

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

ALGUNOS EJEMPLOS DE RELACIÓN ENTRE AGREGACIÓN, CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN Y EROSIÓN EN SUELOS MEDITERRÁNEOS

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

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

² Departamento de Geografía. Universidad de Valencia. Avenida Blasco Ibañez 28. 46018 Valencia. España.

³ Vakgroep Agronomie. Landbouw Universiteit Wageningen. Postbus 341. 6700 AH Wageningen. The Netherlands.

RESUMEN

Este trabajo tiene por objeto evaluar la influencia de la agregación sobre la capacidad de infiltración y la tendencia a la erosión de suelos mediterráneos sobre litología caliza. Se identifican algunas variables de agregación que influyen de una manera importante en la infiltración y la erosión, aunque es en combinación con otras características del suelo cuando estas variables explican mejor dichos parámetros. Se consiguen una serie de modelos de ecuaciones de regresión múltiple basadas en variables indicadoras de la agregación de los suelos y otras características (cobertura vegetal, materia orgánica, pedregosidad y humedad del suelo) que explican bastante bien la capacidad de infiltración, la concentración de sedimentos y la erosión de los suelos en las zonas de estudio.

Palabras clave: capacidad de infiltración, erosión, concentración de sedimentos, agregación

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the influence of soil aggregation on soil infiltration capacity and erosion in mediterranean soils developed on limestones. Some key-variables related to soil aggregation which play an important role on soil infiltration capacity and erosion are identified. Especially the combination of these variables with other soil characteristics give the most satisfactory results explaining soil infiltration and erosion. Some models of multiple regression equations based in variables related to aggregation and other soil characteristics (vegetation cover, organic matter, stoniness and soil moisture) are obtained. They explain quite well the infiltration capacity, the sediment concentration and the erosion in the study zones.

Key words: infiltration capacity, erosion, sediment concentration and aggregation

INTRODUCCIÓN

Entre las características físicas que condicionan la infiltración de un suelo y su tendencia a la erosión se encuentra su estructura. La agregación es uno de los principales factores que controlan la hidrología de la superficie del suelo, su tendencia al encostramiento y a la erosión (DE PLOEY & POESEN, 1984). Numerosos trabajos se han dedicado a analizar los factores condicionantes de la infiltración, CERDÀ I BOLINCHES (1995) realiza una amplia revisión de ellos. Aunque no tantos trabajos se dedican a las relaciones existentes entre agregación del suelo e infiltración, especialmente en ecosistemas mediterráneos. Gran parte de los trabajos existentes sobre este tema se han enfocado desde el punto de vista del desarrollo de costras (FARRES, 1978, LE BISSONNAIS *et al.*, 1989; LE BISSONNAIS & SINGER, 1992, 1993; LE BISSONNAIS *et al.*, 1995), las cuales son un mecanismo determinante en la producción de escorrentía y se encuentran íntimamente relacionadas con los procesos de agregación y desagregación del suelo. Otro enfoque muy interesante en la investigación de las relaciones entre agregación e infiltración es el efecto del tamaño de los agregados en las distintas fases del proceso de infiltración y bajo diferentes intensidades de precipitación. LOCH (1994) y LOCH & FOLEY (1991, 1992, 1994 y 1995) han dedicado en los últimos años numerosos trabajos al respecto.

Algunos autores coinciden en la afirmación de que los agregados de gran tamaño, aunque en principio parezcan agilizar y favorecer el proceso de infiltración, constituyen una fuente de desprendimiento de microagregados que bloquean los poros más grandes (COLLIS-GEORGE & GREENE, 1979) o partículas finas que favorecerán el sellado de la superficie (FREEBAIRN *et al.* 1991) y reducirán su conductividad hidráulica. Este proceso resulta en una menor capacidad de infiltración y mayor producción de escorrentía superficial. Otros autores coinciden en afirmar que la aparición de escorrentía superficial se retrasa cuando la capa superficial del suelo está formada por agregados de gran tamaño (MOLDENHAUER & KOSWARA, 1968, FREEBAIRN *et al.* 1991) pero que agregados entre 8 y 30 mm son capaces de producir más erosión laminar que agregados de menor tamaño (MOLDENHAUER & KOSWARA, 1968). Si bien, MOLDENHAUER & KEMPER (1969) añaden que el tamaño de los agregados no influye en la tasa final de infiltración, aunque agregados más grandes a veces producen menores tasas de infiltración que agregados más pequeños.

