

RELACIONES ENTRE PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y PRODUCCION DE ESCORRENTIA EN UN GRADIENTE CLIMATICO EN LA PROVINCIA DE ALICANTE.

C. BOIX FAYOS (1), A. CALVO CASES (1),
A. C. IMESON (2) & M. D. SORIANO SOTO (1)

(1) Departamento de Geografía. Facultad de Geografía e Historia. Av. Blasco Ibañez, 28.
46010 Valencia. España.

(2) Fysisch Geografisch Bodemkundig Laboratorium. Landscape and Environmental
Research Group. Universiteit van Amsterdam. Nieuwe Prinsengracht 130. 1018 VZ
Amsterdam. The Netherlands.

Resumen. Se evalúan las relaciones entre propiedades del suelo, capacidad de infiltración, y erosión en seis laderas de materiales calizos en un gradiente climático y altitudinal en la provincia de Alicante. Para estudiar las diferencias en las propiedades físicas, químicas e hidrológicas de los suelos en función de su posición en el gradiente, de su exposición y de la presencia o no de cobertura vegetal, se estudian perfiles de suelo a lo largo de las laderas, se realizan experimentos de lluvia simulada en verano e invierno y se contrastan las características superficiales de los suelos en espacios desnudos y vegetados. Las principales diferencias entre los suelos se hallan en su textura, su agregación y su capacidad de infiltración. La producción de escorrentía y concentración de sedimentos es mayor en las laderas Sur y en los espacios desnudos, y se ve favorecida por elevados contenidos de humedad en el suelo.

Palabras clave: escorrentía, erosión, agregación, humedad del suelo, gradiente climático

Summary. Relationships between soil properties, infiltration capacity and soil erosion at six limestone slopes in a climatological and altitudinal gradient in the province of Alicante are evaluated. To study the differences in soil physical, chemical and hydrological properties according to the position along the gradient, the aspect and the presence of vegetation, soil profiles are studied along the slopes, rainfall simulation experiments are carried out in summer and winter and surface soil properties in bare and vegetated patches are studied. The main differences among the studied soils are their texture, aggregation and infiltration capacity. The runoff production is higher in South slopes and in bare patches and soil moisture is a determining factor for runoff.

Key words: runoff, erosion, aggregation, soil moisture, climatological gradient.

1. Introducción

En el ámbito mediterráneo pequeñas diferencias en las características climáticas repercuten sobre los suelos, la vegetación y los procesos geomórficos de manera notable. Así junto con las diferencias entre solana y umbría son importantes las repercusiones sobre suelos y vegetación de las diferencias climáticas altitudinales.

Tal y como señalan Eybergen & Imeson (1989) el estudio de procesos y factores sensibles a las condiciones climáticas puede ser útil para evaluar el impacto del cambio climático sobre los procesos geomorfológicos. Las actividades humanas (abandono de tierras, incendios y pastoreo) y el fuerte contraste estacional del clima mediterráneo, dan lugar a condiciones ecológicas y edafológicas específicas, originando ecosistemas vulnerables con bajas tasas de producción de biomasa durante los períodos secos (Eybergen & Imeson, 1989).

