

Respuesta de *Brachiaria brizantha* a Roca Fosfórica en Suelos Vírgenes y Encalados¹

I. López de Rojas*, O. Martínez R.*

ABSTRACT

To measure the effect of rock phosphate (PR) on the yield of *Brachiaria brizantha*, an experiment was carried out under greenhouse conditions with five acid soils from Venezuela. Three were collected in Guarico State: Iguana I (Ustoxic Quarsipsammments), Iguana II (Entic Chromusterts) and Las Palmeras (Typic Paleustults), one the in Cojedes State: El Crucero (Oxic Paleustults) and the other in Barinas State: Ciudad Bolivia (Ultic Tropudalfs). All were low in phosphorus, with a pH less than 4.8 and different contents of clay, calcium and aluminium. The soils were incubated for three months with rock phosphate from Monte Fresco, Tachira State (27.84% P₂O₅). The quantities applied corresponded to 0, 500, 1000, 1500 and 2000 kg/ha of rock phosphate. The same treatments were applied to the soils treated with Ca(OH)₂ to bring up the pH to 5.5. At the end of the incubation period, *B. brizantha* seed was planted. Two harvests were carried out every 45 days after planting, and dry matter yield was measured. Statistical analysis showed highly significant differences between soils and treatments (P<0.01): yields increased with PR doses in soils with the original pH, but when these soils were treated with Ca(OH)₂ the yields decreased. The PR reaction was better in soils without emendation, increasing the phosphorus content. The results reflect the importance of considering the calcium content of soils before PR treatment; apparently, this element affects the PR reaction in soils more than the pH.

RESUMEN

El efecto de la roca fosfórica (RF) sobre el rendimiento de *Brachiaria brizantha*, se midió por medio de un experimento de invernadero con cinco suelos ácidos de Venezuela. Tres de ellos ubicados en el Estado Gúarico: Iguana I (Ustoxic Quarsipsammments); Iguana II (Entic Chromusterts); Las Palmeras (Typic Paleustults); uno en el Estado Cojedes: El Crucero (Oxic Paleustults) y otro en Barinas: Ciudad Bolivia (Ultic Tropudalfs); todos bajos en P disponible, pH menor que 4.8 y variables en contenidos de arcilla, Ca y Al intercambiables. Se incubaron húmedos por tres meses con RF (27.84% P₂O₅ total) en dosis de 0 kg/ha, 500 kg/ha, 1000 kg/ha, 1500 kg/ha y 2000 kg/ha; estos mismos tratamientos se aplicaron en muestras cuyo pH se elevó a 5.5 por incubación previa con Ca(OH)₂. Después de tres meses de incubación, se sembró pasto con una fertilización básica de NK, se hicieron dos cosechas cada 45 días. Los resultados indicaron diferencias altamente significativas entre localidades y tratamientos (P < 0.01); hubo un incremento de rendimiento en forma directa con las dosis de solo RF, excepto en Ciudad Bolivia; en tanto que los suelos tratados previamente con Ca(OH)₂ se redujeron apreciablemente. Hubo mayor reacción de RF en los suelos no encalados y aumentó el P disponible. Los efectos logrados reflejan la importancia de considerar el contenido de Ca del suelo al recomendar el uso de RF, pues aparentemente es más influyente sobre la reacción de RF que el valor del pH.

Palabras clave: Fertilización de pasto, disponibilidad de fósforo, encalado vs. roca fosfórica, suelos ácidos.

INTRODUCCIÓN

El uso de especies de pastos adaptados a condiciones de acidez y baja fertilidad de los suelos, es una vía para mejorar la alimentación de la población bovina que se asienta en vastas extensiones de suelos en las regiones tropicales y subtropicales de mundo. El empleo de enmiendas calcáreas se ha utilizado como alternativa para mejorar las condiciones de acidez, pues neutraliza el Al intercambiable y favorece la dispo-

nibilidad del P, que es el elemento más limitante en estas áreas (Fenster y León 1979; López y Nieves 1990).

