

EROSIONABILIDAD Y PROPIEDADES DEL SUELO EN EL AREA MEDITERRANEA (ESPAÑA)

J GIL, M TEJADA

Departamento de Química Agrícola y Edafología, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba, Avda. San Alberto Magno s/n, 14004 Córdoba, España

SOIL PROPERTIES AND THE ERODIBILITY OF MEDITERRANEAN FARMING SOILS (SOUTHERN SPAIN)

The relationship between various physical and chemical properties of Mediterranean soils and their erodibility, expressed as KUSLE, was investigated. Based on the results, soils with a large proportion of particles sized from 0.002 to 0.1 mm (*i.e.* the fraction containing most of the calcareous material) are specially erodible. Also, soils with an aggregate fraction containing abundant limestone and low level organic matter are scarcely permeable and hence more readily erodible.

Key words: Soil properties - Erodibility - Farming soil

INTRODUCCION

Probablemente haya que remontarse a los trabajos de Bennet (1926) y Middleton (1930) para encontrar relaciones entre erosión y propiedades de los suelos (estructura, permeabilidad, plasticidad, etc.), debiéndose a Bouyoucos (1935) los primeros resultados que relacionan erosionabilidad y textura. En este sentido más recientemente se ha evaluado la importancia de la distribución de partículas como factor de erosionabilidad a partir de numerosos suelos erosionados de diversos países, poniéndose de manifiesto que está relacionada íntimamente con el contenido en limo y arena muy fina (Evans 1984). Por otra parte, la relación entre erosionabilidad y propiedades químicas del suelo, fueron empleadas por Singer *et al.*, (1982), especialmente la naturaleza de las bases fijadas al complejo de cambio, pues determinan la floculación (Ca, Mg) o la dispersión (Na) de los coloides. En definitiva, la erosionabilidad del suelo es una propiedad dinámica que de acuerdo con Young *et al.*, (1990) puede variar con el tiempo, humedad, temperatura, manejo del suelo y otros factores químicos y biológicos. Pues bien, el objetivo del presente trabajo es conocer mediante relaciones numéricas qué propiedades influyen en la erosionabilidad de suelos agrícolas desarrollados sobre materiales calizos de una zona del sur de España en la que estudios anteriores (Gil, Tejada 1992) pusieron de relieve la presencia de erosión en surcos y cárcavas en áreas relativamente extensas.

MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio comprende unas 47.000 ha. de suelos agrícolas de vegas y terrazas y de la campiña en la Provincia de

Jaén (Andalucía, España) a ambos márgenes del Guadalquivir entre las coordenadas 37° 55' 52" / 38° 04' 34" N y 3° 45' 23" / 4° 07' 20" W. En ella se llevó a cabo con anterioridad la cartografía de los suelos a escala 1/75.000 (Gil 1985) y las unidades taxonómicas resultantes (Typic xerorthent, Typic y Aquic xerofluvent, Typic y Calcic rhodoxeralf, Typic haploxeralf, Typic calcixeroll, Typic haploxeroll, Vertic y Calcixerollic xerochrept y Paleixerollic chromoxerert) se integraron de acuerdo con criterios geomorfológicos en 32 unidades básicas, representadas en 84 unidades cartográficas, que se emplearon como base para el estudio de la erosionabilidad de los suelos. Para ello se determinó en la fracción tierra fina de cada una de las 84 muestras superficiales (0-25 cm) pH en H₂O (Guitián y Muñoz, 1957), materia orgánica total (Sims, Haby 1971), conductividad eléctrica en el extracto de saturación (MAPA, 1986), textura (Soil Survey of England and Wales 1982), estabilidad de los agregados (Hénin *et al.*, 1958), permeabilidad (MAPA 1986) y densidad aparente (MAPA 1986). La erosionabilidad se determinó a partir de la ecuación de Wischmeier y Smith (1978) que con las modificaciones de ICONA (1987) para el área de estudio es:

$100 K = 10^{-4} \times 2,71 M^{1,14} (12-a) + 4,2 (b-2) + 3,23 (c-3)$ en la que M es el producto del porcentaje de arcilla por limo+arena fina, a el porcentaje de materia orgánica y b y c el tipo de estructura y la clase de permeabilidad.

