

FUENTES DE FÓSFORO PARA LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS: 1.- DENSIDAD DEL TEJIDO ÓSEO

Susmira Godoy, Claudio F. Chicco y Néstor E. Obispo. 2000. *Zootecnia Tropical*. 18(1). FONAIAP - CENIAP, Instituto de Investigaciones Zootécnicas, Maracay 2105. Venezuela.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Suplementación mineral](#)

RESUMEN

Este estudio fue conducido para evaluar los efectos de la suplementación prolongada con fosfatos de mediano y alto tenor de flúor, sobre las características y acumulación de flúor en el tejido óseo en bovinos adultos mestizos (Holstein x Cebú). Se evaluaron las siguientes fuentes de fósforo: dos fosfatos de yacimiento, Riecito (Río) y Monte Fresco (Monte), el fertilizante superfosfato triple (SFT) y el fosfato monodivalente desfluorinado (Mono) como tratamiento control. Durante 36 meses se tomaron muestras del tejido óseo cada 6 meses, determinándose la densidad y los contenidos de Ca, P y F. Los contenidos de F (ppm) en los suplementos fueron para Río (146), SFT (182) y Monte (304). Después de un periodo de 36 meses no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la acumulación de flúor en el tejido óseo entre Monte (5650) y SFT (5324), siendo mayores ($P < 0,05$) que Río (3650) con valores más bajos para el tratamiento control (Mono, 1388). Independientemente del tiempo de suplementación, con el aumento en la acumulación de flúor en el tejido óseo, no se observaron diferencias significativas en la densidad ($1538,75 \pm 35 \text{ g/cm}^3$) o en el contenido de cenizas ($750,2 \pm 4,3 \text{ mg/cm}^3$). Los contenidos de Ca y P se observaron dentro de los rangos considerados normales y resultaron similares entre los tratamientos.

Palabras claves: Densidad del Hueso, flúor, calcio, fosfato, bovino

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de fósforo es la carencia predominante en las áreas de pastoreo de las regiones tropicales y subtropicales. Su ocurrencia es frecuentemente observada en los sistemas de producción de tipo extensivo de los rumiantes (McDowell *et al.*, 1993). En Venezuela, esta deficiencia, abarca la gran mayoría de las sabanas bien y mal drenadas (Chicco y Godoy, 1987).

La deficiencia de fósforo ocasiona trastornos de la producción tales como, bajas tasas de crecimiento, disminución de la fertilidad y producción de leche y en condiciones muy prolongadas de insuficiencia se ve comprometida la buena mineralización del hueso (Underwood, 1977).

La corrección de esta deficiencia, en los animales a pastoreo, puede realizarse a través de la fertilización de los forrajes, lo cual en la mayoría de los casos es costosa y no aporta los niveles requeridos del elemento, o por medio de la suplementación con mezclas minerales (McGillivray, 1974).

En los suplementos minerales de bovinos, cuando se incluyen fosfatos de yacimientos, o fuentes de fósforo con elevados tenores de flúor, como es el caso del superfosfato triple, deben considerarse los niveles máximos tolerables de este elemento para esta especie, que ha sido estimado alrededor de 100 ppm (NRC, 1984).

Trabajos experimentales con bovinos expuestos a niveles de flúor, en exceso de 25 ppm, todo su ciclo de vida, han mostrado fluorosis en hueso, en los que se han encontrado concentraciones del elemento que varían en el rango de 2.000 a 12.500 ppm (Shupe *et al.*, 1992). Sin embargo, aunque la concentración de flúor en tejidos mineralizados incrementa gradualmente a medida que el animal envejece, no existe evidencia de que con la edad se reduzca el umbral de seguridad para el desarrollo de una fluorosis (Dunapice *et al.*, 1995). Por tanto, la relación entre altos niveles de flúor en la dieta y la densidad mineral del hueso requiere más evaluación (Phipps *et al.*, 1998).

Esta investigación se realizó para evaluar el efecto de suplementar bovinos adultos con fosfatos de mediano y alto contenido de flúor, durante períodos prolongados, sobre la acumulación de este elemento en el hueso y características del tejido óseo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el efecto de la suplementación prolongada de bovinos, con fosfatos de mediano y alto contenido de flúor, sobre las características y acumulación de flúor en el tejido óseo, 64 bovinos adultos, mestizos Holstein x Cebú, con un peso promedio aproximado de 312 kg, ubicados en la unidad de bovinos, en el campo experimental del CENIAP fueron divididos, según un diseño completamente aleatorizado, en cuatro grupos de dieciséis animales cada uno y asignados a los siguientes tratamientos de suplementación mineral: dos fosfatos de

yacimiento: Riecito (Río) y Monte Fresco (Monte), un fertilizante (superfosfato triple: SFT) y fosfato monodivalente desfluorinado como control (Mono).