En Venezuela, aproximadamente el 70% de los suelos son ácidos y, de ellos, casi el 28% tiene como principal limitante la baja fertilidad, lo que requiere altas aplicaciones de fertilizantes y enmiendas para mejorar su productividad (Comerma y Paredes 1978; López de Rojas *et al.* 1987). La mayor parte de estos suelos se encuentran distribuidos en la región de Los Llanos, principalmente en los estados Monagas, Anzoátegui, Guárico, Apure, Bolívar y Cojedes; son suelos muy evolucionados de los órdenes: Ultisol, Oxisol, Alfisol, Inceptisol y Vertisol, con pH menor que 5.5, bajos en Ca (menor que 150 ppm) y de bajos a muy bajos contenidos de P disponible (menor que 10 ppm) (Gilbert *et al.*).

¹ Recibido para publicar el 27 de enero de 1994

* Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP); Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP); Apartado Postal 4653, Maracay, 2101, Edo., Aragua, Ven

En estas regiones, se desarrolla el 70% de la ganadería bovina de carne (Chicco y de León s.f.), donde la baja calidad de la oferta forrajera conduce a deficiencias nutricionales específicas de proteínas, energía y minerales, que desencadenan cuadros, comprometiendo la salud y la productividad del animal. El manejo de la fertilización, especialmente fosfatada, es otra alternativa planteada para mejorar la productividad de los suelos de esas regiones.

El uso de RF se ha considerado como una de las formas más baratas de suplir F a los cultivos en grandes áreas de suelos ácidos de la zona tropical y subtropical (Parish *et al.* 1980). Fenster y León (1979) han señalado que el uso de RF, natural o parcialmente acidulada, es uno de los factores por considerar en el cultivo de forrajes en los suelos oxisoles y ultisoles ácidos e infértiles de América Latina tropical. Los mismos autores (1978), en una recopilación de resultados obtenidos en diversos cultivos con el uso de RF en suelos de esa región, señalan que en Colombia, casi todos los cultivos probados, tanto pastos como anuales, muestran algún grado de respuesta a la aplicación de RF; también presentan resultados positivos con pastos en Perú y Brasil.

Los suelos ácidos de Venezuela ofrecen gran variabilidad (López de Rojas y Comerma 1985; López de Rojas y Sánchez 1990), por lo que es difícil hacer generalizaciones en las recomendaciones para el uso de la roca fosfórica. La reactividad de esta fuente se afecta por las propiedades físicas y químicas de los suelos, como el pH, la capacidad de adsorción de P, los contenidos de Ca y P iniciales del suelo y otras, que incide en el crecimiento de los cultivos, pues afecta la disponibilidad de P (Fenster y León 1978, 1979; López de Rojas y Nieves 1993; Smith y Sánchez 1992). Se planteó este trabajo con la finalidad de medir, a través de la respuesta del pasto *B. brizantha*, el efecto de las aplicaciones de RF y el de las propiedades de los suelos como el pH, los contenidos de Ca disponible y Al intercambiable sobre la reactividad de esta fuente fertilizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se utilizaron muestras de suelos de las localidades de La Iguana I (Ustoxic Quarsipsamments, silfíca, isohipertérmica); Iguana II (Entic Chromusterts, arcillosa, muy fina, mixta, isohipertérmica); Las Palmeras (Typic Paleustults) del Estado Guárico; el Crucero (Oxic Paleustults) del Estado Cojedes y Ciudad Bolivia (Ultic Tropudalfs, franco, gruesa, isohipertér-

mica) del Estado Barinas. Esas muestras se analizaron previamente para conocer su composición química y física, de acuerdo con la metodología del Laboratorio de Suelos del CENIAP (CENIAP 1990); luego, fueron incubadas húmedas durante tres meses con tratamientos de 0 kg/ha, 500 kg/ha, 1000 kg/ha, 1500 kg/ha y 2000 kg/ha de RF micronizada procedente de Monte Fresco, estrato II, Estado Táchira; el pH original se elevó a 5.5; lo mismo sucedió con los tratados con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (López y Nieves 1993). Después del período de incubación las muestras fueron secadas y analizadas para determinar el pH, los contenidos de Ca, P y aluminio. Se estableció un experimento en potes de 3 kg con pasto *B. brizantha*, cultivar Marandú con dos repeticiones; se sembró por semillas y se hizo una fertilización basal con N (60 kg/ha de N y 30 kg/ha de K_2O).

