

## Movimiento vertical de diferentes fuentes de fósforo en dos suelos de texturas contrastantes

*Vertical movement of different phosphorus sources in soils with contrasting textures*

**Pedro R. Solórzano P.<sup>1</sup>, Rafael Gimenez;<sup>2</sup> Oscar Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Postgrado Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apdo. Postal 4579, Maracay, 2101;

### RESUMEN

Se presentan resultados del movimiento de fósforo en columnas de suelos de texturas contrastantes, cuyos contenidos de arcilla son 8 y 25%. En cada caso se aplicó el equivalente a 500 kg de P<sub>205</sub>/ha en base a superfosfato triple (SFT), fosfato diamónico (FDA) y roca fosfórica de Monte Fresco (RMF) mezclados con los primeros centímetros de las columnas de suelo. Durante cuatro semanas se aplicó una lámina de agua total equivalente a 400 mm recogiendo el agua de percolación. Al final, las columnas de 40 cm de largo se fraccionaron en secciones de 10 cm determinándose P aprovechable en cada sección y el P en el agua de percolación. Los resultados indican que las fuentes solubles enriquecen en P el tope de las columnas del suelo más pesado pero a partir de los 10 cm el nivel de P aprovechable es igual que en la columna testigo, indicando que no hubo movimiento vertical de fósforo. En el caso del suelo con 8% de arcilla, el P de las fuentes solubles se movió a lo largo de las columnas de suelo incrementando los niveles de P aprovechable hasta los 40 cm, mientras que la roca fosfórica eleva mucho el P aprovechable de los primeros 10 cm de este suelo que tiene un pH 5.2. Las pérdidas de P en el agua de percolación fueron insignificantes en el suelo con 25% de arcilla (0.2%, 1.3% y 0% de RMF, SFT y FDA respectivamente), pero en el suelo con 8% de arcilla, las pérdidas de P del SFT fueron de 34% y las del FDA del orden de 45%.

Palabras clave: fósforo, movimiento vertical, lavado de P, texturas contrastantes, fuentes de P.

### ABSTRACT

Results about phosphorus movement through columns with soils having contrasting textures (8 and 25% clay) are presented. At the top 10 cm of each column, the equivalent to 500 kg P<sub>205</sub>/ha were mixed, using triple superphosphate (TSP), diammonium phosphate (DAP), and phosphate rock from Monte Fresco (MFR) as P sources. During four weeks, the equivalent to a total of 400 mm of water was applied at the top of the columns, and percolating water was collected. At the end of the experiment, the soil columns were fractionated in four sections of 10 cm length measuring the amount of available P in each section and in percolating water. Results showed an increase in available P at the top section of the heavier soil when TSP and DAP were applied, but from 10 to 40 cm the available P level was the same as in the check column indicating a lack of P movement. In the soil with 8% clay, P from TSP and DAP increased the P levels from top to bottom of the soil columns, while the MFR increased the available P only in the 10 cm (this soil has pH 5.2). Phosphorus losses in percolating water were negligible from the column with the soil having 25% clay (0.2%, 1.3%, and 0% from MFR, TSP, and DAP, respectively), but from the soil with 8% clay, P losses were 34% and 45% when TSP and DAP were used as P sources.

Key words: phosphorus, vertical movement, P leaching, contrasting textures, P sources.

### INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento del fósforo en el suelo es de gran significación, ya que es un macroelemento esencial generalmente escaso en muchos suelos del trópico, además de estar sujeto al fenómeno de fijación que significa la pérdida de solubilidad que sufren los fosfatos aprovechables al reaccionar con los componentes del suelo. Esto ha llevado al criterio generalizado de que el fósforo es inmóvil en el suelo, y que entre los mecanismos de pérdida de P del suelo, sea nativo o agregado en los fertilizantes, la lixiviación tiene poca importancia. Sin embargo, en suelos de textura gruesa donde la concentración de P en la solución del suelo es relativamente alta en comparación con suelos más pesados, la pérdida de fósforo con el agua de percolación puede alcanzar magnitudes considerables. Sobre este aspecto existen variadas evidencias y al efecto, el Potash and Phosphate Institute (1988) señala que cuando un fertilizante fosfatado soluble en agua se agrega al suelo, el fósforo se transforma rápidamente en compuestos de muy baja solubilidad a menos que el suelo en cuestión sea prácticamente arena o tenga un contenido muy alto de materia orgánica. El fosfato es, de hecho, el típico ejemplo de un ión extremadamente inmóvil en el suelo.