El contenido de fósforo (%) de las fuentes fue de 11,1; 11,3; 19,3 y 22,7 para Río, Monte, SFT y Mono, respectivamente. Los valores (%) de calcio y flúor fueron de 24,6 y 1,2 para Río, 30,0 y 2,5 para Monte, 15,8 y 2,6 para SFT y 29,0 y 0,1 para Mono, respectivamente.

La dieta basal estuvo constituida por forraje verde picado (*Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum*), cosechado mecánicamente, con 0,35% de fósforo, ofrecido a voluntad y 100 g de una mezcla mineral completa (Cuadro 1), utilizándose como vehículo un kg de un concentrado comercial con 18% PC y 75% NDT y un contenido de fósforo de 0,8%, con suministro de agua a voluntad. Los suplementos minerales aportaron 8 g de fósforo por 100 g de la mezcla.

Cuadro 1. Composición (%) de los suplementos minerales para bovinos

Ingredientes	Tratamiento			
	Río	Monte	SFT	Mono
Río	72,56	--	--	--
Monte	--	73	--	--
SFT	--	--	40,94	--
Mono	--	--	--	38
CaCO ₃	11,93	--	46,78	49
Sal	13,91	25,4	10,72	11
Minerales ¹	1,6	1,6	1,6	1,6
Ca	21,70	21,90	23,30	27,79
P	7,98	8,03	7,98	8,36
F	0,87	1,83	1,02	0,004
1.-Mono= fosfato monodivalente desfluorinado, Río= Roca fosfórica de Riecito, Monte= Roca fosfórica de Monte Fresco; SFT= Fertilizante Super Fosfato Triple Composición (% del suplemento): Mg: 1%; S: 1%; Zn: 5000 ppm; Fe: 1500 ppm; Mn: 3000 ppm; Cu: 1250 ppm; Co: 20 ppm; Se: 15 ppm				

La duración del experimento fue de 36 meses, con registros de pesos de los animales cada 2 meses, consumo de los suplementos mensualmente y muestras del tejido óseo cada 6 meses, mediante biopsias en la séptima costilla izquierda, usando un trocar accionado por un taladro eléctrico.

En el tejido óseo se determinó la densidad (g/cm³), calculada mediante la relación entre el peso del hueso fresco (g) y el volumen de agua (cm³) desplazada al sumergir el hueso en un cilindro de vidrio, peso húmedo y seco a 105 °C, durante 48 horas, y peso seco desgrasado (por reflujo con éter de petróleo al 100% en caliente durante 4 horas). Los huesos fueron incinerados a 600 °C durante 24 horas y las cenizas resultantes, fueron expresadas como porcentaje del peso seco libre de grasa, determinándose además los contenidos (% y mg/cm³) de fósforo por colorimetría (Fiske y Subbarrow, 1925), calcio por espectrofotometría (AOAC, 1984) y flúor por electrometría (AOAC, 1984).

Los resultados de los tratamientos experimentales fueron sometidos a análisis de la varianza, y las medias comparadas por el método de amplitudes múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS

El consumo diario de fósforo, de bovinos suplementados con una mezcla mineral completa, con diferentes fosfatos como fuentes, fue de 8 g/animal, y el de flúor varió entre las distintas fuentes, siendo de 61, 876, 1825 y 1092 mg/animal, para fosfato Mono, Río, Monte y SFT, respectivamente (Cuadro 2). El consumo de flúor (ppm) en la ración total, fue para Río de 146, para Monte de 304 y para SFT de 182, superiores al límite de tolerancia (<100 ppm) sugerido para esta especie (NRC, 1984).

El peso inicial promedio de los grupos experimentales fue de 312 kg, con valores al final del período de 327,0, 318,8, 308,2 y 329,0 kg, respectivamente para Mono, Río, Monte y SFT. El cambio de peso promedio (kg) de los diferentes grupos (Cuadro 2), fue superior (P<0,05) para Mono (21,8), seguido por SFT (14,6) y Río (8,4) e inferior para Monte (-8,4).