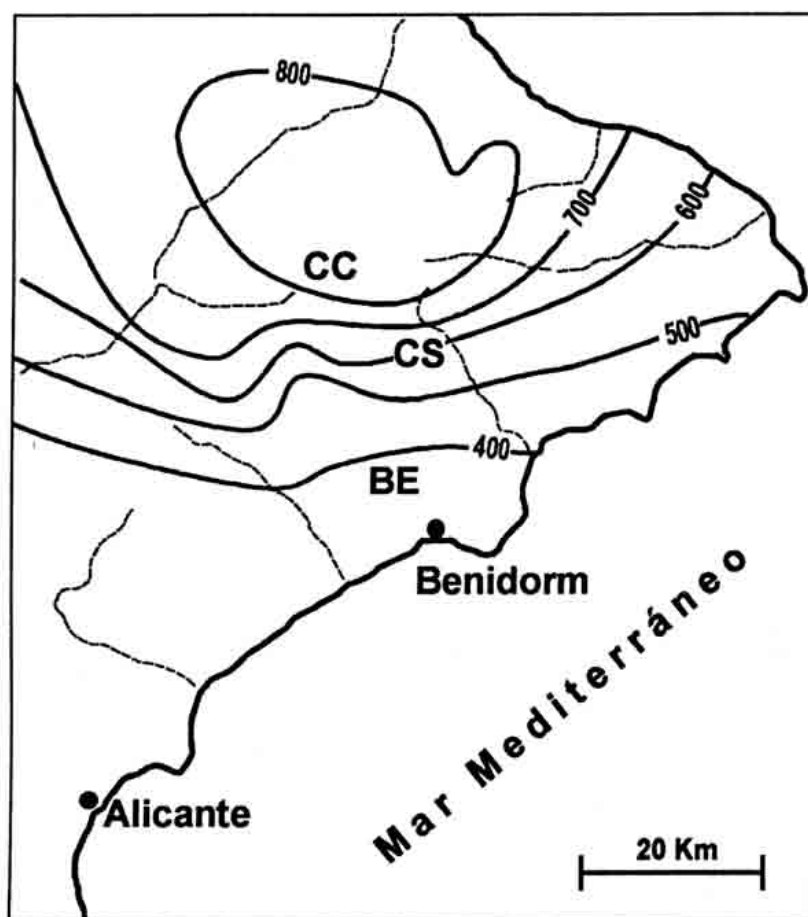


Figura 1. Localización de las áreas de estudio
Location of the study zones

Massoud (1973), Jackson & Erie (1973), Imeson & Verstraten (1985) estudian la deficiente estructura de los suelos calcáreos en ecosistemas frágiles del área mediterránea. Lavee *et al.* (1988) realizan una aproximación al estudio de los procesos en un área con fuerte gradiente climático, encontrando que sobre materiales calcáreos a medida que las condiciones climáticas se hacen más áridas, las tasas de infiltración disminuyen y la erosionabilidad del suelo aumenta.

El objetivo de este trabajo es estudiar las diferencias en suelos y procesos en las laderas situadas a lo largo del fuerte gradiente climático existente en el Norte de la provincia de Alicante. Para ello se analizan las características de los suelos y su respuesta hidrológica y erosiva estacional en seis laderas situadas en tres puntos del gradiente climático.

2. Metodología

Se seleccionaron tres zonas para realizar estudios intensivos a lo largo del gradiente climático (Figura 1). Se eligieron laderas de exposición Norte y Sur en cada zona para estudiar las relaciones entre suelos-vegetación-procesos. Las características de las zonas de estudio (Tabla 1), se describen en Soriano et al. (1993).

Geológicamente las tres zonas se sitúan sobre materiales calizos del Cretácico Superior (I.G.M.E., 1960, 1961, 1981), con dirección Prebética y se localizan próximas a la costa Mediterránea, distribuidas entre 100 y 1000 metros s.n.m.

Tabla 1. Características de las zonas de estudio
Characteristics of the study zones

Zona altitudinal	Litología	Vegetación	Usos del suelo	Morfología
Benidorm (76-106 m)	Calizas Senonenses	Chamaeropo- Rhamnetum lyciodes	Forestal-agrícola abandonado	Convexo-recto- cóncava
Callosa (280-360 m)	Calizas Cenomanenses Turonenses	Quercococciferae- Pistacietum lentisci	Forestal-agrícola abandonado	Cantil talud
Cocoll (850-1026)	Calizas Cenomanenses	Rubio longifoliae- Quercetum rotundifoliae	Forestal	Rectilíneo estructural

El gradiente seleccionado se identifica por el aumento progresivo de la altitud y precipitación, con disminución de la temperatura a lo largo de las zonas en una distancia inferior a 30 Km.

Para estudiar los cambios estacionales o puntuales y relacionarlos con datos experimentales, corroborando la existencia de un gradiente climático en las zonas de estudio, se instalaron tres estaciones meteorológicas en las laderas Sur, que recogen la cantidad y la intensidad de las precipitaciones y la temperatura a intervalos de 10 minutos.

Los resultados más expresivos obtenidos de los registros en las estaciones meteorológicas de Benidorm (BE), Callosa (CS) y Cocoll (CC) se reflejan en la Figura 2, el gráfico representa los valores de precipitación acumulada obtenidos entre Enero de 1993 y Marzo de 1994. Mientras que en Benidorm la precipitación acumulada durante un período superior a un año oscila próxima a los 300 mm, en Cocoll, la zona más alta, dichos valores se aproximan a 1400 mm.

Por una parte se ha realizado un estudio de los suelos basado en descripción y muestreo de 28 perfiles, distribuidos a lo largo de las laderas según las diferentes unidades morfológicas y de vegetación.

Los suelos fueron descritos en el campo utilizando la terminología F.A.O. (1977) y clasificados según FAO-UNESCO (1989). Los análisis de laboratorio realizados fueron: textura (Ministerio de Agricultura, 1986), pH, salinidad (Richards, 1964), carbonatos totales (Jackson, 1958), materia orgánica (Wallkey & Black, 1934) y capacidad de cambio catiónico (Peech, 1945).

Por otra parte se han estudiado las diferencias superficiales del suelo entre espacios desnudos y vegetados en lo que se refiere a la distribución del tamaño de los agregados (10-5, 5-2, 2-1, 1-0.105, >0.105 mm), densidad aparente, porosidad, materia orgánica y la evolución mensual del contenido en humedad (gravimétricamente en 42 puntos de muestreo).

Finalmente el estudio de los procesos basado principalmente en experimentos con lluvia simulada, se realizó en 60 parcelas distribuidas a lo largo de las laderas, cubriendo los diferentes subambientes de:

pendiente, exposición, existencia de afloramientos, pedregosidad, cobertura vegetal, presencia de líquenes y musgos.

Las simulaciones de lluvia fueron realizadas en Julio (1992) y en Febrero-Marzo (1993) con el equipo descrito en Calvo *et al.* (1988) y Cerdá (1993) a una intensidad de 55 mm h^{-1} , durante una hora.