Para suelos mediterráneos se ha reconocido una importancia de la agregación del suelo con respecto al proceso de infiltración, sin embargo es la agregación en combinación con otros factores (CERDÀ I BOLINCHES, 1995) los que conjuntamente determinan la capacidad de infiltración de un suelo.

En el presente trabajo se plantea determinar la importancia de la agregación superficial de los suelos, en combinación con otras características como el contenido en materia orgánica, la humedad y pedregosidad, en la capacidad de infiltración de suelos mediterráneos desarrollados sobre litología caliza y bajo diferentes regímenes climáticos.

La aproximación al trabajo de investigación difiere de las arriba expuestas en el sentido que no trata de analizar la variación de la agregación durante el proceso de infiltración, sino que trata de establecer relaciones entre

las características previas de agregación del suelo, otras características básicas y su capacidad de infiltración, y tendencia a la erosión. Para ello se han seleccionado una serie de parámetros que se han considerado indicadores del estado de la agregación de los suelos y del proceso de infiltración y erosión.

ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

El área de estudio esta situada en la provincia de Alicante, donde se escogieron tres pequeñas cuencas sobre litología caliza y localizadas en zonas con diferentes regímenes climáticos, desde semiárido a subhúmedo (Figura 1). En cada cuenca se seleccionó una ladera de exposición norte y una ladera de exposición sur para la realización de experimentos y el desarrollo del muestreo. Las zonas seleccionadas fueron las siguientes: Benidorm (BE), localizada a unos 80 m de altitud, con una temperatura media anual de 17,5° C y una precipitación media anual de 350 mm; Callosa (CS) situada a unos 300 m de altitud, con una temperatura media anual de 16° C y una precipitación media anual de 500 mm y Cocoll (CC) situada a unos 950 m de altitud, con una temperatura media anual de 13,5° C y unos 850 mm de precipitación media anual. Una descripción más amplia de las zonas aparece en SORIANO SOTO *et al.* (1993) y CALVO CASES *et al.* (1994).

Para la determinación de la **capacidad de infiltración** de los suelos y su **tendencia a la erosión** se realizaron experimentos con lluvia simulada en parcelas de pequeña dimensión (0,24 m²) y una intensidad aproximada de 55 mm h⁻¹, utilizando el simulador descrito en CALVO CASES *et al.* (1988). Se localizaron una media de 10 parcelas para cada ladera y se repitieron los experimentos en verano y en invierno, en total se realizaron 117 experimentos. En el presente trabajo se utilizan los siguientes datos derivados de la realización de los experimentos de lluvia simulada como indicadores de la capacidad de infiltración de los suelos y su tendencia a la erosión: F_c = tasa de infiltración final estable según el modelo de Horton (mm h⁻¹), S_c = Concentración media de sedimentos en el agua de escorrentía (g l⁻¹) y *Erosión* (g m⁻²h⁻¹). Estos parámetros se utilizan en el análisis estadístico siempre como variables dependientes.