Con los datos de laboratorio obtenidos se confeccionó una matriz de datos de 84x11 (n° muestras x n° variables) que permitió calcular los coeficientes de correlación simple de las variables analizadas y posteriormente agruparlas en factores, para lo que se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como puede apreciarse en la Tabla I los suelos son ligeramente alcalinos y ricos en carbonatos excepto algunos Xerorthent y Haploxeralf que se encuentran totalmente descarbonatados. Los datos de conductividad eléctrica revelan que no son salinos y los niveles de

materia orgánica no superan el 2%, con valores medios próximos al 1%. En cuanto a la textura hay que destacar la variabilidad de las diferentes fracciones estudiadas, lo que se relaciona con la heterogeneidad de los sustratos sobre los que se desarrollan los suelos. El grado de agregación de estas partículas, estimado mediante el test de Hénin, sugiere que los agregados formados son poco estables, lo que podría estar relacionado con el uso y manejo de los suelos, pues al estar cultivados tienden a disminuir su estabilidad estructural como consecuencia de la pérdida de materia orgánica, principal agente estabilizador de la estructura (Díaz-Fierros *et al.*, 1990).

La Tabla 2 muestra las correlaciones simples entre las propiedades estudiadas. Como puede verse existen correlaciones significativas ($P > 0,001$) entre pH y conductividad, o entre las diversas fracciones texturales o entre estabilidad de la estructura y permeabilidad. Sin embargo nos parece de gran interés la que se obtiene entre el contenido en carbonatos y las fracciones texturales, que pone de manifiesto que la mayor parte de

los carbonatos se encuentran en las fracciones inferiores a 0,1 mm. Del mismo modo, los valores de r obtenidos respecto de la densidad aparente inducen a pensar en la formación de agregados arcillohúmicos bajo la influencia de la caliza activa (valores de r significativos, $P > 0,001$, respecto de % $\text{CO}_3=$, % materia orgánica y de arcilla), y aumenta a medida que lo hace la arena gruesa. La inestabilidad de dichos agregados es tanto mayor cuanto más elevado es el porcentaje de arena fina+lino ($r=0,41^{***}$) y de caliza ($r=0,31^{**}$), lo que induce a una disminución en la permeabilidad ($r=-0,37^{***}$) y por consiguiente a un posible incremento de la escorrentía. Este aspecto se considera de suma importancia si se tiene en cuenta que, aún cuando no se dispone de medidas cuantitativas de pérdidas de suelo en la zona, durante la fase de campo se pudo observar grandes áreas afectadas por erosión en surcos y en cárcavas, formas que de acuerdo con Evans (1984) se producen cuando la velocidad del flujo del agua aumenta y se hace turbulento, y especialmente si la resistencia

Tabla 1. Propiedades físico-químicas y erosionabilidad (KUSLE) de los suelos estudiados ($n = 84$)

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Media	7,69	20,35	0,90	0,32	25,43	42,37	31,74	1,43	1,48	0,36	1,31
Rango	2,17	60,01	1,55	0,92	79,36	53,97	56,32	2,10	2,20	0,54	0,64

1	pH	5 (%) Arena gruesa (2-0,1 mm)	9	Permeabilidad (log 10K)
2	(%) $\text{CO}_3=$	6 (%) Arena fina+Limo (0,1-0,002 mm)	10	KUSLE
3	(%) MO	7 (%) Arcilla (<0,002 mm)	11	Densidad aparente (gml^{-1})
4	Conductividad (mmhos cm^{-1})	8	Inestabilidad estructural (log 10Is)	