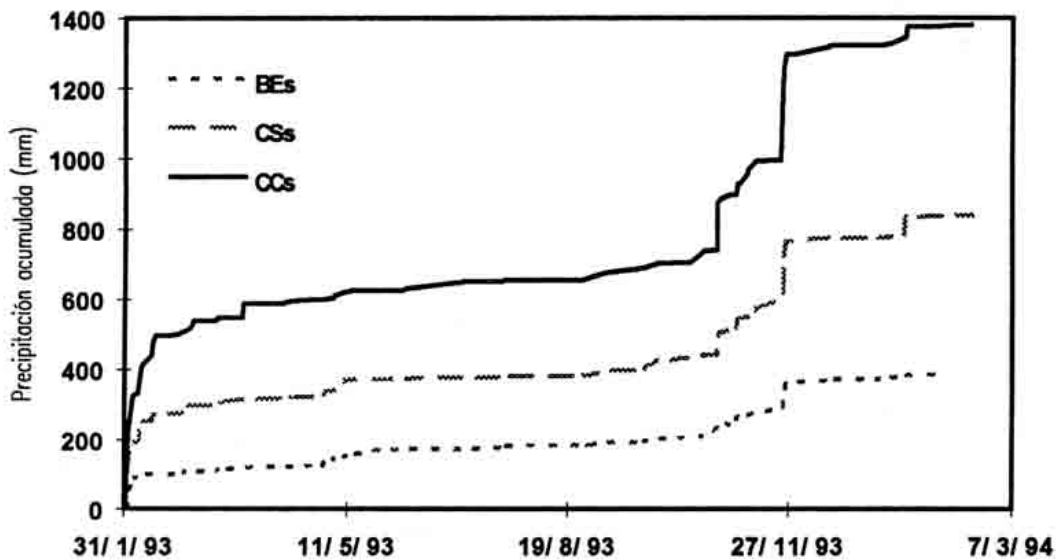


Figura 2. Precipitación acumulada desde Febrero de 1993 a Marzo de 1994. (BE: Benidorm, CS: Callosa, CC: Cocoll; s: ladera sur). Accumulative precipitation from February 1993 to March 1994

3. Resultados

Propiedades de los suelos

En Benidorm (BE), la zona más baja y árida, se desarrollan a lo largo de ambas laderas Leptosoles líticos con profundidad escasa y variable (máximo 18 cm). Su estructura granular moderada de media a fina, se ve favorecida por la presencia de lombrices que producen una mejor agregación del suelo. La textura es franco-limosa con un incremento del contenido en arcilla en las partes media y baja de las laderas. La materia orgánica oscila entre el 4 y 6 %, y el contenido de carbonatos es elevado en toda la ladera. Los valores de pH se hallan ligeramente por debajo de 8 y la conductividad eléctrica varía entre 0.37 y 0.18 mS. Son suelos saturados en bases con valores de capacidad de intercambio catiónico entre 18.6-23.6 cmol (+).Kg^{-1} . El calcio es el catión dominante, y el sodio intercambiable con gran variabilidad presenta valores más bajos en los horizontes superiores.

En Callosa (CS), la zona intermedia, aparece más variedad de suelos: Leptosoles, Luvisoles, Calcisoles y Regosoles. En la parte superior de las laderas se desarrollan Leptosoles líticos (5 cm de espesor), de textura franco-arcillosa con una estructura granular fina. Sobre los depósitos de ladera se desarrollan Luvisoles crómicos, con textura franco-arcillo-limosa y una estructura desarrollada especialmente en el horizonte Bt. En la parte baja de las laderas aparece una zona con desarrollo de Calcisoles háplicos modificados por antiguas prácticas agrícolas, son mucho más profundos que los suelos anteriores (65 cm.), y con estructura granular. Su elevado contenido en carbonato cálcico (43-47 %) es la principal característica que afecta a la degradación de su estructura. Finalmente, en la parte más baja del coluvio aparecen Regosoles calcáreos (90 cm de espesor) muy pedregosos que presentan una estructura granular desarrollada con alto contenido de arcilla.

Los valores medios de materia orgánica en las laderas (CS) son de 5.87 %, la conductividad eléctrica media de 0.21 mS, y la capacidad de intercambio catiónico entre 38.3-45.14 cmol (+).Kg^{-1} , siendo los

valores más elevados los correspondientes a horizontes argílicos. El calcio es el catión dominante, con una menor variabilidad espacial de Na^+ frente a Benidorm.

Los suelos en Cocoll (CC), la zona más alta y húmeda, son muy similares a los que aparecen en la parte superior de las laderas en Callosa, Leptosoles líticos sobre las superficies más pedregosas y Luvisoles crómicos en la parte baja de la ladera con potente desarrollo del horizonte argílico. La estructura varía de granular fina o media en los Leptosoles a una estructura desarrollada en bloques subangulares en los suelos con horizontes argílicos.

