

# **Comportamiento del Fósforo Aplicado al Suelo a Partir de Roca Fosfórica y Superfosfato Triple en dos Suelos Colombianos**

---

## **I- DISPONIBILIDAD Y ABSORCION POR LA PLANTA**

---

**Fruto Ojeda S. y Josué Quintero\***

Departamento de Química, Universidad Nacional, Bogotá

**Rodrigo Lora S.**

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

## **SUMARIO**

Mediante un ensayo de invernadero y utilizando como planta indicadora Sorgo Dorado (*Sorghum vulgare*), se compararon las transformaciones del fósforo nativo del suelo y el aplicado como fertilizante, empleando roca fosfórica y superfosfato triple. La mayor respuesta a la fertilización fosfórica se registró en el oxisol y la mejor fuente fue el superfosfato triple. El fósforo disponible en el suelo aumentó con los niveles aplicados a partir de las dos fuentes, pero fue más notable con la roca fosfórica. Con el superfosfato triple, el fósforo absorbido aumentó con los niveles aplicados, mientras que con la roca fosfórica no hubo incremento respecto al testigo.

## **ABSTRACT**

By means of a greenhouse test and using Golden Sorgo (*Sorghum vulgare*) we compared the transformations of the native phosphorus in soil with those of the phosphorus applied as fertilizer in the form of phosphoric rock and triple superphosphate. The best response toward phosphoric fertilization was recorded in the oxisol, being the triple superphosphate the best source. The available phosphorus in the soil increased as the applied levels (from both sources) but it was more significant with phosphoric rock. The absorbed phosphorus, using triple superphosphate, increased as the applied levels whereas no increase was observed with phosphoric rock in comparison with the standard.

## INTRODUCCION

En Colombia existen grandes extensiones de suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles) y suelos con altos contenidos de óxidos de hierro y aluminio (oxisoles), en los que el fósforo es elemento limitante para la mayoría de los cultivos. Esto hace necesaria la aplicación continua y en cantidades relativamente altas de fertilizantes fosfatados para obtener un buen rendimiento en las cosechas.

El empleo de fertilizantes con un alto contenido de fósforo es escaso debido principalmente a su costo elevado. Actualmente, se están empezando a ensayar nuevas fuentes de fósforo, en la industria de fertilizantes y como fuente económica para aplicación directa al suelo. Por consiguiente, es necesario estudiar su disponibilidad y las transformaciones que sufre el fósforo procedente de esta fuente en comparación con otros fertilizantes más solubles.

Los yacimientos de roca fosfórica más importante en Colombia, se encuentran localizados en Sardinata (Norte de Santander), Pesca (Boyacá) y Tesalia (Huila), los cuales están actualmente en explotación (1). Cathcart y Zambrano (2) consideran que la roca fosfórica de Pesca, finamente dividida (80% pasa por malla 200, es de considerable beneficio a largo plazo para las cosechas cuando se aplica a suelos ácidos. Morales (3) recomienda la aplicación de roca fosfórica al voleo para el cultivo del maní en suelos ácidos de los Llanos Orientales de Colombia. Para cultivos de periodo vegetativo corto, como papa y maíz, estudios preliminares han mostrado que la roca fosfórica podría ser muy buena fuente de fósforo en dosis superiores a los 2.000 KG/Ha. Hanke (4) encontró rentable la aplicación directa de una mezcla de roca fosfórica con estiercol sin fermentar en cultivos de cebada. León et al. (5) encontraron que hay buenas posibilidades de respuesta a las aplicaciones de roca fosfórica cuando se trata de suelos con una alta capacidad de fijación de fósforo en cultivos semestrales o anuales, tales como cebolla de rama, maíz, maní y arroz de riego.

De los resultados obtenidos por Michielin et al. (6) en ensayos realizados con diferentes variedades de pastos en algunos suelos del Cauca y del Valle del Cauca, para comparar el efecto del superfosfato triple, escorias Thomas y rocas fosfóricas de Turmequé y Tesalia (Colombia) y de Florida (EE.UU.), concluyeron que la mejor fuente es el superfosfato triple, seguida de las escorias Thomas, dando los resultados más bajos, las rocas fosfóricas.

