

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## **INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA Y USOS DEL SUELO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE RETENCIÓN HÍDRICA DE SUELOS MEDITERRÁNEOS SOBRE LITOLOGÍA CALIZA**

Boix, C.<sup>1</sup>, Calvo, A.<sup>2</sup>, Schoorl, J.M.<sup>3</sup> y Soriano Soto, M.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium. Universiteit van Amsterdam. Nieuwe Prinsengracht 130. 1018 VZ Amsterdam. The Netherlands.

<sup>2</sup> Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. Avenida Blasco Ibañez 28. 46018 Valencia. España.

<sup>3</sup> Vakgroep Agronomie. Landbouw Universiteit Wageningen. Postbus 341. 6700 AH Wageningen. The Netherlands.

### **RESUMEN**

Se investigan las diferencias entre la capacidad de retención hídrica de suelos mediterráneos sobre litología caliza sometidos a diferentes usos: incendiados y bajo pastoreo intensivo. En estos mismos suelos se valoran las relaciones entre estructura del suelo y capacidad de retención hídrica a diversos puntos de la curva de retención. Agregados de pequeño tamaño y materia orgánica influyen positivamente y de manera considerable en la capacidad de retención en casi todos los puntos de la curva de retención determinados. Agregados de gran tamaño y microagregados estables en agua influyen negativamente. La combinación de agregados de tamaño 1-0,105 mm y el contenido en materia orgánica predicen bastante bien la capacidad de retención a niveles bajos de succión (pF 0,4 y pF 1).

**Palabras clave:** pF, capacidad de retención hídrica, agregación, materia orgánica

### **ABSTRACT**

The differences between the water holding capacity of Mediterranean soils developed on limestones and under different land uses (burnt and overgrazed soils) are investigated. The relationships between soil structure and soil moisture characteristic at different levels of the water retention curve in these same soils are evaluated. Organic matter and small sized aggregates are positively related to the water holding capacity. Large sized aggregates and waterstable microaggregates are negatively related to the water holding capacity of the soils. The combination of aggregates at 1-0,105 mm and organic matter content predict quite well the water retention capacity at lower suction levels (pF 0,4 and pF 1).

**Key words:** pF, water holding capacity, aggregation, organic matter

## INTRODUCCIÓN

Numerosos trabajos han demostrado que la textura es una de las características de los suelos que influyen más en su capacidad de retención hídrica (JAMISON & KROTH, 1958, SALTER & WILLIAMS, 1965, SALTER *et al.*, 1966, ABROL *et al.*, 1967, PETERSEN *et al.*, 1968, KHUMAR GHOSH, 1980, ARYA & PARIS, 1981, DE JONG *et al.*, 1983, AINA & PERIASWAMY, 1985). Asimismo la combinación de variables texturales, contenidos en carbono orgánico y densidad aparente han proporcionado ecuaciones que predicen bastante bien algunos puntos característicos de la curva de retención hídrica de los suelos (SALTER *et al.*, 1966, DE JONG *et al.*, 1983, VERECKEN *et al.*, 1989, EMERSON, 1995, MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, 1994).

Por otro lado, se sabe que la estructura de un suelo está íntimamente ligada y condicionada por su textura (SMITH *et al.*, 1978) y concierne a la organización de partículas primarias en agregados (QUIRCK, 1978). Gran parte de la importancia de la estructura del suelo reside en el papel que desempeña en relación con su comportamiento hídrico. Las características de retención hídrica de un suelo están enormemente determinadas por su porosidad (CRONEY & COLEMAN, 1954), tanto cantidad como distribución del tamaño de los poros, y la porosidad es definida en gran medida por la estructura del suelo (MARSHALL & HOLMES, 1979).

En suelos mediterráneos se ha abordado la importancia del factor textural, densidad y materia orgánica del suelo en la definición de sus características de retención hídrica (MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, 1994) y su relación con otras características químicas (ORTEGA *et al.*, 1994). En este trabajo se plantea la tarea de definir la importancia que tiene el factor estructural en las características de retención hídrica. Dadas las complicadas relaciones entre estructura y características hídricas de los suelos (BOIX *et al.*, 1996, en este mismo volumen) intentamos evaluar la importancia de la agregación, en combinación con el contenido en materia orgánica, en las características de retención hídrica de un grupo de suelos mediterráneos, de características físicas y químicas similares, aunque sometidos a diferentes usos, pero considerados representativos de muchos suelos mediterráneos sobre litología caliza.

## ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Los suelos a partir de los cuales se ha desarrollado el estudio se localizan en dos zonas distintas de la cuenca mediterránea (Figura 1), en Alicante (España) y Creta (Grecia). En cada una de estas zonas se muestrearon suelos de características similares a lo largo de dos transectos altitudinales. Ambos transectos se extienden entre 1000 ó 1100 (en el caso de Creta) y 100 metros de altitud con variaciones en precipitaciones y temperatura debidas a la variación en altura

Todos los suelos muestreados se desarrollan en litologías calizas y poseen características físicas, químicas y morfológicas similares que los hacen comparables de algún modo. Sin embargo difieren en su uso, los suelos de Alicante se encuentran afectados por incendios sucesivos, los últimos en 1991-92-

93 (depende de la zona del transecto). Los suelos en el transecto de Creta están sometidos a un pastoreo intensivo. Además en ambas zonas aparecen terrazas de cultivo abandonadas en algunas laderas y fondo de los valles. Todos los suelos muestreados se localizan en laderas de exposición Sur. Los muestreos fueron realizados en el otoño de 1994 en Alicante y en la primavera de 1995 en Creta.

El muestreo para la determinación de las características de retención hídrica se realizó a 0-5 cm de profundidad (con anillo standard de volumen conocido = 100 cm<sup>3</sup>), así como para la determinación del contenido en materia orgánica y el análisis de la agregación. El análisis de los datos ha sido realizado sobre un conjunto de 52 muestras.

La determinación de los diversos puntos de la curva de retención hídrica fue realizada con el procedimiento standard utilizado en el área de Física de Suelos del Departamento de Geografía Física y Suelos de la Universidad de Amsterdam, basado en la utilización de cajas de arena y caolinita a diferentes presiones de succión para la determinación de los pF 0,4, 1, 1,5, 2 y 2,7 y aparato de presión con membrana para la determinación de los pF 3,4 y 4,2. Se determinó el contenido en materia orgánica y el análisis de la agregación consistió en la distribución de macroagregados por tamaños (con eliminación de piedras y hojarasca >2 mm) y determinación de los microagregados estables en agua en la fracción < 0,105 (Boix Fayos *et al.*, 1994)

Los suelos en el transecto de Alicante fueron clasificados como Leptosoles líticos y Luvisoles crómicos, los contenidos en arcilla de los horizontes superficiales varían entre el 20 y el 40%, los contenidos en materia orgánica varían entre 3 y 12 %. Los suelos en el transecto de Creta habían sido clasificados anteriormente como Regosoles eútricos y Luvisoles crómicos, con contenidos en arcilla en el horizonte superficial que varían entre el 31 y el 55 % y los contenidos en materia orgánica entre 3 y 6 %.(BOIX FAYOS *et al.*, 1995).

## RESULTADOS

En primer lugar se analizó la influencia de los diferentes usos sobre la capacidad de retención hídrica en los diversos puntos de la curva de retención determinados. La tabla 1 muestra las medias de contenido en agua en cada uno de los puntos de la curva analizados para los suelos agrupados según su uso (Q = suelos quemados, P = suelos sometidos a pastoreo), su coeficiente de variación y la existencia de diferencias significativas o no.

	Humedad (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) en Q	CV (%)	Humedad (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) en P	CV (%)	F-test
pF 0,4	0,64	22,03	0,52	7,44	21,45***
pF 1	0,57	27,48	0,49	8,93	7,84**
pF 1,5	0,50	29,34	0,44	9,42	3,56*
pF 2	0,41	24,48	0,40	9,27	-
pF 2,7	0,34	22,84	0,34	10,72	-
pF 3,4	0,27	24,1	0,34	18,40	18,52***
pF 4,2	0,22	20,81	0,24	16,49	3,58*

Tabla 1. Valores medios de humedad a diferentes presiones de succión en suelos quemados (Q) y suelos sometidos a pastoreo (P), coeficientes de variación (CV) y análisis de varianza (F-test) (Diferencia significativa a \*\*\*p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1, - no hay diferencia significativa).

Las diferencias entre los grupos son especialmente significativas a pF 0,4 (presión de succión cercana a la saturación) y a pF 3,4 (presión de succión cercana al punto de marchitez) y no son significativas a presiones de succión cercanas al punto de capacidad de campo (entre pF 2 y pF 2,7). Cabe señalar que las diferencias establecidas son de distinta naturaleza, si bien a pF bajos (0,4, 1 y 1,5) los suelos quemados muestran mayor capacidad de retención hídrica, a pF elevados (3,4 y 4,2) son los suelos sometidos a pastoreo los que muestran una mayor capacidad de retención.

