

EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FOSFOYESO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE UN SUELO FRANCO-ARENOSO.

Effects of phosphogypsum on some properties of a sandy loam soil.

Espinosa A. José G. y Deyanira Lobo L.¹

¹ UCV. Facultad de Agronomía - Apartado: 4579. Maracay Edo. Aragua.

Resumen

Con la finalidad de evaluar los efectos del fosfoyeso sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, se llevó a cabo un ensayo en un suelo franco-arenoso del lote "E" del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía, UCV, el cual presenta baja relación Ca:Mg, y problemas en la penetración y movimiento del agua en el perfil. Para ello, se utilizaron tres dosis de FOSFOYESO DE PEQUIVEN: 0,5; 1,0 y 5,0 Mg.ha⁻¹, calculadas en base a mejorar la relación Ca:Mg y superar los problemas de infiltración y mal drenaje, comparando con un testigo, bajo un diseño completamente aleatorio de tres repeticiones cada uno. Parcelas de 4 m² (2x2 m), constituyeron las unidades experimentales. El Fosfoyeso fue aplicado al voleo superficialmente a las parcelas. Luego se aplicaron 4 riegos con el propósito de distribuir la enmienda en el perfil, realizando muestreos de humedad antes y después de cada riego, a fin de evaluar la dinámica de penetración y movimiento de agua en el suelo. Así mismo, se aplicó una lámina de lixiviación para remover el exceso de sales, haciendo muestreos para determinaciones físicas y químicas antes y después de aplicar dicha lámina. Las propiedades físicas evaluadas fueron aquellas relacionadas con el estado estructural del suelo y su estabilidad, así como las propiedades hidráulicas. Las propiedades químicas y físicoquímicas evaluadas fueron: iones en el complejo de intercambio, capacidad de intercambio catiónico y la relación Ca:Mg. Se pudo comprobar la alta solubilidad de la enmienda. De todos los índices físicos evaluados sólo se encontraron efectos estadísticamente significativos en la tasa de infiltración del suelo, para el tratamiento de mayor dosis (5 Mg.ha⁻¹). Con relación a las propiedades químicas se encontraron efectos significativos y temporales en la CIC e incrementos en la relación Ca:Mg, antes del lavado.

Palabras claves: fosfoyeso, relación Ca:Mg, propiedades físicas del suelo, propiedades químicas del suelo.

Abstract

In order to evaluate the effects of phosphogypsum on some physical and chemical properties of the soil, a trial was carried out in a sandy loam soil at the Agronomy Faculty experimental field of the Central University of Venezuela. The soil presented a low Ca:Mg ratio, and low rates of infiltration and water movement in the profile. Three dose of phosphogypsum were used: 0.5, 1.0 and 5 Mg.ha⁻¹, under a thoroughly random design of three plots of 4 m² (2 x 2 m) each one. The phosphogypsum was applied superficially on each plot. Four irrigations were applied in order to distribute the amendment in the profile. Moisture samplings were taken before and after each irrigation to evaluate the water infiltration and movement within the soil. Also, a washing fraction was applied to remove the salt excess. Soil samples for physical and chemical analyses were taken before and after applying the washing fraction. The physical properties evaluated were related to the structural state and the hydraulic properties. The chemical properties evaluate were ions in the exchange complex, cationic exchange capacity, pH, electric conductivity and the Ca:Mg ratio. A significant effect on the infiltration rate was found only for the highest dose of phosphogypsum (5 Mg.ha⁻¹). In relation to the chemical properties, it was found significative and temporary effects on the CEC and a raise of the Ca:Mg ratio, before applying the washing fraction.

Keys words: phosphogypsum, Ca:Mg ratio, soil physical properties, soil chemical properties.

INTRODUCCIÓN

El uso y manejo del suelo siempre ha sido un tema de vital importancia para investigadores, agrotécnicos y agricultores. La falta de información adecuada sobre las características y propiedades del suelo es una de las principales causas de la imprecisión para la toma de decisiones sobre el buen uso y manejo de este recurso, base del desarrollo de una agricultura sostenible.

En este sentido, es muy importante conocer las limitaciones que tienen los suelos, considerando las que afectan la penetración, movimiento y retención de agua en el perfil y las que afectan la penetración y desarrollo de raíces. Sánchez (1981) considera que una profundidad del suelo insuficiente es la limitación física más importante para el desarrollo de raíces.