Tabla 2. Matriz de correlación de las variables estudiadas ($n = 84$)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1,00										
2	0,29**	1,00									
3	-0,02	0,24*	1,00								
4	-0,39***	-0,09	0,04	1,00							
5	-0,32**	-0,64***	-0,37***	0,09	1,00						
6	0,29**	0,62***	0,30**	-0,05	-0,76***	1,00					
7	0,23*	0,42***	0,27*	-0,08	-0,83***	0,28**	1,00				
8	0,18	0,31**	0,10	-0,19	-0,34**	0,41***	0,16	1,00			
9	-0,03	-0,11	0,11	-0,29**	0,09	-0,37***	0,17	-0,12	1,00		
10	0,09	0,25	0,02	0,09	-0,22*	0,75***	-0,30**	0,32**	-0,66***	1,00	
11	-0,05	-0,38***	-0,41***	-0,05	0,58***	-0,20	-0,69***	0,00	-0,15	0,18	1,00

* $P > 0,05$

** $P > 0,01$

*** $P > 0,001$

1	pH	5 (%) Arena gruesa (2-0,1 mm)	9	Permeabilidad (log 10K)
2	(%) $\text{CO}_3=$	6 (%) Arena fina+Limo (0,1-0,002 mm)	10	KUSLE
3	(%) MO	7 (%) Arcilla (<0,002 mm)	11	Densidad aparente (gml^{-1})
4	Conductividad (mmhos cm^{-1})	8	Inestabilidad estructural (log 10Is)	

de los agregados a la dispersión por el agua es baja. En este sentido, Egashira *et al.*, (1985, 1986) proponen la estabilidad de los agregados de tamaño mayor a 53 mm como un buen índice de la erosionabilidad del suelo. Finalmente, en cuanto a la variable KUSLE las correlaciones obtenidas sugieren como más importante su relación con la fracción 0,1-0,002 mm y permeabilidad ($P>0,001$), estabilidad estructural y fracción arcilla ($P>0,01$) y proporción de $CO_3=$ y arena gruesa ($P>0,05$).

La interrelación entre agregados estables, permeabilidad y erosionabilidad constituye la base de numerosos estudios en los que se pone de manifiesto el efecto positivo de la materia orgánica (Tisdall, Oades 1982; Reid, Goss 1982; Benito, Díaz-Fierros 1989), no obtenido en éste probablemente como consecuencia del uso de estos suelos, y negativo de las fracciones texturales medias (Benito, Díaz-Fierros 1989).

En este sentido, con el fin de obtener relaciones múltiples que permitan poner de manifiesto qué grupo de variables influyen más en la erosionabilidad de estos suelos, se sometieron los resultados a un análisis factorial en componentes principales (Tabla 3). Ello permitió agrupar las 11 variables en un número limitado de componentes y, mediante la diagonalización de la matriz de correlación obtener los autovalores de cada componente. Para seleccionar las componentes se empleó el criterio de autovalor mayor a la unidad, obteniéndose dos componentes principales que explican el 78,9 % de la varianza total, y para asignar las variables a cada componente se rotaron según el criterio varimax.

Como puede apreciarse el factor I agrupa diversos parámetros fisicoquímicos del suelo cuya interrelación sugiere, como se señaló anteriormente, que la densidad aparente aumenta con el porcentaje de arena gruesa y

disminuye conforme aumenta el contenido en carbonatos, arcilla y materia orgánica. Ello sin duda está relacionado con los procesos de formación de agregados en estos suelos y la actividad cementante de sustancias húmicas y caliza activa.

El factor II agrupa las variables arena fina + limo, estabilidad de los agregados, permeabilidad y KUSLE por lo que puede definirse como el factor erosionabilidad del suelo. Los valores de dichas variables en el factor señalan que los suelos más erosionables contienen altas proporciones de partículas de tamaño entre 0,1 y 0,002 mm que además conforman agregados inestables. Ello se relaciona con la dispersión relativamente fácil de dichas partículas por el impacto con la gota de lluvia que posteriormente obturarían los poros del horizonte superficial, disminuyendo la velocidad de percolación y pudiendo favorecer la escorrentía. Esto podría justificar la erosión en surcos y cárcavas de los suelos de la zona.

