

Efecto de la suplementación fosforada sobre la ganancia de peso de bovinos en pastoreo en Yucatán, México.

Víctor M. Segura Correa*
Arturo F. Castellanos Ruelas**

Abstract

An experiment was carried out to estimate the minimal phosphorus (P) supplementation necessary to improve daily weight gain (DWG) of grazing bovines in the eastern part of the state of Yucatan. Forty young bulls with 240.8 ± 63.2 kg (\pm S.D.) initial body weight were distributed to 4 treatments, where a mineral mix was prepared to induce decreasing intakes: high, medium and low. A control group was treated with a P free mineral mix. Supplements had 4.5% P as calcium orthophosphate (21% P). The experiment lasted one year, and the results were analyzed according to the 3 seasons of the year: draught, rainy and draught-windy season. DWG for each season was analyzed using the least square method to detect the effect of each treatment. Initial body weight was used as a covariable. Phosphorus content of Guinea grass (*Panicum maximum*) ranged from 0.09 to 0.07%. Effect of treatment on DWG was detected only during the rainy season ($P < .05$). Medium supplement intake increased DWG in relation to the control group (31.8%) with a P consumption of 3.3 g/animal/day. Additional P supplementation did not increase DWG.

KEY WORDS: phosphorus, mineral supplementation, grazing bovines.

Resumen

El objetivo del trabajo fue estimar el mínimo de fósforo (P) que deben consumir toretes en pastoreo en la zona oriente de Yucatán, México, para mejorar su velocidad de crecimiento. Se utilizaron 40 bovinos machos, enteros, con un peso inicial promedio de 240.8 ± 63.2 kg (\pm D.E.), los cuales fueron distribuidos en 4 tipos de suplemento mineral fosforado que propiciaron consumos decrecientes de P. Los tratamientos fueron: alto (A), mediano (M), bajo (B) y un testigo (T) que recibió un suplemento mineral libre de P. Los suplementos fosforados contenían 4.5% de P a partir de un ortofosfato de calcio (21% P). El estudio tuvo una duración de un año y se dividió en 3 partes, según la época: sequía (marzo-mayo), lluvia (junio-octubre) y nortes-sequía (diciembre-abril). El resultado de la ganancia de peso de cada individuo durante cada época del año se analizó mediante el método de mínimos cuadrados, en un modelo lineal que incluyó el efecto fijo del tratamiento y utilizó como covariable el peso inicial. El contenido de P en el zacate Guinea (*Panicum maximum*) pastoreado por los animales, osciló entre 0.09% y 0.07%. Sólo durante la época de lluvias se encontró efecto ($P < .05$) del tipo de suplemento mineral consumido sobre la ganancia de peso; el tratamiento M incrementó la ganancia de peso sobre el T en 31.8%, al mantener un consumo de P de 3.3 g/animal/día. Un consumo mayor de P no mejoró la respuesta animal.

PALABRAS CLAVE: fósforo, suplementación mineral, pastoreo de bovinos.

Recibido para su publicación el 3 de febrero de 1998 y aceptado el 22 de octubre de 1998.

*Campo Experimental Tizimín, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, Apartado postal 35, Tizimín, Yucatán, México.

**Campo Experimental Mocolché, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, Apartado postal 100-D, Mérida, Yucatán, México.

Introducción

En los pastos del oriente del estado de Yucatán, México, se ha registrado ¹ una deficiencia de fósforo (P). También se han señalado deficiencias o niveles marginales de cobre, cobalto, zinc y selenio; excesos de fierro y manganeso; además de la ausencia de minerales tóxicos ². Este perfil es similar al encontrado en los dos estados vecinos a Yucatán ³. El desbalance en minerales puede ser corregido mediante el suministro de suplementos minerales. Se ha demostrado que su aporte incrementa la ganancia de peso y la eficiencia reproductiva de rumiantes ⁴.

En otras zonas tropicales de México se han hecho investigaciones de este tipo ^{5,6,7,8,9} con la finalidad de disponer de información para elaborar suplementos minerales que atiendan a esa necesidad regional. El empleo de las mezclas minerales no está generalizado, debido en parte a su costo de adquisición.

En Yucatán se encontró que al suplementar una mezcla mineral a bovinos que consumían zacate Guinea (*Panicum maximum*) con 0.11% de P, se incrementó la ganancia de peso (10). Esta respuesta se produjo mediante el consumo de aproximadamente 24 g de la mezcla mineral que contenía 7% de P; ello representó una ingestión de solo 1.7 g de P/animal/día.