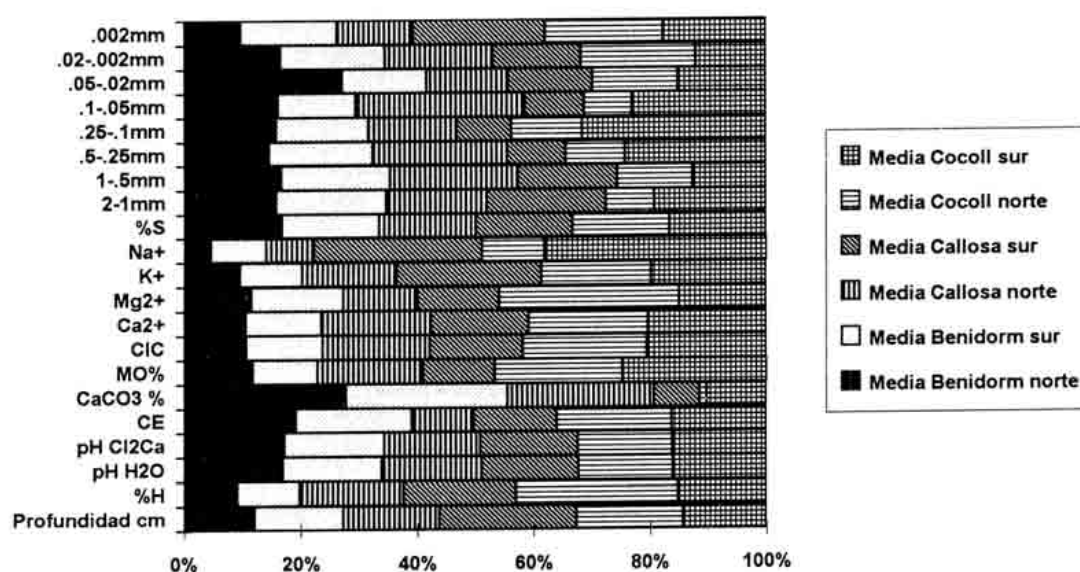


Figura 3. Características de los perfiles estudiados. Valores medios relativos de las propiedades de los horizontes superficiales de los perfiles de suelos en las tres zonas de estudio. (%H : porcentaje de humedad; CE: conductividad eléctrica; M.O: materia orgánica; CaCO_3 : carbonatos totales; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ : cationes en el complejo de cambio; %S: porcentaje de saturación; 2-1mm, 1-0.5mm, 0.5-0.25mm, 0.25-0.1mm, 0.1-0.05mm, 0.05-0.02mm, 0.02-0.002mm, <math><0.002\text{mm}</math>: distribución textural).

Characteristics of the studied soil profiles. Relative mean values of the soil properties in the superficial horizons at the three study zones (%H : percentage of moisture; CE: electrical conductivity; M.O: organic matter; CaCO_3 : total carbonates; CIC: cationic exchange capacity; Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ : cations in the exchange complex; %S: percentage of saturation; 2-1mm, 1-0.5mm, 0.5-0.25mm, 0.25-0.1mm, 0.1-0.05mm, 0.05-0.02mm, 0.02-0.002mm, <math><0.002\text{mm}</math>: textural distribution).

La textura es franca o franco arcillosa, la conductividad eléctrica media de 20.5 mS, y su principal característica en relación con otras áreas es su elevado contenido en materia orgánica (hasta 13.7 %). Por esta causa la C.I.C. es mucho más elevada que en el resto de las zonas (38.7- 49.9 cmol (+).Kg^{-1}). La variabilidad en el contenido de sodio es muy elevada y el calcio sigue siendo el catión dominante en el complejo de cambio.

La figura 3 muestra la variación relativa en las propiedades de los horizontes superficiales de los perfiles de suelos en las tres zonas de estudio.

Propiedades de suelo en espacios vegetados y desnudos.

Humedad del suelo. Comparando el contenido en humedad del suelo en las tres zonas de estudio, éste sigue un gradiente paralelo (con algunas excepciones) a la cantidad de precipitación acumulada (Figuras 4 y 5). En verano bajo mínimos contenidos de humedad del suelo, los espacios vegetados muestran más humedad que los espacios desnudos. Sin embargo, lo contrario ocurre bajo condiciones de elevado contenido de humedad en el suelo (invierno), los espacios desnudos muestran una media de humedad más elevada que los espacios vegetados.

