

---

**COMPORTAMIENTO DEL FOSFORO APLICADO AL SUELO A PARTIR  
DE ROCA FOSFORICA Y SUPERFOSFATO TRIPLE EN DOS  
SUELOS COLOMBIANOS**

---

**II - EFECTO SOBRE LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL FOSFORO**

---

**Fruto Ojeda y Josué Quintero\***

Departamento de Química, Universidad Nacional, Bogotá

**Rodrigo Lora S.**

Laboratorio de Suelos, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá

**SUMARIO**

Bajo condiciones de invernadero y utilizando sorgo (*sorgum vulgaris*) como planta indicadora, se evaluó el efecto de la aplicación de roca fosfórica y superfosfato triple sobre las diferentes fracciones del fósforo en dos suelos ácidos colombianos, un oxisol y un andosol.

Inmediatamente después de cada cosecha (tres en total), se determinó el fósforo total, el fósforo orgánico y las fracciones de fósforo inorgánico en el testigo y en el nivel 200 Kg.  $P_2O_5$ /Ha.

Después de la tercera cosecha hubo un incremento en la fracción P-Fe para el oxisol y P-Al para el andosol. Este efecto fue más notorio cuando se aplicó superfosfato triple.

**ABSTRACT**

The effect of phosphate rock and triple superphosphate addition on phosphorus fractions in two acidic colombian soils, classified as andosol and oxisol respectively, was studied using sorgo (*sorgum vulgaris*) as indicator plant.

After each crop (a total of three), total-P, organic-P the inorganic-P fractions were determined in the untreated soil and in the soil treated with superphosphate and phosphate rock at 200 Kg.  $P_2O_5$ /Ha level.

After the third crop there was an increase in the -PFe fraction for the oxisol and an increase in the P-Al fraction for the andosol. This effect was more important when triple superphosphate was used as P-source.

## INTRODUCCION

En la primera parte de esta investigación (1), se presentó el efecto de las dos fuentes estudiadas sobre la disponibilidad y absorción del fósforo por la planta. En la segunda parte se ha considerado de especial interés evaluar las diferentes fracciones del fósforo, lo mismo que las múltiples transformaciones que sufre este elemento en el suelo después de varias cosechas.

Bajo condiciones existentes en el suelo, los iones fosfato que se liberan por la disolución de un fertilizante fosfatado no permanecen en su forma original, sino que son objeto de transformaciones casi siempre debidas a fenómenos de adsorción y precipitación.

La distribución de los fosfatos inorgánicos en el suelo depende del grado de meteorización y desarrollo de los suelos (2) (5). En suelos poco meteorizados (molisoles), predominan los fosfatos cálcicos; en los medianamente desarrollados (alfisoles), se presentan proporciones balanceadas de los diferentes fosfatos inorgánicos; y en los suelos maduros (oxisoles), predominan los fosfatos ocluidos en los hidróxidos de hierro, aluminio y manganeso. Los suelos aluviales contienen una alta proporción de fosfatos de calcio y en suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles), predominan las formas de fosfatos unidos al hierro y al aluminio.

Investigaciones hechas por Manning (10), mostraron que después de un tiempo, el tratamiento con superfosfato aumentó la fracción de fósforo unido al aluminio, luego el fósforo unido al hierro y en menor cantidad el fósforo unido al calcio. El fósforo orgánico y el fósforo ocluido no fueron mayormente afectados por diferentes niveles y fuentes de fósforo.

En nuestro medio, son muy pocos los trabajos realizados con miras a determinar cuantitativamente las variaciones de las fracciones de fósforo al aplicarlo como fertilizante y en particular como roca fosfórica nacional. Algunos investigadores (6) (8) (12) (13), se han limitado a evaluar la respuesta obtenida en ensayos de campo por diversos cultivos, suelos, condiciones y formas de aplicación de diferentes fuentes fosfatadas.

Dado que se recomienda utilizar roca fosfórica en estado natural, es necesario conocer algo más acerca de su comportamiento cuando se aplica al suelo.

## PARTE EXPERIMENTAL

Se emplearon dos suelos colombianos: un oxisol procedente de los Llanos Orientales (Granja "La Libertad-ICA") y un andosol de la Sabana de Bogotá (serie Bermeo— procedente de la finca "El Rosal").

**Fuentes de fósforo.** Roca fosfórica del yacimiento "La Conejera", Pesca (Boyacá) con un contenido de 21.3% de  $P_2O_5$  total y 7% de  $P_2O_5$  soluble en ácido cítrico, y superfosfato triple comercial (40% de  $P_2O_5$  soluble en ácido cítrico).

**Caracterización de los suelos.** Las características químicas y la textura de los suelos se determinaron según los métodos utilizados en el Laboratorio de suelos del ICA (Tibaitatá) (7).