Laver (1988), en estudios de laboratorio, evaluó el movimiento del fósforo a través de dos columnas de suelos textualmente contrastantes (franco limoso y arenoso) encontrando que el suelo más pesado presentó una mayor concentración de fósforo en los primeros centímetros y menos concentración en profundidad que el suelo liviano. En este último, el fósforo fue transportado a una profundidad 30% superior a la registrada en el suelo franco limoso. Humphreys y Pritchett (1971) analizaron el movimiento del fósforo en suelos forestales de texturas gruesas y comprobaron que luego de siete años de una fertilización fosfatada con diferentes productos, el fósforo aplicado como superfosfato se transportó a mayores profundidades que las registradas para el fósforo en forma de roca fosfórica. El fósforo proveniente del superfosfato desapareció de los primeros centímetros del perfil mientras que la roca fosfórica mantuvo, en esta misma profundidad, un alto porcentaje del elemento. Solórzano (1989) afirma que el lavado de fósforo en el suelo es, en general, poco significativo debido a que la

concentración del mismo en la solución del suelo es muy baja; sin embargo, en suelos de textura gruesa, donde hay poca reacción de los fosfatos y, consecuentemente, aumenta la concentración de fósforo en la solución, puede ocurrir un considerable lavado de este elemento.

Este trabajo se realizó con el objeto de cuantificar el movimiento vertical del fósforo proveniente de superfosfato triple (SFT), fosfato diamónico (FDA) y roca fosfórica de Monte Fresco (RMF), en dos suelos venezolanos de texturas diferentes, utilizando columnas de suelo y aplicando una lámina de agua equivalente a 400 mm en forma intermitente durante cuatro semanas.

## MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con dos suelos identificados como Guanipa y Maracay, cuyas características más resaltantes se indican en el Cuadro 1. Los suelos fueron tamizados (2mm) y con ellos se llenaron tubos plásticos con diámetro aproximado de 10 cm y 40 cm de largo. Cada columna constituyó un tratamiento: para cada suelo se consideró una columna testigo y tratamientos con roca fosfórica de Monte Fresco (RMF), superfosfato triple (SFT) y fosfato diamónico (FDA). La dosis empleada en cada caso fue un equivalente a 500 kg de P205/ha la cual se mezcló con los primeros 10 cm de cada columna. A cada columna se le aplicó una lámina de agua equivalente a 400 mm distribuida a lo largo de cuatro semanas. El agua percolada fue recogida para la determinación del fósforo lavado en cada situación.

Al cabo de cuatro semanas, las columnas fueron seccionadas en cuatro partes de 10 cm de largo. Al suelo de cada sección se le determinó fósforo aprovechable utilizando como extractante la solución de Carolina del Norte y su determinación se realizó colorimétricamente.

**Cuadro 1.** Características principales de los suelos Guanipa y Maracay

Suelo	Granulometría (%)			pH	Nutrientes (ppm)			
	Arena	Limo	Arcilla		P	K	Ca	Mg
Guanipa	78	14	8	5.2	2	37	20	39
Maracay	23	52	25	7.1	50	65	>>2000	115

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran claras diferencias en cuanto a la tendencia del movimiento del fósforo en los dos suelos utilizados y con las diferentes fuentes aplicadas. En el Cuadro 2 se reportan los valores de P aprovechable para las diferentes secciones de cada columna de suelo. En el suelo Maracay se observa que las fuentes de P soluble (SFT y FDA) enriquecen los primeros 10 cm de la columna, que fue donde se incorporó el fertilizante, pero desde 10 hasta 40 cm de profundidad el contenido de P aprovechable es similar al de la columna testigo donde no se aplicó fosfato. Esto indica que no hubo movimiento importante de P a través de la columna de suelo. La RMF, cuyo P es de baja solubilidad, prácticamente no modifica los niveles de P aprovechable a lo largo de las columnas, ya que en este suelo con pH 7.1 la solubilización de P de la roca es muy limitada.