## PARTE EXPERIMENTAL

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

Como fuente de fósforo, se emplearon roca fosfórica (21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total y 7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sol. en ác. cítrico), del yacimiento, La Conejera, Pesca (Boyacá) y superfosfato triple comercial (40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sol. en ác. cítrico).

Para el ensayo de invernadero se sembró como planta indicadora, Sorgo Dorado (*Sorghum vulgare*).

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

**Curva de requerimiento de cal.** A muestras de 100 g. de suelo, se adicionaron niveles equivalentes de 0, 2, 4, 6 y 8 ton/Ha de una mezcla encalante de  $\text{CaCO}_3$ — $\text{MgCO}_3$  en proporción de 3:1. Se dejaron en incubación durante 10 días a humedad aproximada a la capacidad de campo y temperatura de invernadero. Después de ese tiempo, se les determinó el pH y la acidez intercambiable.

**Capacidad de retención de fósforo.** Se hizo mediante la técnica descrita por Fassbender e Igue (8), tomando 0.5 g. de suelo para el oxisol y 2.5 g. para el andosol. La determinación colorimétrica del fósforo no retenido se hizo por el método de Fosg y Wilkinson (9).

**Ensayos de Invernadero.** Se montó un experimento diseñado al azar, con arreglo factorial y tres repeticiones. Se utilizaron 1.400 cc. de suelo seco y tamizado por pote.

Con cada uno de los suelos se hizo un estudio comparativo del fósforo aplicado a partir de las dos fuentes en los siguientes niveles: 0, 100, 200, 300 y 400 Kgr.  $\text{P}_2\text{O}_5$ /Ha. En el andosol se hizo además una aplicación uniforme de 60 Kgr. N/Ha. como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y para el oxisol 90 Kgr. N/Ha. como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y 60Kg. K<sub>2</sub>O/Ha. como KCl.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la curva de encalamiento, se resolvió aplicar al oxisol el equivalente a 3 Ton/Ha de una mezcla  $\text{CaCO}_3$ — $\text{MgCO}_3$  y no hacerlo con el andosol por tener un pH moderadamente ácido (5,8). Se incubaron por 10 días a humedad aproximada a la capacidad de campo. Al cabo de este tiempo, se incorporó el fósforo y demás nutrientes y se sembró la planta indicadora.

Inmediatamente después de cada cosecha (tres en total), se tomó una muestra del suelo de cada pote para hacer los análisis de fósforo disponible.

**Ánalisis foliar.** A la parte aérea del material cosechado, se le determinó el rendimiento relativo en peso seco (75°C) y el contenido de fósforo según técnicas descritas por HUnter (10).

**Método estadístico.** Se realizaron los análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan para el grado de significancia del 0.05 para las variables: fósforo disponible en el suelo, absorción de fósforo por la planta y rendimiento de la cosecha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las principales características químicas y texturas de los suelos estudiados se reportan en la Tabla 1.

TABLA I

## 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 <sup>+</sup> intercambiable meq/100 ml de suelo	0.1	0.1
K <sup>+</sup> " "	0.1	0.5
Ca <sup>++</sup> " "	1.1	7.7
Mg <sup>++</sup> " "	0.2	1.0
Al <sup>+++</sup> " "	2.0	0.8
Bases totales (meq/100 ml suelo)	1.5	9.3
CIC (meq/100 ml de suelo)	18.0	60.0
% Saturación de bases	8.3	15.5
Conductividad eléctrica (mmhos/ml)	0.3	0.5
Textura	Limoso	franco-limoso

a Procedente de la granja "La Libertad", ICA, Llanos Orientales

b Procedente de La Sabana de Bogotá (Serie Bermeo)

Como se puede ver, el oxisol tiene un pH ácido, un contenido medio de materia orgánica, un contenido bajo de bases intercambiables y es un suelo extremadamente deficiente en fósforo disponible. El andosol es un suelo con un pH moderadamente ácido, tiene un alto contenido de materia orgánica, un bajo contenido de bases intercambiables, a excepción de calcio, y una capacidad de intercambio catiónico alto. Es un suelo con bajo contenido de fósforo disponible.