En segundo lugar, la tabla 2 muestra las correlaciones establecidas entre las distintas variables de agregación, materia orgánica y capacidad de retención hídrica en los diversos puntos de la curva analizados. La humedad del suelo a cualquiera de los niveles de succión determinados se relaciona positivamente con el contenido en materia orgánica y la proporción de agregados en fracciones pequeñas (1-0,105 mm y < 0,105 mm); y se relaciona negativamente con la proporción de agregados en fracciones grandes (5-2 mm y 10-5 mm) y la proporción de microagregados (< 0,105 mm).

A partir de estas correlaciones se intentaron unas ecuaciones de regresión múltiple para definir diversos puntos de la curva (Tabla 3). La figura 2 muestra la relación entre valores medidos y valores estimados a partir de dichas ecuaciones.

	% A > 10 mm	% A 10-5 mm	% A 5-2 mm	% A 2-1 mm	% A 1-0,105 mm	% A <0,105m m	% MSA < 0,105 mm	% MO
<b>pF 0,4</b>	-	-0,5193*** N= 52	-0,5143*** N= 52	-	0,6821*** N=52	0,4769*** N=52	-0,4737*** N=50	0,6424*** N=52
<b>pF 1</b>	-	-0,4540*** N= 52	-0,5796*** N= 52	-	0,6671*** N=52	0,5285*** N=52	-0,4418*** N=50	0,6372*** N=52
<b>pF 1,5</b>	-	-0,3809** N= 52	-0,5969*** N= 52	-	0,6315*** N=52	0,5103*** N=52	-0,4391** N=50	0,5743*** N=52
<b>pF 2</b>	-	-0,2858* N= 52	-0,5828*** N=52	-	0,5359** N=52	-	-0,4154** N=50	0,4950 N=52
								p=0,000
<b>pF 2,7</b>	-	-	-0,4927*** N=52	-	-	-	-0,4255** N= 50	0,4680*** N=52
<b>pF 3,4</b>	-	-	- 0,3311* N= 52	0,2743* N= 52	-	-	- 0,2956* N= 50	-
<b>pF 4,2</b>	-	-	-0, 3209* N=52	-	-	-	-	-

Tabla 2. Matriz de correlación entre distintos pF y proporción de agregados a diversos tamaños (% A > 10 mm = % agregados en la fracción > 10 mm, % A 10-5 mm = % agregados en la fracción 10-5 mm, % A 5-2 mm = % de agregados en la fracción 5-2 mm, % A 2-1 mm = % de agregados en la fracción 2-1 mm, % A 1-0,105 mm = % de agregados en la fracción 1-0,015 mm, % A < 0,105 mm, % MSA = porcentaje de microagregados estables en agua < 0,105 mm) y materia orgánica (% MO) (Valores significativos a \*\*\*p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1, - no significativo)

Ecuaciones	R	R <sup>2</sup>	p (<)
<b>pF 0,4</b> = 0,26+0,023 (% MO)+ 0,006 (% A 1-0,015 mm)	0,82	0,68	0,000
<b>pF 1</b> = 0,21+ 0,023 (% MO)+ 0,006 (% A 1-0,105 mm)	0,81	0,66	0,000
<b>pF 1,5</b> = 0,43+0,014(% MO)-0,004(% A 5-2 mm) + 0,003 (% A 1-0,105 mm)-0,0013 (% MSA)	0,78	0,61	0,000
<b>pF 2</b> = 0,4+0,01 (% MO)-0,003 (% A 5-2 mm)+0,001 (%A 1-0,105 mm) + 0,001 (% A < 0,105 mm)	0,70	0,50	0,000
<b>pF 2,7</b> = 0,43 +0,01 (% MO)-0,001 (% A 5-2 mm)-0,001(% MSA)	0,64	0,41	0,000
<b>pF 3,4</b> = 0,6-0,01 (5-2 mm)-0,003 (% A 1-0,105 mm)-0,002 (% MSA)	0,56	0,31	0,000

Tabla 3. Ecuaciones de regresión múltiple para determinar la capacidad de retención hídrica a determinados pF a partir del contenido en materia orgánica (% MO) y variables de agregación (% A 1-0,105 mm = porcentaje de agregados en la fracción 1-0,015 mm, % A 5-2 mm = porcentaje de agregados en la fracción 5-2 mm, % MSA = porcentaje de microagregados estables en agua < 0,105mm)

## DISCUSIÓN

Los dos grupos de suelos analizados están sometidos a un stress considerable como consecuencia de los incendios y el pastoreo intensivo al que están o han estado sometidos. Entre ambos grupos aparecen diferencias significativas en varios de los puntos de las curvas de retención hídrica determinados. Los suelos sometidos a pastoreo, con una densidad aparente

significativamente más elevada ( $1,07 \text{ g cm}^{-3}$  frente a  $0,95 \text{ g cm}^{-3}$  de los suelos quemados,  $p < 0,01$ ), son capaces de retener menos agua a pF 0,4, 1 y 1,5 y más agua pF 3,4 y 4,2 que los suelos quemados (Tabla 2). La compactación de los suelos supone una alteración de la distribución del tamaño de los poros y produce una disminución del agua retenida a succiones bajas y un incremento del agua retenida a succiones elevadas. Croney & Coleman (1954) encuentran los mismos resultados en suelos desarrollados sobre diferentes litologías.

