

# RELACIONES ENTRE TEXTURA Y RETENCION DE HUMEDAD PARA EL MARGEN DE $pF$ 4,2-6,0, EN SUELOS DE ANDALUCIA OCCIDENTAL

por

F. MORENO, J. MARTIN y J. L. ARRUE

## SUMMARY

### RELATIONSHIPS BETWEEN TEXTURE AND WATER HOLDING CAPACITY, IN THE RANGE $pF$ 4.2-6.0, IN WESTERN ANDALUSIA SOILS

The present paper deals with the relation between texture and moisture retention in the range  $pF$  4.2-6.0 (non available water) for typical soils in Western Andalusia.

The analysis of results shows that moisture retention is highly dependent on the content of fine particles. For  $pF$  values between 4.2 and 4.6, retention is controlled by the fraction of particles  $< 0.02$  mm, whereas for the range 4.6-6.0, particles  $< 0.002$  mm are predominant.

The relations found are useful to deduce the moisture retention of similar soils in our region from mechanical analysis data.

## INTRODUCCIÓN

Un cierto número de trabajos, de los existentes en la bibliografía acerca de las propiedades físicas de los suelos, se han ocupado del análisis de las relaciones que dichas propiedades tienen entre sí. En este sentido, el estudio de las relaciones entre composición granulométrica y retención de humedad es uno de los que más atención ha merecido, como muestran los trabajos de Petersen y col. (1968), Salter y col. (1966, 1969), Abrol y col. (1968), Kivisaari (1971), entre otros. Estos trabajos nos presentan las relaciones existentes entre la textura del suelo y su capacidad de retención de agua útil, o contenido de humedad, entre  $pF$  2,5 y 4,2, permitiendo establecer una valoración de este contenido de humedad a partir de los datos del análisis granulométrico del suelo considerado. Este tratamiento es de gran interés en la práctica agronómica, sobre todo en relación con el cálculo de las dotaciones de riego.

En los suelos de nuestra región, Martín (1972), ha encontrado relaciones similares a las de los autores anteriormente citados.

El objeto del presente trabajo es estudiar otro aspecto de la relación entre la textura de nuestros suelos y la retención de humedad, con-

sistente en considerar el margen de pF 4,2 a 6,0 (agua no utilizable), por ser en este margen donde permanecen dichos suelos buena parte del año cuando la climatología de la región reviste caracteres de marcada aridez. Se pretende, asimismo, dar, en lo posible, un significado práctico a estas relaciones.

### MATERIALES

Las muestras empleadas en este trabajo corresponden a nueve suelos-tipo de Andalucía Occidental, que responden a la siguiente denominación común: 1) Vega aluvial; 2) Vega aluvial; 3) Vega aluvial; 4) Rojo Mediterráneo; 5) Tierra negra andaluza; 6) Rendsina; 7), Salino; 8) Salino y 9) Rojo Mediterráneo. De ellos, los ocho primeros han sido descritos en un trabajo reciente, Arrúe (1976), y el último está descrito, como perfil 1 Arahál, en un trabajo de Martín y col. (1973).

De cada uno de los perfiles de los suelos enumerados se han tomado cinco muestras correspondientes a las profundidades que se mencionan más adelante, por lo que el número total de muestras analizadas ha sido de 45.

### MÉTODOS

Para el análisis granulométrico de las muestras se ha utilizado un hidrómetro de cadena, similar al descrito por De Leenheer y col (1965), con exametafosfato como dispersante y empleando los límites de tamaños de partículas dados por el Método Internacional.

La determinación del contenido de humedad se realizó a diversos pF en el margen de 4,2 a 6,0. Para el primero de estos (pF 4,2) se utilizó el aparato de membrana de Richards (1947), mientras que para los restantes se empleó la técnica de equilibrio con vapor de agua en una atmósfera de humedad relativa conocida, De Boodt (1967). En todas las determinaciones se emplearon las muestras tamizadas por mallas de 1 mm.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en la tabla 1, donde se pone de manifiesto que la textura de los suelos estudiados varía dentro de un amplio intervalo, por lo que respecta al valor de las diferentes fracciones, al incluir suelos cuyo contenido en elementos de la fracción menor de 0,002 mm., oscila desde un 11 por 100 hasta un 66 por 100.