Para la caracterización del estado de **agregación** de la superficie del suelo se realizó un muestreo en superficies equivalentes a las cuales donde se realizaron los experimentos con lluvia simulada y en las mismas épocas del año. Se analizó la distribución de tamaño de los agregados, se midió su estabilidad en seco y en húmedo en la fracción 4-4,8 mm, se midió el porcentaje de microagregados estables en agua (< 0,105 mm) y su diámetro medio, se calculó el contenido de materia orgánica, la humedad del suelo y la proporción de matriz de suelo (indicador contrario a la pedregosidad) tal y como se describe en Boix Fayos *et al.* (1994) y Boix *et al.* (en prensa). Finalmente se consideraron las siguientes variables como indicadoras del estado de agregación de los suelos: % $A > 10 \text{ mm}$ = % de agregados > 10 mm, % $A 10-5 \text{ mm}$ = % de agregados entre 10 y 5 mm, % $A 5-2 \text{ mm}$ = % de agregados entre 5 y 2 mm, % $A 2-1 \text{ mm}$ = % de agregados entre 2 y 1 mm, % $A 1-0,105 \text{ mm}$ = % de agregados entre 1 y 0,105 mm, % $A < 0,105 \text{ mm}$ = % de agregados < 0,105 mm, AS = estabilidad de agregados en la fracción 4-4,8 mm (mediana del valor de rotura

para 20 agregados), % *MSA* = % de microagregados estables en agua <0,105 mm y *DM* = diámetro medio (μ) de microagregados estables en agua. Todos estos indicadores se utilizaron como variables independientes en el análisis estadístico, junto con % *MO* = contenido en materia orgánica, % *HMS* = humedad en la matriz de suelo, % *MS* = proporción de matriz de suelo (indicador contrario a la pedregosidad), % *CV* = cobertura vegetal y *Rc* = Coeficiente de escorrentía.

En el análisis estadístico se han intentado unas regresiones múltiples para explicar las variables dependientes. Las ecuaciones de regresión se ajustan, por un lado a todos los datos, y por otro, a los resultados de cada zona en concreto, con el fin de distinguir las variables concretas que controlan los procesos de infiltración y erosión en cada zona. Sólo se han considerado como indicativas las ecuaciones con un coeficiente de regresión $R \geq 0,70$ y $p < 0,05$.

RESULTADOS

Algunas características del suelo presentan una elevada variación espacial dentro de cada ladera y también grandes diferencias estacionales entre verano e invierno. La figura 2 nos permite comparar los valores medios (para cada ladera y para verano e invierno) de la capacidad de infiltración y de algunas otras variables que han resultado significativas en el análisis estadístico, así como sus coeficientes de variación.

Las relaciones establecidas entre infiltración o concentración de sedimentos o erosión y agregación en las zonas de estudio parecen ser complicadas y no lineales en muchos casos. Han aparecido relaciones entre estos parámetros y las variables indicadoras de la agregación utilizadas, aunque los coeficientes de correlación en muchos casos eran significativos, no eran elevados. Sin embargo, la relación se intensificó cuando junto a las variables de agregación se introdujeron variables, como la materia orgánica, el porcentaje de matriz de suelo, el contenido de humedad previo en la matriz de suelo y el porcentaje de cobertura vegetal. La elevada variabilidad espacial de la infiltración en este ecosistema mediterráneo sobre litología caliza, hace muy difícil el ajuste de ésta a modelos en los que sólo interviene como variables independientes aquellas relacionadas con la agregación del suelo. Finalmente las variables que resultaron relacionarse significativamente con cualquiera de las variables dependientes o con todas, *Fc* (Capacidad de infiltración), *Sc* (Concentración de sedimentos) y *Erosión*, han sido: % *A 10-5 mm* (% de agregados en la fracción 10-5 mm), % *A 1-5 mm* (% de agregados en la fracción 1-5 mm), *DM* (Diámetro medio de los microagregados), % *MO* (Contenido en materia orgánica), % *HMS* (% Humedad en la matriz de suelo), *AS* (Estabilidad de agregados), % *MS* (proporción de matriz de suelo), % *CV* (Cobertura vegetal). Tras el análisis se han conseguido una serie de ecuaciones de regresión, que si bien no se ajustan perfectamente a los datos, en la medida que sería deseable, constituyen un primer paso para desentrañar un poco las complicadas relaciones entre estructura del suelo e infiltración (Tabla 1).