El uso de enmiendas, como "mejoradores del suelo" para el desarrollo normal de los cultivos, se ha diversificado y existen en el mercado diferentes productos, cuyos efectos han

estado asociados a cambios de las propiedades físicas y químicas de los suelos (Shainberg *et al.*, 1989; Ramirez, *et al.*, 1995). El fosfoyeso es un subproducto de la industria de fertilizantes fosforados. Por cada tonelada de P₂O₅ producida se obtienen 4 a 6 toneladas de fosfoyeso, dependiendo de la roca que le dio origen (Cárdenas, 1994). Este subproducto está compuesto esencialmente por CaSO₄ con pequeñas proporciones de P, F, Si, Fe, Al, diversos elementos menores, metales pesados e impurezas (Alcordero y Rechcigl, 1993).

El Fosfoyeso se ha utilizado como enmienda para diversos propósitos, en el mejoramiento de suelos ácidos con problemas de toxicidad de Al (Alva y Sumner, 1989); de igual manera, se ha empleado como mejorador en suelos con limitaciones para la penetración y movimiento de agua y/o problemas de dispersión derivadas o no de la presencia de sodio (Iglesias y Olivares, 1993; Keren y Shainberg, 1981; O'brien y Sumner, 1988; Villafañe, 1994), demostrando que puede actuar de diferentes maneras: promoviendo la agregación, disminuyendo el porcentaje de sodio intercambiable y/o aumentando la concentración salina de la solución del suelo. En con-

secuencia sus efectos se manifestarían en: aumento de la tasa de infiltración e infiltración acumulada, disminución del encostamiento y compactación superficial y mejoramiento de la conductividad hidráulica del perfil.

Un diagnóstico realizado por Ostos (1993), en el Lote "E" del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UCV, determinó que el bajo desarrollo y rendimiento del cultivo de cítricas allí ubicado era causado por una disminución en la calidad del suelo, debido al deterioro de algunas de sus propiedades físicas y químicas.

El presente trabajo plantea evaluar los efectos de la aplicación de Fosfoyeso sobre algunas propiedades físicas y químicas en un suelo franco-arenoso del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía-UCV.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo estudiado se encuentra ubicado en el Campo Experimental de Agronomía, pertenece a la serie Maracay, al cual se le detectaron problemas relacionados con la penetración y el movimiento de agua en el suelo, penetración y desarrollo de raíces, así como baja relación Ca:Mg, cuya distribución de tamaño de partículas se presenta en el Cuadro 1.

Como enmienda se utilizó FOSFOYESO DE PEQUIVEN, cuya composición incluye: 19% de Ca; 15% de S y 17,5% de humedad. Las dosis empleadas fueron: 0; 0,5; 1,0 y 5,0 Mg.ha⁻¹, seleccionadas tomando como criterio el aumento de la relación Ca:Mg, desde valores menores de 2:1 a valores de 6,5:1, identificándose como los tratamientos T, FY1, FY2 y FY3, respectivamente.

Las unidades experimentales las constituyeron parce-

las de 2m x 2m (4m²), con 3 repeticiones por tratamiento, en un diseño completamente aleatorizado.

La enmienda se aplicó al voleo sobre la superficie del suelo, incorporándola luego en los primeros centímetros del mismo. Se aplicó un primer riego con una lámina de 50 mm.

Luego se aplicaron 3 riegos por inundación, cuya lámina correspondía al contenido de humedad entre capacidad de campo y 200 kPa de tensión. El quinto riego correspondió a una lámina de lavado, un 30% mayor que las anteriores.

Dentro de las propiedades físicas, se evaluaron los efectos sobre la penetración y movimiento de agua en el suelo, a través de la determinación de infiltración en el campo y conductividad hidráulica saturada en muestras no alteradas, y sobre los índices estructurales del suelo, determinándose porosidad total y porosidad con radio mayor de 15 µm, densidad aparente, y módulo de ruptura, en muestras no alteradas, utilizando las metodologías descritas por Pla (1983).

Dentro de las propiedades químicas se evaluaron los efectos sobre las bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por suma de bases, pH y conductividad eléctrica (CE), siguiendo la metodología descrita por Pla (1969).

