes. Así, los animales que consumían el fosfato de yacimiento de MONTE tuvieron una eliminación fecal de F (mg/día) más elevada, seguida por SFT y RIO, y menor para DICAL+F, mientras que la proporción excretada en la orina fue mayor DICAL+F, seguida de SFT, RIO y MONTE.

## Discusión

En el presente estudio de crecimiento realizado durante más de un año en ovinos recién destetados, aquellos que recibieron una dieta suplementada con el fosfato de RIO, que contenía 240 ppm de F, registraron ganancias de peso y consumos similares a los alimentados con dietas suplementadas con el fosfato dicálcico desfluorinado (DICAL), mientras que en los animales alimentados con las fuentes de mayor contenido del elemento, MONTE (560ppm) y SFT (348ppm), los índices productivos fueron más bajos. Similares resultados fueron obtenidos por Messer *et al.* (1973) y Ramberg *et al.* (1982).

Las menores respuestas en los animales que consumían cantidades más elevadas de F, en relación con los niveles tolerables del elemento (200ppm; NRC, 1985) posiblemente se debe, por un lado, a la menor biodisponibilidad del P de los fosfatos sedimentarios (Godoy *et al.*, 2002) y, por el otro, al efecto del F sobre la disminución en el consumo voluntario, particularmente en el caso del SFT. Probablemente esto se relaciona con alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos, por disminución en el nivel de glucosa-6-deshidrogenasa y en el recambio de glucógeno (Zebrowski *et al.*, 1964; Carlson y Suttie, 1966), y a alteraciones en la glucólisis, por inhibición en la actividad de la enolasa (Suttie *et al.*, 1974).

La disminución del consumo, asociado a una menor conversión alimenticia, indica que a mayor consumo hay mejor eficiencia, debido al menor gasto de nutrientes requeridos para mantenimiento.

El tejido óseo menos mineralizado en los animales suplementados con RIO y MONTE se debe a la menor disponibilidad de P y la mayor acumulación de F, por el contenido más elevado de este elemento en esas fuentes

tes. Sin embargo, el suministro de un fosfato con mayor biodisponibilidad de P, como SFT, no afectó las medidas de mineralización, con valores comparables al fosfato dicálcico, aún cuando la acumulación de F fue más elevada, por la alta concentración y mayor solubilidad del elemento en esta fuente. Esto parecería contradecir, en el contexto de los niveles utilizados, que el exceso de F afecta negativamente la mineralización del tejido óseo, lo que ha sido demostrado en investigaciones previas (Godoy y Chicco, 2001) y más recientemente por Odongo *et al.* (2002), quienes señalaron que altos niveles de F en rocas fosfóricas disminuyen el contenido de cenizas, Ca, relación Ca:P y resistencia a la ruptura del hueso.

Los resultados indican que los fosfatos sedimentarios con baja biodisponibilidad de P y alto contenido de F, como la roca de MONTE, reducen la respuesta productiva y la mineralización del tejido óseo de animales suplementados durante períodos prolongados. Con el fosfato de RIO se lograron respuestas productivas similares al DICAL, sin embargo con una menor mineralización del tejido óseo. El SFT, aún cuando no alteró el proceso de mineralización del tejido óseo, desmejoró la respuesta productiva de los animales por el alto contenido de F, que afectó el consumo voluntario.

Al analizar la forma de expresión de las variables que describen la mineralización ósea, % vs mg-cm<sup>-3</sup>, hay claras evidencias de que la última es la que presenta mayor sensibilidad a los cambios dietéticos y la que mejor describe los cambios físicos y químicos del hueso.

Los valores de absorción aparente de P más elevados en los tratamientos con DICAL, D+F y SFT reflejan la mayor disponibilidad del elemento en estas fuentes con relación a los fosfatos de

yacimientos de RIO y MONTE (López y Pereira, 1986; Vitti *et al.*, 1989; López *et al.*, 1990). Resultados similares de AA fueron obtenidos en estudios previos con las mismas fuentes de P (Godoy *et al.*, 2002), con valores más bajos a los de absorción verdadera, por no deducirse de la excreción fecal total de P la fracción endógena del elemento. La correlación negativa entre ingestión de F y disminución de la AA de P puede estar asociada a la menor disponibilidad del P de los fosfatos sedimentarios altos en contenido de F.

La AA del Ca fue más baja en los animales suplementados por largos períodos con las fuentes de mayor contenido de F, como los fosfatos de MONTE y SFT. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Ramberg *et al.* (1982) quienes apoyan la hipótesis de una inhibición primaria en la absorción del Ca por efecto del F sobre alguno de los mecanismos de transporte del Ca, con adaptación funcional por reabsorción ósea para mantener el flujo total de Ca en niveles apropiados. Los animales que consumieron D+F tuvieron respuestas semejantes al fosfato de referencia, DICAL, pudiendo indicar que el tiempo de suministro de F no fue suficientemente prolongado para observar cambios más significativos en la absorción del Ca (Ramberg *et al.*, 1982).