Con el fin de racionalizar su uso, y debido a que el P es uno de los elementos más onerosos de la alimentación de los animales, es necesario cuantificar la respuesta de los bovinos a la suplementación fosforada cuando pastorean en zonas deficitarias en este mineral.

Mediante la cuantificación de la respuesta a la suplementación fosforada, se podrán elaborar mejores estrategias para satisfacer el requerimiento de este mineral en bovinos que pastorean en la región: Su concentración en el suplemento dependerá de la carencia en el pasto.

Con base en lo anterior, se realizó el presente experimento en el oriente del estado de Yucatán, México, con la finalidad de cuantificar el consumo mínimo de P que produzca una respuesta productiva en toretes en pastoreo durante las diferentes épocas del año y así optimizar el uso de este oneroso recurso alimenticio.

Material y métodos

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental Tizimín, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, que se localiza en el municipio de Tizimín en el estado de Yucatán. Se utilizaron 40 bovinos machos, enteros, de razas Cebuina y Suizo Pardo, los cuales se distribuyeron de acuerdo a su peso vivo y raza, en 4 tratamientos con diferentes suplementos minerales fosforados, además de un tratamiento testigo (T) sin P (Cuadro 1). Con la finalidad de aislar la respuesta

únicamente al P aportado, no se incorporaron otros minerales en los suplementos, excepto calcio (Ca).

Con el objeto de lograr consumos decrecientes de P: alto

(A), mediano (M) y bajo (B), se utilizaron diversos niveles de sulfato de magnesio heptahidratado y carbonato de calcio, debido a que se sabe que estos minerales son poco apetecibles para los rumiantes ¹¹.

El trabajo se llevó a cabo durante un año y abarcó tres épocas: sequía (marzo-mayo), lluvia (junio-octubre) y nortes-sequía (diciembre-abril). El peso inicial promedio (\pm DE) de los animales fue 240.8 ± 63.2 kg. Aquellos animales que durante el trabajo alcanzaron el peso de 425 kg, se comercializaron. Tal fue el caso al comienzo de la época de nortes-sequía (noviembre) cuando algunos se vendieron (5, 4, 4 y 3 toretes de los tratamientos A, M, B y T, respectivamente). Igual cantidad de animales de menor peso fueron incorporados al experimento. Procedían de un lote homogéneo en cuanto a raza y peso, habiendo sido asignados al azar a los tratamientos.

Todos los animales pastoreaban durante la noche una extensión de aproximadamente 28 ha en potreros de zacate Guinea; por lo tanto, la carga por hectárea fue de 1.4 animales, considerada baja para la época de lluvias y adecuada para sequía, para el caso de potreros bien manejados, como los aquí utilizados. Al llegar al corral, durante el día, los toretes se separaban y se les asignaba el tratamiento respectivo. Cada tratamiento contó con diez animales alojados en un mismo corral, en donde cada animal constituía la unidad experimental.

Los suplementos minerales tenían una concentración calculada de 4.5% de P a partir de un ortofosfato de calcio comercial, producto de la mezcla de ácido fosfórico defluorinado y carbonato de calcio (vimifos, 21% P). Se le determinó en el laboratorio una solubilidad cítrica de P mayor al 90%, ¹² por lo tanto, se consideró como muy buena fuente de P disponible. La concentración de calcio en los suplementos fue diferente, con una relación Ca:P de 3.5:1, 4.2:1 y 4.0:1 para los tratamientos A, M y B, respectivamente (Cuadro 1).

La zona de estudio es rica en roca caliza, lo que propicia un contenido elevado de calcio en los forrajes.³ Sin embargo, cuando se satisfacen los requerimientos de P, la relación Ca:P puede ser muy amplia en los rumiantes hasta de 7:1, sin ser detrimental para la absorción del P,¹³ por lo tanto, las diferencias en la relación Ca:P del planteamiento experimental no se consideraron importantes.

Los suplementos se ofrecieron a libre consumo a cada grupo experimental, en saladeros techados y se llevó un registro de la cantidad de suplemento consumido, mediante la estimación semanal de la cantidad ofrecida y rechazada, previa deshidratación de los rechazos en estufa de aire forzado. Esta información no fue analizada estadísticamente.

Se registró el peso vivo de los animales en las mañanas, al inicio y al final de cada época del año estudiada. Se analizó el contenido de Ca y P de los suplementos utilizados. El pasto se muestreó y se analizó para conocer su contenido de P, mediante el método de molibdovanadato y el de Ca mediante el método colorimétrico ¹⁴.