En el adosol, la alta capacidad de retención de fósforo (74%) parece estar asociada con la presencia de alófane y alto contenido de materia orgánica. En el oxisol, la capacidad de retención (23%) es debida probablemente a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.

**Fósforo disponible en los suelos.** Se puede observar en la Fig. 1, un aumento de fósforo disponible al incrementar los niveles de fósforo aplicado a partir de las dos fuentes, si se comparan con el testigo. Al final de la tercera cosecha, se encuentra mayor cantidad de fósforo disponible residual al aplicarlo como roca fosfórica, debido posiblemente a una menor fijación cuando se utiliza esta fuente.

En el Andosol Fig. 2 después de la primera cosecha hay un aumento en el contenido de fósforo disponible con los niveles aplicados, siendo ligeramente superior en el caso de roca fosfórica. Por otra parte, después de la segunda y tercera cosechas, el contenido de fósforo disponible es prácticamente igual al testigo, debido a la alta fijación mostrada por este suelo.

Según los análisis de varianza, para fósforo disponible en el suelo (Bray II) después de cada una de las tres cosechas, hay diferencias altamente significativas (1%) entre promedios, para la mayoría de las fuentes de variación. Según la prueba de Duncan, la interacción Fuente X/suelo resultó altamente significativa, indicando que el efecto de la fuente depende del suelo, con una mayor cantidad de fósforo disponible en el oxisol cuando se aplica como roca fosfórica. La interacción Fuente X/nivel aplicado resultó significativa encontrándose que para roca fosfórica hay una mayor cantidad de fósforo disponible con los niveles aplicados respecto al superfosfato triple. La interacción suelo X/nivel aplicado resultó altamente significativa, encontrándose que en el oxisol hay mayor cantidad de fósforo disponible respecto al Andosol.

**Absorción de fósforo por la planta.** Según la Fig. 3 puede observarse que en las dos primeras cosechas hubo una alta absorción cuando se aplicó superfosfato triple, la cual aumentó con los niveles aplicados. Por otra parte, al aplicar roca fosfórica se observa muy poca diferencia entre el testigo y los niveles aplicados, lo cual hace pensar que no existe correlación entre el fósforo disponible del suelo y el absorbido por la planta (Figs. 1 y 3).

Para el Andosol (Fig. 4) en la primera cosecha, la cantidad de fósforo absorbido por la planta se incrementa con los niveles aplicados cuando se utiliza superfosfato triple, pero con roca fosfórica solo hubo un ligero incremento para los dos primeros niveles. Para las demás cosechas no hay diferencia entre fuentes y niveles respecto al testigo, lo que indica la baja disponibilidad del fósforo debido a la alta fijación en este suelo.

De acuerdo con las pruebas de Duncan, la interacción Fuente X/suelo resultó altamente significativa, encontrándose una mayor absorción en el oxisol al aplicar superfosfato triple, mientras que para la roca fosfórica es prácticamente igual para ambos suelos. La interacción Fuente X/nivel aplicado es altamente significativa cuando la fuente es superfosfato triple. La interacción suelo X/nivel aplicado es altamente significativa en el oxisol, a mayor aplicación de fósforo mayor absorción por la planta (cuando la fuente es superfosfato, en el Andosol, no hay diferencias apreciables con ninguna de las fuentes) debido a la alta fijación en este suelo.

**Rendimiento.** En el Oxisol (Fig. 5), la primera cosecha muestra un gran incremento cuando la fuente es superfosfato triple y disminuye gradualmente para la segunda y tercera cosechas.

Cuando la fuente es roca fosfórica no se observa mayor efecto en las tres cosechas, debido a que la planta está utilizando muy poco fósforo a partir de esta fuente.

Para el Andosol (Fig. 5) se observa en la primera cosecha un incremento cuando la fuente es superfosfato triple. Cuando se utiliza roca fosfórica inicialmente hay un aumento, pero luego el rendimiento es inferior al testigo. Para las demás cosechas no hay efecto apreciable de las fuentes y niveles aplicados, debido posiblemente a la alta fijación mostrada por este suelo.

