FUENTES DE FOSFORO EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA*

Luis F. Sánchez S.
Eric J. Owen B.**

1. INTRODUCCION

El fósforo (P) es uno de los nutrimentos limitantes para el normal desarrollo de las plantas en los suelos ácidos de terraza alta de los Llanos Orientales. En esos suelos existe una baja concentración de fosfatos, fácilmente asimilables, que además poseen una alta habilidad para reaccionar con el hierro (Fe) y el aluminio (Al), especialmente cuando se aplican fertilizantes fosfatados solubles en agua. Los suelos de este paisaje están incluidos dentro de la clase IV, ocupan una extensión aproximada de 572.170 ha y están cultivados con pastos naturales y mejorados, palma africana, yuca y algunos cultivos de subsistencia (Owen y Sánchez, 1978).

Teniendo en cuenta estas circunstancias, se estableció el presente experimento para evaluar el efecto de tres fuentes, dos métodos de aplicación y distintas dosis de P, usando como planta indicadora el maní (*Arachis hypogaea* L. var. Tatui 76). Se usó esta planta por su tolerancia a la acidez e importancia potencial en la región. Los resultados se evaluaron sobre la base del rendimiento de maní en cáscara y por la concentración de P en el suelo durante dos siembras no consecutivas.

2. REVISION DE LITERATURA

Los suelos con pH menor de 5,0 tienen una alta capacidad de fijación de P. Esto es debido al aumento progresivo de los hidróxidos de hierro y aluminio (Fassbender, 1969).

En suelos tropicales la fracción de P que absorbe el complejo coloidal es generalmente pequeña (3,0 a 14,5%). La fracción más importante de P fijado en latosoles costarricenses está asociada con Al en cambio, en los latosoles brasileños la fijación de P está asociada con el Fe. Estas dos fracciones constituyen alrededor del 90% del P presente en los latosoles tropicales (Fassbender, 1969). En latosoles de los Llanos Orientales, el P unido al Fe parece ser la fracción más activa, ya que al añadir P se aumenta esta fracción, lo cual sugiere que el Fe es el elemento más hábil para fijar el P en estos suelos (Sánchez, 1974).

La fertilización fosfórica de suelos ácidos fijadores de P es más conveniente con fuentes de disponibilidad lenta, como las Escorias Básicas y las rocas fosfóricas, porque el P se va liberando lentamente, lo cual disminuye su fijación y el valor residual es más prolongado que al utilizar un fertilizante soluble en agua (Mattingly, 1970).

La solubilidad de distintas fuentes de P varía de la siguiente manera: superfosfato simple y triple (fosfato monocálcico) > nitrofosfato (fosfato dicálcico) > Escorias Thomas (fosfato tetracálcico) > rocas fosfóricas (apatita). En un estudio a largo plazo en el cual fueron incluidas estas fuentes, se encontró que después de seis años continuos de aplicación de P, la absorción de este elemento por el raigrás fue casi igual para superfosfato, roca fosfórica y Escorias Thomas, pero a los 10 años, los residuos de estas dos últimas fuentes produjeron más materia seca que los residuos de superfosfato (Mattingly, 1970).

---

* Contribución del Programa de Suelos (División de Agronomía) Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

** Respectivamente:
– Ingeniero Agrónomo, M.S. Programa de Suelos. Estación Experimental "La Libertad". Apartado Aéreo 2011 Villavicencio (Meta).

– Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Programa de Suelos. Estación Experimental "La Libertad". Apartado Aéreo 2011 Villavicencio (Meta).

Revista ICA. Bogotá (Colombia) Vol. XIV No. 3 pp. 155 - 162 Septiembre 1979. CK-ISSN-0018-8794.

En suelos ácidos de Nigeria del Norte se comparó la roca fosfórica sola, roca fosfórica más azufre y superfosfato simple, teniendo como planta indicadora el maní. Los resultados mostraron que la roca más azufre y el superfosfato simple produjeron mayores rendimientos de materia seca total que la roca fosfórica sola (Bromfield, 1975). Estos datos indican que una de las formas de mejorar la eficiencia de la roca fosfórica es mezclándola con azufre, bien sea para suministrarlo como nutrimento o para acidificar la roca y aumentar su solubilidad.