Por otro lado, algunas variables de agregación del suelo en combinación con el contenido en materia orgánica han permitido la obtención de unos modelos de regresión múltiple, que si bien no obtienen coeficientes de regresión tan elevados como los obtenidos por otros autores a partir de variables texturales (ABROL *et al.*, 1969, AINA & PERIASWAMY, 1985, KUMAR GHOSH 1980) o a partir de la combinación de variables texturales con materia orgánica y densidad aparente (SALTER *et al.*, 1966, ARYA & PARIS, 1981, DE JONG *et al.*, 1983, VEREECKEN *et al.*, 1989, MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, 1994), son bastante satisfactorios para predecir la capacidad de retención, especialmente a niveles de succión bajos. Además estas ecuaciones nos permiten corroborar la importancia de la agregación del suelo junto con el contenido en materia orgánica en la capacidad de retención hídrica de un suelo, al menos a bajos niveles de succión.

Así pues, la agregación del suelo parece tener más influencia en la capacidad de retención a niveles bajos de succión. A medida que la presión de succión aumenta la agregación pierde importancia en la capacidad de retención hídrica de un suelo en favor de las características texturales y quizás de algunas características químicas del suelo. En este sentido, la fracción de agregados 1-0,105 mm se relaciona positivamente con el contenido en agua a todos los niveles de succión por debajo e inclusive de la capacidad de campo (entre pF 2 y pF 2,7). Esta fracción proporciona una porosidad adecuada que favorece la retención hídrica, al menos hasta la capacidad de campo. Las fracciones de agregados de tamaño grande (10-5 y 5-2 mm) y el porcentaje de microagregados estables en agua se relacionan negativamente con las capacidades de retención en la mayoría de los puntos de la curva de retención determinados. Aunque esta cuestión es difícil de clarificar, la clave podría estar en la inadecuada distribución del tamaño de poros causada por el aumento de estas fracciones de agregados en el suelo (RENGASAMY & KRISHNA MURTI, 1978), en el primer caso demasiado grandes y en el segundo caso demasiado pequeños.

## CONCLUSIONES

En los dos grupos de suelos examinados, aparecen diferencias significativas en varios puntos de la curva de retención hídrica, poniendo de manifiesto la importancia del factor usos en las características de retención hídrica de los suelos.

La agregación influye de una manera importante en las características de retención hídrica de los suelos, en tanto en cuanto condiciona su porosidad. Se ha podido discriminar la fracción de agregados 1 -0,105 mm como muy positivamente relacionada con el contenido en agua a niveles de succión por

debajo e inclusive la capacidad de campo.

Con la combinación de las variables, proporción de agregados en la fracción 1-0,105 mm y contenido en materia orgánica, se han conseguido unas ecuaciones de regresión múltiple con coeficientes de regresión aceptables ( $R > 0,8$ ,  $p < 0,000$ ) para determinar la capacidad de retención hídrica a niveles bajos de succión (pF 0,4 y pF 1).

### AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece a la Comunidad Europea el apoyo recibido a través de una beca de Capital Humano y Movilidad (EV5V-CT-94-5228), así como el apoyo recibido por A.C. Imeson. También agradece a Leen de Lange, técnico del Laboratorio de Física de Suelos de la Universidad de Amsterdam, su apoyo técnico y facilidad de acceso a las instalaciones

