

EFECTO DE DOSIS DE ÁCIDO POLIMALEICO EN LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE SUELOS SALINOS

P.R.C. Lopes (1), J.M. Gisbert (2), L.D. Gómez (2) y C.A.V. Oliveira (1)

(1) EMBRAPA / Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Semiárido (CPATSA) 56.300-000, Petrolina (PE), Brasil.

(2) Departamento de Producción Vegetal, Unidad Docente de Suelos. Universidad Politécnica de Valencia, 46.010, Valencia.

INTRODUCCIÓN

Los elevados contenidos de sales y sodio de cambio influyen en las características físicas del suelo dificultando el desarrollo de los cultivos. El mecanismo de hinchamiento de los coloides del suelo, causado por el sodio de cambio, afecta a su estructura debido al aumento del grosor de la capa de agua ligada a las partículas, haciendo que las mismas se separen entre sí, provocando la dispersión de las arcillas. Este proceso es el principal responsable de la disminución de la estabilidad estructural, lo que influye en la reducción de las tasas de infiltración y conductividad hidráulica del suelo (Shainberg et al., 1981).

Para la rehabilitación de suelos afectados por sales y sodio intercambiable, se debe dar especial atención a sus características físicas, utilizándose prácticas de manejo capaces de mejorar la estabilidad estructural, y como consecuencia, las tasas de infiltración y conductividad hidráulica del suelo (Richards, 1973)

La materia orgánica presenta un efecto importante en la mejora de las características físicas de suelos afectados por las sales y especialmente por el sodio. Esta tiene la capacidad de aumentar el grado de agregación de las partículas finas de la capa superficial, aumentando su estabilidad. Los ácidos húmicos, en cantidades elevadas, dificultan el hinchamiento de las partículas del suelo, evitando la disgregación, aumentando la cohesión de las partículas y manteniendo estable la estructura de los agregados (Moliné, 1986).

El uso de polímeros sintéticos con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas de suelos afectados por exceso de sales y sodio cambiante, es una práctica muy utilizada. Los polímeros aplicados al suelo aumentan la estabilidad de los agregados (Allison, 1952; Ben-Hur y Keren, 1997), y reducen la dispersión de las arcillas (Helalia y Letey, 1988). La forma de actuar los acondicionadores de suelos es

frecuentemente descrita por su capacidad de promover la floculación de las arcillas dispersas y aumentar la estabilidad estructural de los agregados. Según Mitchel (1986), la aplicación de 32,2 Kg/ha de poliacrilamida redujo la dispersión de arcilla, la formación y resistencia de la costra superficial, y aumentó la estabilidad de los agregados en un 45,2%, en comparación con el 9,0% del testigo.

Moen y Richardson (1984), evaluando la resistencia a la dispersión de dos suelos (uno arcilloso y otro limoso), con polyvinil alcohol y el glyoxal T403, concluyeron que los dos polímeros disminuían la dispersión de la arcilla y aumentaban, la estabilidad de los agregados en un 50%, respecto el testigo.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de dosis de ácido polimaleico en el mantenimiento y mejora de la estabilidad de los agregados y reducción del porcentaje de arcilla dispersa en agua de tres tipos de suelos salinos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para este estudio se seleccionaron tres tipos de suelos con elevado nivel de salinidad, causado por el uso de agua de riego de mala calidad. El suelo R, procedente de Orihuela (Alicante), es un franco arcilloso con una conductividad eléctrica de 7,21 dS/m. Los suelos PL y PB son precedentes de Pulpí (Almería), presentan textura franco limosa y franco arenosa, respectivamente, y conductividades eléctricas de 5,10 y 40,78 dS/m. Las características físicas y químicas de los suelos estudiados se presentan en la [Tabla 1](#) y [Tabla 2](#), respectivamente.

Se recogieron muestras inalteradas de los tres tipos de suelos, para después separar los agregados en sus planos de rotura natural, aprovechándose aquellos que pasaron por el tamiz de 4,00 mm y quedaron retenidos en el tamiz de 2,00 mm. Los agregados separados se secaron al aire y se determinó la humedad gravimétrica de éstos.

De cada tipo de suelo se separaron 4 bolsas de agregados, cada una con 1,0 Kg, en las cuales se hizo la aplicación de las distintas dosis de ácido polimaleico (0, 5, 10 y 15 L/ha) diluído en el agua de riego, ajustándose la humedad de las muestras de agregados al 80% de la capacidad de campo. La conductividad eléctrica del agua de riego utilizada es de 1,1 dS/m. El polímero probado presenta en su composición 33,0% de ácidos polimaleicos, es aniónico, soluble en agua y presenta un elevado peso molecular.