La explotación de las minas de roca fosfórica de Boyacá, Huila y Santander es de alta significación para el Llano, debido a que este material contiene cantidades apreciables de P y Ca. Investigaciones realizadas en el cultivo de arroz utilizando roca fosfórica directamente como fertilizante, han mostrado efectos altamente positivos aunque no comparables a los obtenidos con Escorias Thomas. En general las rocas fosfóricas y el superfosfato triple han tenido un comportamiento similar y ambas fuentes fueron inferiores a Escorias Thomas (Sánchez, 1974b; Sánchez, 1977).

En suelos ácidos de terraza de los Llanos Orientales se han efectuado algunos trabajos sobre fertilización de maní. El análisis de esos resultados mostró que el P fue el elemento más limitante en el desarrollo y producción del cultivo, teniendo en cuenta que el contenido de P de dichos suelos era de 5,8 ppm. La aplicación de cal hasta 2,0 t/ha también aumentó significativamente los rendimientos de maní en cáscara (Sánchez y Owen, 1976).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. SUELOS

El experimento se realizó en un suelo de sabana correspondiente al paisaje de las terrazas altas del pie de monte llanero y clasificado como un haplorthox (Guerrero y Cortés, 1976). Los suelos de este paisaje se caracterizan por su topografía plana y presentan texturas franco arenosas y franco arcillosas y buen drenaje externo e interno (Tabla 1). El pH es extremadamente ácido, su contenido de P y cationes intercambiables es bajo, en cambio el Al intercambiable es alto, dando como resultado una fertilidad baja. En estos suelos se han realizado la mayor parte de las investigaciones sobre maní, puesto que presentan condiciones físicas favorables para su desarrollo y es uno de los cultivos que mejor se adapta a las condiciones desfavorables de fertilidad (Sánchez y Owen, 1976).

3.2. TRATAMIENTOS

Se probaron 25 tratamientos que resultaron de combinar tres fuentes, cuatro dosis y dos métodos de aplicación de P, mediante un diseño de bloques al azar en arreglo factorial, un testigo sin P y cuatro replicaciones. Las fuentes fueron: superfosfato triple (SFT) del 46% de P_2O_5, Escorias Thomas (ET) del 15% de P_2O_5 y roca fosfórica de pesca (RFP) del 19% de P_2O_5.

Se estudiaron cuatro dosis a saber: 100, 200, 300 y 400 kg/ha de P_2O_5, aplicadas al voleo y en banda. El P se incorporó al momento de la primera siembra tanto al voleo como en banda.

El tamaño de parcela utilizado fue de 36 m², es decir, seis surcos de 0,60 m por 10 m de longitud, para cosechar 9,60 m² de los dos surcos centrales.

3.3. FERTILIZACION CONSTANTE

Se utilizó una fertilización constante de 2,0 t/ha de cal agrícola, aplicada al voleo 20 días antes de la siembra, 40 kg de N/ha como urea y 60 kg de K_2O/ha como cloruro de potasio. El N y K se aplicaron en banda, fraccionados, la mitad al momento de la siembra y el resto a los 20 días (Sánchez y Owen, 1976).

3.4. EFECTO RESIDUAL

Para estudiar el efecto residual de las fuentes y dosis de P se repitió el mismo ensayo al año siguiente en las parcelas que recibieron el P al voleo. Se aplicó una fertilización constante de 40 kg de N/ha y 60 kg de K_2O/ha en banda, 20 días después de la germinación.

3.5. EVALUACION DE LOS RESULTADOS

Para evaluar los tratamientos y su efecto residual se tomó el rendimiento del maní en cáscara. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza.

TABLA 1. Características químicas y físicas de un suelo de terraza alta de la Estación Experimental La Libertad, Villavicencio.

Textura	pH	M.O.	P (ppm)	Miliequivalentes por 100 g						S.Al (%)
				Al^{+++}	Ca^{++}	Mg^{++}	K^{+}	Na^{+}	CICe	
F.A.	4,4	3,8	5,8	3,5	0,6	0,36	0,10	0,06	4,62	75,5

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para facilitar la interpretación de los resultados se analizó primero cada fuente de P, su método de aplicación y dosis, luego se hizo el análisis de las interacciones entre fuentes de P y métodos de aplicación.