	R	R ²	p()
GENERALES			

$Fc = 83,4 - 31,5 (\log DM) + 7,3 (\log \% MO) + 6,9 (\log \% CV)$	0,81	0,66	0,000
$Sc = 3,001 - 1,27 (\log \% A 1-0,105 mm) - 0,009 (\% MS) + 0,017 (\% MO)$	0,70	0,50	0,008
BENIDORM			
$Fc = 41,6 + 2,7 (\log \% CV) - 6,32 (\log DM) + 8,99 (\log \% A 10-5 mm)$	0,70	0,50	0,000
$Erosión = 34,21 - 0,88 (\% MO) + 7,38 (\log Rc) - 15,55 (\log \% A 10-5 mm)$	0,73	0,53	0,000
$\log Erosión = 3,18 + 0,92 (\log Rc) - 0,93 (\log \% MO) - 1,26 (\log \% A 10-5 mm)$	0,87	0,75	0,000
CALLOSA			
$Fc = 44,66 + 0,11 (DM) + 0,69 (\% MO) + 0,2 (\% HMS) - 0,43 (\% CV)$	0,87	0,76	0,044
$Sc = -0,7 + 7,07 (Rc) + 0,01 (\% A 1-0,105 mm) + 0,008 (\% MS)$	0,93	0,86	0,000
COCOLL			
$Fc = 42,06 - 14,81 (\log \% A 10-5 mm) - 3,58 (\log \% HMS) + 11,69 (\log \% CV)$	0,74	0,55	0,000
$Sc = 0,16 + 0,74 (Rc) + 0,081 (\% A 10-5 mm) - 0,001 (AS) - 0,01 (\% MS) - 0,02 (\% CV)$	0,71	0,50	0,000
$Erosión = -3,46 + 37,76 (Rc) + 2,53 (\% A 10-5 mm) - 0,16 (\% MS)$	0,72	0,51	0,000

Tabla 1. Ecuaciones de regresión para F_c (capacidad de infiltración), Sc (concentración de sedimentos) y $Erosión$ a partir de variables de agregación (DM , $\% A 10-5mm$, $\% A 1-0,105 mm$, AS), contenido en materia orgánica ($\% MO$), humedad en la matriz de suelo ($\% HMS$), proporción de matriz de suelo ($\% MS$), coeficiente de escorrentía (Rc) y cobertura vegetal ($\% CV$).

La figura 3 muestra la relación entre valores estimados y valores observados de infiltración y concentración de sedimentos, con los resultados de en las tres zonas de estudio en conjunto. La figura 4 muestra los resultados entre valores estimados y valores observados de infiltración, concentración de sedimentos y erosión para cada zona.

DISCUSIÓN

Aunque relaciones entre estructura del suelo y capacidad de infiltración, y entre estructura y erodibilidad de los suelos existen, son difíciles de demostrar, especialmente en suelos sobre litologías calizas, debido a su elevada capacidad de infiltración con respecto a las margas (CERDÀ y BOLINCHES, 1995).

El objetivo de este trabajo no era distinguir el cambio en la agregación del suelo ante un evento de precipitación, pero sí relacionar y evaluar las distintas características de la agregación de la superficie de los suelos y su capacidad de infiltración. Aunque se han podido establecer unas ecuaciones generales que explican parcialmente la capacidad de infiltración y la concentración de sedimentos, las variables que explican la infiltración y la erosión para cada sitio, según las ecuaciones dadas, varían un poco de una zona a otra.