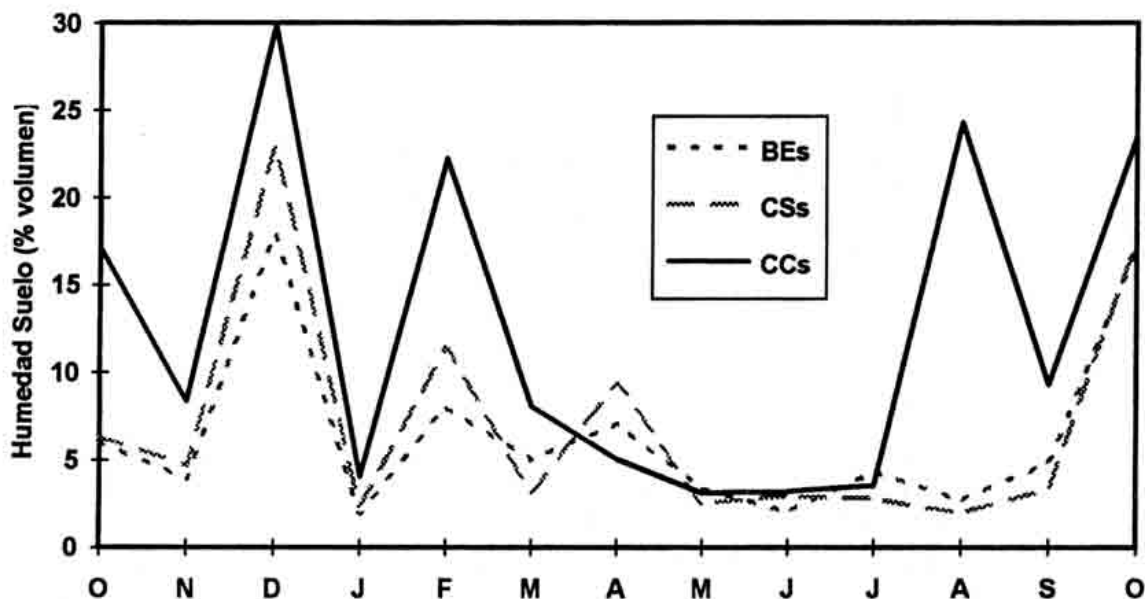


Figura 4. Porcentaje de humedad volumétrica desde Octubre 1992 a Octubre 1993 (BE: Benidorm, CS: Callosa, CC: Cocoll; s: ladera sur). Percentage of volumetric soil moisture from October 1992 to October 1993 (CC: Cocoll, CS: Callosa, BE: Benidorm; s: south slope)

Agregación. La tabla 2 muestra los valores medios de agregación y algunas propiedades del suelo en los puntos de muestreo de la humedad. La materia orgánica y la porosidad va aumentando hacia la zona más alta del gradiente al contrario que la densidad aparente.

También se observa para las tres zonas que los valores de materia orgánica y porosidad son siempre más bajos en espacios desnudos que en vegetados, al contrario de lo que ocurre con la densidad aparente. Se establece una relación inversa entre densidad aparente y materia orgánica. El contenido más bajo de materia orgánica aparece en la zona más árida (Benidorm) en los espacios desnudos, así como la mayor densidad aparente y la más baja porosidad del suelo.

Parece que existe también una relación directa entre materia orgánica y proporción de agregados grandes en las zonas alta e intermedia (CC y CS). Sin embargo, en Benidorm, encontramos una elevadísima proporción de agregados de gran tamaño (especialmente en espacios vegetados). Esta excepción es debida a la gran actividad biológica de las lombrices de tierra, las cuales aumentan la cantidad de agregados de gran tamaño con una morfología redondeada característica que no observamos en ninguna otra zona de estudio.

Escorrentía y erosión. Los experimentos con lluvia simulada muestran las diferencias en el comportamiento hidrológico y erosivo de los suelos a lo largo del gradiente climático, así como en relación con la exposición contrastada de las laderas en cada zona de estudio (Figuras 6 y 7).

Tabla 2. Valores medios de algunas propiedades de los suelos. (D.A.: densidad aparente, M.O: materia orgánica; CC: Cocoll, CS: Callosa, BE: Benidorm; v: espacios vegetados, d: espacios desnudos).

Propiedades de los suelos y producción de escorrentía 103

Mean values of some soil properties (D.A.: Bulk density, M.O.: Organic matter; CC: Cocoll, CS: Callosa, BE: Benidorm; v: vegetated patches, d: bare patches)

	CCv	CCd	CSv	CSd	BEv	BEd
DA. gr cm^{-3}	0.80	0.85	0.92	1.07	1.03	1.08
% Porosidad	69.75	67.90	65.47	59.80	62.32	59.19
% M.O.	10.84	10.16	9.45	8.35	5.22	4.93
Agregación						
>10 mm	1.40	2.50	1.42	1.27	5.22	2.16
10-5 mm	4.07	3.52	3.71	1.61	24.19	15.35
5-2 mm	18.17	18.79	23.02	22.97	37.10	33.32
2-1 mm	21.01	22.62	20.10	29.00	17.08	18.62
1-0.105 mm	45.83	41.25	41.54	35.90	14.41	22.70
<0.105 mm	10.92	13.88	11.61	10.52	7.22	10.02

Las propiedades de la superficie de las parcelas, cuya distribución recoge los diferentes ambientes representativos de cada zona, se reflejan en la respuesta hidrológica y erosiva. El efecto de la cubierta vegetal se hace también patente en la zona alta del gradiente, donde predominan los espacios vegetados, bien en forma de matorral u originando una cubierta herbácea continua. Así Cocoll cuenta con los más bajos coeficientes de escorrentía y una concentración de sedimentos casi nula. De hecho en algunas parcelas la infiltración superó a la precipitación.