La retención neta de F más elevada para D+F se debe a la mayor solubilidad del elemento cuando se suministra en forma de NaF y por haber estado expuestos los animales a altos niveles de F durante un corto período de tiempo (Suttie, 1980). En el caso de los fosfatos sedimentarios de RIO y MONTE, la retención de F fue menor, lo que posiblemente se debe a la forma química del elemento en la estructura de apatita de la roca, haciéndolo menos disponible para la absorción (Vitti *et al.*, 1989). Similar comportamiento se observó para SFT, aún cuando se considera como una fuente de mayor

solubilidad del F. En experimentos previos (Godoy *et al.*, 2002) se obtuvieron las mismas tendencias, con valores de retención menores a los de este estudio.

Se concluye que la biodisponibilidad del P de fosfatos sedimentarios y de fertilizantes no promueve ganancias de peso similares a las del fosfato dicálcico. Asimismo, estos fosfatos inducen una acumulación del F en el tejido óseo, que está asociada con una disminución del consumo voluntario. Consecuentemente, la utilización de fosfatos sedimentarios y fertilizantes en la alimentación de rumiantes no puede sustituir totalmente a los fosfatos desfluorinados de grado alimenticio para consumo animal. Se requieren ulteriores estudios para determinar el nivel adecuado de participación de los fosfatos sedimentarios en la alimentación de rumiantes.

## REFERENCIAS

- AOAC (1984) *Official methods of analysis*. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, EEUU. 1018 pp.
- Carlson JR, Suttie JW (1966) Pentose phosphate pathway enzymes and glucose oxidation in fluoride-fed rats. *Amer. J. Physiol.* 210: 79-83.
- Chicco CF, Godoy S (1987) Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. En Plasse D, Peña N (Eds.) *III Cursillo de Ganado de Carne*. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. pp. 47-103.
- Fiske CH, Subbarow E (1925) The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biological Chem.* 66: 375-400.
- Godoy S, Chicco CF (2001) Relative bioavailability of phosphorus from Venezuelan raw rock phosphates for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 94: 103-113.
- Godoy S, Chicco CF (2002) Bioavailability of Venezuelan sedimentary phosphates in swine feeding. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science.* 53:287-290.
- Godoy S, Chicco CF, Obispo N (2000) Fuentes de fósforo para la alimentación de

- bovinos. 1. Densidad del tejido óseo. *Zootecnia Tropical*. 18: 29-43.
- Godoy S, Chicco CF, Requena F (2002) Fosfatos sedimentarios venezolanos en la alimentación de ovinos. *Interciencia* 27: 482-488.
- Lópes HOS, Pereira EA (1986) Fontes alternativas de fosfatos na suplementação alimentar de animais. En *Anais Encontro Nacional de Rocha Fosfática*. IBRAFOS. São Paulo, Brasil. pp. 435-448.
- Lópes HO, Vitti DM, Pereira EA, Abdalla AL, Morães EA, Filho JC, Fichtner SS (1990) Disponibilidade biológica do fósforo de fosfatos naturais para bovinos pele técnica de diluição isotópica. *Pesq. Agropec. Bras.* 25: 421-433.
- McDowell LR (1976) Mineral deficiencies and toxicity and their effect on beef production in developing countries. En Smith AJ (Ed.) *Beef Cattle production in Developing Countries*. University of Edinburgh. Escocia, RU. pp. 216-241.
- McDowell LR, Conrad JH, Ellis GL, Loosli JK (1984) *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 1ª ed. University of Florida. Gainesville, Florida, EEUU. 29 pp.
- McDowell LR, Conrad JH, Hembry FG (1993) *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 2ª ed. Boletín del Departamento de Zootecnia. Universidad de Florida, Gainesville. Florida, EEUU. 76 pp.
- Messer HH, Armstrong WD, Singer L (1973) Influence of fluoride intake on reproduction in mice. *J. Nutr.* 103: 1319-1326.
- NRC (1985) *Nutrient requirements of Sheep*. 6th ed. National Research Council. National Academy of Sciences. Washington, DC, EEUU. 112 pp.
- Odongo NF, Plaizier J, Van Straaten P, McBride B (2002) The effect of replacing dicalcium phosphate with BUSUMBU rock phosphate in performance and mechanical properties of bone in growing chicks. *Trop. Anim. Health Prod.* 34: 349-358.
- 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.
- Suttie JW (1980) Nutritional aspects of fluoride toxicosis. *J. Anim. Sci.* 51: 759-766.
- Suttie JM, Drescher MP, Quissell DO, Young KL (1974) En Hoekstra GW (Ed.) *Trace Element Metabolism in Animal*. 2nd ed. University Park Press. Baltimore, MD, EEUU. 327 pp.
- Thompson DJ, Méndes MO (1973) Disponibilidade biológica dos principais minerais ions. *Simpósio Latino Americano sobre Pesquisa Em Nutrição Mineral De Ruminantes Em Pastagens*. Universidade Federal Minas Gerais, Brasil. pp. 219-235.
- 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. Zoot.* 41: 503-512.
- Zebrowski EJ, Suttie JW, Phillips PH (1964) Metabolic studies in fluoride fed rats. *Fed. Proc.* 23: 184-192.