El diámetro medio de los microagregados (*DM*) ha resultado ser una variable relevante y especialmente significativa que repercute negativamente en la capacidad de infiltración de los suelos, entendemos que cuando el diámetro medio de los microagregados es mayor produce una mayor obstrucción en la porosidad del suelo, disminuyendo su conductividad hidráulica, especialmente en Benidorm y Callosa. El porcentaje de agregados en la fracción grande (10-5 mm, % *A 10-5 mm*) ha resultado tener influencias opuestas dependiendo de la zona de estudio. En los datos generales y los datos de Cocoll, la zona más alta y con características climáticas más húmedas, infiltración y agregados grandes se relacionan negativamente. El comportamiento de estas dos variables (*DM*, % *A 10-5 mm*) parece ajustarse al descrito por COLLIS-GEORGE (1979) cuando analiza la influencia del tamaño de los agregados sobre el proceso de infiltración. Dicho autor observa como los agregados más grandes pertenecientes a las capas superficiales del suelo se rompen y dan lugar a una capa de microagregados en la superficie del suelo, ésta puede actuar de dos maneras: aumentando de forma considerable la cantidad de poros pequeños en la superficie del suelo y obstruyendo los poros más grandes entre los agregados mayores que además han quedado parcialmente destruidos, reduciéndose así enormemente la conductividad hidráulica de la capa superficial del suelo. Otros trabajos, previos y posteriores, también relacionan la disminución de la capacidad de infiltración con agregados de gran tamaño (MOLDENHAUER & KEMPER, 1969; FREEBAIRN *et al.*, 1991). ASIMISMO LOCH & FOLEY (1994, 1995) reconocen una reducción en la conductividad hidráulica del suelo al mismo tiempo que aumenta la proporción de agregados <0,125 mm durante experimentos realizados con lluvia simulada, bajo condiciones de lluvia de moderada y de elevada intensidad. Atribuyen la causa a la reducción y obstrucción de la porosidad del suelo debido a su sellado y compactación.

Sin embargo, en el análisis local de la zona más baja, Benidorm, que cuenta sorprendentemente y debido a un factor circunstancial (la abundante presencia de lombrices de tierra) con una gran proporción de agregados de este tamaño (10-5 mm, Figura 2), esta fracción favorece la capacidad de infiltración del suelo. Se da la circunstancia que la mayor proporción de estos agregados se halla bajo las plantas, siendo estas superficies las que tienen una capacidad de infiltración y una erodibilidad menor que las superficies encostradas

adyacentes.

La otra fracción crítica en el tamaño de los agregados es 1-0,105 mm, que a nivel general influye negativamente en la concentración de sedimentos, siendo más baja la concentración cuando la proporción de agregados de este tamaño en el suelo es mayor, apareciendo como una fracción bastante estable y con resistencia a su movilidad.

La estabilidad de agregados (medida en la fracción 4-4,8 mm) en condiciones de suelo seco y la concentración de sedimentos se encuentran bien relacionadas ($R = -0,72$, $p = 0,000$) aunque en condiciones de suelo húmedo la relación no es tan buena. Para los experimentos realizados en Cocoll la estabilidad de agregados influye negativamente en la concentración de sedimentos y en la erosión.

Sin embargo todas estas variables, aunque indicadoras y relevantes no son por sí solas determinantes en el proceso de infiltración, en la producción de escorrentía, en la concentración de sedimentos del agua de escorrentía y en la erosión. Es en combinación con otras variables cuando alcanzan su importancia y controlan, en cierta medida, la capacidad de infiltración de los suelos y como consecuencia su erodibilidad. Estas variables tienen una importancia diferente dependiendo de las características específicas de los suelos a los que nos referimos.

Así pues, en Benidorm, un ecosistema semiárido donde los suelos superficialmente presentan una distribución de agregados muy diferente, agregados de gran tamaño bajo de las plantas y superficies encostradas en los espacios desnudos adyacentes, la agregación junto a la cubierta vegetal son factores importantes que controlan el proceso de infiltración. Sin embargo, en la zona intermedia y alta, Callosa y Cocoll, mucho más húmedas, con suelos más arcillosos y mayores contenidos en materia orgánica, junto a la agregación, características como el contenido antecedente de humedad y el contenido en materia orgánica controlan la capacidad de infiltración de los suelos.