Las investigaciones realizadas en el pasado usaron grandes cantidades de polímeros, haciendo su uso no rentable económicamente. Actualmente con los polímeros sintéticos de elevado peso molecular es posible conseguir un efecto mayor aplicándose pequeñas cantidades. La elección de las dosis probadas se basaron en los resultados de las investigaciones realizadas en los últimos años, con el objetivo de conseguir un efecto máximo con un coste mínimo.

Las bolsas de plástico con las muestras húmedas se pesaron y cerraron para que la humedad de los agregados se mantuviera uniforme. Cada 30 días se tomaron tres submuestras de cada bolsa para determinar la distribución de agregados estables y el porcentaje de arcilla dispersa en agua. Después las bolsas se pesaron, añadiendo el volumen de agua necesario para mantener los agregados con la humedad preestablecida.

Se determinó la distribución de agregados estables en agua y el diámetro medio ponderado de éstos, por la técnica descrita por Kemper y Chepil (1965), y el porcentaje de arcilla dispersa en agua por el método de la pipeta (EMBRAPA, 1979). Se utilizó el diseño experimental de parcelas subdivididas con cuatro tratamientos (dosis) con tres repeticiones por evaluación, en los tiempos establecidos. Los datos obtenidos se analizaron mediante aplicación del test de Duncan Multiple Range al nivel del 95%, con el paquete estadístico Statgraphics Plus, versión 2.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variación del diámetro medio ponderado (DMP) de los agregados del suelo R respecto a las dosis de polímero aplicadas y el tiempo, se presenta en la [Figura 1](#). Se observa un rápido aumento del DMP para todos los tratamientos a los primeros 30 días, principalmente para las dosis más elevadas, destacando el efecto del polímero en el aumento del grado de estabilidad de los agregados. Para las dos dosis más elevadas el DMP aumentó progresivamente hasta los 60 días, a partir de cuando presentó una tendencia a estabilizarse. El testigo presentó los menores índices de estabilidad en todos los tiempos de observación.

Comparando los valores medios del DMP obtenidos del análisis estadístico de los datos observados con el tiempo ([Tabla 3](#)), se puede comprobar que la eficacia relativa de los tratamientos con las dosis de 5, 10 y 15 L/ha en el aumento del índice de estabilidad, respecto al testigo, ha sido del 16,50; 23,30 y 30,10%, respectivamente. Todos los tratamientos difirieron entre sí en el efecto acondicionador del suelo.

Para el suelo PL, la variación del DMP de los agregado, respecto las dosis de polímero aplicadas y el tiempo está representada en la [Figura 2](#). Se observa un aumento progresivo del DMP para las dosis más elevadas hasta los 90 días, momento a partir del cual presentaron una tendencia a estabilizarse. Para el testigo el DMP se mantuvo estable hasta los 90 días, a partir de cuando presentó un ligero aumento.

La relación entre los valores medios del DMP presentados en la [Tabla 3](#), permite comprobar que el aumento de éste en el tiempo, respecto al testigo, ha sido del 18,18; 27,27 y 36,36%, respectivamente, en el orden creciente de las dosis. Todos los tratamientos han sido más eficientes que el testigo en el aumento de la estabilidad de los agregados. La dosis de 10 L/ha presentó el mismo efecto que las dosis de 5 y 15, mientras que éstas dos difirieron entre sí.

Para el suelo PB ([Figura 3](#)), se observa un gran aumento del índice de estabilidad de los agregados para los tratamientos con las dosis más elevadas a los primeros 30 días, momento a partir del cual presentaron un ligero aumento y tienden a la estabilización. El testigo presentó los menores índices durante toda la prueba. Analizando los valores medios del DMP en el tiempo ([Tabla 3](#)), se observó que la eficacia relativa de los tratamientos en el aumento del grado de estabilidad de los agregados, respecto al testigo, ha sido de un 20,00% para la dosis de 5 L/ha, mientras que para las dos dosis mayores ha sido la misma (28,00%). Los resultados del análisis estadístico permiten comprobar que todas las dosis han sido más eficientes que el testigo en el aumento del grado de estabilidad de los agregados, demostrando su eficacia en el acondicionamiento del suelo. La dosis de 5 y 10 L/ha difirieron entre ellas, mientras que las dos mayores presentaron el mismo efecto.