A los resultados se les realizó análisis de varianza de una vía. A las variables con significación estadística se les realizó la prueba de medias de Tukey.

Los efectos sobre las propiedades físicas fueron evaluados hasta una profundidad de 30 cm, debido a que después del lavado, a que fue sometido el suelo, las cantidades de enmienda por debajo de esta profundidad fueron muy escasas.

Cuadro 1. Distribución de tamaño de partículas y clasificación textural del suelo estudiado.

Profundidad (cm)	% arena					% limo	% arcilla	Clasificación Textural
	muy gruesa 2-1 mm	gruesa 1-0,5 mm	media 0,5-0,25 mm	fina 0,25-0,1 mm	muy fina 0,1-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm	
0-10	0,0	0,0	2,00	4,00	48,00	35,00	11,00	Fa
10-20	0,0	0,0	2,00	5,00	47,00	34,00	12,00	Fa
20-30	0,0	1,00	2,00	3,00	48,00	34,00	12,00	Fa
30-45	0,0	1,00	3,00	5,00	48,00	35,00	8,00	Fa
45-60	1,0	2,00	3,00	6,00	46,00	36,00	6,00	Fa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a los índices estructurales (Cuadro 2), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que estos valores no son susceptibles de variación en corto plazo. Los valores de densidad aparente resultaron ser bajos para la clase textural (Pla, 1983). Los valores de porosidad total son considerados no limitantes, no así, los valores de porosidad con radio mayor de 15 µm que tanto en el testigo como con las dosis de fosfoyeso alcanzaron valores considerados limitantes (<10%). Los valores de módulo de ruptura resultaron ser no limitantes (<300 kPa) y no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. Aún cuando no se encontraron diferencias significativas, se puede apreciar que los valores de densidad aparente y módulo de ruptura tienen la tendencia a incrementar en la profundidad de 10 a 20 cm, correspondiendo con ligeras disminuciones en los valores de porosidad total a esa misma profundidad.

Lo anterior se explica si se considera el tipo de partículas que predominan en el suelo (Cuadro 1): limo, arena muy fina y fina, (> 80%), las cuales le confieren al suelo una alta susceptibilidad a la separación, y en consecuencia una baja estabilidad estructural. Se ha encontrado que se puede mejorar la agregación de los suelos mediante la aplicación o la solubilización de sales de calcio; sin embargo en este suelo con una saturación con calcio alrededor de 60% y una relación Ca: Mg de 1,90, en el mejor de los casos, sería necesario la aplicación de una dosis mayor de 5 Mg.ha⁻¹ o de otra enmienda que promueva la agregación de estas partículas y la estabilidad de los agregados formados. Durand (1970) probando diferentes relaciones Ca:Mg, en condiciones de laboratorio, encontró diferencias significativamente positivas en el % de agregación cuando la relación favorecía al Calcio, mayores valores de densidad aparente cuando dominaba el Mg, y disminución en la permeabilidad a causa del Mg, concluyendo que el Mg provoca deterioro estructural similar al sodio, pero en menor magnitud.

Cuadro 2. Índices estructurales del suelo estudiado.

Tratamiento	Densidad aparente Mg.m ⁻³	Porosidad total %(v/v)	Porosidad r > 15 µm %(v/v)	Módulo de ruptura (kPa)	Conductividad hidráulica saturada (mm.h ⁻¹)
Testigo					
0-10	1,26	44,77	6,82	87,53	0,37
10-20	1,32	42,83	8,97	135,3	0,10
20-30	1,42	42,90	7,25	98,19	0,12
FY1					
0-10	1,24	43,89	7,13	93,83	0,33
10-20	1,27	41,52	5,14	116,79	0,03
20-30	1,41	39,99	5,62	120,21	0,01
FY2					
0-10	1,24	47,05	8,34	85,87	1,50
10-20	1,32	44,87	7,43	114,26	0,37
20-30	1,31	41,54	6,36	96,42	0,01
FY3					
0-10	1,16	46,54	7,91	87,37	0,97
10-20	1,32	41,44	6,49	104,88	0,55
20-30	1,36	42,28	8,06	85,06	1,10