**Fósforo total.** Se determinó según la técnica descrita por McQueaker (11) por fusión de la muestra con una mezcla de carbonato de sodio y nitrato de sodio.

**Fósforo orgánico.** Se determinó por el método de ignición "Cenicafé" según López (9).

**Fraccionamiento del fósforo inorgánico.** Se llevó a cabo utilizando el método descrito por Chang y Jackson (4) y con las modificaciones indicadas por Paterson y Corey (14).

**Ensayo de invernadero.** Se montó un experimento de diseño al azar con arreglo factorial y tres replicaciones. Se utilizaron 1.400 c.c. de suelo seco y tamizado por pote. A cada uno de los suelos se les aplicó en forma homogénea las dos fuentes fosfatadas en los siguientes niveles: 0, 100, 200, 300 y 400 Kg.  $P_2O_5$ /ha; se sembró como planta indicadora sorgo (*sorgum vulgare*).

Inmediatamente después de cada cosecha (tres en total) se tomó una muestra de suelo de cada pote para hacer las determinaciones de fósforo total, fósforo inorgánico y fraccionamiento del fósforo inorgánico en el tratamiento testigo y en el nivel de 200 Kg  $P_2O_5$ /Ha. También se efectuaron las anteriores determinaciones en el suelo original.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 1 presenta los resultados de las características químicas y textura de los suelos estudiados y en las tablas 2, 3 y 4 se consignan los valores provenientes de los análisis de fósforo total, orgánico y diferentes fracciones del fósforo inorgánico. Además, la Fig. 1 resume en forma de histogramas, el efecto de las dos fuentes fosfatadas sobre las fracciones de fósforo después de cada una de las tres cosechas.

Los valores encontrados para el suelo original (Tabla 2), muestran que la fracción de P-inorgánico predomina en ambos suelos (60.7% en el oxisol y 57.6% en el andosol). La proporción del P-Ca es muy baja (1.3% en el oxisol y 3.3% en el andosol), característica de suelos muy meteorizados. Por otra parte, se nota un predominio del P-Fe en el oxisol y del P-Al en el andosol. Estos resultados concuerdan con los reportados por Benavides G de (2) (3). Después de la primera cosecha (Tabla 2, Fig. 1), al comparar el testigo con el testigo con el suelo original, los porcentajes de las diferentes fracciones respecto al P-total, muestran una variación muy pequeña. Por otra parte, en el oxisol hubo un incremento bastante apreciable en el P-Ca (1.3% a 9.2%) al aplicar roca fosfórica, y cuando se aplicó superfosfato, se duplicó el P-Al (5.7% a 11.3%). Para el andosol los incrementos en las fracciones P-Ca y P-Al son poco notorias cuando se aplican las dos fuentes fosfatadas.

Después de la segunda y tercera cosechas (Tablas 3 y 4, Fig. 1), los testigos muestran una disminución en la fracción P-Ca, lo cual hace suponer que la planta toma esta fracción en mayor cantidad. En el oxisol, la fracción P-Fe se incrementa, siendo más notorio cuando se aplica superfosfato triple. Esto indica que una de las causas de la fijación de fósforo en este suelo, al aplicar una fuente soluble, se debe a la formación de fosfatos de hierro.

La fracción P-Al también se incrementa, pero este efecto se hace más notorio en el andosol cuando se aplica superfosfato triple, mostrando que la fijación de fósforo en este suelo se debe en gran parte a la actividad del aluminio.

TABLA No. 1

CARACTERISTICAS QUIMICAS Y TEXTURAS DE LOS SUELOS

	Oxisol <sup>a</sup>	Andosol <sup>b</sup>
pH	4.9	5.6
% materia orgánica	3.7	19.0
Fósforo (Bray II). (ppm P)	7.7	10.3
Na + intercambiable meq/100 ml de suelo	0.1	0.1
K + " " "	0.1	0.5
Ca++ " " "	1.1	7.7
Mg ++" " "	0.2	1.0
Al++++ " " "	2.0	0.8
Bases totales. (meq/100 ml suelo)	1.5	9.3
% saturación de bases	8.3	15.5
Conductividad eléctrica (mmhos/ml)	0.3	0.5
Textura	Limoso	Franco-limoso

<sup>a</sup> Procedente de la granja "La Libertad", ICA, Llanos Orientales

<sup>b</sup> Procedente de la Sabana de Bogotá (serie Bermeo).