4.1. EFECTOS DEL SUPERFOSFATO TRIPLE

Al comparar los dos métodos de aplicación de P (en banda y al voleo), se obtuvo un mejor rendimiento en el sistema de banda, con dosis de 200 kg/ha de P_2O_5 (Figura 1A). No se obtuvo diferencias significativas, entre los dos métodos, cuando se aplicaron dosis de 100, 300 y 400 kg/ha de P_2O_5.

Cuando se compararon dosis de P_2O_5 aplicado en banda, se encontraron diferencias significativas en la producción entre 0, 100 y 200 kg/ha, pero no se observó entre dosis de 200, 300 y 400 kg/ha de P_2O_5 (Figura 1A). Al efectuar la fertilización al voleo se encontraron únicamente diferencias significativas entre 0 y 100. Entre las otras dosis 100 y 200, 200 y 300, 300 y 400 no hubo diferencias significativas. La dosis de 400 kg/ha de P_2O_5 fue significativamente mayor que 200 y lógicamente 200 mayor que 0.

De acuerdo con estos resultados el superfosfato triple se debe aplicar en banda, en cultivos en surcos; en esta forma no se requieren dosis tan altas para alcanzar los mayores rendimientos. En cambio al aplicarlo al voleo fue necesario llegar hasta 400 kg/ha de P_2O_5 y aún así, no se encontró el punto máximo.

El superfosfato triple es un fertilizante de alto análisis cuya solubilidad en agua es alta (84% aproximadamente), lo cual hace que su empleo en cultivos de surcos sea localizado, para disminuir su fijación en los suelos con esta propiedad, como en el caso de los suelos estudiados. Con el método de aplicación en banda, se pone un menor volumen de suelo en contacto con el fosfato, lo cual disminuye la fijación, y además, porque en banda es más fácil para que lo asimilen las plantas, especialmente las de ciclo vegetativo corto (McLean y Logan, 1970; Sánchez y Owen, 1976).

4.2. EFECTOS DE LAS ESCORIAS THOMAS

El método de aplicación de P al voleo, fue significativamente mayor que el de banda en las dosis 200, 300 y 400 kg/ha de P_2O_5; con la dosis de 100 kg/ha de P_2O_5 no hubo diferencia significativa entre los dos métodos usados.

Respecto a dosis, se encontró respuesta significativa a la aplicación de 100 kg/ha de P_2O_5 al voleo y no hubo diferencias significativas entre 100, 200, 300 y 400, obteniéndose los más altos rendimientos de maní en cáscara con 200 kg/ha de P_2O_5 al voleo (Figura 1 B). En cambio, cuando las Escorias Thomas fueron aplicadas en banda, se encontró una respuesta significativa a 100 kg/ha de P_2O_5, pero este rendimiento fue inferior al obtenido con la misma dosis al voleo. Además, se encontró una respuesta negativa no significativa a la dosis 200, 300 y 400 kg/ha de P_2O_5, lo cual no ocurrió cuando la fertilización se hizo al voleo.

4.3. EFECTOS DE LA ROCA FOSFORICA

Al utilizar la roca fosfórica como fuente de P se encontró que el método de aplicación al voleo fue significativamente mayor al de banda pero únicamente en la dosis de 400 kg/ha de P_2O_5; para las otras dosis no hubo diferencias significativas. En la Figura 1 C se puede apreciar que el método al voleo fue superior al de banda en todas las dosis, a excepción de la de 100 kg/ha de P_2O_5. Al comparar dosis y métodos de aplicación se halló una respuesta significativa a 100 kg/ha de P_2O_5 en banda y respuesta negativa no significativa a las demás dosis. Cuando la aplicación se hizo al voleo, solamente hubo respuesta significativa a la dosis anterior, siendo las cuatro dosis iguales estadísticamente.