La interacción Fuente X/suelo, fue altamente significativa siendo este efecto mayor en el oxisol con superfosfato triple, mientras que con roca fos-

fórica es prácticamente igual para ambos suelos. La interacción Fuente X/nivel aplicado resultó altamente significativa, en promedios, los rendimientos son ligeramente superiores para el oxisol al incrementar los niveles.

Si durante el ensayo de invernadero se analiza el comportamiento de la roca fosfórica, se observa que para las tres cosechas hay un incremento en el fósforo disponible en el oxisol con los niveles de fósforo aplicado y por otra parte, tampoco hubo relación con el fósforo absorbido por la planta. En el andosol, parece correlacionarse el fósforo disponible y el absorbido por la planta, por lo que puede descartarse la posibilidad de que el extractante utilizadp (Bray II), disuelva roca fosfórica y extraiga formas no disponibles. Por lo anterior, y observando el comportamiento del oxisol, podría pensarse en la presencia de un componente de la roca fosfórica que inhiba la absorción de fósforo por la planta.

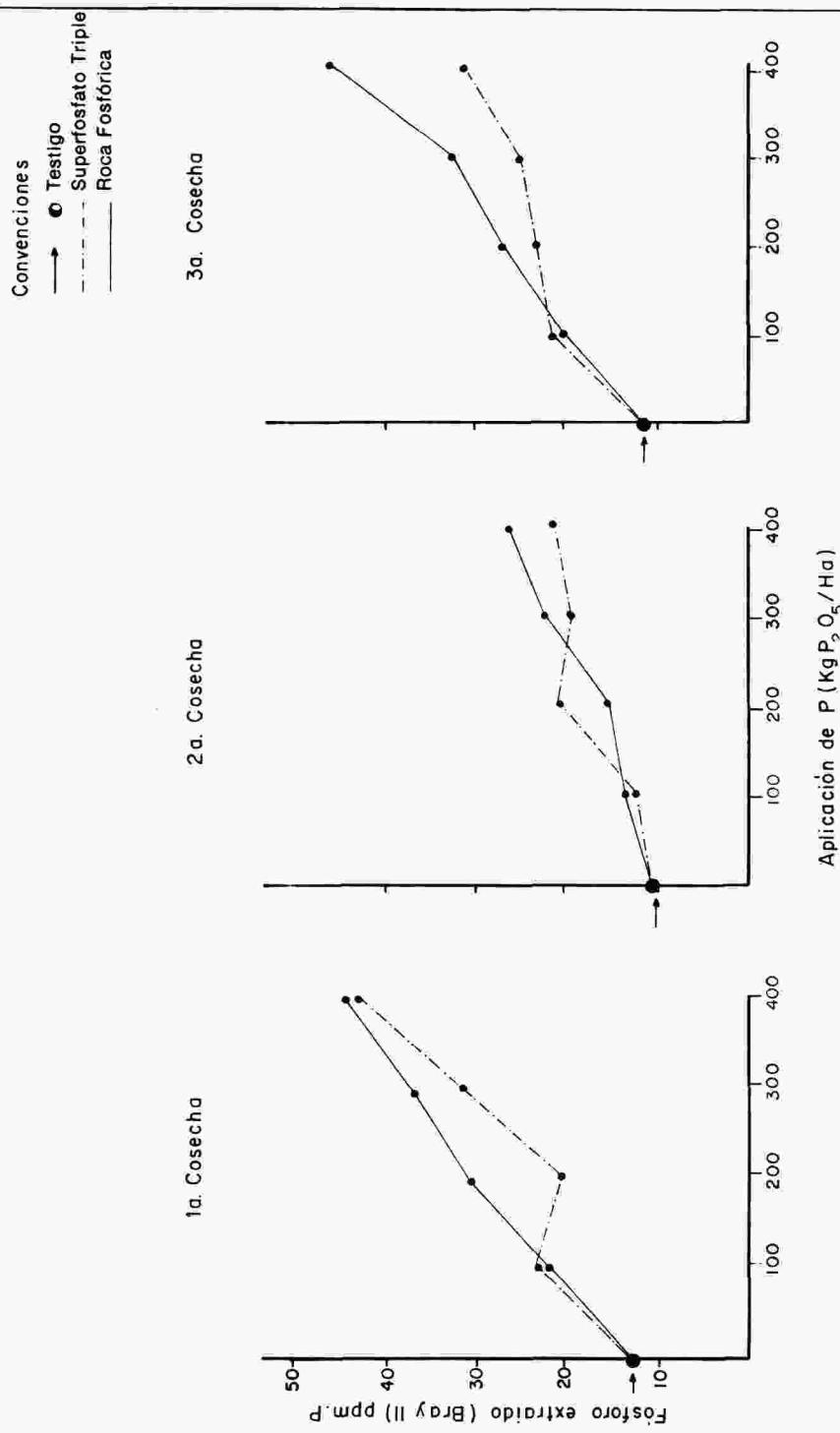
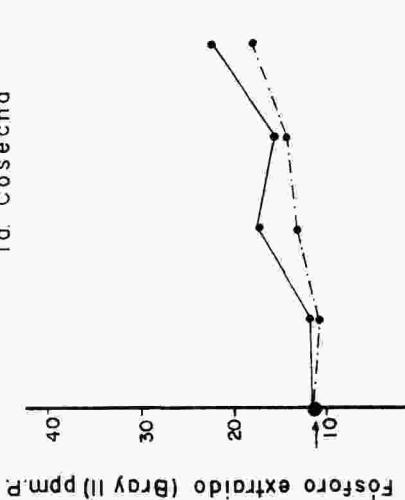