Para los tres tipos de suelos estudiados las dosis más elevadas del polímero presentaron un mayor aumento del DMP de los agregados. Así como los productos biológicos, los acondicionadores de suelos son capaces de estabilizar los agregados del suelo. El aumento de la estabilidad de los agregados ocurrió debido a la acción estabilizante de las dosis de ácido polimaleico aplicadas sobre los agregados, que hicieron con que el efecto fuera diferente entre las dosis. Según Shainberg et al.(1992), la principal acción de los acondicionadores es en la agregación de las partículas del suelo, con la consecuente mejora en la estabilidad estructural.

El aumento del DMP de los agregados, para todas los tratamientos y tipos de suelos, va acompañado de la reducción del porcentaje de arcilla dispersa en agua ([Tabla 3](#)), demostrando la estrecha relación existente entre estas dos características físicas. El aumento de la estabilidad de los agregados ocurrió debido al aumento de la floculación de las arcillas dispersas, causada por las moléculas del polímero y a la adsorción de éstas a la parte externa de los agregados. La eficacia relativa de los polímeros en una mayor o menor capacidad acondicionante está en función de su adsorción y desorción a las partículas minerales y a los propios agregados presentes en el suelo, que a su vez depende de las propiedades químicas, como su peso molecular y carga, y de las propiedades específicas del suelo. Las propiedades químicas de los polímeros pueden presentar efectos diferentes en los diferentes tipos de suelos (Aly y Letey, 1990). Según Letey (1994), la principal acción de los polímeros sobre los agregados es la formación de una capa protectora en torno a éstos, aumentando su estabilidad en agua.

Según Carr y Greenland (1975), la dispersión de las arcillas disminuye con el aumento del peso molecular del polímero. El movimiento lento del polímero de alto peso molecular hace que éste sea más adsorbido a las partículas y por lo tanto más eficiente en la reducción de la dispersión. Ellos informan también que este polímero es más eficiente cuando se aplica en dosis fraccionadas, resultando que el tiempo de actuación del producto influye en la estabilización del suelo.

La eficacia de los acondicionadores de suelos en el aumento de la agregación y estabilidad estructural ha sido probada por Helalia y Letey (1988), Collebaut et al.

(1979), Ben-Hur y Karen (1997) y otros. Según Cook y Nelson (1986), la aplicación de soluciones de 1,0% de polyacrilamida en un suelo limoso, aumentó la estabilidad de los agregados por encima del 48%. La aplicación de soluciones de polímero preservan los agregados en su forma física inicial, mejorando la estabilidad de estos con otras aplicaciones en el tiempo.

El aumento del DMP y reducción del porcentaje de arcilla dispersa en agua para el testigo de los tres tipos de suelos puede haber ocurrido debido a la presencia de materia orgánica en los suelos ([Tabla 2](#)), que al descomponerse formaron sustancias húmicas, induciendo a la floculación de las arcillas dispersas y aumentando un poco la estabilidad de los agregados a los primeros días de la prueba. Según Henin et al.(1976), la materia orgánica que contiene grandes cantidades de constituyentes fácilmente descomponibles ejercen un gran efecto en la agregación, pero de corta duración.

La eficiencia de los polímeros en la mejora de las condiciones físicas del suelo puede evaluarse de varias maneras, siendo la estabilidad de los agregados en agua el índice más ampliamente utilizado.

CONCLUSIONES

- Todas las dosis probadas del polímero presentaron efecto positivo en el aumento del DMP de los agregados y en la reducción del porcentaje de arcilla dispersa en agua, para los tres tipos de suelos estudiados.
- Las dosis más elevadas han sido las más eficientes en el aumento del DMP de los agregados y en la reducción del porcentaje de arcilla dispersa.
- Para los tres tipos de suelos todas las dosis probadas difieren significativamente del testigo, lo que comprobó la eficacia del polímero en el aumento de la estabilidad estructural y reducción del porcentaje de arcilla dispersa.

BIBLIOGRAFÍA

- Allison, L.E.(1952). Effect of synthetic polyelectrolytes on the structure of saline and alkali soils. Soil Science. 73,443-454.
- Aly, S.M. and Letey, J. (1990). Physical properties of sodium-treated soil as affected by two polymers. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 501-504.
- Ben-Hur, M. and Karen, R.(1997). Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 565-570.

Carr, C.E. and Greenland, D.J. (1975). Potential application of polyvinyl acetate and polyvinyl alcohol in structural improvement of sodic soil. p. 47-63. In Mondenhauer, W.C. (ed) Soil conditioners, Spec. Pub. 7. Soil Sci. Soc. of Am. Wisconsin. Madison.