Una vez establecido el cultivo, se dejaron dos plantas por pote y se efectuaron dos cosechas cada 45 días después del establecimiento. Las plantas se cortaron a 3 cm de la base y el material se usó en estufa a 70 °C para obtener el rendimiento de la materia seca. Los datos se analizaron estadísticamente aplicando un análisis de variancia y comparación de medias de los tratamientos con la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las principales características físicas y químicas de los suelos se muestran en el Cuadro 1, donde se puede apreciar que aun cuando todas son de pH muy ácido, tienen contenidos variables, desde muy bajo hasta alto de Al y Ca intercambiables, texturas entre gruesas y medias; todos bajos en P disponible. Los efectos de las propiedades de los suelos sobre la reacción de la RF fueron analizados por López y Nieves (1993), quienes observaron que, después del período de incubación de los suelos con el pH original, ocurren incrementos variables del Ca disponible por los tratamientos con RF. Esos incrementos fueron mayores en los suelos tratados previamente con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Cuadro 2).

El pH de los suelos después de la incubación con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ varió entre 5.5 y 5.9 en los cinco suelos; después de los tres meses de incubación con RF hubo cierta acidificación. Sin embargo, los niveles de Al intercambiables se redujeron, siendo esta reducción mayor en los suelos tratados con RF + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Cuadro 3). El efecto de estos tratamientos se manifestó sobre los niveles de P disponible, obteniéndose en todos los suelos incrementos de este elemento por la aplicación

Cuadro 1. Principales características físicas y químicas de los suelos.

| | Iguana I | Iguana II | El Crucero | Las Palmeras | Ciudad Bolivia |
|-----------------------|----------|-----------|------------|--------------|----------------|
| pH 1:2.5 | 4.5 | 4.6 | 4.2 | 4.5 | 4.8 |
| Arena (%) | 92.6 | 42.6 | 58.6 | 46.7 | 74.6 |
| Arcilla (%) | 2.4 | 36.4 | 17.4 | 18.2 | 10.4 |
| Textura | a | F A | F a | F | F.a |
| M O (%) | 0.43 | 1.72 | 1.08 | 1.42 | 1.37 |
| P (ppm Olsen) | 3.0 | 3.0 | 1.00 | 4.00 | 5.00 |
| Al (me/100 g) | 0.10 | 2.80 | 1.05 | 1.10 | 0.20 |
| Ca ** | 0.12 | 0.88 | 0.32 | 0.33 | 1.83 |
| Mg ** | 0.02 | 1.65 | 0.10 | 0.35 | 0.64 |
| K *** | 0.04 | 0.44 | 0.09 | 0.03 | 0.40 |
| CICE " | 0.28 | 5.77 | 4.56 | 1.81 | 3.07 |
| Sat Al (%)** | 35.7 | 48.5 | 67.3 | 60.8 | 6.45 |
| Sat. Ca (%)** | 42.8 | 15.3 | 20.5 | 48.2 | 59.6 |
| Indice de Ads de P*** | 4.6 | 44.8 | 18.3 | 180.4 | 18.1 |

* Determinación en $\text{NH}_4\text{O Ac pH 7.0}$.