En el suelo Guanipa la situación es diferente, ya que las fuentes solubles de P incrementan marcadamente los niveles de fósforo aprovechable a todo lo largo de las columnas de suelo, evidenciando movimiento vertical de P. Por su parte, la RMF eleva muchísimo el nivel de P aprovechable de los primeros 10 cm de la columna de suelo (190 ppm contra 20 ppm en el testigo), lo cual se debe a solubilización del fósforo de la roca fosfórica en un suelo ácido (pH 5.2). Por otro lado, el período de duración del experimento no fue suficiente para que comenzara a moverse el P solubilizado de la RMF hacia las partes inferiores de la columna de suelo, ya que sus niveles de P aprovechable en las secciones de 10 a 40 cm de profundidad son similares a los de la columna testigo.

La diferencia en el comportamiento de la roca fosfórica en los dos suelos utilizados se debe básicamente al pH de los mismos, al respecto, Fassbender y Bornemisza (1978) determinaron que la solubilidad del fósforo de diferentes rocas fosfóricas aumentó en forma exponencial al disminuir el pH de los suelos.

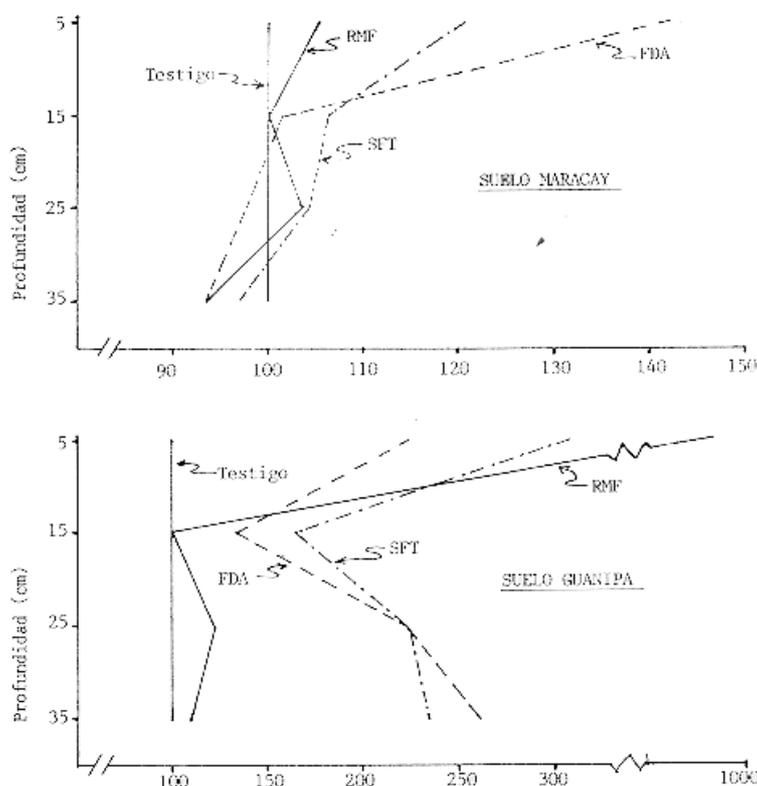
La distribución del P aprovechable en las diferentes secciones de las columnas se aprecia mejor en la Figura 1, donde se representan valores relativos con respecto a un valor de 100 que se le asigna a la concentración de P en cada sección de las columnas testigo. Se observa como en el suelo Maracay, con 25% de arcilla, solo se enriquece en fósforo la sección de 0-10 cm cuando se aplicaron superficialmente fuentes solubles de fosfato; por el contrario, en el suelo Guanipa con 8% de arcilla, hay incrementos significativos del P aprovechable a todo lo largo

**Cuadro 2.** Contenido de fósforo aprovechable (ppm) en los diferentes tratamientos a distintas profundidades en las columnas de suelo

Tratamiento	Profundidad (cm)			
	0-10	10-20	20-30	30-40
Suelo Maracay	-	-	-	-
-Testigo	276	280	268	280
-RMF	289	280	276	264
-SFT	334	298	280	272
-FDA	395	284	264	264
Suelo Guanipa	-	-	-	-
-Testigo	20	27	21	25
-RMF	190	25	26	28
-SFT	62	44	46	57
-FDA	44	35	46	63

de las columnas de suelo tratadas con fuentes de fosfato soluble, y un altísimo incremento en la sección 0-10 cm donde se aplicó RMF. Esta situación ha sido expresada por diversos autores, entre ellos Logan y McLean (1973) quienes indican que los suelos de textura gruesa tienen poca capacidad de absorción de iones y una alta permeabilidad, lo cual explica el mayor movimiento de P a través del perfil.