El comportamiento de Escorias Thomas y roca P fue similar debido a que son fuentes insolubles en agua, dando los mejores resultados cuando se aplicaron al voleo. Esto se puede explicar porque el fertilizante insoluble aplicado al voleo y mezclado con el suelo entrará en contacto con un mayor volumen de suelo, que cuando está colocado en banda, por consiguiente, en el primer caso tiende a disolverse más rápidamente. La respuesta de plantas jóvenes a los fosfatos insolubles en agua es usualmente baja debido a que dichas fuentes no proveen suficiente concentración de P para la absorción inmediata de los cultivos (Sánchez y Owen, 1976). Por estas razones los fertilizantes fosfatados insolubles en agua darán resultados más positivos en cultivos permanentes, como los pastos, con lo cual también se evitará la fijación inmediata de los fosfatos.

4.4. INTERACCION DE LAS FUENTES POR EL METODO DE APLICACION

En la Figura 2 se observa que no hay diferencias significativas cuando se usan como fuentes de P el SFT en banda o ET al voleo; estas dos, son significativamente superiores a las aplicaciones de SFT y RFP al voleo y de ET y RFT en banda, las cuales no difieren entre sí.

El SFT y la RFT no se diferencian cuando se aplican al voleo, pero el primero sí difiere significativamente de ET y RFT aplicadas en banda.