La pedregosidad superficial es la característica morfológica mas destacada en la zona intermedia del gradiente, y así, en Callosa, las tasas de escorrentía y erosión son también bajas, a pesar de que los espacios vegetados están infrarepresentados debido al mayor porte de la vegetación que no es apto para los experimentos.

Por último, en Benidorm la abundancia de espacios sin vegetación, con baja pedregosidad y desarrollo de costras superficiales, favorece la escorrentía y erosionabilidad, aunque no en valores extremadamente elevados.

En las laderas de umbría la mayor cobertura vegetal repercute en el mismo sentido que las variaciones altitudinales, de modo que el comportamiento de la ladera Norte de Benidorm es semejante al de la Sur de Cocoll. Atendiendo solamente a las laderas norte también se observa el efecto altitudinal, aunque con la excepción de Callosa explicada mas arriba por el sesgo inevitable ligado al tipo de vegetación.

Los resultados de las simulaciones de lluvia en invierno con suelos muy húmedos son diferentes a los esperados (Figura 7) por cuanto que el gradiente altitudinal aparece desdibujado. Así, como consecuencia de contenidos de humedad diferentes la infiltración es mayor en Benidorm y mínima en Callosa, donde al mayor contenido en agua se añade el efecto de la pedregosidad superficial en suelo húmedo.

4. Discusión

La textura es la variable que mas diferencia a los suelos de las tres zonas de estudio. En Cocoll es franca o franco arcillosa y favorece la agregación del suelo. Sin embargo, los suelos de Benidorm con contenidos muy bajos de arcilla, materia orgánica y humedad presentan la mejor agregación entre todos los suelos estudiados, debido a la actividad biológica de las lombrices de tierra. Los agregados de los suelos de Benidorm son masas excretadas de suelo (LEE, 1985) que contribuyen a favorecer su estructura.

El estudio de los perfiles de suelo se complementa con el estudio de las propiedades de los suelos en espacios desnudos y vegetados en las tres zonas, obteniendo resultados similares. En Cocoll, donde aparece el más alto contenido en arcilla y de materia orgánica, se alcanza la capacidad de intercambio catiónico más elevada. Se observa también una relación entre el contenido de materia orgánica y la formación de agregados grandes.

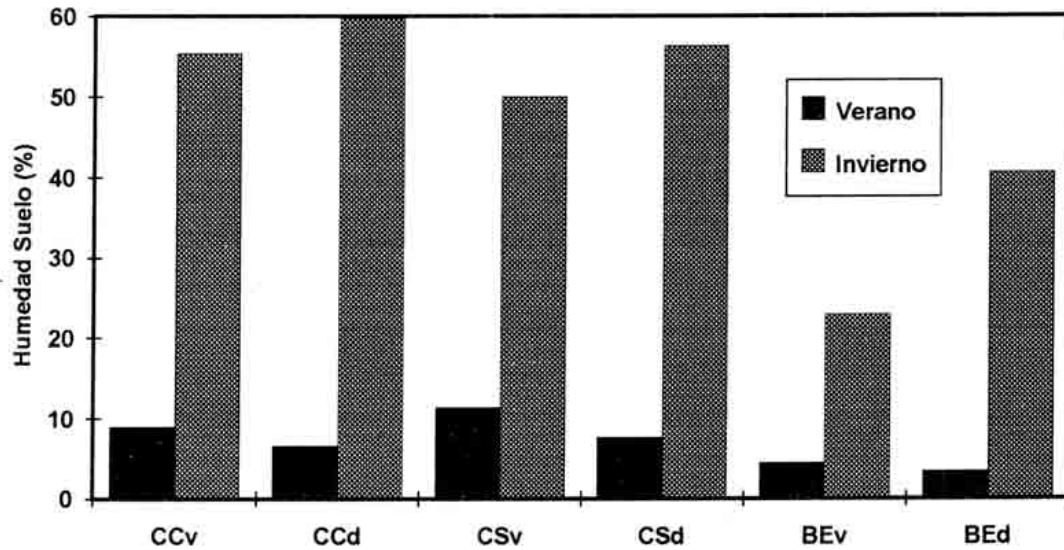


Figura 5. Contenido en humedad del suelo, valores medios en verano e invierno (BE: Benidorm, CS: Callosa, CC: Cocoll; v: espacios vegetados, d: espacios desnudos).
Soil moisture content, mean values in winter and summer (CC: Cocoll, CS: Callosa, BE: Benidorm; v: vegetated patches, d: bare patches).