### BIBLIOGRAFÍA

- ABROL, I.P., KHOSLA, B.K. & BHUMBLA, D.R. (1969). Relationship of texture to some important soil moisture constants. *Geoderma*, 2, 33-39.
- AINA, P.O. & PERIASWAMY, S.P. (1985). Estimating available water-holding capacity of western nigerian soils from soil texture and bulk density, using core and sieved samples. *Soil Science* 140, 55-58.
- ARYA, L.M. & PARIS, J.F. (1981). A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. *Soil Science Society of America Journal*, 45, 1023-1030.
- BOIX FAYOS, C., CALVO CASES, A., SORIANO SOTO, M.D. & TIEMESSEN, Y. (1994). Variabilidad espacio-temporal de la agregación de los suelos en laderas mediterráneas. En ARNÁEZ-VADILLO, J., GARCÍA-RUIZ, J.M., GÓMEZ-VILLAR, A. (Edrs.). Geomorfología en España. Logroño, Sociedad Española de Geomorfología, 289-302.
- BOIX FAYOS, C., SORIANO SOTO, M.D., CALVO CASES, A., IMESON, A.C., SCHOORL, J.M. & TIEMESSEN, I.R. (1995). Estudio de la agregación de los suelos y su respuesta a la lluvia simulada en un gradiente altitudinal en Creta (Grecia). *Cuaternario y Geomorfología*, 9, 27-38.
- CRONEY, D. & COLEMAN, J.D. (1954). Soil structure in relation to soil suction (pF). *Journal of Soil Science*, 5, 75-84.
- DE JONG, R., CAMPBELL, C.A. & NICHOLAICHUK, W. (1983). Water retention equations and their relationship to soil organic matter and particle size distribution for disturbed samples. *Canadian Journal of Soil Science*, 63, 291-302.
- EMERSON, W.W. (1995). Water retention, organic C and soil texture. *Australian Journal of Soil Research*, 33, 241-251.
- GOSSENLINK, J.G. & HATTON, R. (1984). Relationship of organic carbon and mineral content to bulk density in Louisiana marsh soils. *Soil Science*, 137, 177-180.
- JAMISON, V.C. & KROTH, E.M. (1958). Available moisture storage capacity in relation to textural composition and organic matter content of several Missouri soils. *Soil Science of America Proceedings*, 22, 189-192.
- KUMAR GHOSH, R. (1980). Estimation of soil moisture characteristics from mechanical properties of soils. *Soil Science*, 130, 60-63.
- MARSHALL, T.J. & HOLMES, J.W. (1979). Soil physics. Cambridge. Cambridge University Press, 345 pp.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1994). Estimación de propiedades físicas de los suelos a partir de variables edáficas de medición sencilla. En ARNÁEZ-VADILLO, J., GARCÍA-RUIZ, J.M., GÓMEZ-VILLAR, A. (Edrs.). Geomorfología en España. Logroño, Sociedad

- Española de Geomorfología, 317-326.
- ORTEGA, E., SAURA, Y, RUIZ MORIANA, V. (1994). Caracterización geomorfológica y edáfica de zonas aluviales de la hoja de Alora, Málaga. En ARNÁEZ-VADILLO, J., GARCÍA-RUIZ, J.M., GÓMEZ-VILLAR, A. (Eds.). Geomorfología en España. Logroño, Sociedad Española de Geomorfología, 327-337.
- PETERSEN, G.W. CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI, R. P. (1968). Moisture characteristics of Pennsylvania soils: II. Soil factors affecting moisture retention within a textural class-silt loam. *Soil Science Society of America Proceedings*, 32, 866-870.
- QUIRK, J.P. (1978). Some physico-chemical aspects of soil structural stability- A review. En EMERSON, W.W., BOND, R.D. & DEXTER, A.R. (Eds.). Modification of soil structure. Chichester. John Wiley & Sons, 3-16.
- RENGASAMY, P. & KRISHNA MURTI, G.S.R. (1978). Physical properties of some ferruginous soils. En EMERSON, W.W., BOND, R.D. & DEXTER, A.R. (Eds.). Modification of soil structure. Chichester. John Wiley & Sons, 225-232.
- SALTER, P.J., BERRY, G. & J.B. WILLIAMS (1966). The influence of texture on the moisture characteristics of soils. III. Quantitative relationships between particle size, composition and available-water capacity. *Journal of Soil Science*, 17, 93-98.
- SALTER, P.J. & WILLIAMS, J.B. (1965). The influence of texture on the moisture characteristic of soils . II. Available-water capacity and moisture release characteristics. *Journal of Soil Science*, 16, 310-317.
- SMITH, G.D., COUGHLAN, K.J. & FOX, W.E. (1978). The role of texture in soil structure. En EMERSON, W.W., BOND, R.D. & DEXTER, A.R. (Eds.). Modification of soil structure. Chichester. John Wiley & Sons, 79-86.
- VERECKEN, H., MAES, J., FEYEN, J. & DARIUS, P. (1989). Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density and carbon content. *Soil Science*, 148, 389-403.

### Pies de Figuras

Figura 1. Mapa de localización de las zonas de estudio

Figura 2. Relaciones entre valores medidos y valores estimados de humedad ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) a determinados pF a partir de las ecuaciones basadas en variables de agregación y materia orgánica (Tabla 3).





