

# Efectos del fosfoyeso sobre la agregación de un suelo arcilloso afectado por sales y sodio

*Effects of phosphogypsum on the aggregation of particles in a saline sodic clay soil*

**Roberto Villafañe<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería Agrícola - Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela - Maracay, Venezuela

## RESUMEN

Los efectos del fosfoyeso sobre la agregación y la conductividad hidráulica en un suelo arcilloso salino sódico fueron estudiados, usando soluciones de fosfoyeso de concentraciones diferentes en muestras alteradas. Pudo comprobarse el efecto del fosfoyeso sobre la agregación, no así sobre la conductividad hidráulica. Los resultados obtenidos sugieren que el aumento en la agregación del suelo bajo estudio se debió más a la disminución de la relación de adsorción de sodio que al aumento de la concentración salina del medio.

Palabras Clave: Agregación, salinidad, fosfoyeso, conductividad hidráulica.

## ABSTRACT

The effects of phosphogypsum on the aggregation of particles and hydraulic conductivity were studied in a saline sodic clay soil, using solutions with different concentrations of phosphogypsum on disturbed samples. The phosphogypsum increased the aggregation of particles but not the hydraulic conductivity. It is suggested that increases in the aggregation particles is due to decreases in the sodium adsorption ratio.

Index words: Aggregation particles, salinity, phosphogypsum, hydraulic conductivity.

## INTRODUCCIÓN

Está ampliamente reconocido que altos niveles de sodio intercambiable llevan al deterioro de la estructura del suelo y en consecuencia a la reducción de la tasa de infiltración y del flujo de agua en el perfil.

Muchos estudios proveen datos cuantitativos relacionados con los cambios en la tasa de infiltración y en la conductividad hidráulica, inducidos por el aumento de la relación de adsorción de sodio (RAS) y/o la disminución de la concentración salina de la solución, destacando la influencia de la mineralogía en la mayor o menor susceptibilidad a estos cambios (Quirk y Schofield, 1955; McNeal y Coleman, 1966; Naghshineh-Pour et al. 1970; Frenkel et al. 1978; Agassi et al. 1981 y Shainberg et al. 1981).

Cuando cierto valor de la relación de adsorción de sodio provoca dispersión en el suelo, la agregación puede restablecerse reduciendo esta relación mediante la aplicación o solubilización de sales de calcio, siendo necesario cierto lavado para remover del suelo el sodio extraído del complejo de intercambio (Richards, 1954 y Rhoades, 1982).

A nivel mundial se ha generalizado el empleo del yeso como enmienda para mejorar suelos afectados por sodio, y en los últimos años se ha venido evaluando el fosfoyeso, por su riqueza en calcio y alta solubilidad (Karen y Shainberg, 1981; Kazman et al. 1983; Agassi et al. 1986 y Bauder y Brock, 1992).

El propósito de este estudio fue comprobar el efecto agregante del fosfoyeso en un suelo arcilloso afectado por sales y sodio, cuya tasa de infiltración es baja y el agua de riego disponible tiene alto riesgo de sodicidad (CE = 0.86 dS m<sup>-1</sup> a 25°C y RAS = 2.47 [me L<sup>-1</sup>] 0.5).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizaron 24 muestras colectadas en los primeros 15 cm de un suelo clasificado como Sodic Haplusterts, ubicado en el tablón 6 de la finca La Ceiba, cerca de la población de Tocorón, estado Aragua. Las muestras fueron tomadas dentro del área de 1 m<sup>2</sup> y luego separadas al azar en tres grupos (I, II y III) de 8 muestras cada uno, para ser sometidas a diferentes dosis de aplicación de fosfoyeso (FY). Antes de aplicar los tratamientos, las mismas fueron secadas al aire, trituradas y pasadas por tamiz de 4 mm. Con una porción de cada una de ellas se prepararon suspensiones suelo-agua 1:2, obteniendo los extractos por filtrado. En estos se midió pH, conductividad eléctrica (CE) y se determinó calcio, magnesio y sodio, calculando luego la relación de adsorción de sodio (RAS). Con la porción restante se prepararon cilindros de suelo de 5 cm de diámetro y 5 cm de alto, compactados en seco a una densidad de 1.25 Mg/m<sup>3</sup>, similar a la densidad en campo. Estos cilindros fueron saturados por capilaridad en tres oportunidades, dejándolos secar al aire por 10 días antes de la segunda y tercera saturación. Las saturaciones se realizaron con soluciones de FY de 4 y 12 g L<sup>-1</sup> para los grupos II y III, mientras para el grupo I se utilizó agua destilada. En la tercera saturación se realizaron pruebas de conductividad hidráulica (K), en permeámetros de carga variable, utilizando agua destilada en el grupo I y las soluciones correspondientes en los otros dos grupos, dejando además que ocurriera algo de drenaje para el lavado del sodio removido del complejo de intercambio. Los cilindros así tratados fueron secados al aire, disgregados, triturados y pasados por tamiz de 4 mm. Con agregados de tamaño comprendido entre 2 y 4 mm se realizaron determinaciones de porcentaje de agregación y con el resto de cada una de las muestras se prepararon suspensiones suelo-agua 1:2 para la obtención de extractos, donde se realizaron las mismas determinaciones químicas efectuadas antes del tratamiento de las muestras. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente, utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado.