REFERENCIAS

- Benito E Díaz-Fierros F. 1989. Estudios de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *An. Edafol. Agrobiol.* 68: 229-253
- Bennett H H. 1926. Some comparisons of the properties of humid-tropical and humid-temperature. *American Soils*; with special reference to the indicated relations between chemical composition and physical properties. *Soil Sci.* 21: 249-275
- Bouyoucos G J. 1935. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils erosion. *Journal of Am. Soc. Agron.* 27: 738-741
- Díaz-Fierros F, Benito E. 1990. Erosionabilidad del suelo en España. *Erosión del suelo en condiciones ambientales mediterráneas.* Univ. Int. Menéndez-Pelayo. Valencia

Tabla 3. Resultados del análisis factorial de componentes principales

Variable	Factor	Auto-valor	% Varianza	% Varianza acumulada	Componentes principales		Componentes principales (rotación varimax)	
					I	II	I	II
pH	1	3,55	49,10	49,10	-0,34	0,01	0,27	0,21
(%) $CO_3=$	2	2,15	29,80	78,90	-0,70	0,02	0,54	0,44
(%) M.O.	3	0,86	11,90	90,80	-0,38	-0,17	0,40	0,09
Conductividad	4	0,40	5,60	96,30	0,11	0,13	-0,17	0,04
(%) Arena gruesa	5	0,13	1,80	98,20	0,97	0,17	-0,87	-0,46
(%) Arena fina+Limo	6	0,07	1,00	99,20	-0,86	0,46	0,40	0,88
(%) Arcilla	7	0,05	0,80	100,00	-0,70	-0,63	0,94	-0,06
Inestabilidad estructural(log 10I _s)	8	-0,01	0,00	100,00	-0,39	0,19	0,19	0,39
Permeabilidad(log 10K)	9	-0,02	0,00	100,00	0,18	-0,65	0,25	-0,62
KUSLE	10	-0,12	0,00	100,00	-0,39	0,89	-0,23	0,94
Densidad Aparente	11	-0,21	0,00	100,00	0,53	0,48	-0,71	0,06

- Egashira K, Tsuda S, Takuma K. 1985. Relation between soil properties and the erodibility of Masa soils (granitic soils). *Soil Sci. Plant Nutr.* 31: 105-111
- Egashira K, Nakai S, Takuma K. 1986. Relation between soil properties and erodibility of Red- Yellow (Ultisols) B soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* 32: 551-559
- Evans R. 1984. Mecanismos de la erosión hídrica y sus controles espaciales y temporales: Un punto de vista empírico. En *Erosión de suelos*. Kirkby, M.J. y Morgan, R.P.C. Ed. Limusa. 375 pp.
- Gil J. 1985. Reconocimiento y evaluación de suelos del valle del Guadalquivir: Zona Marmolejo-Mengibar (Jaén). Tesis Doctoral. Univ. Córdoba. España
- Gil J, Tejada M. 1992. Propiedades físicas y químicas de suelos del valle del Guadalquivir. Su relación con el factor K de la USLE. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. I: 439-444. Pamplona
- Gutián F, Muñoz M. 1957. *An. Edaf.* 16: 1017-1097
- Hénin, S.; G. Monnier y A. Combeau. *Ann. Agron.* 1:71-90
- ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1987. Mapas de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Guadalquivir. Sevilla. España
- MAPA. 1986. Métodos oficiales de análisis. Madrid. España
- Middleton H E. 1930. Properties of soils, which influence in soil erosion. In USDA. Tech. Bulletin 178
- Reid J B, Goss M J. 1982. Interactions between soil drying due to plant water use and decreases in aggregate stability caused by maize roots. *Journal of Soil Science.* 33: 47-53
- Sims J R, Haby V A. 1971. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci.* 112: 137-141
- Singer J M, Janitzky P, Blackard J. 1982. The influence of exchangeable sodium percentage on soil erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. Journal.* 46: 117-121
- Soil Survey of England and Wales, 1982. Soil Survey Laboratory Methods. H.B. nº 6. Harpenden
- Tisdall J M, Oades J M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science.* Vol.33, 141-163
- Wischmeier W H, Smith D D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. In A.H. 537. USDA. Washington DC
- Young R A, Römken M J M, McCool D K. 1990. Temporal variations in soil erodibility. In *Catena Supplement Vol. 17*, 41-53