Collebaut, F.D.; Gabriels, D. and DeBoodt, M. (1979). The effect of polymer structure on soil physico-chemical properties and soil water evaporation. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 29, 723-729.

Cook, D.F. and Nelson, S.D. (1986). Effect of polyacrylamide on seedling emergence in crust-forming soils. *Soil Science* 141, 328-333.

EMBRAPA (1979). Manual de Métodos de Análise de Solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro.

Henin, S. (1976). Os solos agrícolas. Editora Forense Universitária Ltda. P. 269- 283. Rio de Janeiro.

Helalia, A. M. and Letey, J. (1988). Polymer type and water quality effects on soil dispersion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 243-246.

Kemper, W.D. and Chepil, W.S. (1965). Size distribution of aggregates. In: Black, C.A. Methods of soil analysis. p. 499-510. American Society of Agronomy (ASA. Agronomy, 1). Wisconsin. Madison.

Letey, J. (1994). Adsorption and desorption of polymers on soil. *Soil Science* 158, 244-248.

Mitchell, A.R. (1986). Polyacrylamide application in irrigation water increase infiltration. *Soil Science.* 141, 353-358.

Moen, D.E. and Richardson, J.L. (1984). Ultrasonic dispersion of aggregates stabilized by polyvinyl alcohol and T403-Glyoxal polymer. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 628-631.

Moliné, R. (1986). Consideraciones sobre la fertilización de suelos salinos. In: Salinidad en los suelos: Aspectos de su incidencia en regadíos de Huesca. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Diputación General de Aragón. Zaragoza. p.163-191

Richards, J. D. (1973). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos. Ed. Limusa, Mexico. 172p.

Shainberg, I.; Rhoades, J.D.; Suárez, D.L.; and Prather, R.J. (1981). Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 287-291.

Shainberg, Y.; Levy, G. J.; Rengasamy, P. and Frenkel, H. (1992). Aggregate stability and seal formation as affected by drops impact energy and soil amendments. *Soil Science.* 154, 113-119.

Tabla 1. Características físicas de los suelos estudiados.

Suelo	Arcilla	Limo	Arena	Humedad 1/3atm	DMP	Arc. Disp.
	----- (%) -----			----- (%) -----	-- (mm) --	-- (%) --
R	27,5	46,5	26,0	20,83	0,85	9,36
PL	24,0	56,0	20,0	18,40	0,32	3,39
PB	13,0	40,0	47,0	14,92	0,21	2,69

Tabla 2. Características químicas de los suelos estudiados.

	pH	Complejo de cambio (meq/cm ³)						CIC	V (%)	M.O. (%)	P ppm
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Suma				
R	8,1	9,1	4,1	3,3	0,51	0,11	17,01	17,12	99,4	1,02	42
PL	7,8	11,0	3,9	1,1	0,82	0,11	16,82	16,93	99,4	1,84	132
PB	7,9	13,9	7,4	10,8	0,27	0,00	31,65	31,65	100	1,77	77

Tabla 3. Valores medios del diámetro medio ponderado (DMP) de los agregados y del porcentaje de arcilla dispersa en agua, respecto a las dosis de polímero probadas.

Dosis	Suelo R		Suelo PL		Suelo PB	
	DMP	Arc. disp.	DMP	Arc. disp.	DMP	Arc. disp.
--L/ha--	--(mm)--	--(%)--	--(mm)--	--(%)--	--(mm)--	--(%)--
0	1,03a	8,39 ^a	0,33a	4,99a	0,25a	1,98a
5	1,20 b	6,57b	0,39 b	4,44 b	0,30 b	1,43 b
10	1,28 c	5,76 c	0,42 bc	4,15 bc	0,32 c	1,25 bc
15	1,34 d	5,32 c	0,45 c	3,76 c	0,32 c	1,13 c

Las medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por el Test de Duncan Multiple Range al nivel del 95%.