FIGURA 1. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo sobre el fósforo extraído (Bray II) después de cada una de las tres cosechas en un Oxisol de los Llanos Orientales

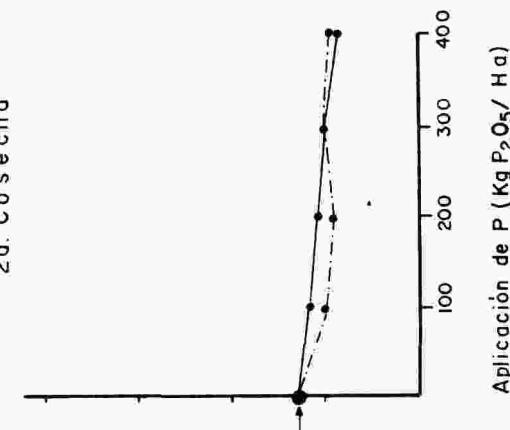
Convenciones

- Testigo
- - - Superfosfato Triple
- Roca Fosfórica

1a. Cosecha



2a. Cosecha



3a. Cosecha

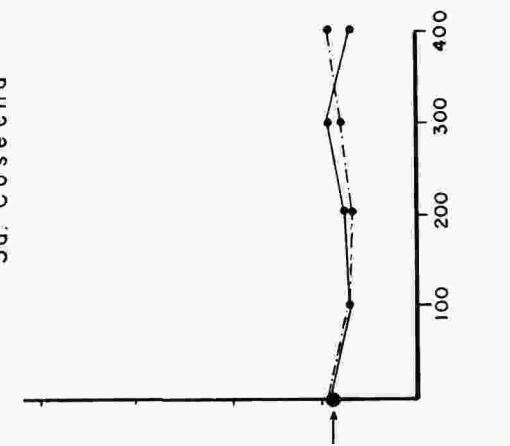


FIGURA 2. Efecto de las fuentes y niveles de fósforo sobre el fósforo extraído (Bray II) después de cada una de las tres cosechas en un Andosol de Cundinamarca.