CONCLUSIONES

Se han distinguido algunas variables críticas con respecto a la agregación que influyen en los procesos de infiltración y erosión de los suelos y son: el diámetro medio de microagregados estables en agua ($<0,105$ mm), la proporción de agregados en las fracciones 10-5 mm y 1-0,105 mm y la estabilidad de agregados en la fracción 4-4,8 mm.

Estas variables críticas de agregación en combinación con otras características básicas (materia orgánica, proporción de matriz de suelo, humedad del suelo, coeficiente de escorrentía) han dado lugar a una primera serie de ecuaciones que explican la capacidad de infiltración y la erosión o la concentración de sedimentos para las tres zonas de estudio en general y para cada zona en particular.

Ya que la agregación por sí sola, aunque importante, no determina básicamente el comportamiento hidrológico de los suelos, se propone la investigación en este terreno y la búsqueda de nuevas variables (diferentes índices de agregación, por ejemplo) que expliquen mejor las relaciones entre estructura e infiltración y erosión para suelos mediterráneos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico de la Comunidad Europea a través del proyecto ERMES II (ENV4-CT95-0181) para la realización del trabajo de campo y laboratorio. C. Boix agradece también a la Comunidad Europea la concesión de una beca de Capital Humano y Movilidad (EV5V-CT-94-5228) que le ha permitido el análisis de los datos y la elaboración final del manuscrito y al Departamento de Geografía Física y Suelos de la Universidad de Amsterdam, especialmente a A.C. Imeson por su apoyo y por facilitar el acceso a los laboratorios y demás instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- BOIX, C., CALVO, A., SORIANO, M.D. & TIEMESSEN, I. (1994). Variabilidad espacio temporal de la agregación de suelos en laderas mediterráneas. En: J. ARNÁEZ VADILLO, J.M. GARCÍA RUIZ & A. GOMEZ VILLAR (Eds.), Geomorfología en España, II, Sociedad Española de Geomorfología, Logroño, pp. 289-302.
- BOIX, C., CALVO, A., IMESON, A.C., SORIANO, M.D. & TIEMESSEN, I. (en prensa) Spatial and temporal variability of soil properties along a mediterranean climatological gradient. *Advances of Geoecology*.
- CALVO, A., GISBERT, B., PALAU, E. & ROMERO, M. (1988). Un simulador de lluvia portátil de fácil construcción. En: M.SALA & F.GALLART (Eds.), Métodos y técnicas para la medición en el campo de procesos geomorfológicos, I, Sociedad Española de Geomorfología, Zaragoza, pp. 6-15.
- CALVO CASES, A., SORIANO SOTO, M.D., BOIX FAYOS, C. & TIEMESSEN, I. (1994). Suelos y procesos geomorfológicos en un gradiente climático altitudinal. (Alicante). En: J. ARNÁEZ VADILLO, J.M. GARCÍA RUIZ & A. GOMEZ VILLAR (Eds.), Geomorfología en España, II, Sociedad Española de Geomorfología, Logroño, pp. 29-40.
- CERDÀ I BOLINCHES, ET AL. I BOLINCHES, A. (1995). Factores y variaciones espacio temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos. Geofoma Ediciones, Logroño, 151 pp.
- COLLIS-GEORGE, N. & GREENE, R.S.B. (1979). The effect of aggregate size on the infiltration behaviour of a slaking soil and its relevance to ponded irrigation. *Australian Journal of Soil Research*, 17, 65-73.
- DE PLOEY, J. & POESEN, J. (1984). Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. En: RICHARDS, K.S., ARNETT, R.R. & ELLIS, S. (Eds.). *Geomorphology and Soils*, Allen and Unwin Publishers, London, pp. 99-120.
- FARRES, P. (1978). The role of time and aggregate size in the crusting process. *Earth surface processes and landforms*, 3, 243-254.
- FREEBAIRN, D.M., GUPTA, S.C. & RAWLS, W.J. (1991). Influence of aggregate size and microrelief on development of surface soil crusts. *Soil Science Society of America Journal*, 55, 188-195.
- LE BISSONNAIS, Y.; BRUAND, A. & JAMAGNE, M. (1989). Laboratory experimental study of soil crusting: relation between aggregate breakdown mechanisms and crust structure. *Catena* 16, 377-392.
- LE BISSONNAIS, Y. & SINGER, M.J. (1992). Crusting, runoff and erosion response to soil water content and successive rainfalls. *Soil Science Society of America Journal* 56, 1898-1903.
- LE BISSONNAIS, Y. & SINGER, M.J. (1993). Seal formation, runoff and interrill erosion from seventeen californian soils *Soil Science Society of America Journal* 57, 224-229.
- LE BISSONNAIS, Y., RENAUX, B. & DELOUCHE, H. (1995). Interactions between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. *Catena* 25, 33-46.