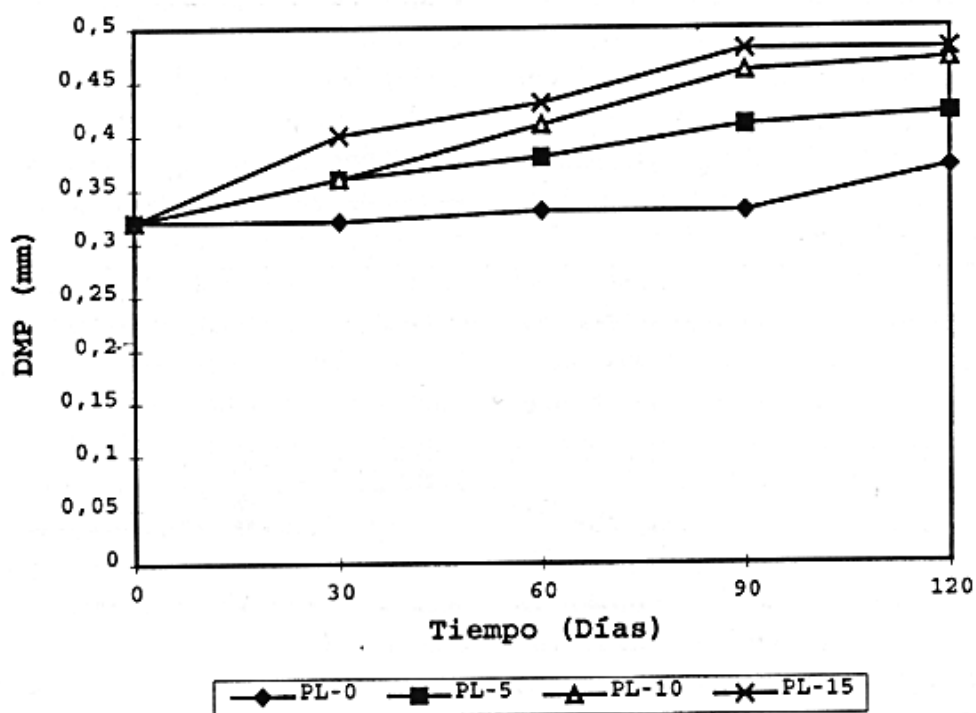


Figura 2. Variación del DMP en el suelo PL, respecto las dosis de polímero aplicadas y el tiempo.

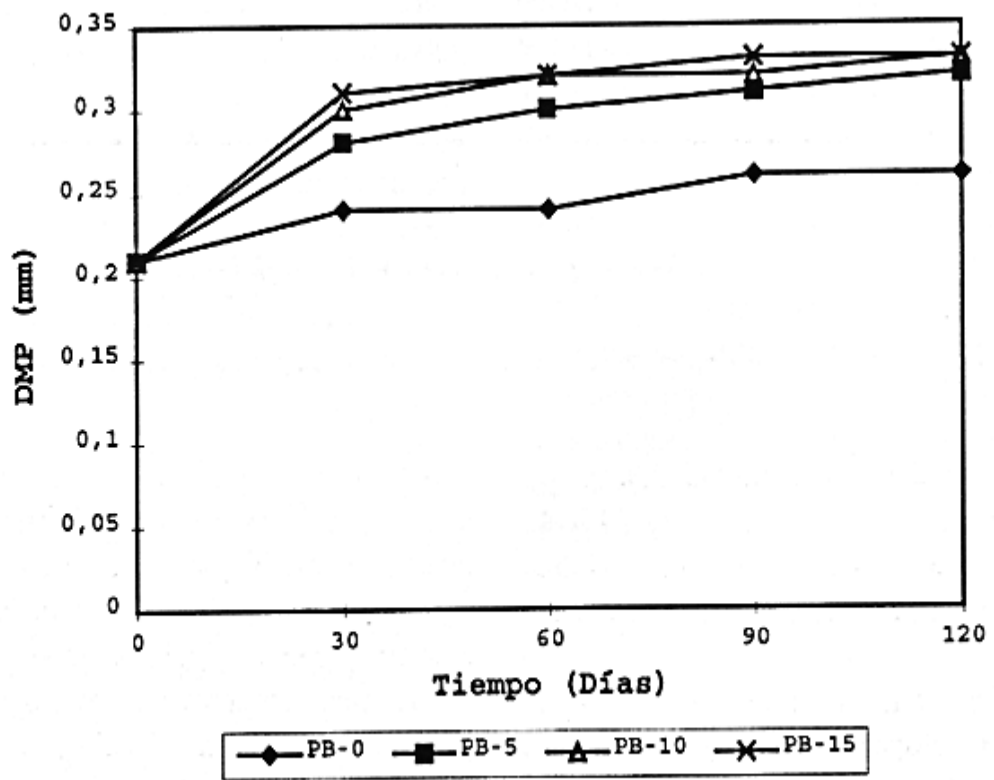


Figura 3. Variación del DMP en el suelo PB, respecto las dosis de polímero aplicadas y el tiempo.