Tabla No. 2

EFFECTOS DE LA APLICACION DE 200 Kgr P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha A PARTIR DE DOS FUENTES FOSFATADAS  
SOBRE EL FOSFORO TOTAL Y LAS FRACCIONES DEL MISMO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DESPUES DE  
LA PRIMERA COSECHA

SUELO	P-Total		P-Ca		P-Fe		P-AI		P-ocluido		P-orgánico		P-inerte	
	ppm	% P-T	ppm	% P-T	ppm	% P-T	ppm	% P-T	ppm	% P-T	ppm	% P-T	ppm	% P-T
<b>La Libertad</b>	403.8	100.0	5.2	1.3	104.2	25.8	23.1	5.7	83.1	20.6	158.6	39.3	29.6	7.3
	398.7	100.0	5.2	1.3	116.8	29.3	21.5	5.4	82.4	20.7	151.6	38.0	21.2	5.3
	432.7	100.0	7.6	1.7	130.4	30.1	48.9	11.3	84.8	19.6	137.3	31.7	23.7	5.5
	432.7	100.0	39.8	9.2	114.3	26.4	22.8	5.3	81.2	18.2	129.9	30.0	44.7	10.3
<b>Bermeo</b>	1410.2	100.0	46.9	3.3	194.0	13.8	355.3	25.2	74.9	5.3	597.5	42.4	141.6	10.0
	1392.3	100.0	43.8	3.1	165.3	11.8	385.7	27.7	76.6	5.5	530.6	38.1	190.3	13.6
	1428.0	100.0	33.1	2.3	183.5	12.8	398.9	27.9	75.4	5.3	564.3	39.5	173.7	12.2
	1451.8	100.0	74.4	5.1	167.6	11.5	370.0	25.5	75.4	5.2	568.9	39.2	195.5	13.5

\* Efecto comparado con el suelo original

Tabla No. 3

EFFECTOS DE LA APLICACION DE 200 Kgr P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha A PARTIR DE DOS FUENTES FOSFATADAS  
 SOBRE EL FOSFORO TOTAL Y LAS FRACCIONES DEL MISMO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DESPUES DE  
 LA SEGUNDA COSECHA

SUELO	P-Total		P-Ca		P-Fa		P-AI		P-ocluído		P-orgánico		P-inerte	
	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T
La Libertad Testigo S. F. T. R. F.	389.7	100.0	3.3	0.8	136.1	34.9	24.6	6.3	79.3	20.3	135.4	34.7	11.0	2.8
	425.4	100.0	4.2	1.0	152.2	35.8	45.6	10.7	85.4	20.1	123.2	29.0	14.8	3.5
	425.4	100.0	45.0	10.6	126.7	29.8	20.9	4.9	87.3	20.5	113.3	26.6	32.2	7.6
Bermeo Testigo S. F. T. R. F.	1362.5	100.0	26.4	1.9	182.0	13.3	454.3	33.3	74.3	5.4	564.0	41.4	61.5	4.5
	1410.2	100.0	27.2	1.9	188.8	13.4	480.3	34.1	81.2	5.8	547.6	38.8	85.1	6.0
	1410.2	100.0	59.1	4.2	130.4	9.2	441.9	31.3	57.7	4.1	575.2	44.9	145.9	10.3

Tabla No. 4

EFFECTOS DE LA APLICACION DE 200 Kgr P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha A PARTIR DE DOS FUENTES FOSFATADAS  
 SOBRE EL FOSFORO TOTAL Y LAS FRACCIONES DEL MISMO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DESPUES DE  
 LA TERCERA COSECHA

SUELO	P-Total		P-Ca		P-Fe		P-Al		P-ocluído		P-orgánico		P-inerte	
	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T	ppm	% P.T
La Libertad Testigo S. F. T. R. F.	383.7	100.0	2.2	0.6	132.3	34.5	35.1	9.1	71.5	8.6	121.4	31.6	21.2	5.5
	414.6	100.0	6.7	1.6	154.4	37.2	51.7	12.5	85.3	20.6	114.6	27.6	1.9	0.5
	425.4	100.0	47.0	11.0	132.6	31.2	32.9	7.7	84.5	19.9	112.0	26.3	16.4	3.8
Bermeo Testigo S. F. T. R. F.	1362.5	100.0	29.8	2.2	142.0	10.4	456.5	33.5	74.7	5.5	555.5	40.8	104.0	7.6
	1320.9	100.0	32.1	2.4	184.2	13.9	467.1	35.4	70.5	5.3	542.2	41.0	24.8	1.9
	1362.5	100.0	71.1	5.2	166.4	12.2	433.4	31.8	57.7	4.2	524.5	38.5	109.4	8.0