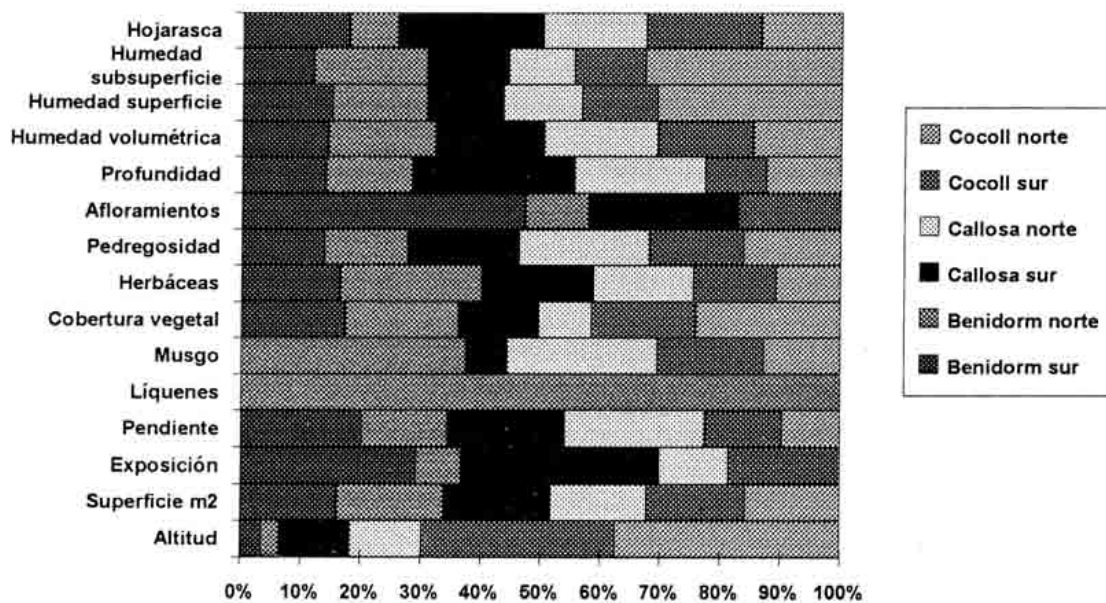


Figura 6. Características de las parcelas de simulación de lluvia. Valores medios relativos en las laderas de estudio. Characteristics of the rainfall simulation plots. Relative mean values at the study slopes

Los espacios vegetados también muestran mayor contenido en materia orgánica y mayor porosidad y agregación que los espacios desnudos (Tabla 2), favoreciendo la capacidad de infiltración del suelo. Por otra parte, los espacios desnudos con una elevada densidad aparente y una baja porosidad (Tabla 2) muestran coeficientes de escorrentía más elevados que los espacios vegetados. Los coeficientes de escorrentía más elevados aparecen en Benidorm (0.58, el máximo) en aquellos espacios desnudos recubiertos por una costra superficial resultado de la destrucción y posterior reorganización de los agregados grandes.

Los suelos de Benidorm, a pesar de su buena agregación y de su bajo contenido en humedad, poseen otras características, un elevado contenido en carbonatos, una textura limosa asociada al desarrollo de costras, una elevada densidad aparente y una baja porosidad, que dan lugar a la más baja capacidad de infiltración y la más elevada concentración de sedimentos en verano. Sin embargo, el contenido en humedad es un factor determinante para la producción de escorrentía en invierno. Así, los suelos de Callosa, con una elevada pedregosidad superficial que actúa como repelente al agua y un elevado contenido de humedad en invierno, producen elevados coeficientes de escorrentía y altas concentraciones de sedimentos.