Cuadro 2. Consumo de flúor (g/día) y cambios de peso (kg) en bovinos suplementados con diferentes fuentes de fosfatos

Tratamiento ¹	Consumo de flúor	Peso inicial	Peso final	Cambio de peso
Mono	61	305,2	327,0	21,8 ^a
Río	876	310,4	318,8	8,4 ^b
Monte	1825	316,4	308,2	-8,4 ^c
SFT	1092	314,4	329,0	14,6 ^{ab}

a,b,c, Valores en la misma columna con letras distintas son diferente (P<0,05)
¹Mono = fosfato monodivalente desfluorinado, Río = Roca fosfórica de Riecito, Monte = Roca fosfórica de Monte Fresco; SFT = Fertilizante Super Fosfato Triple

La concentración de flúor en la dieta (ppm) de 10, 146, 182 y 304, a través de los fosfatos Mono, Río, SFT y Monte, respectivamente, provocó acumulaciones progresivas de flúor (ppm) en el tejido óseo que, después de un periodo de suplementación de 36 meses, alcanzo valores de 1388, 3650, 5324 y 5650 ppm, para el mismo orden anterior, sin diferencias significativas (P>0,05) entre Monte y SFT, pero sí entre éstas y Río (P<0,05). El contenido de flúor en hueso para Mono (1388) fue significativamente inferior (P<0,05) a las demás fuentes (Cuadro 3). La tasa de acumulación de el flúor en el hueso para las diferentes fuentes fue de 18,43; 57,89; 118,51 y 120,00 ppm/mes en los tratamientos Mono, Río, SFT y Monte, respectivamente, correspondiéndose las dosis ingeridas a las proporciones acumuladas en cada uno de los casos.

Cuadro 3. Acumulación de flúor (ppm) en tejido óseo de bovinos suplementados con diferentes fosfatos

muestreo (meses)	Tratamiento ¹			
	Monte	SFT	Río	Mono
0	530	657	713	582
6	3998	2162	2620	1094
14	4650	3825	2612	1198
20	5525	3450	2925	1400
28	5525	4486	2575	1275
36	5650 ^a	5324 ^a	3650 ^b	1388 ^c

a,b,c, Valores dentro de la misma fila con letras distintas son diferentes (P<0,05)
¹Mono= fosfato monodivalente desfluorinado, Río= Roca fosfórica de Riecito, Monte= Roca fosfórica de Monte Fresco; SFT= Fertilizante Super Fosfato Triple

Con la acumulación de flúor en el tejido óseo, como consecuencia de los altos consumos del elemento, no se registraron diferencias significativas en la densidad ($1,538 \pm 0,035 \text{ g/cm}^3$), o en el contenido de cenizas del hueso ($750,2 \pm 4,33 \text{ mg/cm}^3$, o $65,12 \pm 0,09 \%$ del hueso), independientemente de los diferentes tiempos de suplementación con los distintos fosfatos (Cuadro 4).

Cuando los valores de densidad y cenizas fueron analizados por regresión en función de los tiempos de suplementación, se observó una tendencia lineal hacia el aumento (P<0,05), siendo más evidente en el caso del Mono (Densidad [g/cm^3] = $1,3538 + 0,0121x$, $r^2 = 0,97$; Cenizas [mg/cm^3] = $672,17 + 3,9441x$; $R^2 = 0,87$).

Cuadro 4. Densidad y concentración de cenizas en huesos de bovinos suplementados con diferentes fuentes de fosfatos

Periodo de muestreo (meses)	Tratamiento			
	Mono	Río	Monte	SFT
Densidad (g/cm ³)				
0	1,370	1,370	1,468	1,235
6	1,608	1,723	1,623	1,685
20	1,548	1,545	1,563	1,458
28	1,710	1,635	1,555	1,503
36	1,795	1,645	1,645	1,586
Promedio	1,587	1,535	1,530	1,503
Cenizas (%)				
0	65,75	64,33	65,98	64,73
6	67,50	68,75	63,13	66,95
20	63,47	64,60	64,16	64,31
28	65,23	64,62	64,48	65,54
36	64,09	63,16	63,18	64,02
Promedio	64,99	65,22	65,15	65,14
Cenizas (mg/cm ³)				
0	683	698	741	745
6	788	762	746	798
20	740	817	774	755
28	756	767	774	726
36	841	814	803	830
Promedio	754,1	753,8	746,5	746,4
¹ Mono = fosfato monodivale de calcio desfluorinado, Río = Roca fosfórica de Riecito, Monte = Roca fosfórica de Monte Fresco; SFT = Fertilizante Super Fosfato Triple				

Los niveles de calcio ($142,78 \pm 2,7$ mg/cm³) y fósforo ($262,65 \pm 5,2$ mg/cm³) en el hueso se mantuvieron dentro de los valores normales para esta especie y estado fisiológico, sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos, independientemente de los tiempos de muestreo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Contenido de calcio y fósforo en hueso de bovinos suplementados con diferentes fuentes de fosfatos