Con relación a la conductividad hidráulica saturada, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, se puede apreciar que los valores tienden a aumentar con las dosis de fosfoyeso, especialmente en los primeros centímetros, lo cual pudiera ser interpretado como un mejoramiento de la estructura del suelo, aunque esto no fue detectado a través de los índices estructurales, o simplemente como influencia de la concentración de electrolitos derivada de la aplicación de Fosfoyeso. Resultados similares encontró Villafañe (1994) en el tratamiento de un suelo afectado por sales y sodio. No obstante, en todos los casos, estos valores son considerados limitantes (Pla, 1983), debido probablemente a los efectos del Mg (Durand, 1970)

El comportamiento de la infiltración, determinada por el método del doble anillo, se puede apreciar en el cuadro 3. Los valores de infiltración básica, prácticamente, se duplicaron con las dosis de 0,5 y 1,0 Mg.ha⁻¹ mientras que con la dosis más alta los valores fueron 4 veces mayores que en el testigo. Los valores de infiltración acumulada a las 24 horas se ven afectados positivamente por la aplicación de Fosfoyeso, ya que con las dosis intermedias, la cantidad de agua que penetró en 24 horas fue 1,45 veces la del testigo. Con la mayor dosis de fosfoyeso la lámina de agua que penetró en el suelo se duplicó, con relación al testigo. Tal efecto puede ser atribuido al incremento en la concentración de electrolitos, coincidiendo con los efectos encontrados por otros investigadores. (Keren y Shainberg, 1981; Kazman, 1983; Millar, 1987 y Ramírez *et al.*, 1995).

Cuadro 3. Comportamiento de la infiltración (método del doble anillo) con tres dosis de fosfoyeso

Tratamiento	Infiltración básica (mm.h ⁻¹)	Infiltración acumulada a 24 horas (mm)
Testigo	1,35 c	53,98 c
FY1	2,15 b	78,54 b
FY2	2,15 b	78,73 b
FY3	5,72 a	108,67 a

Los efectos sobre las propiedades químicas antes y después de aplicar la lámina de lavado, se presentan en los cuadros 4 y 5, respectivamente.

En el cuadro 4 se observa que, aunque las diferencias

no son significativas, los valores de pH disminuyen con la adición de la enmienda; esto pudiera ser debido al componente del fosfoyeso (SO₄) que al reaccionar en el suelo produce iones H⁺ o al hecho de que este material puede tener pH bajos en soluciones acuosas; como es el caso del fosfoyeso de Florida, que en soluciones acuosas tiene una CE de 0,21 S.m⁻¹ y pH de 5,2 (Alcordero y Rechcigl, 1992). Resultados similares fueron reportados por Black y Cameron, (1984) citados por Alcordero y Rechcigl (1993). Después del lavado, el pH disminuyó en todos los tratamientos, incluyendo el testigo. (Cuadro 5).

La CE incrementó sus valores con la aplicación de la enmienda (Cuadro 4); encontrándose valores mayores en el tratamiento FY3, con relación al testigo, dada la alta CE que puede alcanzar la enmienda en soluciones acuosas.

Cuando se aplicó la lámina de lavado la CE disminuyó para todos los tratamientos, incluso para el testigo (Cuadro 5), teniendo los valores más altos el tratamiento FY3.

Asimismo se aprecia en los cuadros 4 y 5 los efectos sobre la CIC, bases cambiables y relación Ca:Mg, antes y después del lavado, respectivamente. La aplicación de la enmienda incrementó el contenido de bases cambiables, lográndose un aumento del calcio a medida que se utilizan dosis más altas de fosfoyeso, aumentando la relación Ca: Mg, aún cuando los efectos no fueron significativos (Cuadro 4).

Alva y Summer, (1990) también reportan incrementos en la CIC del suelo con la aplicación de Fosfoyeso. Kent y Uehara, (1974), citados por Alcordero y Rechcigl, (1993) señalan que la carga en la superficie de minerales de carga variable, generalmente aumenta con incrementos en la fuerza iónica de la solución del suelo.

Aunque las diferencias no fueron significativas se puede apreciar una disminución en el contenido de Mg intercambiable, con la aplicación de fosfoyeso, con relación al testigo. Syed (1987), citado por Alcordero y Rechcigl (1993), señala que la alta solubilidad del fosfoyeso puede causar severas pérdidas de Mg intercambiable.