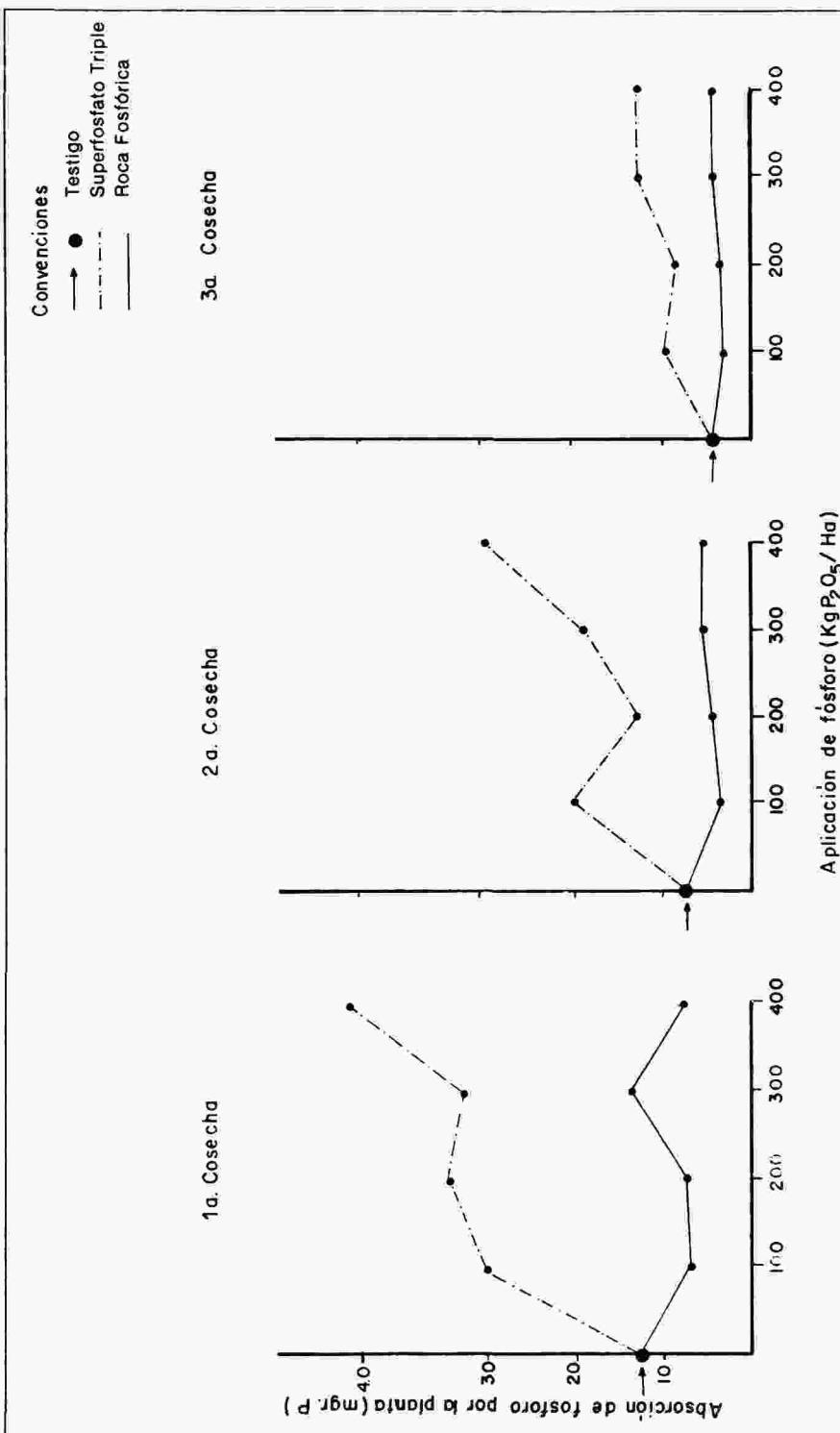


FIGURA 3. Efecto de las fuentes y niveles sobre la absorción de fósforo por el Sorgo en un Oxisol de los Llanos Orientales.