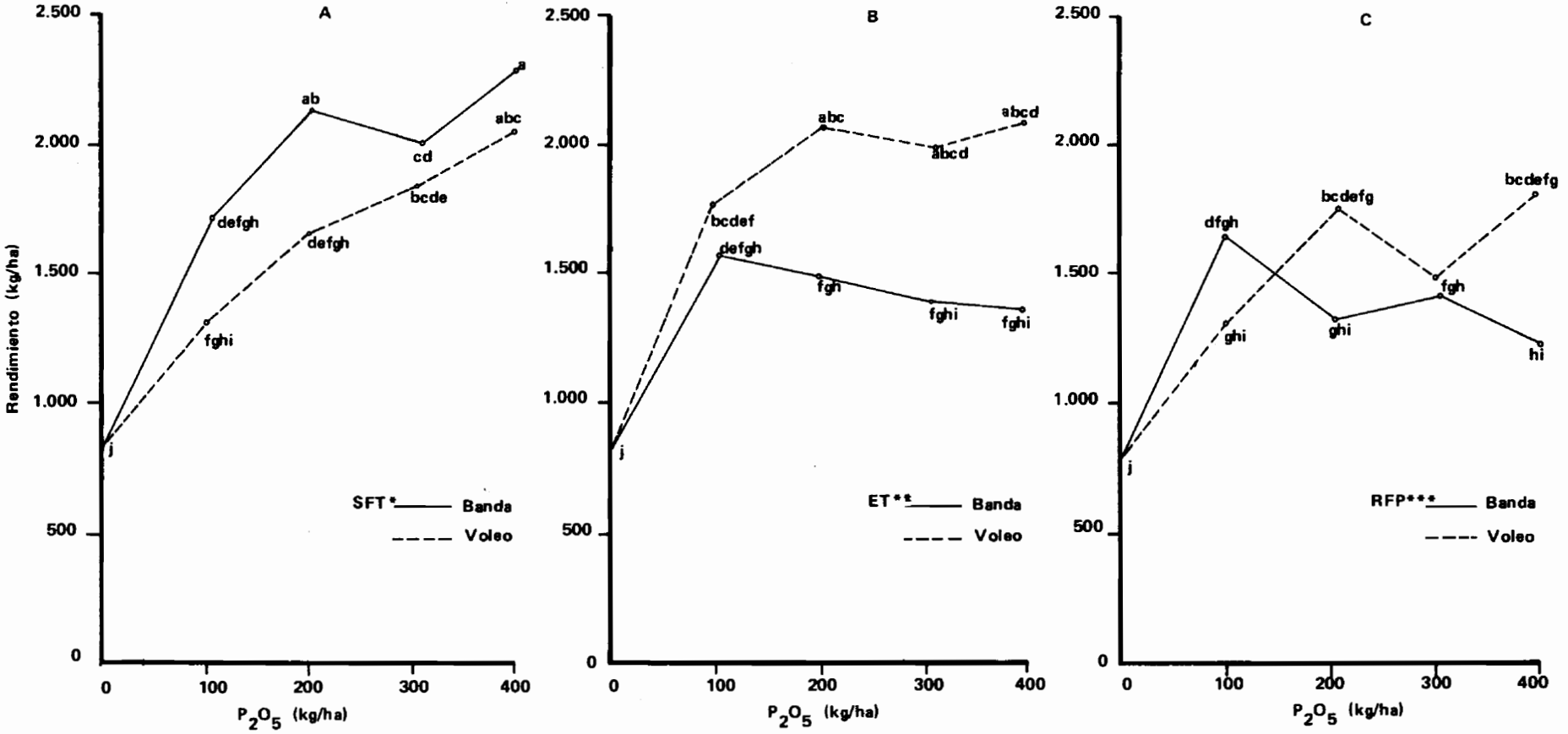

FIGURA 1. Efecto comparativo de tres fuentes, dos métodos de aplicación y cinco dosis de P_2O_5 sobre el rendimiento de maní en cáscara. (Tratamientos con letras en común son significativamente iguales al 5% de probabilidad).

* SFT: Superfosfato simple

** ET: Escorias Thomas

*** RFP: Roca fosfórica de pesca

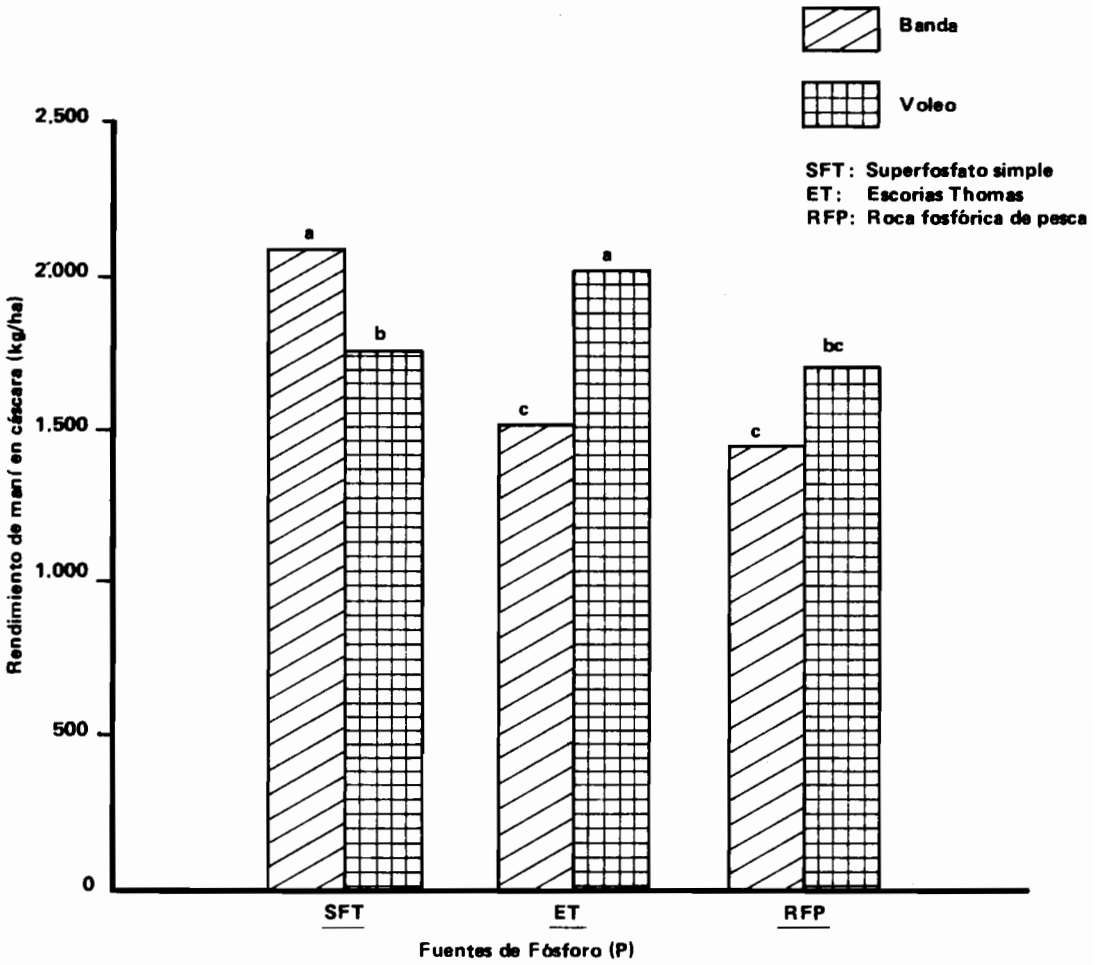

FIGURA 2. Efecto de la interacción de las fuentes de P por el método de aplicación sobre el rendimiento de maní en cáscara. (Tratamiento con letra en común son iguales al nivel de probabilidad del 5%).