El resultado de la ganancia diaria de peso de cada animal

CUADRO 1

COMPOSICION DE LOS SUPLEMENTOS MINERALES (%)

	Tratamiento			
	Alto	Mediano	Bajo	Testigo
Sal común	42.1	34.4	26.7	38.8
Ortofosfato de calcio	21.4	21.4	21.4	0.0
Carbonato de calcio	33.0	37.2	41.4	51.2
Sulfato magnesio (7H ₂ O)	3.5	7.0	10.5	10.0
Composición analizada (%)				
Calcio	16.6	19.3	19.1	19.7
Fósforo	4.8	4.5	4.8	

se analizó, para cada época del año, mediante el método de mínimos cuadrados, empleando un modelo lineal de efectos fijos que incluyó la media general, el efecto del tratamiento y el error aleatorio [NID (0, σ^2)], utilizando como covariable el peso inicial. Cuando se encontraron efectos significativos atribuibles a los tratamientos, las medias se compararon mediante la prueba de diferencia mínima significativa.¹⁵ El análisis se facilitó con los animales que se incorporaron al trabajo en noviembre, ya que coincidió con el inicio de la época de nortes-sequía.

Resultados

Durante la época de sequía, el consumo de los suplementos fosforados no se separó en los tres niveles que se habían planeado, ya que el tratamiento M resultó tener un consumo superior al tratamiento A (Cuadro 2). Esto último, se pudo atribuir a un efecto de la época del año o bien a la formulación del suplemento. Con el fin de intentar lograr los consumos que originalmente se habían planeado, al inicio de la época de lluvias se cambió la fórmula del suplemento M, reduciendo el porcentaje de sal común a 30.2 y aumentando el carbonato de calcio a 41.4, con ello, el contenido de calcio subió a 19.9% y la relación Ca:P a 4.4:1.

Durante la época de lluvias y de nortes-sequía, los consumos fueron tal y como se esperaba. Este resultado indica que el sulfato de magnesio heptahidratado y el carbonato de calcio son minerales de baja gustosidad para los bovinos, y pueden utilizarse en combinación con la sal común para regular el consumo de mezclas minerales.

En las tres épocas estudiadas, el consumo de P osciló entre 1.8 y 3.7 g/animal/día (Cuadro 2). El consumo de suplementos minerales fue inferior en la época de sequía (-9.6%) y de nortes-sequía (-29.2%), en comparación con los registrados en la época de lluvias.

El forraje de los potreros fue muestreado 3 veces durante el desarrollo del experimento, para cuantificar su contenido en P. Se encontró un contenido de P de 0.09% en julio (lluvias), 0.07% en septiembre (lluvias) y 0.09% en diciembre (nortes). La muestra de la época de secas no se analizó. Este contenido se considera muy bajo, si se

CUADRO 2

**CONSUMO PROMEDIO DE LOS
SUPLEMENTOS MINERALES Y DE FOSFORO
EN DIFERENTES EPOCAS DEL AÑO
(g/animal/día)**

	14 de marzo	31 de mayo	7 de dic.
	30 de mayo	8 de nov.	27 de abril
Tratamiento	(Sequía)	(Lluvias)	(Nortes-Sequía)
Alto	61 (2.9)	77 (3.7)	68 (3.2)
Mediano	75 (3.4)	73 (3.3)	60 (2.7)
Bajo	54 (2.6)	58 (2.8)	38 (1.8)
Testigo	55 (0.0)	62 (0.0)	25 (0.0)
EEM	2.7	3.1	3.9

compara con lo informado en la misma zona por otros autores,² cuyos valores oscilan aproximadamente entre 0.15% y 0.25%.

La ganancia de peso de los animales durante la época de sequía no fue afectada ($P>.05$) por el tipo de suplemento (Cuadro 3).

El peso promedio de los toretes al comenzar la época de lluvias fue de 268.7 kg. Durante esta época se observó efecto ($P<.05$) del tipo de suplemento mineral consumido sobre la ganancia de peso, la mejor respuesta se logró con el tratamiento M, el cual incrementó la ganancia de peso sobre el T en 31.8%, con un consumo de P de 3.3 g/animal/día. Un consumo superior en el tratamiento A (3.7 g/animal/día) no repercutió en un incremento en la tasa de crecimiento.

La covariable peso inicial tuvo efecto sobre la ganancia diaria de peso ($P<.05$); es decir, a mayor peso inicial, la ganancia de peso fue mayor.

El peso promedio de los toretes al comenzar la época de nortes-sequía fue de 284.6 kg. No se encontró efecto ($P>.05$) de los tratamientos sobre la ganancia de peso.