En la tabla 2, se recogen los resultados correspondientes a la retención de humedad, a los diferentes pF estudiados. Estos resultados indican que existe una dependencia acusada entre la composición granulométrica de la muestra y la humedad retenida por la misma. Efectivamente, en aquellas muestras en las que los elementos finos son el componente dominante se dan los contenidos de humedad más elevados, a cualquiera de los valores de pF, disminuyendo al decrecer el tanto por 100 de dichos elementos.

TABLA 1

Composición granulométrica de los suelos a las diferentes profundidades (%)

Perfil	Profundidad (cm)	Diámetro de partícula (mm)			
		2-0.2	0,2-0,02	0,02-0,002	< 0,002
1	0,10	3,0	67,0	13,2	14,0
	20-30	8,9	50,4	21,2	17,3
	40-50	16,5	52,0	11,7	17,0
	60-70	40,0	39,5	9,0	11,0
	80-90	40,0	40,0	6,2	11,3
2	0,10	8,6	51,7	9,4	27,4
	20-30	3,5	56,7	14,2	24,0
	40-50	3,5	58,6	12,5	23,0
	60-70	2,5	55,3	11,1	28,1
	80-90	0,9	53,7	11,6	31,0
3	0-10	7,5	37,0	19,5	35,5
	20-30	5,5	36,0	21,0	37,0
	40-50	1,3	41,2	20,7	35,5
	60-70	1,6	41,3	25,0	32,0
	90-100	5,0	72,7	4,0	17,5
4	0,10	15,4	27,7	14,3	38,5
	20-30	15,3	27,8	13,8	40,5
	40-50	11,7	19,5	15,7	52,3
	60-70	8,9	16,3	22,5	50,0
	80-90	7,5	10,7	30,4	48,5
5	0-10	0,9	15,7	26,5	54,0
	20-30	1,2	14,8	26,0	57,5
	40-50	1,2	15,0	27,5	54,0
	60-70	1,2	15,3	22,7	60,0
	80-90	0,9	15,4	21,2	60,3
6	0-10	3,5	9,2	45,5	40,5
	10-20	4,0	6,4	45,7	41,0
	30-40	2,9	6,3	47,3	40,5
	50-60	6,2	9,4	45,5	37,5
	60-70	3,7	12,8	42,0	40,7
7	0-10	0,5	4,7	54,7	37,7
	20-30	0,5	2,6	44,8	50,0
	40-50	0,6	3,0	32,7	62,0
	60-70	0,5	4,5	46,4	46,3
	80-90	0,5	4,0	48,0	44,3
8	0-10	0,5	3,8	43,4	50,3
	20-30	0,6	4,0	38,9	51,1
	40-50	0,5	0,5	31,9	66,1
	60-70	0,5	0,6	38,2	60,1
	70-80	0,5	0,6	39,9	57,5
9	0-15	31,0	50,0	5,0	14,0
	15-30	22,4	54,5	1,1	22,0
	45-60	25,7	40,3	1,0	33,0
	80-95	33,0	32,0	1,4	33,1
	105-120	43,6	31,1	8,0	17,0

TABLA 2

Contenido de humedad (% en peso) de los suelos, a las distintas profundidades, para diferentes valores de pF.