Periodo (meses)	Tratamiento ¹			
	Mono	Río	Monte	SFT
Fósforo (%)				
0	20,15	20,60	19,55	19,25
6	19,30	19,80	20,38	19,83
20	19,24	18,38	18,85	19,04
28	18,85	17,61	16,75	17,75
36	18,35	17,55	16,97	16,89
Promedio	19,54	18,87	19,02	18,66
Fósforo (mg/cm ³)				
0	136,3	143,2	145,7	141,0
6	152,3	150,8	149,6	159,8
20	142,2	150,8	145,7	143,2
28	142,4	135,7	132,1	128,6
36	154,7	142,9	145,1	140,8
Promedio	146,8	141,9	141,2	141,2
Calcio (%)				
0	32,98	30,38	30,20	30,33
6	34,48	35,88	40,00	36,35
20	39,91	38,97	40,40	38,15
28	39,62	40,59	38,57	40,54
36	35,64	31,95	33,89	32,96
Promedio	36,51	35,55	36,61	35,67
Calcio (mg/cm ³)				
0	224,4	216,6	229,2	192,2
6	269,9	306,6	269,3	278,4
20	244,7	225,0	255,9	263,4
28	285,1	287,5	298,0	265,8
36	304,0	290,7	308,5	274,3
Promedio	265,5	265,3	264,9	254,8
¹ Mono = fosfato monodivale de calcio desfluorinado, Río = Roca fosfórica de Riecito, Monte = Roca fosfórica de Monte Fresco; SFT = Fertilizante Super Fosfato Triple.				

Cuando se analizan los valores de Ca y P en relación a los tiempos de muestreo, expresados en mg/cm³, se observa que estos tienden a aumentar ($P < 0,05$) con la edad de los animales, siendo más evidente en el caso del Mono (Calcio: $y = 217,67 + 2,2327x$, $r^2 = 0,90$; Fósforo: $y = 134,73 + 0,4369x$, $r^2 = 0,76$).

DISCUSIÓN

Aunque se observaron diferencias estadísticas en los cambios de peso, por efecto de la suplementación con fosfatos de mediano y alto contenido de flúor, al considerar el período de treinta y seis meses conjuntamente con la magnitud de los cambios (Cuadro 2), los autores desestiman que estas variaciones pudieran sustentarse en una acumulación diferencial del flúor en los tejidos de los animales. Ammerman et al. (1964), trabajando con novillos suplementados durante tres meses con dosis de flúor que oscilaron entre 64 y 134 ppm, no observaron diferencias estadísticas en la ganancia de peso diaria de los animales. Eventualmente como lo describe Suttie (1980), un

hallazgo de este tipo podría verse relacionado con un grado de toxicidad avanzado, en la que pudiera ocurrir una pérdida del apetito.

La acumulación de flúor en el tejido óseo aumentó con la ingestión del elemento y con el tiempo de suplementación, lo que confirma las observaciones de numerosos autores (Ammerman et al., 1964; Suttie y Faltin, 1973; Shupe et al., 1962; Suttie et al., 1957; Suttie, 1980). El incremento en la concentración de flúor en el hueso, en el caso del Mono, al final del período de experimentación, alcanzó el 19% del nivel (7000 ppm) considerado como tóxico para huesos esponjosos (Suttie et al., 1957; Underwood, 1977), mientras que para las otras fuentes de mayor contenido de flúor Río, Monte y SFT, alcanzó el 52, 81 y 76%, respectivamente.

Las características químicas del tejido óseo, en los animales suplementados con las diferentes fuentes, estadísticamente, no se modificaron por el incremento de flúor en el tejido. Sin embargo, se observó un aumento del contenido de cenizas, calcio y fósforo, cuando lo expresamos en mg/cm³, mucho más evidente y uniforme en el caso del Mono. Esto pudiera explicarse probablemente por una incompleta mineralización de los huesos al inicio de la experimentación (Suttie et al., 1984). Observaciones en conejos (Chachra et al., 1999) señalan que los contenidos de Ca, P y carbonato en el hueso, no se ven afectados sensiblemente por la alimentación con suplementos altos en flúor; sin embargo, se destacan algunas repercusiones sobre las propiedades mecánicas (resistencia y rigidez) de este tejido que han sido relacionadas esencialmente a cambios en las dimensiones de los cristales óseos.