Después de aplicar una lámina de agua en exceso, para garantizar el lavado (Cuadro 5), se observa una disminución en los contenidos de Ca intercambiable, y aunque se mantienen algunas diferencias en las cantidades de esta base retenida en el complejo de intercambio, con respecto al testigo, su

facilidad de lavado es muy alta, lo cual puede deberse a la alta solubilidad del fosfoyeso. En consecuencia la relación Ca:

Mg se hace nuevamente similar al testigo, implicando un efecto temporal del fosfoyeso en el suelo.

Cuadro 4. Características químicas y físico-químicas evaluadas, para los diferentes tratamientos, antes del lavado.

Profundidad (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CIC	CE	pH	Relación Ca:Mg
			cmol. kg ⁻¹			dS.m ⁻¹		
Testigo								
0-10	9,15	6,53	0,02	0,11	15,82	0,23	6,97	1,40:1
10-20	8,02	5,73	0,02	0,05	13,82	0,25	6,98	1,40:1
20-30	10,08	5,27	0,02	0,01	15,38	0,22	6,97	1,91:1
30-45	9,02	6,87	0,01	0,02	15,92	0,21	7,27	1,31:1
45-60	8,82	9,80	0,02	0,03	18,67	0,23	6,93	0,90:1
FY1								
0-10	15,93	4	0,01	0,06	20	0,52	6,90	3,98:1
10-20	13,33	5,67	0,00	0,02	19,02	0,29	6,67	2,35:1
20-30	11,13	6,00	0,00	0,02	17,18	0,26	7,27	1,86:1
30-45	10,07	5,80	0,01	0,01	15,90	0,20	6,78	1,74:1
45-60	9,60	6,33	0,02	0,02	15,97	0,23	6,97	1,52:1
FY2								
0-10	15,07	4,67	0,02	0,02	19,78	0,57	6,43	3,23:1
10-20	13,47	3,87	0,02	0,02	17,37	0,24	6,70	3,48:1
20-30	11,33	5,80	0,01	0,02	17,16	0,27	6,93	1,95:1
30-45	10,33	7,13	0,01	0,02	17,50	0,24	7,03	1,59:1
45-60	8,93	5,27	0,01	0,01	14,22	0,18	6,89	1,69:1
FY3								
0-10	27,27	7,87	0,02	0,08	35,23	1,51	6,61	3,47:1
10-20	14,60	4,93	0,01	0,04	19,59	0,38	6,54	2,96:1
20-30	11,13	5,13	0,02	0,02	16,30	0,41	6,83	2,17:1
30-45	11,20	6,53	0,01	0,05	17,79	0,25	6,60	1,72:1
45-60	8,07	6,00	0,02	0,01	14,09	0,23	6,60	1,35:1

Cuadro 5. Características químicas y físico-químicas evaluadas, para los diferentes tratamientos, después del lavado.

Profundidad (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CIC	CE	pH	Relación Ca:Mg
			cmol. kg ⁻¹			dS.m ⁻¹		
Testigo								
0-10	9,73	5,13	0,01	0,10	14,98	6,48	0,23	1,90:1
10-20	8,27	5,67	0,02	0,09	14,04	6,35	0,15	1,46:1
20-30	9,87	5,47	0,01	0,08	15,42	6,85	0,18	1,80:1
30-45	5,80	4,73	0,00	0,03	10,57	4,31	0,09	1,22:1
45-60	3,93	2,87	0,00	0,02	6,82	4,56	0,12	1,37:1
FY1								
0-10	10,27	6,40	0,01	0,10	16,77	6,55	0,22	1,60:1
10-20	10,93	4,27	0,01	0,08	15,29	6,83	0,22	2,56:1
20-30	8,07	3,80	0,01	11,94	11,94	6,22	0,28	2,12:1
30-45	7,27	5,73	0,01	0,05	13,05	7,04	0,17	1,27:1
45-60	6,80	4,87	0,01	0,03	11,71	6,73	0,22	1,40:1
FY2								
0-10	10,93	6,00	0,02	0,15	17,10	6,14	0,29	1,82:1
10-20	10,00	4,33	0,01	0,09	14,44	6,54	0,20	2,31:1
20-30	7,60	4,13	0,01	0,07	11,82	6,86	0,19	1,84:1
30-45	9,80	6,87	0,01	0,05	16,72	6,59	0,21	1,42:1
45-60	11,47	6,73	0,02	0,04	18,25	7,10	0,20	1,70:1
FY3								
0-10	1013	6,40	0,01	0,13	16,67	6,39	0,49	1,58:1
10-20	9,80	5,47	0,01	0,08	15,35	6,16	0,27	1,79:1
20-30	11,20	7,47	0,01	0,07	18,75	6,35	0,22	1,50:1
30-45	8,40	6,93	0,01	0,05	15,39	6,98	0,23	1,21:1
45-60	8,27	6,33	0,02	0,03	14,65	6,61	0,27	1,31:1