Perfil	Profundidad (cm)	pF				
		4,2	4,6	5,2	5,6	6,0
1	0-10	6,9	6,0	2,6	2,0	1,4
	20-30	7,5	6,2	3,0	2,0	1,6
	40-50	5,8	5,0	2,3	1,7	1,3
	60-70	5,4	4,6	2,4	1,6	1,3
	80-90	4,1	3,9	1,9	1,3	1,1
2	0-10	7,8	5,5	4,6	3,4	2,7
	20-30	7,6	5,5	4,6	3,4	2,3
	40-50	7,3	5,7	4,3	3,2	2,3
	60-70	9,5	7,5	6,0	4,1	2,9
	80-90	10,7	8,2	6,3	4,7	3,5
3	0-10	15,4	13,0	6,8	5,3	3,7
	20-30	16,2	13,6	7,6	5,6	3,9
	40-50	15,0	14,0	7,4	5,5	3,9
	60-70	13,9	11,7	6,4	4,6	3,2
	90-100	4,7	3,6	2,3	1,7	1,3
4	0-10	13,2	11,2	8,9	6,9	5,5
	20-30	14,8	12,6	9,6	7,3	5,8
	40-50	18,6	16,1	13,0	10,4	8,6
	60-70	18,6	15,6	13,3	11,0	8,9
	80-90	16,8	13,7	11,4	9,3	7,5
5	0-10	23,9	20,7	12,9	10,6	7,0
	20-30	22,4	20,5	13,4	10,7	6,9
	40-50	21,6	20,3	13,2	10,7	6,9
	60-70	22,0	21,5	13,6	10,7	6,9
	80-90	21,9	21,4	13,7	10,5	6,9
6	0-10	26,3	18,7	9,1	7,2	4,7
	10-20	27,2	19,5	9,7	7,6	5,2
	30-40	27,3	20,0	8,8	6,3	4,5
	50-60	26,5	21,2	8,4	6,2	4,4
	60-70	26,7	21,7	8,7	6,4	4,5
7	0-10	22,1	16,8	11,2	8,5	6,0
	20-30	22,2	16,5	12,5	10,8	7,8
	40-50	25,2	22,0	16,7	12,7	8,5
	60-70	26,3	22,2	15,7	10,5	7,2
	80-90	22,9	18,9	12,5	8,4	5,4

	0-10	26,6	24,8	17,9	12,4	8,4
	20-30	28,4	26,6	20,3	13,5	9,0
S	40-50	29,8	27,3	22,0	15,5	9,8
	60-70	32,1	29,1	22,8	13,6	9,2
	70-80	32,3	30,5	23,7	12,7	8,8
	0-15	3,8	3,3	2,1	1,8	1,7
	15-30	3,4	2,9	2,0	1,9	1,7
9	45-60	7,0	6,3	4,4	4,1	3,9
	80-95	9,7	8,8	6,0	5,5	5,3
	105-120	5,9	4,8	3,5	3,4	3,2

Las gráficas de las figuras 1 y 2, muestran la correlación existente del contenido de humedad frente al contenido de elementos finos. Las dos primeras, figura 1 (a) y (b), corresponden a las regresiones lineales y no lineales entre el contenido de la fracción menor de 0,02 mm., lino + arcilla ( $x_1$ ) y los contenidos de humedad a pF 4,2 y 4,6 respectivamente ( $y_1$  e  $y_2$ ). Por otra parte, en la figura 2 (a), (b) y (c), se presentan las regresiones lineales y no lineales entre el contenido de la fracción menor de 0,002 mm., arcilla ( $x_2$ ) y los contenidos de humedad, a los pF 5,2; 5,6 y 6,0, respectivamente ( $y_3$ ,  $y_4$  e  $y_5$ ).