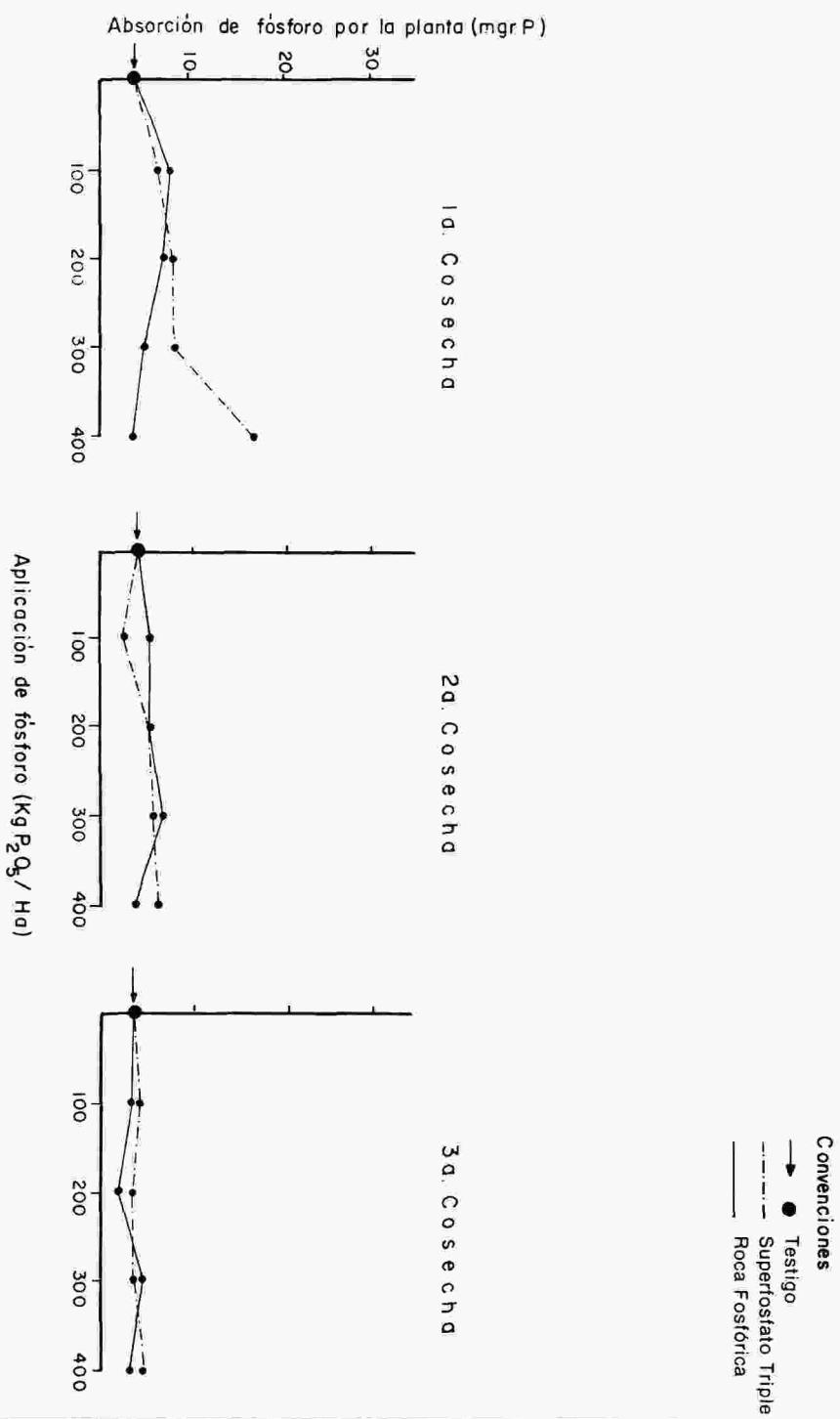
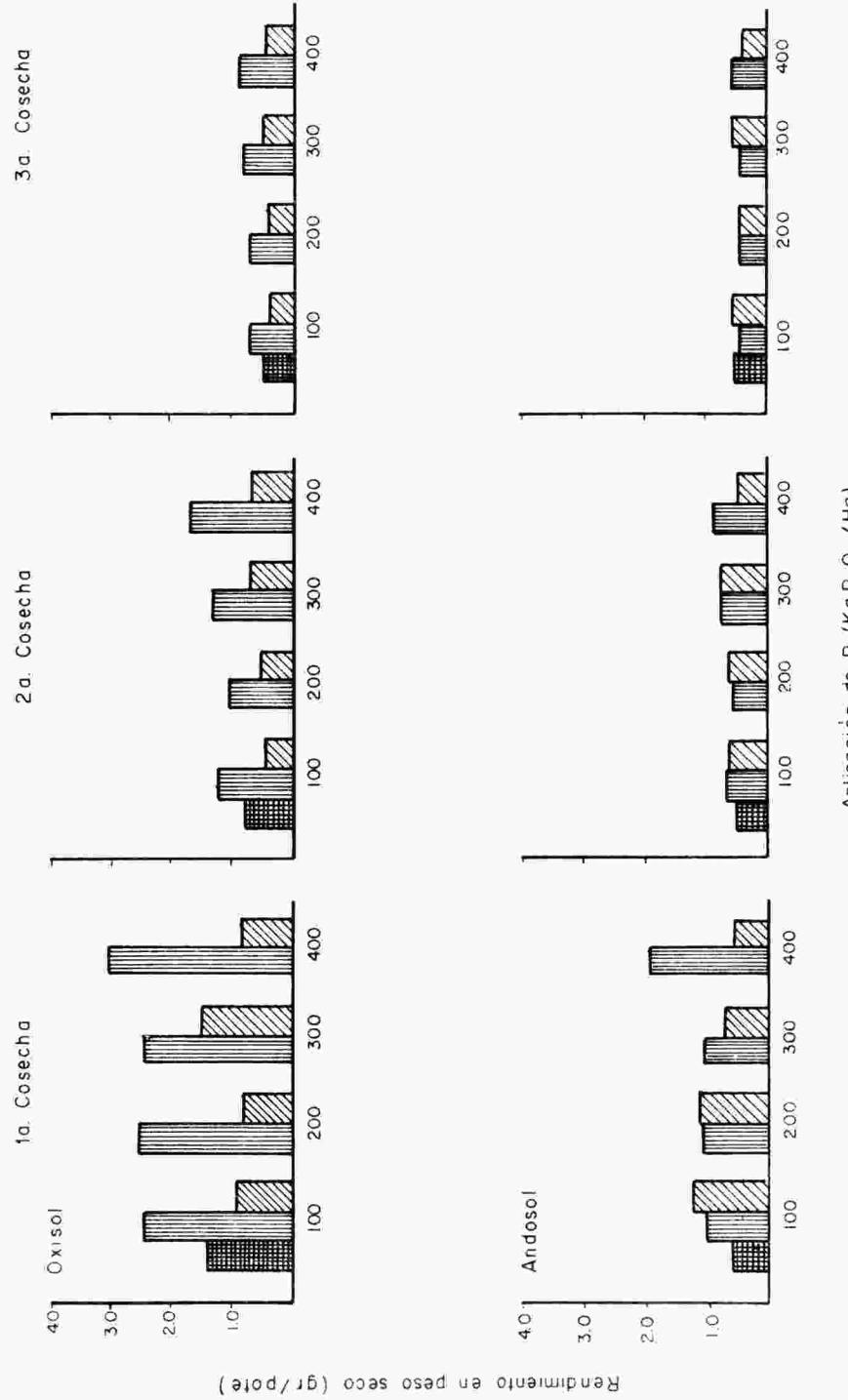