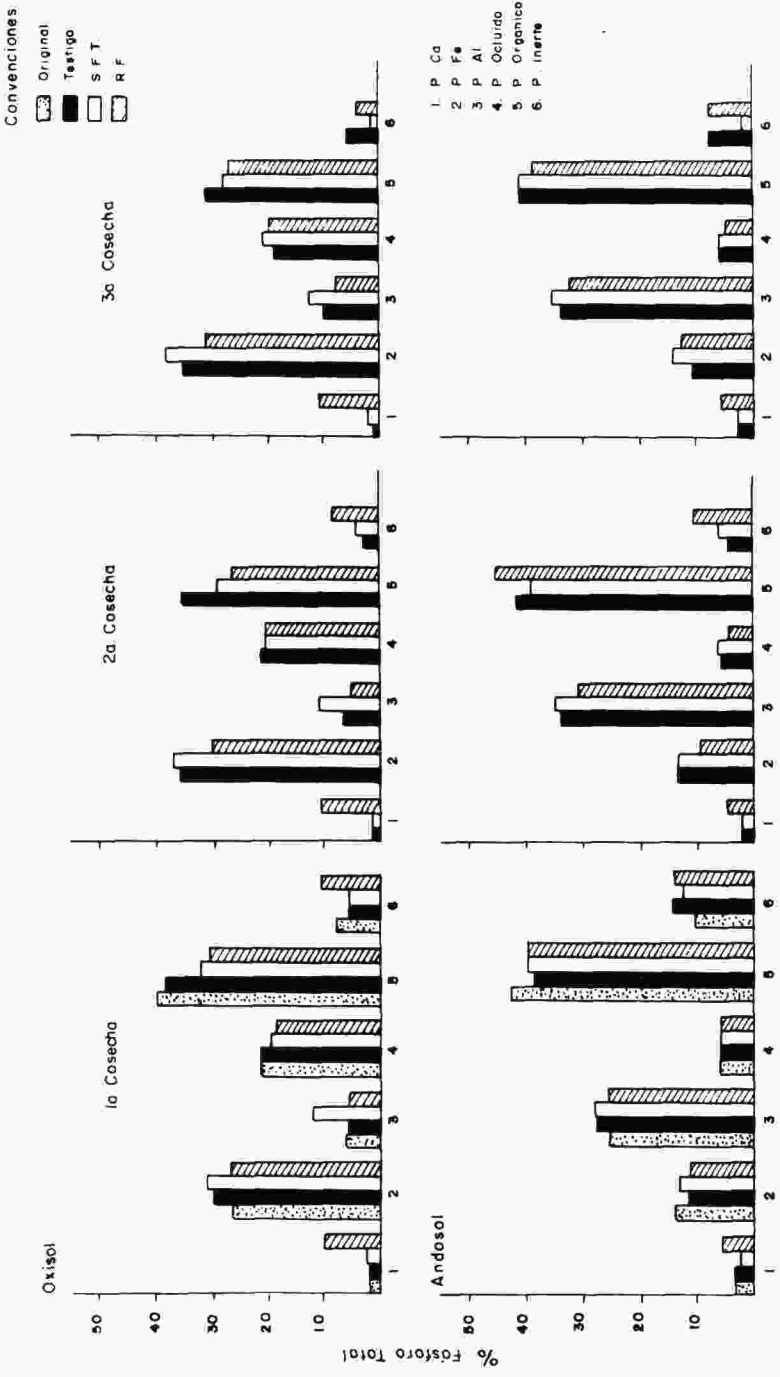


FIGURA 1. Efecto de dos fuentes fosfatadas sobre las fracciones de fósforo en los suelos estudiados, después de cada una de las tres cosechas comparado con el suelo original.



## BIBLIOGRAFIA

1. S. F. Ojeda, J. Quintero y R. I. Iora, *Revista Colombiana de Química*, Vol. 10, No. 1, p. 21, 1980.
2. G. de Benavidez, *Instituto Geográfico A. Codazzi-Subdivisión Agrológica*, Vol. XI, No. 7, p. 23, 1975.
3. G. de Benavides, *Suelos Ecuatoriales*, Vol. III, No. 1, p. 247 1977.
4. S. C. Chang and M. L. Jackson, *J. Soil Sci.*, **84**, 133, (1957).
5. H. W. Fassbender, *Química de suelos- con énfasis en suelos de América Latina*, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, OEA, Turrialba, Costa Rica, p. 268, 1975.
6. F. Hanke, *Suelos Ecuatoriales*, Vol. VI, No. 1, p. 301, 1974.
7. ICA, *Técnicas de laboratorio para análisis de suelos*, Tabaitatá.
8. L. A. León et. al., *Publicación ICA-ABOCOL*, p. 24, 1978.
9. A. M. López, *Cenicafé*, **11**, 189, (1960).
10. P. B. Manning y M. Salomón, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **29**, 421, (1965).
11. N. R. McQuaker y F. Tony, *Ann. Chem.* **47** (8), 1462 (1975).
12. P. A. Michielin, L. A. León y A. Ramírez, *Suelos Ecuatoriales*, Vol VII, No. 1, p. 265, 1974.
13. C. A. Morales, tesis, *Universidad Nacional - ICA*, p. 78, 1974.
14. G. W. Paterson and R. B. Corey, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **26**, 566 (1966).