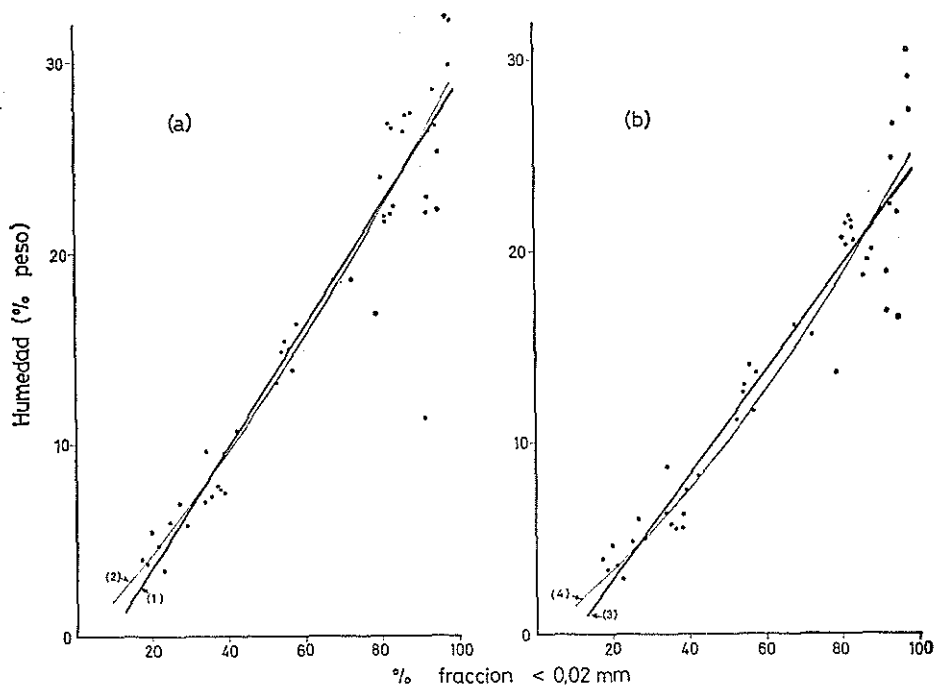


Fig. 1.—Regresiones lineales [(1) y (3)] y parabólicas [(2) y (4)] entre el contenido de la fracción < 0,02 mm. y el contenido de humedad a pF 4,2 (a) y pF 4,6 (b).