FIGURA A.4. Efecto de las fuentes y niveles sobre la absorción de fósforo por Sorgo en un Andosol de Cundinamarca

### Convenciones


  
 Testigo  
 Superfosfato Triple  
 Roca Fosfótica



## BIBLIOGRAFIA

1. L.A. León, Nueva Agricultura Tropical SIAC, Vol XXI, N° 5, p. 30, 1979
2. J.B. Cathcart y F. Zambrano, Boletín Geológico, Vol. 15, N° 13, pp. 65-162, 1976
3. C.A. Morales, Tesis, Universidad Nacional-ICA, Bogotá, 1974
4. F. Hanke, Suelos Ecuatoriales, Vol. VI, N° 1, p. 301, 1974
5. L.A. León, Publicación ICA-ABOCOL, p. 24, 1978
6. P.A. Michielin, L.A. León y A. Ramírez, Suelos Ecuatoriales, Vol. VI, N° 1, p. 265, 1974.
7. ICA, Técnicas de laboratorio para análisis de suelos, Laboratorio de suelos, Tibaitatá
8. W.H. Fassbender y K. Igue, Turrialba, 17 (3), 284 (1967)
9. K.J. Matt, Soil Sci., 109, 214 (1970)
10. A.H. Hunter, "Método modificado para el análisis de fósforo y calcio en tejido vegetal", Laboratorio de suelos, ICA, Tibaitata.