- LOCH, R.J. & FOLEY, J.L. (1991). Relationship between aggregate breakdown under rain and surface sealing. En: Effects of management practices on soil physical properties. Department of Primary Industries. Conference and workshop series QC87006. Queensland, pp.166-169.
- LOCH, R.J. & FOLEY, J.L. (1992). Effects of plot size on size distributions of water-stable material at the soil surface under simulated rain. *Australian Journal of Soil Research*, 30, 113-118.
- LOCH, R.J. (1994). A method for measuring aggregate water stability of dryland soils with relevance to surface seal development. *Australian Journal of Soil Research*, 32, 687-700.
- MOLDENHAUER, W.C. & KEMPER, W.D. (1969). Interdependence of water drop energy and clod size on infiltration and clod stability. *Soil Science Society of America Proceedings*, 33, 297-231.
- MOLDENHAUER, W.C. & KOSWARA, J. (1968). Effect of initial clod size on charactersitic of splash and wash erosion. *Soil Science Society of America Proceedings*, 32: 875-879.
- LOCH, R.J. & FOLEY, J.L. (1994): Measurement of aggregate breakdown under rain: comparison with tests of water stability and relationships with field measurements of infiltration. *Australian Journal of Soil Research*, 32, 701-720.
- LOCH, R.J. & POCKNEE, C. (1995): Effects of aggregation on soil erodibility: Australian experience. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50, 504-506.
- SORIANO SOTO, M.D., BOIX FAYOS, C., CALVO CASES, A. IMESON, A., CERDÁ BOLINCHES, A. & PÉREZ TREJO, F. (1993). Metodología y diseño del campo experimental en ecosistemas degradados en un transecto altitudinal (Alicante). *Cuadernos de Geografía*, 54, 269-284.

Pies de Figura

Figura 1. Mapa de localización de las zonas de estudio

Figura 2. Valores medios para cada ladera en invierno (izquierda) y verano (derecha) y coeficientes de variación (% CV) de la capacidad de infiltración (F_c), agregados en fracción grande (% A 10-5 mm), agregados en fracción pequeña (% A 1-0,105 mm), diámetro medio de microagregados en m (DM), estabilidad de agregados (AS , mediana del valor de rotura) y materia orgánica (% MO).

Figura 3. Ajuste entre los valores medidos y estimados de F_c (Capacidad de infiltración) y Sc (Concentración de sedimentos) para las tres zonas de estudio a partir de variables de agregación (DM , % A 1-0,105 mm), contenido en materia orgánica (% MO), cobertura vegetal (% CV) y proporción de matriz de suelo (% MS).

Figura 4. Ajuste entre valores medidos y valores estimados de F_c (capacidad de infiltración), Sc (concentración de sedimentos) y $Erosión$ para cada una de las zonas de estudio a partir de variables de agregación (DM , % A 10 -5mm, % A 1-0,105 mm, AS), contenido en materia orgánica (% MO), humedad en la matriz de suelo (% HMS), proporción de matriz de suelo (% MS), coeficiente de escorrentía (Rc) y cobertura vegetal (% CV).