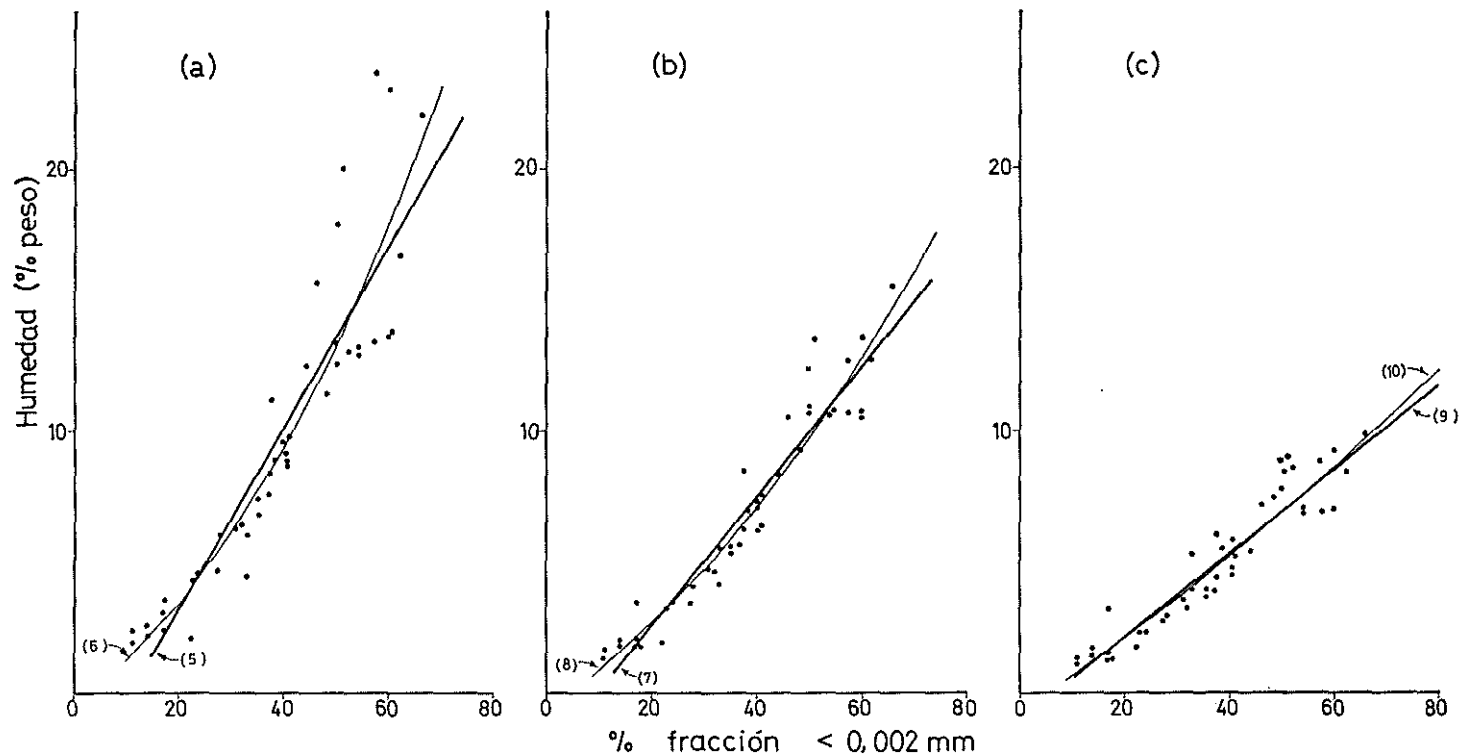


Fig. 2.—Regresiones lineales [(5), (7) y (9)] y parabólicas [(6) (8) y (10)] entre el contenido de la fracción <math>< 0,002\text{ mm}</math> y el contenido de humedad a pF 5,2 (a), pF 5,6 (b) y pF 6,0 (c).

Finalmente, la tabla 3 recoge las ecuaciones de las líneas de regresión, tanto lineales como no lineales, correspondientes a las figuras 1 y 2, junto con los coeficientes de correlación y determinación.

T A B L A 3

*Ecuaciones y valores de los coeficientes  $r$  y  $R^2$  de las regresiones lineales y parabólicas entre composición granulométrica y retención de humedad*

Regresión lineal			Regresión parabólica	
Ecuación	$r$	$r^2$	Ecuación	$R^2$
(1) $y_1 = -2,7720 + 0,3151 x_1$	0,9716	0,9440	(2) $y_1 = -0,4426 + 0,2190 x_1 + 0,0008 x_1^2$	0,9525
(2) $y_2 = -2,6875 + 0,2734 x_1$	0,9501	0,9016	(4) $y_2 = -0,0709 + 0,1469 x_1 + 0,0011 x_1^2$	0,8831
(3) $y_2 = -3,8134 + 0,3491 x_2$	0,9099	0,8279	(6) $y_2 = -0,2343 + 0,1179 x_2 + 0,0031 x_2^2$	0,8426
(4) $y_4 = -2,3775 + 0,2463 x_2$	0,9585	0,9187	(8) $y_4 = -0,6199 + 0,1339 x_2 + 0,0015 x_2^2$	0,9267
(5) $y_5 = -1,0738 + 0,1596 x_2$	0,9389	0,8815	(10) $y_5 = -0,8254 + 0,1398 x_2 + 0,0003 x_2^2$	0,8970

$x_1$ : % (limo + arcilla);  $x_2$ : % arcilla;  $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5$ : contenidos de humedad (% en peso) a pF 4,2; 4,6; 5,2; 5,6; 6,0, respectivamente.  $r$ : coeficiente de correlación lineal;  $R^2$ : coeficiente de determinación.

De estos resultados se deduce que, para los pF 4,2 y 4,6, los coeficientes de correlación lineal de las regresiones respectivas —(1) y (3) en la tabla 3—, son muy significativos, ya que los valores de  $r^2$  son elevados, indicando que la dependencia entre las variables correlacionadas es muy fuerte. Por otro lado, en ambos casos, la regresión parabólica sólo mejora ligeramente la regresión lineal. Más adelante comentaremos la utilidad de las regresiones parabólicas para todos los casos estudiados.