Para la realización de las distintas mediciones y determinaciones se siguió la metodología contenida en US Salinity Lab. Staff (1954).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 pueden observarse los valores promedios de las variables químicas determinadas en las muestras antes de ser sometidas a los tratamientos con FY.

**Cuadro 1.** Valores promedios de las variables químicas determinadas antes del tratamiento de las muestras, obtenidos en extractos de suspensiones suelo-agua 1:2

Grupos de muestras	pH	CE (ds m <sup>-1</sup> )	RAS [(me L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup> ]
I	8.40 (a)	0.55 (a)	4.0 (a)
II	8.39 (a)	0.57 (a)	3.9 (a)
III	8.40 (a)	0.56 (a)	3.9 (a)

( ) Grupos de medias separados por la prueba de Duncan

De acuerdo con los análisis de varianza y las pruebas de medias, no existen diferencias entre los grupos de muestras. Por otra parte, los valores de CE indican cierto grado de salinidad del suelo mientras los de RAS asoman posibles problemas de dispersión. De hecho todos los extractos mostraron partículas minerales en suspensión así como coloración amarillenta, debido a la dispersión de las fracciones mineral y orgánica.

En el Cuadro 2 se muestran valores de algunas características químicas determinadas en soluciones de FY preparadas a partir de una muestra suministrada por PALMAVEN.

**Cuadro 2.** Caracterización química parcial de soluciones de fosfoyeso (FY).

Concentraciones de FY en solución (*) g L <sup>-1</sup>	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	me L <sup>-1</sup>		
-	-	-	Ca	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
0.7	7.03	0.8	8.0	0.4	8.8
2.0	6.72	1.4	16.7	0.2	15.6
4.0	6.62	1.9	23.3	0.2	22.4
12.0	6.41	2.5	31.4	0.2	31.9

Soluciones preparadas con muestra de FY proveniente del procesamiento industrial de roca fosfórica de Riecito.

Adicionalmente se realizaron determinaciones para los iones magnesio, sodio, potasio y cloruro, pero éstos no se encontraron en las soluciones.

Puede observarse el alto grado de disolución del FY y su riqueza en calcio (Ca) y sulfato (SO<sub>4</sub>), así como la disminución del pH con el aumento de la concentración de la solución.

En el Cuadro 3 se muestran los valores de las variables químicas y físicas consideradas en el estudio, obtenidos después de someter las muestras de suelo a los tratamientos de FY indicados.

Después de la aplicación de los tratamientos, las muestras del grupo I mostraron menores valores de CE con respecto a las muestras originales (ver Cuadros 1 y 3) como consecuencia del lavado producido durante las determinaciones de K. Dicho lavado también influyó en la disminución de la RAS, posiblemente por la disolución de carbonatos precipitados originalmente presentes en las muestras.

**Cuadro 3.** Valores promedios de las variables químicas y físicas determinadas en las muestras de suelo después de ser tratadas con soluciones de fosfoyeso.