4.5. DETERMINACION DEL EFECTO RESIDUAL

4.5.1. Efecto Residual sobre el Rendimiento. Para estudiar el efecto residual se usaron únicamente los tratamientos de P aplicados al voleo en 1974 B. Por tanto, en la siembra de 1975 B no se aplicó ni cal, pero sí las mismas dosis de N y K. La comparación de los efectos inmediatos y residual y del efecto residual en sus dosis respectivas sobre el rendimiento se presentan en la Tabla 2.

El rendimiento del maní fue afectado positiva y significativamente cuando se aplicó P como superfosfato, tanto en la primera como en la segunda siembra. La dosis de 300 kg/ha de P_2O_5 fue significativamente mayor que 100, 200 y 400 y éstas iguales estadísticamente entre sí, pero significativamente superiores al tratamiento sin P.

Esta situación fue idéntica para Escorias Thomas, aunque los rendimientos con cada una de las dosis fueron superiores no significativamente a los encontrados en superfosfato.

La roca fosfórica presentó mejor efecto residual y fue significativamente superior en la segunda siembra, lo cual se debe a su lenta solubilidad. La dosis de 400 kg/ha de P_2O_5 dió un rendimiento superior al nivel del 5% de probabilidad en relación a las demás dosis, siendo éste un indicativo más de su insolubilidad.

Comparando las tres fuentes, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al rendimiento del maní. El efecto residual fue igual estadísticamente para las dosis 300 y 400 kg/ha de P_2O_5 para las tres fuentes y éstas superiores a 100 y 200.

4.5.2. Efecto Residual en el Suelo. Para determinar el efecto residual en el suelo, se tomaron muestras para determinación de P, después de realizar la segunda cosecha en febrero de 1976. Las muestras se tomaron a una profundidad de 0,20 m en los tratamientos donde se aplicó el fertilizante al voleo y en las tres replicaciones.

En la Tabla 3 se presenta el contenido de P del suelo, determinado por el método de Bray II para las tres fuentes de P y sus respectivas dosis. Se observó que en cada una de las dosis la RFP presentó mayores contenidos de P que las ET y éstas a su vez que el SFT.

TABLA 2. Efecto residual de tres fuentes de fósforo (P) a distintas dosis de P_2O_5 aplicado al voleo, sobre el rendimiento del maní en cáscara.

Dosis de P_2O_5 (kg/ha)	Producción en kg/ha SFT^{++}	ET^{+++}	RFP^{++++}
0	837 c	837 c	837 c
100	1927 b	2122 b	1875 b
200	2005 b	2135 b	2070 b
300	2213 a	2200 a	2082 b
400	2031 b	2109 b	2278 a
X 1975 B	2044 a	2141 a	2077 a
X 1974 B	1766 b	2002 a	1605 b

(+) Tratamientos con letras en común son significativamente iguales al 5% de probabilidad.
++ = SFT: Superfosfato simple.
+++ = ET: Escorias Thomas.
++++ = RFP: Roca fosfórica de Pesca.

TABLA 3. Contenido de P del suelo, en ppm extraído por el método de Bray II, tratado con tres fuentes de fósforo (P) después de dos cosechas de maní.

Dosis de P_2O_5 (kg/ha)	Fuante de (P) SFT^{+}	ET^{++}	RFP^{+++}
0	5,25	5,25	5,25
100	9,05	11,10	12,10
200	13,30	16,05	21,60
300	13,75	17,50	26,20
400	18,70	20,10	38,30

+ : SFT Superfosfato simple.
++ : ET Escorias Thomas.
+++: RFP Roca fosfórica de pesca.