De acuerdo a lo señalado por Playne (1976) y Ream (1981), el incremento en los valores de cenizas, calcio y fósforo en el hueso, aparentemente no está asociado con el aumento de la concentración de flúor, en el caso del tratamiento control (Mono) los valores máximos de flúor alcanzados son bajos (1.388 ppm), lo que no afectó el proceso de acreción ósea. Finalmente, la expresión de los valores en unidades de peso por volumen resultó ser mucho más sensible que la relación porcentual, al estudiar la acreción de los elementos minerales en el hueso. Es posible utilizar fuentes de fósforo con alto contenido de flúor en animales adultos durante periodos prolongados (2 ½ años) sin deterioro del peso corporal y consumo voluntario de los animales.

CONCLUSIONES

Los bovinos adultos alimentados durante periodos largos con fosfatos altos en contenido de flúor, tienden a acumular este elemento en el tejido óseo sin cambios importantes en el peso corporal, consumo de alimentos, ni en la mineralización del tejido.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Ammerman, C. B., I. R. Arrington, R. L. Shirley y G. B. Davis. 1964. Comparative effects of fluorine .from soft phosphate, calcium fluoride and sodium fluoride on steers. *J. Anim. sci.*, 23:409-413.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) . 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Arlington, VA. 1.141 pp.
- Chachra, D., C. H. Turner, A. J. Dunapice y M. D. Grynpas. 1999. The effect of fluoride treatment on bone mineral in rabbits. *Calcif. Tissue Int.*, 64:345-351.
- Chicco, C. F y s. Godoy de León. 1987. Suplementación mineral de bovinos de carne a pastoreo. In: III Cursillo de Ganado de Carne. D. Plasse, N. Peña (Ed.) .Maracay. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. pp. 47-103.
- Dunapice, A. J., E. J. Brizendine, W. Zhang, M. E. Wilson, I. L. Miller, B. P. Warrick y G. K. Stookey. 1995. Effect of aging on animal response to chronic fluoride exposure. *J. Dent. Res.*, 74:358-368.
- Fiske, C.H. y Y. Subarrow. 1925. The colorimetric determination of phosphorous. *J. Biol. Chem.*, 66:375-383.
- McDowell I. R., J. H. Conrad y F. G. Hembry. 1993. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 2th ed. Gainesville. Fla. Universidad de Florida. Departamento de Zootecnia. Boletín. 76 pp.
- McGillivray, J. J. 1974. Biological availability of phosphorus in feed ingredients. In: Minnesota Nutrition Conference. (35th, 1974) .pp.15-24.
- National Research Council (NRC) .1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th ed. Washington, D.C. National Academy of Sciences. 90 pp.
- Phipps, K. R., E. s. Orwoll y L. Bevan. 1998. The association between water-borne fluoride and bone mineral density in older adults. *J. Dent. Res.*, 77:1739-1748.
- Playne, M. J. 1976. Availability of phosphorus in feedstuffs for utilization by ruminants. In: Reviews in Rural Science. The efficiency of phosphorus utilization. G. J. Blair (Ed.) . London. University of New England. pp.155-164.
- Ream, L. J. 1981. Effects of short-term fluoride ingestion on bone formation and reabsorption in the rat . *Cell Tissue Res.*, 221:421-430.
- Shupe, J. L., R. H. Bruner, J. L. Seyrnour y C. L. Alden. 1992. The pathology of chronic bovine fluorosis: a review. *Toxicol. Pathol.*, 20:274- 285. Discussion 285-288.
- Shupe, J. L., E. L. Harris, D. A. Greenwood, J. E. Butcher y H. M. Nielsen. 1962. The effect of fluorine on Dairy cattle. v. Fluorine in the Urine as an Estimator of fluorine intake. *Arner. J. Vet. Res.*, 24:300-305.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.

- Suttie, J. w. y E. c. Faltin. 1973. Effects of sodium fluoride on dairy cattle: Influence of nutritional state. Amer. J. Vet. Res., 34:479- 483.
- Suttie, J. W., D. L. Kolstad y M. L. Sunde. 1984. Fluoride tolerance of the young chick turkey. Poult. Sci., 63:738-743.
- Suttie, J. W., R. D. Miller y P. H. Phillips. 1957. Studies of the effects of dietary NaF on Dairy cows. I. The physiological effects and the developmental symptoms of fluorosis. J. Nutr., 63:211-224.
- Suttie, J. W. 1980. Nutritional aspects of fluoride toxicosis. J. Anim. Sci., 51:759-766.
- Underwood, E.I. 1977. Trace 4ed. elements in human and New York. Academic Press. animal nutrition 543 p.

Volver a: [Suplementación mineral](#)