CUADRO 3			
GANANCIA DE PESO DE LOS TOROS (kg/animal/día) EN TRES EPOCAS DEL AÑO (medias mínimo-cuadráticas)			
	14 de marzo	31 de mayo	7 de dic.
	30 de mayo	8 de nov.	27 de abril
Tratamiento	(Sequía)	(Lluvias)	(Nortes-Sequía)
Alto	0.489	0.663 ^a	0.116
Mediano	0.511	0.693 ^a	0.087
Bajo	0.436	0.607 ^{ab}	0.088
Testigo	0.420	0.530 ^b	0.067
EEM	0.02	0.03	0.04
Nota: Literales diferentes en la misma columna indican ab= P<.05			

La ganancia de peso en esta época fue muy baja debido a la reducción drástica en la precipitación pluvial y, por consecuencia, a la menor disponibilidad de forraje. Estas condiciones son propicias para que los animales de la zona normalmente pierdan peso.

Discusión

En este trabajo aparentemente fue posible modular la ingestión de un suplemento mineral, aprovechando el gusto que tienen los bovinos por ciertos minerales; por ejemplo, gustan más de la sal común¹⁶ que de otros, como el sulfato de magnesio y el carbonato de calcio.¹¹ Sin embargo, el consumo de un suplemento mineral también puede estar afectado por otros factores. Entre ellos se incluyen, la composición de la ración base, las condiciones de alojamiento, el tipo de saladero, las condiciones atmosféricas, etc.

El contenido elevado de Fe y Al en el suelo como en las plantas propician una disminución en la absorción intestinal del P, ya que se forman complejos insolubles de fosfatos.¹⁷ Se ha informado que los suelos de la zona de estudio tienen cantidades muy elevadas de Fe² y carecen totalmente de Al. Si se considera la respuesta positiva a la suplementación obtenida durante la época de lluvias con un suplemento sin Fe, podría decirse que aparentemente la interrelación nutricional entre P y Fe puede evitarse, diseñando suplementos libres de Fe.

Hipotéticamente, es posible establecer una comparación entre los consumos de P obtenidos en este trabajo y los sugeridos por los cuadros de requerimientos nutricionales.

La recomendación¹⁸ para bovinos de talla mediana con un peso de 272 kg, que ganan 680 g/d y consumen 6.6 kg de materia seca, es de 13.9 g/animal/día. De acuerdo con los resultados en el grupo M durante la época de lluvias, el pasto aportó 5.9 g de P, que aunados a los 3.3 g consumidos en el suplemento hacen un total de 9.2 g/animal/día. Esta cantidad es inferior a los 13.9 g/animal/día recomendados.¹⁸ La menor cantidad encontrada en este trabajo puede deberse a tres factores:

1. Que en el cálculo se haya subestimado el contenido de fósforo del forraje pastoreado por los animales en experimentación. En esta zona se han encontrado valores de proteína cruda y digestibilidad de la materia orgánica mayores en la ingesta de animales fistulados en el esófago, comparados con los muestreos de vegetación hechos manualmente en los mismos potreros.¹⁹ Los hábitos selectivos de pastoreo de los animales permiten explicar lo anterior.

2. Que se haya subestimado en el cálculo hipotético, el consumo de forraje.

3. Finalmente, también existe la posibilidad de que las necesidades de P estén sobrestimadas en los cuadros de requerimientos nutricionales¹⁸ cuando son utilizadas para alimentar bovinos de la raza Cebuina en zona tropical.

En México, pocos experimentos se han llevado a cabo con el mismo objetivo del presente trabajo. Uno de ellos²⁰ se realizó en Martínez de la Torre, Veracruz, México, en el cual no se encontró efecto de la suplementación fosforada; debido probablemente, a que los potreros utilizados eran marginales en P y no deficitarios, como el caso de este experimento.

En condiciones prácticas, el éxito de la suplementación mineral se puede medir mediante la estimación de la relación beneficio-coste (RB-C).²¹ Con la finalidad de calcular esta relación, se asignó un costo de \$3.¹⁰/kg al suplemento mineral del tratamiento M y \$10.⁸⁰/kg de peso corporal de un bovino en pie. Se determinaron los costos e ingresos marginales al aplicar la suplementación mineral fosforada, en comparación con el grupo T. En la época de lluvias se obtuvo una RB-C de 4.55; durante la época de sequía y de nortes-sequía la RB-C fue de 4.26 y 1.11, respectivamente. Esta suplementación mineral resulta, pues, atractiva al poder pagar la inversión, lo que la hace rentable.