Las pérdidas de P en el agua de percolación a través de las columnas de suelo complementan la información discutida previamente. En el Cuadro 3 se presentan las pérdidas relativas del P de cada fuente en los dos suelos estudiados, se observa que en el suelo Maracay se perdió 0.2% del P de la RMF y 1.3% y 0% del P del SFT y FDA, respectivamente. En el suelo Guanipa las pérdidas del P de la RMF son de nuevo insignificantes y del orden de 0.2%, pero las pérdidas de las fuentes solubles durante las cuatro semanas de duración del experimento fueron muy significativas, alcanzando valores de 34% de pérdida del P aplicado en SFT y 45% del aplicado en FDA.



**Figura 1.** Distribución relativa de P aprovechable a diferentes profundidades de las columnas de suelo, con respecto a la columna testigo que tiene un valor asignado de 100%. La diferencia en el comportamiento de la roca fosfórica en los dos suelos utilizados se debe básicamente al pH de los mismos, al respecto, Fassbender y Bornemisza (1978) d

**Cuadro 3.** Pérdidas porcentuales de P en el agua de percolación de las columnas de suelo para las diferentes fuentes de P utilizadas

Suelo	RMF	SFT	FDA
Maracay	0.2	1.3	0
Guanipa	0.2	34.0	45.0

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta evaluación destacan grandes diferencias en la tendencia del movimiento vertical de fosfatos aprovechables a través de perfiles de suelos de texturas contrastantes. En suelos de muy poco contenido de arcilla pueden ocurrir considerables pérdidas de P por lavado, mientras que en suelos de texturas medias a pesadas el P tiende a acumularse en los sitios donde se aplica, manifestando muy poco movimiento.

En suelos de textura gruesa y pH ácido, una alternativa para disminuir las pérdidas de P por lavado y mejorar el suministro de este elemento a lo largo del ciclo de las plantas es utilizar la roca fosfórica como fuente de P. La liberación de fósforo puede ser progresiva en el tiempo lo que permite larga duración en su suministro a las plantas y menores pérdidas a través del perfil.

Estos resultados son orientadores para el manejo de los fertilizantes fosfatados, ya que tanto la textura como el pH del suelo van a influir en las fuentes, dosis y forma de aplicación de los mismos. En suelos de texturas medias a finas con pH superior a 6,0, deben utilizarse fuentes de fosfatos solubles e incorporarlos lo mejor posible en la mayor área de influencia del sistema radical del cultivo, ya que la movilidad de los fosfatos en estas condiciones es muy limitada. Puede esperarse un acentuado efecto residual de la fertilización fosfatada. En suelos de textura gruesa, las pérdidas de P por lavado, cuando se aplican fuentes de fosfatos solubles, pueden ser considerables y de pobre efecto residual. En estos casos, según las condiciones del sistema suelo-planta-clima se puede justificar hasta un fraccionamiento de la aplicación del P utilizando productos de alta solubilidad como el FDA. Si el pH del suelo es de tendencia ácida, se puede utilizar roca fosfórica para lograr un mejor suministro de P a las plantas a lo largo de su ciclo.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a José G. Duque, Henry Jaramillo, Celio Padilla, Ana Quiroz y Javier Saltos, su colaboración en la parte ejecutiva de este trabajo.

### BIBLIOGRAFIA

- Fassbender, H. W. y E. Bornemisza. 1978. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Costa Rica.
- Humphreys, F. R., and W. L. Pritchett. 1971. Phosphorus adsorption and movement in some sandy soils. *Soil Sci. Am. Proc.* Vol 35:495-500.
- Laver, D. A. 1988. Vertical distribution in soil of sprinkler-applied phosphorus. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* Vol 52 (3-4):862-867.
- Logan, T. J., and E. O. McLean, 1973. Effects of phosphorus application rate, soil properties, and leaching mode of P movement in soil columns. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Vol 37:371-374.
- Potash and Phosphate Institute. 1988. Manual de fertilidad de suelos. Atlanta. U.S.A. 85p.
- Solórzano P., P. R. 1989. Efectos de las prácticas agrícolas sobre el tipo y forma de aplicación de los fertilizantes fosfatados. En: Memoria. Primer Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Caracas.