** Calculado con base en la capacidad de intercambio de cationes efectiva.

*** Determinado a través de la isoterma de adsorción de P de Langmuir ($X/\text{Log C}$)

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre los niveles de Ca disponibles, posterior a la incubación con roca fosfórica (RF).

| Suelo | (Ca ppm) | | |
|----------------|----------|-----|---------------------------|
| | Testigo | RF* | RF+Ca (OH) ₂ * |
| Iguana I | 55 | 58 | 76 |
| Iguana II | 82 | 85 | 235 |
| El Crucero | 105 | 120 | 210 |
| Las Palmeras | 42 | 69 | 182 |
| Ciudad Bolivia | 128 | 227 | 310 |

* Valores promedios de los cuatro tratamientos de RF

de RF y un efecto depresivo del tratamiento previo con Ca(OH)_2 (Cuadro 4). Esto concide con experiencias hechas por López y Nieves (1993), quienes reportan una relación inversa entre estos dos nutrientes; Khasawneh y Doll (1978) también señalan un efecto adverso del encalado sobre la efectividad de la RF.

Esos niveles de fertilidad de los suelos se reflejaron sobre los rendimientos *B. brizantha*, y fue evidente la

alta respuesta en los suelos de El Crucero, Iguana I, Iguana II y Las Palmeras a la aplicación de P (Fig. 1); resultados similares se han logrado con experimentos en el primero y último de los suelos con pasto *Andropogon gayanus* (1990).

El análisis estadístico de los rendimientos de materia seca reflejó diferencias altamente significativas para los tratamientos, localidades y localidades por tratamientos (Cuadro 5). Al analizar los efectos de los tratamientos en cada una de las localidades, se pudo ver un efecto creciente de los rendimientos en función de las dosis de solo RF; pero cuando se aplicó, después de encalar el suelo hasta un pH próximo a 5.5, hubo una reducción en los rendimientos, aun cuando se mantuvo la misma tendencia creciente en relación con los tratamientos de roca fosfórica. Estos resultados demostraron la importancia de considerar factores como los niveles iniciales de Ca y Al del suelo cuando se recomienda el uso de RF, por la influencia que tienen sobre la reacción de dicho material, que afecta el desarrollo del cultivo.

Cuadro 3. Variación del pH y Al intercambiable por efecto de los tratamientos, después de la incubación con RF.

| Suelo | pH inicial | RF | pH | Al intercambiable | | me/100 g RF + Ca(OH) ₂ |
|----------------|------------|-----|------------------------|-------------------|------|-----------------------------------|
| | | | RF+Ca(OH) ₂ | Testigo | RF | |
| Iguana I | 5.7 | 4.7 | 5.0 | 0.28 | 0.24 | 0.10 |
| Iguana II | 5.8 | 5.0 | 5.2 | 2.00 | 1.80 | 0.30 |
| El Crucero | 5.5 | 4.6 | 4.5 | 0.80 | 0.68 | 0.40 |
| Las Palmeras | 5.9 | 5.2 | 5.7 | 0.60 | 0.50 | 0.06 |
| Ciudad Bolivia | 5.6 | 4.6 | 4.6 | 0.25 | 0.24 | 0.16 |

* Después de la incubación con Ca(OH)_2

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre los niveles de P disponibles de los suelos.

| Tratamiento kg/ha/RF | Iguana I | Iguana II | Las Palmeras P ppm (BRAY) | El Crucero | Ciudad Bolivia |
|-----------------------------|----------|-----------|------------------------------|------------|----------------|
| 0 | 2.7 c | 3.2 de | 3.3 cde | 3.1 c | 4.7 c |
| 500 | 5.9 abc | 4.3 cde | 6.9 bc | 5.3 bc | 6.5 bc |
| 1 000 | 6.3 ab | 6.4 bc | 9.2 ab | 9.0 ab | 7.3 ab |
| 1 500 | 6.9 ab | 8.1 b | 10.1 a | 10.9 a | 9.0 a |
| 2 000 | 7.5 a | 10.7 a | 11.6 a | 8.4 ab | 8.6 ab |
| 500+Ca(OH) ₂ * | 3.7 c | 2.3 de | 1.9 e | 5.7 bc | 6.9 ab |
| 1 000+Ca(OH) ₂ * | 4.7 abc | 4.5 cd | 4.3 cd | 5.4 bc | 8.1 ab |
| 1 500+Ca(OH) ₂ * | 3.7 bc | 1.9 de | 3.3 de | 6.3 bc | 8.6 ab |
| 2 000+Ca(OH) ₂ * | 5.9 abc | 3.9 de | 5.1 bc | 7.3 ab | 9.0 a |