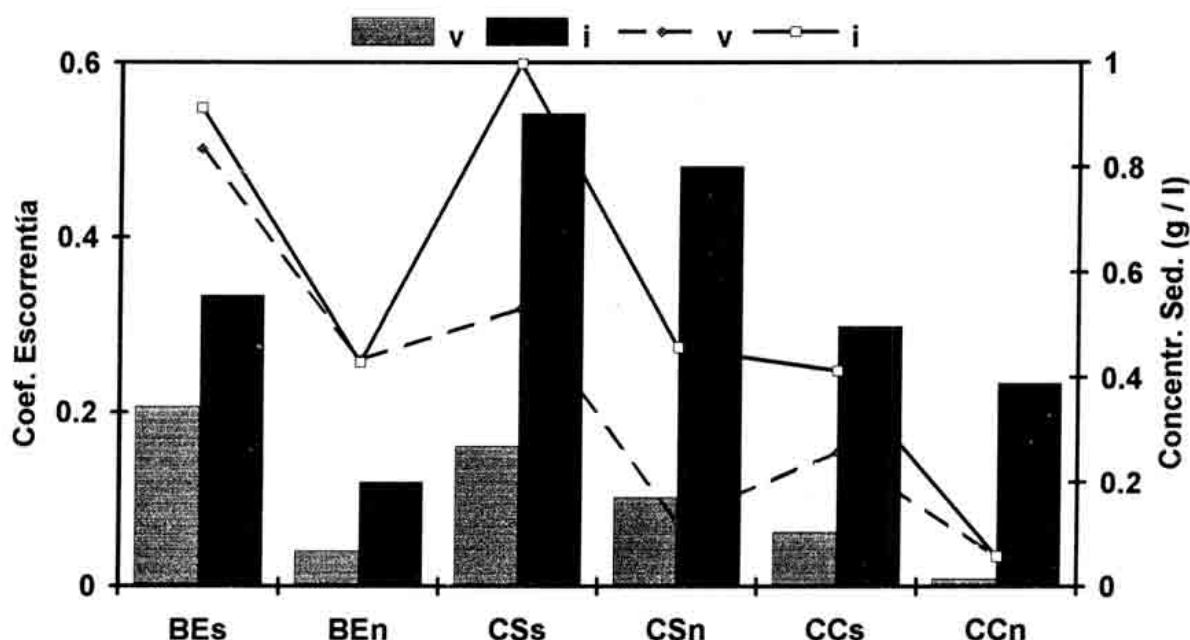


Figura 7. Valores medios de los coeficientes de escorrentía (en líneas) y concentración de sedimentos (en columnas) en verano e invierno (BE: Benidorm, CS: Callosa, CC: Cocoll; s: ladera sur, n: ladera norte).
 Mean values of the runoff coefficient (in lines) and sediment concentration (in columns) at the study slopes (BE: Benidorm, CS: Callosa, CC: Cocoll; s: south slope, n: north slope).

Por último, la exposición constituye un factor determinante para la respuesta hidrológica de los suelos. En las laderas Norte, donde las condiciones climáticas favorecen una mayor cobertura vegetal y el desarrollo de suelos más profundos, los coeficientes de escorrentía y la concentración de sedimentos son más bajos que en las laderas Sur, tanto en verano como en invierno.

5. Conclusiones

El gradiente altitudinal y climático a lo largo de las zonas de estudio se correlaciona con un gradiente en las características físicas de los suelos (textura, densidad aparente), con algunas propiedades químicas (contenido en materia orgánica, conductividad eléctrica), con el espesor y desarrollo de los suelos (Leptosoles en Benidorm, y suelos más evolucionados en Callosa y Cocoll), y con algunas propiedades hidrológicas (capacidad de infiltración, contenido en humedad) así como con su respuesta erosiva.

De la posición de las laderas en el gradiente, se derivan propiedades específicas para cada zona: la presencia de costras en Benidorm; la alta pedregosidad en Callosa y la distribución homogénea de la cubierta vegetal en Cocoll, que repercuten en el comportamiento hidrológico y erosivo de los suelos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a un proyecto de la Commission of the European Communities in the Climatology and Natural Hazards programm, EV5V-CT91-0023

Referencias bibliográficas

- Calvo, A., Gisbert, J., Palau, J. & Romero, M. (1988): Un simulador de lluvia portátil de fácil construcción. In: M. Sala y F. Gallart (eds.). *Metodos y técnicas para la medición en el campo de procesos geomorfológicos*. Monografía nº 1, Sociedad Española de Geomorfología. Zaragoza.
- Cerdá, A. (1993): *La infiltración en los suelos del País Valenciano*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Costa, M. (1986): *La vegetación en el País Valenciano*. Servicio de Publicaciones. Universitat de Valencia. Valencia.
- Eybergen, F.A. & Imeson, A.C. (1989): Geomorphological processes and climatic change. *Catena*, 16, 306-319.
- FAO (1977): *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Roma.
- FAO-UNESCO (1989): *Soil Map of the World. 1:5.000.000*. I. Revised Legend. Roma.
- IGME (1961-1981-1960): *Mapa geológico de España*. Esc. 1:50.000 hojas de Benisa 822, Villajoyosa 847 y Altea 848. Serv. de Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- Imeson, A.C. & Verstraten, J.M. (1985): The erodibility of highly calcareous soil material from Southern Spain. *Catena* 12, 291-306.
- Jackson, M.L. (1958): *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliff. Londres. 480 pp.
- Jackson, R.D. & Erie, L.J. (1973): *Soil and water management practises for Calcareous Soils*. Calcareous Soils, FAO Soils Bulletin 21, 95-111.
- Lavee, H., Imeson, A.C., Pariente, S. & Benyamini, Y. (1991): The response of soils to simulated rainfall along a climatological gradient in an arid and semi-arid region. *Catena* 19, 19-37.
- Lee, K. (1985): *Earthworms: their ecology and relationships with soil and land use*, 173-199. Academic Press. London.
- Massoud, F.I. (1973): *Some physica properties of highly calcareous soils and their related management practices*. Calcareous soils, FAO Soils Bulletin 21, 73-93.
- Ministerio de Agricultura (1986): *Metodos oficiales de análisis de suelos*. Tomo III. 178-188.
- Oades, J.M. & Waters, A.G. (1991): Aggregate Hierarchy in Soils, *Aust. J. Soil Res.*, 29, 815-828.
- Peech, M. (1945): Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils-rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. *Soil Sci.* 59, 25-38.
- Richards, L.A. (1964): *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agriculture Handbook, nº6. USDA.
- Rivas-Martínez, S. (1981): Etages bioclimatiques, secteurs chorologiques et series de vegetacion de l'Espagne mediterraneen. *Ecología Mediterránea*. 8 (1-2): 275-288. Marsella.
- Soriano, M.D., Boix, C., Calvo, A., Imeson, A., Cerdá, A. & Perez-Trejo, F. (1993): Metodología y diseño de campo experimental en ecosistemas degradados en un transecto altitudinal en la provincia de Alicante. *Cuadernos de Geografía*, 54, 268-284.