Estos resultados muestran una situación que, aunque es bien conocida en la literatura, en esta región prácticamente pasa desapercibida, sin darle la trascendencia que merece. El SFT presentó el menor efecto residual en el suelo debido a que el P_2O_5 de esta fuente es soluble en agua en su mayor parte, lo cual facilita la fijación por los óxidos de Fe y Al en suelos con esta propiedad. Esto se demostró en un estudio reciente usando fosfato monocálcico para medir el poder de fijación de P de tres suelos ácidos, incluyendo uno de los Llanos Orientales (Sánchez, 1974 A).

Los datos obtenidos con roca fosfórica son importantes desde todo punto de vista. Si bien es cierto que en la primera siembra no fue la mejor fuente, sí lo fue en la segunda, presentando también el mejor efecto residual. Para un cultivo de ciclo tan corto de 110 días como el maní, no se debe emplear la RFP, pero en cambio puede ser la mejor fuente para las praderas mejoradas y otros cultivos perennes.

5. CONCLUSIONES

Del análisis estadístico de los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales utilizadas, se puede concluir lo siguiente:

- La dosis de 200 kg/ha de P_2O_5 como SFT en banda y como ET al voleo produjeron los mayores rendimientos en la primera siembra de maní, variedad Tatui 76.

- En la primera siembra el SFT y ET fueron significativamente superiores a RFP. En la segunda siembra las tres fuentes aplicadas al voleo fueron iguales estadísticamente.

- Para leguminosas de ciclo corto, sembradas en suelos fijadores de P, las ET aplicadas al voleo son mejor fuente de P que el SFT en banda y la RFP al voleo.

- La RFP presentó el mayor contenido de P cuando se extrae por Bray II después de las dos siembras, lo cual parece indicar una liberación más lenta del fosfato y una menor fijación.

- En forma general, se puede decir que la dosis más conveniente para las tres fuentes de P estudiadas, teniendo en cuenta el mejor método de aplicación para cada una de ellas, es la de 200 kg/ha de P_2O_5.

- Los datos de este experimento mostraron que la concentración de P en el suelo era SFT $<$ ET $<$ RFP, lo cual parece indicar que al extraer el P por el método de Bray II, la fijación de P sería SFT $>$ ET $>$ RFP y con base en esto se podría decir que la solubilidad de las fuentes en el suelo sería RFP $<$ ET $<$ SFT.

6. RESUMEN

Fuentes de fósforo en un oxisol de los Llanos Orientales de Colombia.

En un suelo clasificado como Haplorthox, correspondiente al paisaje de terraza alta del pie de monte llanero, caracterizado por ser extremadamente ácido, bajo en materia orgánica, bajo en P y bases intercambiables y con alta saturación de Al, se realizó un experimento para evaluar bajo condiciones de campo el comportamiento de tres fuentes de P, usando dos métodos de aplicación y cinco dosis de P_2O_5. Se midió su efecto durante dos siembras no consecutivas realizadas en 1974 B y 1975 B, utilizando el maní como planta indicadora.

Las fuentes estudiadas fueron superfosfato triple (SFT) del 46% de P_2O_5 soluble en agua, Escorias Thomas (ET) del 15% de P_2O_5 soluble en citrato y roca fosfórica de Pesca (RFP) del 19% de P_2O_5 e insoluble. Se emplearon cinco dosis de P_2O_5; 0, 100, 200, 300 y 400 kg/ha, las cuales se aplicaron en banda y al voleo. Se empleó una fertilización constante de 2,0 t/ha de cal, incorporada 20 días antes de la siembra, 40 kg/ha de N y 60 kg/ha de K_2O, en banda, fraccionados, la mitad al momento de la siembra y el resto a los 20 días. El diseño utilizado fue el de bloques al azar con cuatro replicaciones. Para evaluar el efecto de los tratamientos se tomó el rendimiento de maní en cáscara de la variedad Tatui 76. Después de la segunda cosecha se tomaron muestras de suelos a una profundidad de 0,20 m para determinar en ellas el contenido de P extraído por el método de Bray II.