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que el fosfoyeso no tuvo efectos significativamente positivos sobre el estado estructural del suelo. Sin embargo se pudo observar una

tendencia a aumentar la conductividad hidráulica saturada, especialmente en los primeros centímetros del suelo, con las mayores dosis de la enmienda. También se apreció un efecto positivo en la infiltración, permitiendo una mayor penetración de agua en el suelo. Igualmente, se logró incrementar la relación

Ca:Mg en el suelo, aun cuando tales efectos fueron temporales, ya que al aplicar una lámina de lavado, el Calcio se "lavó" fácilmente, volviendo la relación prácticamente a su condición original. Efectos similares se encontraron con la Conductividad eléctrica.

RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su reconocimiento a FUNDACITE ARAGUA, por el apoyo financiero para el desarrollo del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Alcordero, I. y J. Rechcigl.** 1992. The use of solubility curves as a method to characterize phosphogypsum and its constituents. *Commun. Soil and Plant Anal.* 23:2595- 2611.
- Alcordero, I. y J. Rechcigl.** 1993. Phosphogypsum in Agriculture: A review. *Advances in Agronomy.* 49:56-110.
- Alva, A. K. y M. E. Sumner.** 1989. Alleviation of aluminum toxicity to soybeans by phosphogypsum or calcium sulfate in dilute nutrients solutions. *Soil Sci.* 147:278-285.
- Cárdenas, K.** 1994. Usos del Fosfoyeso en Agricultura. *El Semillero*, Año 3(7):7-8.
- Durand, G.** 1970. Efecto de diferentes relaciones Ca:Mg sobre las propiedades físicas de los suelos. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, UCV. Caracas. 42 p.
- Iglesias, R y L. Olivares.** 1993. Recuperación de un suelo salino-sódico utilizando yeso y dos fuentes de fosfoyeso y su incidencia sobre el desarrollo inicial de la yuca (*Manihot sculenta Crantz*) bajo condiciones controladas. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, UCV. Maracay Venezuela. 114 p.
- Kazman, Z., Y. 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.
- Keren R. y Y. Shainberg.** 1981. Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of sodic soil. *S.S.S. A. J.* 45:(1-2)103-107.
- Millar, W.** 1987. Infiltration and soil loss of three gypsum amended ultisols under simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51(5):1317-1318.
- Ostos, A.** 1993. Diagnóstico de las propiedades del suelo que afectan el desarrollo de plantas de cítricas del lote " E " sector este del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía - UCV. Trabajo de grado. 87p.
- O'brien, L. y M. Sumner.** 1988. Effect of phosphogypsum on leachate and soil chemical composition. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 19:1325-1326.
- Pla, I.** 1969. Metodología de laboratorio recomendada para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad en suelos, aguas y plantas. Instituto de Edafología, Sección de "Relaciones suelo-agua-planta", Facultad de Agronomía, UCV. 117 p.
- Pla, I.** 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, Alcance N° 32. 91 p.
- Ramírez H., N. Ortiz y F. Desiderio.** 1995. Alternativas a los problemas físicos de los suelos de Quíbor. *El Semillero*. Año 3 N° 8:15-16.
- Sánchez, P.** 1981. Suelos del trópico. IICA, San José de Costa Rica. 634p.
- Shainberg, I.; M. Sumner; W. Miller; M. Farina y M. Pavan.** 1989. Use of gypsum on soils. A review. *Adv. Soil Sci.* 9:1-111.
- Villafañe, R.** 1994. Efectos del fosfoyeso sobre la agregación de un suelo arcilloso afectado por sales y sodio. *Venesuelos.* 2:(1)45-47.