Para los pF 4,2 y 4,6, también se calcularon las rectas de regresión del contenido de humedad frente al contenido de la fracción menor de 0,002 mm., las cuales no se tuvieron en cuenta por tener menor significación ( $r^2 = 0,7365$  y  $0,7988$ , respectivamente), que las mencionadas más arriba.

Por otra parte, los coeficientes de correlación lineal, para las rectas de regresión recogidas en la figura 2 y cuyas ecuaciones se dan en la tabla 3 (é5), (7) y (9), ponen de manifiesto una correlación elevada entre el contenido de humedad a pF 5,2, 5,6 y 6,0 y el contenido de la fracción menor de 0,002 mm. También aquí la regresión parabólica mejora ligeramente la lineal. Asimismo se analizó para estos pF, la correlación entre el contenido de humedad y el contenido de la fracción menor de 0,02 mm., no siendo tenidas en cuenta debido a su menor significación respecto a las anteriores.

Los resultados obtenidos y su análisis muestran, pues, claramente, una fuerte dependencia del contenido de humedad con relación a la proporción de elementos finos. Ahora bien, es preciso distinguir dos casos

diferentes: 1) para el margen de  $pF$  entre 4,2 y 4,6, es la fracción menor de 0,02 mm., la determinante de la retención de humedad; 2) en el intervalo de  $pF$  5,2 a 6,0 es, por el contrario, la fracción menor de 0,002 mm., la que controla el almacenamiento de agua. Ello podría ser debido a que en el primero de los casos el agua se halle almacenada, una parte, en los poros y superficies de las partículas de la fracción menor de 0,002 mm., y otra parte en poros de mayor diámetro en las partículas de la fracción de 0,02 a 0,002 mm., partículas que posiblemente estén constituidas por aglomerados de las más pequeñas de limo, arcilla y carbonatos finamente divididos que generalmente están presentes en elevadas proporciones en la mayoría de estos suelos, lo que estaría de acuerdo con los resultados encontrados por Abrol y col. (1968), para suelos con 25 por 100 de carbonato cálcico.

En el segundo caso, por el contrario, sólo los poros y superficies de las partículas menores de 0,002 mm, serían las responsables de agua retenida, jugando, además, un papel predominante las fuerzas de adsorción y la magnitud de las superficies expuestas por las partículas, de acuerdo con resultados encontrados por Moreno (1976), para estos mismos suelos.

En cuanto a los valores numéricos de la relación entre granulometría y retención, debido a que la diferencia entre las rectas y las parábolas de regresión son muy pequeñas, pueden utilizarse unas u otras indistintamente, sin error muy apreciable, cuando los valores de (limo + arcilla), estén comprendidos entre el 35 y el 75 por 100 y los valores de arcilla entre el 25 y el 50 por 100. Fuera de estos límites es más conveniente utilizar la parábola cuando se quiere estimar el valor de la ordenada, en especial al tratarse de suelos salinos, por presentar éstos dispersiones hacia valores muy altos, ya que para contenidos elevados de elementos menores de 0,02 y 0,002 mm., respectivamente, un incremento en el contenido de estas fracciones no lleva consigo un aumento proporcional en el contenido de agua, resultados que son similares a los hallados por Petersen y col. (1968).

En todos los casos, a partir de las gráficas, la ordenada (retención de humedad), puede ser estimada con un error máximo que oscila entre  $\pm 15$  y  $\pm 17$  por 100 de su valor y sólo en el caso de  $pF$  6,0, este error llega a ser de  $\pm 20$  por 100.

Desde un punto de vista práctico, estas relaciones son particularmente útiles cuando se quiere conocer el contenido de humedad, por ejemplo, a punto de marchitez ( $pF$  4,2), a partir de los resultados del análisis granulométrico, de los que se dispone muchas veces para los suelos de nuestra región.

### *Agradecimiento*

Los autores agradecen al licenciado, D. Primitivo Tovaruela Santos, la ayuda prestada en la realización de algunos cálculos.