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que, durante la época de lluvias, mediante la suplementación de 3.3 g de P/animal/día es posible incrementar significativamente la ganancia de peso de bovinos que consumen forrajes con un contenido de P inferior al 0.10% en la zona oriente del estado de Yucatán. Un consumo superior de P no redundó en un incremento en la ganancia de peso. En las otras épocas del año, este incremento en la ganancia de peso, atribuible a la suplementación fosforada, no es significativo. Aparentemente es factible modular el consumo de una mezcla mineral mediante la combinación de sulfato de magnesio, carbonato de calcio y sal común, pero será necesario corroborar las tendencias aquí observadas,

controlando diversos factores. Finalmente, se observó que el consumo de minerales fue inferior durante la época de sequía, en comparación con el consumo en época de lluvias.

Referencias

- Castellanos RA. El fósforo, gran ausente de los pastizales orientales. *Tierra*. En: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos editor, México (DF): SARH, 1982;37:108-111.
- Millán CH, Aguirre GMA, Escamilla I, Castellanos RA. Perfil mineral del pasto Guinea en el oriente de Yucatán. *Vet Méx* 1990;21:399-402.
- Castellanos RA. Importancia de la suplementación mineral para los rumiantes en pastoreo en la península de Yucatán. *Cebú* 1989;15:49-60.
- McDowell LR, Ellis GL, Conrad JH. Suplementos minerales para el ganado vacuno en pastoreo en las regiones tropicales. *Rev Mund Zoot* 1984;52:2-12.
- García BCM. Estudio sobre las deficiencias nutricionales de los macroelementos Ca, P y Mg en bovinos en la zona norte del estado de Chiapas y las correlaciones existentes entre estos minerales en el pelo de capa, pelo de cola y suero (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1980.
- García YJ. Valores séricos de Ca, P y Mg en bovinos Cebú localizados en el municipio de Balancán, Tab. (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1981.
- Barradas LH, Cook RM. Contenido mineral de suelos, pastos y ganado en ranchos de las regiones central y norte del estado de Veracruz. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*; 1981 diciembre; México (DF). México (DF): Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1981:167-170.
- Monroy AV, Cook RM. Interrelación mineral suelo-planta-animal en las regiones norte y sur del estado de Veracruz, México. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*, 1982 octubre 18-21; México (DF). México (DF): Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1982:391-394.
- Reyes CR. Niveles de Ca, P y Mg séricos en bovinos Cebú-Suizo en pastoreo localizados en Acayucan, Ver. México (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1984.
- Millán CH, Ricaud VJ, Castellanos RA. Evaluación de dos suplementos minerales para bovinos en pastoreo en Yucatán. *Téc Pecu Méx* 1990;28:111-115.
- Bouchet JP. Appétabilité et niveau d'ingestion des compléments minéraux. In: Bouchet JP, Brugere H, Charlet-Lery G, Gallouin F, Lebars H, Morand-Fehr P, Soyeux Y., editors. *Techniques et substances susceptibles de modifier le comportement alimentaire et l'ingestion des animaux*. Paris, France: Institut National Agronomique, 1980:200-225.
- Gueguen L. Les critères de qualité nutritionnelle des compléments minéraux en alimentation animale. *Bull Assoc Française Zoot* 1970;58:116-128.
- Gueguen L, Lamand M, Meschy F. Nutrition mineral. In: Jarrige J, editor. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, France: INRA, 1988:95-106.
- Tejada de Hernández I. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. México (DF): Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C., 1992.
- Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical methods*. 7th ed. Ames (Ia): The Iowa State University Press, 1980.
- Denton DA. Salt appetite. *Nutr Abstr Rev* 1969;39:1043-1047.
- Underwood EJ. *The mineral nutrition of livestock*. London (UK): Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981.
- National Research Council. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th ed. Washington (DC): National Academy of Sciences, 1996.
- Rubio F, Hernández FJ, Ortega RL. Digestibilidad de la dieta de bovinos en pastoreo en potreros de zacate Guinea. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*; 1984 octubre; México (DF). México (DF): Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1984:24.
- Carrera JL, Livas CF, Basurto CH, García NE. Efecto de diferentes niveles de fósforo y una mezcla de fósforo ionóforo sobre el peso de becerros Holstein-Cebú en el trópico. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*; 1989 diciembre 11-14; México (DF). México (DF): Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1989:152.
- Gittinger JP. *Análisis económico de proyectos agrícolas*. Madrid, España: Tecnos S.A., 1978.