* Aplicada un mes antes de los tratamientos con roca fosfórica. Promedios de las columnas seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$) por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

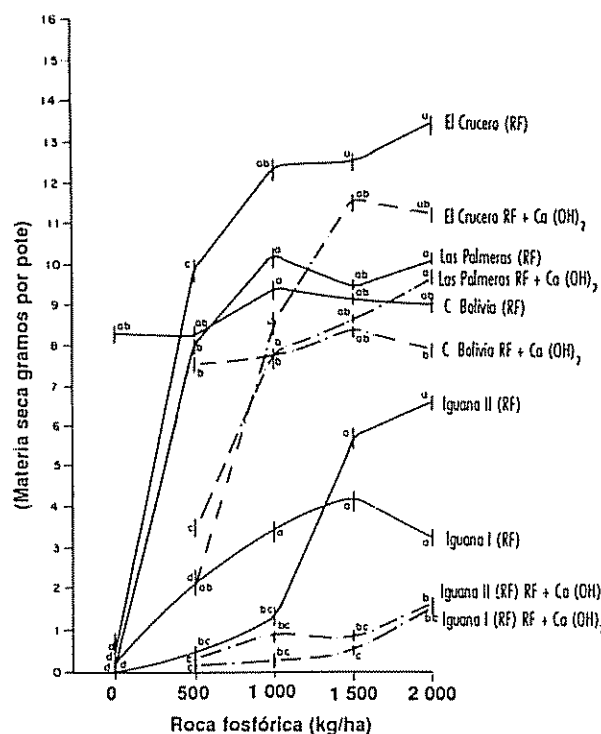


Fig. 1. Rendimiento de materia seca (gramo por pote) de *B. brizantha* en función de los tratamientos con RF y RF + Ca(OH)₂ (promedio de dos cortes cada 45 días).

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados obtenidos puso de manifiesto la alta respuesta del pasto *B. brizantha* a la aplicación de roca fosfórica. Hubo un efecto negativo de los contenidos de Ca del suelo sobre la reacción de la RF, que se reflejó en la reducción de los niveles de P disponible en los suelos tratados previamente con Ca(OH)₂.

El rendimiento de *B. brizantha* demostró el efecto de los tratamientos; una reducción del peso de materia seca ocurrió cuando los suelos se trataron con Ca(OH)₂, antes de los tratamientos con RF, fundamentalmente en los de El Crucero, Iguana I, Iguana II y Las Palmeras, los cuales son menos fértiles; mientras que en el suelo de Ciudad Bolivia el efecto de los tratamientos fue menor.

Los tratamientos con cal, previamente a la aplicación de la RF, disminuyeron su reactividad y afectaron la disponibilidad del fósforo. En suelos con pH ácidos, hay que considerar el nivel del Ca disponible cuando se va a recomendar RF con el fin de asegurar una mayor efectividad de dicho material.

Cuadro 5. Análisis de variancia de los rendimientos de materia seca de *B. brizantha* con tratamientos de roca fosfórica.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|----------|
| Localidad (L) | 4 | 931.04117 | 232.76041 | 552.49** |
| Tratamiento (T) | 8 | 417.60339 | 52.20042 | 132.90** |
| L x T | 32 | 273.39544 | 8.54361 | 20.28** |
| Error | 45 | 18.95830 | 0.421296 | |
| Total | | 89 | | |

$R^2 = 0.988$ C.V. = 11.2378.