Grupos de muestra	Tratam. de FY g L <sup>-1</sup>	En extracto 1:2			K (cm/h)	Agreg. (%)
-	-	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	RAS(me L <sup>-1</sup> ) <sup>0.5</sup>	-	-
I	0	8.69(a)	0.21(a)	2.6(a)	0.6(a)	81(a)
II	4	8.29(b)	0.53(b)	1.1(b)	2.5(a)	86(b)
III	12	8.24(b)	0.67(c)	0.9(b)	1.8(a)	87(b)

( ) Grupos de medias separados por la prueba de Duncan

En las muestras tratadas con FY aumentó la CE y disminuyó la RAS como resultado del aporte de Ca al sistema. Este aporte de Ca pudo haber influido en el descenso del pH, debido a los cambios de la presión del dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>) no medida.

Por otra parte, las muestras tratadas con FY mostraron un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de agregación. Además, los extractos procedentes de los grupos II y III resultaron incoloros y libres de partículas minerales en suspensión, mientras los del grupo I presentaron coloración amarillenta y partículas minerales en suspensión.

En cuanto a la conductividad hidráulica (K), no se comprobaron efectos de tratamiento, posiblemente por la ocurrencia en algunas muestras, de pérdidas de agua entre la pared del permeámetro y el cilindro de suelo, elevándose así la varianza dentro de grupo. Sin embargo, durante la segunda y tercera saturación pudo observarse un humedecimiento mucho más rápido en las muestras tratadas respecto a las no tratadas. Por lo demás, la tendencia general fue hacia valores mayores de K en las muestras tratadas con FY.

## CONCLUSIONES

La aplicación de FY a las muestras resultó en aumentos significativos de la agregación del suelo, comprobada en las determinaciones del porcentaje de agregación y visualizada en el aspecto de los extractos (coloración y turbidez).

La mejora de la agregación al parecer estuvo influida fundamentalmente por la disminución de la RAS, más que por el aumento de la concentración salina en las muestras. Esto se deduce de la coloración y turbidez observada en todos los extractos originales y en los correspondientes al grupo I (no tratado con FY), todo lo cual parece indicar que la agregación de este suelo es afectada a bajos valores de RAS, debido a la presencia de smectitas en la fracción arcilla.

Aun cuando los valores promedios de conductividad hidráulica resultan diferentes desde el punto de vista físico, estadísticamente resultaron iguales. Este tipo de determinación requiere de mayor número de muestras para reducir el error experimental.

## AGRADECIMIENTO

Se le agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela el apoyo financiero para la realización de este estudio.

## LITERATURA CITADA

- AGASSI, M., I. SHAINBERG y J. MORIN. 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 848-851.
- . 1986. Effect of powdered phosphogypsum on the infiltration rate of sodic soils. *Irrig. Sci.* 7: 53-61.
- BAUDER, J. W. y T. A. BROCK. 1992. Crop species, amendment, and water quality effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1292-1298.
- FRENKEL, H., J. O. COERTZEN y J. D. RHOADES. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 32-39.
- KAREN, R. y I. SHAINBERG. 1981. Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 103-107.
- KAZMAN, Z., I. SHAINBERG y M. MORIN. 1983. Effect of low levels of exchangeable sodium and applied phosphogypsum on the infiltration rate of various soils. *Soil Sci.* 135: 184-192.
- McNEAL, B. L. y N. T. COLEMAN. 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 308-312.
- NAGHSHINEH-POUR, B., G. W. KUNZE y C. D. CARSON. 1970. The effect of electrolyte composition on hydraulic conductivity of certain Texas soils. *Soil Sci.* 110: 124-127.
- OVALLES, F y A. ZINCK. 1982. Estudio de suelos semidetallado Depresión del Lago de Valencia. Bloque de levantamiento 24 y 25 (Taiguaiguay-Villa de Cura-Macapo-Caño Rico). Clasificación de tierras con fines de riego (informe de avance). Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Serie de Informes Técnicos. Zona 2/IT/172. Maracay. Venezuela. 156 p.
- QUIRK, J. P. y R. K. SCHOFIELD. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. Soil Sci.* 6: 163-178.
- RHOADES, J. D. 1982. Reclamation and management of salt affected soils after drainage. *Soil and Water Management Seminar*. Lethbridge, Alberta, Canadá. 73 p.
- SHAINBERG, I., J. D. RHOADES y R. J. PRATHER. 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 273-277.
- US SALINITY LAB. STAFF. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *US. Dept. Agr. Handbook* 60. 160 p.