## RESUMEN

El presente trabajo se ocupa del estudio de la relación entre la textura y la retención de humedad en el margen de pF 4,2 a 6,0 (agua no utilizable) para suelos tipos de Andalucía Occidental.

El análisis de los resultados que se exponen muestra una fuerte dependencia del contenido de humedad y la proporción de elementos finos. Para el ámbito de pF entre 4,2 y 4,6 es la fracción  $< 0,02$  mm la determinante de la retención de humedad mientras que para pF de 4,6 a 6,0, por el contrario, es la fracción  $< 0,002$  mm la que controla el almacenamiento de agua.

A partir de las relaciones encontradas, conocida la composición granulométrica de un suelo de esta región, se puede estimar su contenido de humedad a un pF determinado dentro del margen estudiado.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit faßt sich mit der Bestimmung der Beziehungen zwischen der Textur auf der einen Seite und dem Wassergehalt bei pF von 4,2 bis 6,0 (Totes Wasser) auf der anderen Seite, der Böden von West Andalusien.

Die Regressionsanalyse der Ergebnissen zeigen einen starken Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt und der feinsten Kornfraktionen der Böden. Im pF-Bereich von 4,2 bis 6,0 wird der Wassergehalt bei Kornfraktion  $< 0,02$  mm kontrolliert, während für den pF-Bereich 4,6-6,0 wird der Wassergehalt bei Kornfraktion  $< 0,002$  mm beeinflusst.

Wenn man die Ergebnisse der Schlämmanalyse des Bodens dieser Gebiet hat, kann der Wassergehalt bei verschiedenen pF-Werte im Bereich 4,2-6,0 durch die gefundene Korrelatione ermittelt werden.

*Laboratorio de Física del Suelo,  
Centro de Edafología y Biología Aplicada  
del Cuarto, Sevilla.*

## BIBLIOGRAFÍA

- APROL, I. P., KHOSLA, B. K. y BHUMBLA, D. R. (1968). Relationships of the texture to some important soil moisture constants. *Geoderma*, 2, 33-39.
- ARRÚE, J. L. (1976). Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- DE BOODT, M., Ed. (1967). *West European Methods for soil structure determinations*. Gante, Bélgica.
- DE LEENHEER, L., VAN RUYMBEKE, M. y MAES, L. (1965). The chain-hydrometer method for particle size analysis. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.*, 68, 10-19.
- KIVISAARI, S. (1971). Influence of texture on some soil moisture constants. *Acta Agralia Fennica*, 123, 217-222.
- MARTÍN, J. (1972). Propiedades físicas de los suelos de mayor interés agronómico en Andalucía Baja. «La Fertilidad Física de los Suelos», *Rapports Seminario Internacional*, Sevilla, 177-192.
- MARTÍN, J., OLMEDO, J. y PANEQUE, G. (1973). Soil porosity study of fersialitic red soils of southern Spain by optical-electronic and conventional methods. *Proceedings 4th International Working-Meeting on Soil Micromorphology*. Ontario, Canadá, 441-454.
- MORENO, F. (1976). Resultados sin publicar.
- PETERSEN, G. W., CUNNINGHAM, R. L. y MATELSKI, R. P. (1968). Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I. Moisture retention as related to texture. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32, 271-275.
- RICHARDS, L. A. (1947). Pressure membrane apparatus, construction and use. *Agric. Engng.*, 28, 451-455.

- SALTER, P. J., BERRY, G. y WILLIAMS, J. B. (1966). The influence of texture on the moisture characteristics of soil: III. Quantitative relationships between particle size composition and available water capacity. *J. Soil Sci.*, 17 (1), 93-99.
- SALTER, P. J. y WILLIAMS, J. B. (1969). The influence of texture on the moisture characteristics of soils: V. Relationships between particle size composition and moisture contents at the upper and lower limits of available water. *J. Soil Sci.*, 20 (1), 126-131.

Recibido para publicación: 4-XI-76