LITERATURA CITADA

- CENIAP (CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS). 1990 Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. J. Gilabert de B., I. López de Rojas, R. Pérez de Roberti (Comp.) Maracay, Ven. Serie D no. 26. 164 p.
- COMERMA, J.; PAREDES, R. 1978 Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras de Venezuela. *Agronomía Tropical (Ven.)* 28(2):71-85.
- CHICCO, C.F.; DE LEON, S.G. s.f. Suplementación de los bovinos de carne a pastoreo. Maracay, Ven., Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. p. 47-103. (Mimeo)
- FENSTER, W.E.; LEON, L.A. 1978 Utilization of phosphaterock in tropical soils of Latin America. International Fertilizer Development Center; Centro Internacional de Agricultura Tropical. 49 p.
- Presented at: Phosphate Rock Seminar in Technion-Israel (Haifa, Israel). Institute of Technology.
- FENSTER, W.E.; LEON, L.A. 1979. Manejo de la fertilización con fósforo para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados en suelos ácidos e infértiles de América Tropical. In Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. L.E. Tergas; P.A. Sánchez (Eds) CIAT, Col. Serie 035-G-5 p. 119-133.
- GILABERT DE B., J.; LOPEZ DE R., I.; GARCIA, E.; VACCARINO, L.; CHAURAN, O.; VELASQUEZ, L.; SEGNNINI DE B., A.; LOPEZ, M.; SOLORZANO, C.; COLINA, R.; MORILLO, A.; ARRIECHE, H.; AZUAJE, I.; CUENCA, L. 1991. Características de fertilidad de los suelos venezolanos vistos a través de los resúmenes de análisis rutinarios (5ª aproximación). Maracay, Ven., Ministerio de Agricultura y Cría/FONAIAP. 30 p. (Mimeo).
- KHASAWNEH, F.E.; DOLL, E.C. 1978 The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy* 30:159-205.
- LOPEZ DE ROJAS, I.; COMERMA, J. 1985. Caracterización de los suelos ácidos de Venezuela a través de algunas propiedades físicas y químicas. *Agronomía Tropical (Ven.)* 35(1-3):83-109.
- LOPEZ DE ROJAS, I.; SILVA DE Z., M.; COMERMA, J. 1987 Suelos ácidos de Venezuela: Avances en la construcción de un sistema experto para hacer recomendaciones en estos suelos. In Congreso Latinoamericano (10. 1987, Maracaibo, Ven.) Simposio 9 p. (Mimeografiado)
- LOPEZ DE R., I.; SANCHEZ, A.; ALFONZO, N.; NIEVES, L.; WIEDENHOFER, H. 1990. Respuesta del pasto *Andropogon gayanus* a la fertilización fosfatada en suelos ácidos de Llanos de Venezuela. In Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo (2., 1990, La Habana, Cuba); Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo (2., 1990, La Habana, Cuba). Memorias.
- LOPEZ DE ROJAS, I.; SANCHEZ, A. 1990 Criterios para recomendaciones de cal en suelos ácidos de Venezuela. FONAIAP, CENIAP, Maracay, Ven. Serie B no. 8. 32 p.
- LOPEZ DE R., I.; NIEVES, L. 1993. Efecto de los niveles de fósforo y calcio disponibles, capacidad de adsorción de fósforo y pH del suelo sobre la reactividad de la roca fosfórica en cinco suelos ácidos de Venezuela. *Agronomía Tropical (Ven.)* 43(1-2) (En prensa)
- PARISH, D.H.; HAMMOND, L.L.; CROSWELL, E.I. 1980. Research on modified fertilizer materials for use in developing country agriculture. 21 p.
- Presented at the American Chemical Society Meeting (1980, Las Vegas, Nevada, EE.UU.). (Mimeo)
- SMITH, T.; SANCHEZ, P.A. 1992 Phosphate rock dissolution availability in Cerrado soils as affected by phosphorus sorption capacity. *Soil Science Society of America Proceedings (EE.UU.)* 46:339-345