Cuando se usaron el SFT y las ET, el maní produjo rendimientos significativamente superiores que los obtenidos con la RFP en la primera cosecha, pero en la segunda cosecha no hubo diferencias significativas entre las tres fuentes de P. El mejor método de aplicación para cada una de las fuentes fue de la siguiente manera: SFT en banda, ET y RFP al voleo. Para todas las tres fuentes de P, la dosis más adecuada fue la de 200 kg/ha de P_2O_5 cuando se usó el mejor método de aplicación para cada uno de ellos. Los análisis de suelos de muestras tomadas después de la segunda cosecha indicaron que en cada una de las dosis de P_2O_5 la RFP presentó mayores contenidos de P que las ET y éstas a su vez que el SFT, lo cual da una idea del efecto residual de las distintas fuentes de P en suelos ácidos que tiene la propiedad de fijar fosfatos.

7. SUMMARY

Sources of phosphorus in oxisol of the eastern plains region of Colombia

On soils of high terrace classified as a Haplorthox, a field experiment was preformed to study

the response of five levels of P: 0, 100, 200, 300 and 400 kg/ha of P_2O_5 using three sources of P (triple superphosphate TSP 46% P_2O_5, basis slags BS 15% P_2O_5, and rock phosphate from Pesca RPP 19% P_2O_5).

The sources, were applied by two methods banded and broadcast. The immediate effect of these treatments was studied in 1974 B and the residual effect in 1975 B. Peanut (*Arachis hypogaea* L. cultivar Tatui 76) was used as the indicator plant. A constante fertilization of 2,0 t/ha of lime, 40 kg/ha of N, and 60 kg/ha of K_2O was used. The lime was applied twenty days before planting and N and K_2O were divided in two equal parts at the time of planting and twenty days after sowing. The experimental desing used was randomized blocks with four replications. Yields were determined as shell peanuts. After the second crop was harvested P was determined in the soils using the method of Bray II.

The first crop produced significantly higher yields using TSP and BS than RPP. But in the second crop there was no significant difference betwen sources of P. The best method for appling is the following: TSP banded, BS and RPP Broadcast. For all three sources of P the most adecuate level of P_2O_5 was 200 kg/ha when the best method of application was used.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BROMFIELD, A.R. Efect of ground rock phosphate - sulfur mixture on yield and nutrient uptake of groundnuts (*Arachis hypogaea* L.) in Northern Nigeria. Exptl. Agric. 11: 265-272. 1975.

2. FASSBENDER, H.W. Phosphorus fixation in tropical soil. Agr. Digest. 18: 20-28. 1969.

3. GUERRERO, A. y CORTES, A. Caracterización y clasificación de perfiles seleccionados de suelos del C.N.I.A. La Libertad y zonas aledañas. División de Agronomía del ICA, Programa de Suelos e Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Departamento Agrológico. Bol. de Invest. No. 46. 131 p. 1976.

4. MATTINGLY, G.E.G. Residual value of basic slag, gafsa rock phosphate and superfosfate in Sandy podsol. J. Agr. Sci. Camb. 75: 413-418. 1970.

5. McLEAN, E.O. and LOGAN, T.J. Sources of phosphorus for plants grown in soils with differing phosphorus fixation tendencies. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 907-911. 1970.

6. OWEN, E. y SANCHEZ, L.F. Uso y manejo de los suelos de la parte plana del departamento del Meta. División de Agronomía del ICA. Programa de Suelos, Regional 8. 91 p. 1978.

7. SANCHEZ, L.F. Influencia de enmiendas sobre la fijación de fósforo en tres suelos ácidos colombianos. Tesis M.S. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 115 p. 1974 a. (Mimeografiada).

8. ————. Respuesta del arroz a fertilizantes fosfatados. Temas de orientación Agropecuaria. 97/98: 61-70. 1974 b.

9. ————. Respuesta del arroz de riego (*Oryzae sativa* L.) a la aplicación de roca fosfórica en suelos ácidos. Rev. Arroz. *26*(287): 4-8. 1977.

10. ———— y OWEN, E. Influencia de la fertilización con N, P y cal sobre el rendimiento del maní (*Arachis hypogaea* L.) cultivado en suelos de terraza alta de los Llanos Orientales. División de Agronomía del ICA. Programa de Suelos, Regional 8. 16 p. 1976. (Mimeografiado).