

C. BOIX FAYOS*
M.D. SORIANO SOTO*
A. CALVO CASES*
A.C. IMESON**

CARACTERIZACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE SU AGREGACIÓN EN DOS ZONAS MEDITERRÁNEAS DE CLIMA CONTRASTADO

RESUMEN

En el marco de una zona mediterránea, situada al Norte de la provincia de Alicante, se seleccionaron dos laderas de exposición sur y con características climáticas muy contrastadas para la determinación del estado de degradación de los suelos a través del estudio de su agregación. Por un lado, se tomaron perfiles de suelo siguiendo el concepto de catena a lo largo de las laderas de estudio, para su clasificación y determinación de las propiedades físicas y químicas en los horizontes superficiales. Por otro lado, se tomaron muestras superficiales de suelo en microambientes contrastados dentro de las mismas laderas, para el estudio exhaustivo de la agregación. Se corrobora como las condiciones climáticas influyen en la estructura del suelo, pero además otros factores, antiguos usos del suelo y tiempo de abandono de las tierras, influyen notablemente en el estado de degradación de los mismos.

Palabras clave: Agregación y estabilidad agregados suelo, degradación de suelos, propiedades físicas y químicas de los suelos.

ABSTRACT

Two south facing slopes, with contrasted climatological conditions, were selected in the framework of a Mediterranean zone, in the North of the province of Alicante, to study the soil aggregation in order to evaluate the state of the soil with respect to degradation. Soil profiles were taken following a catena along the studied slopes to carry out a soil classification and to analyze the physical and chemical properties of the soil. On the other hand, superficial soil samples were taken in different microenvironments in the studied slopes to perform a deep study of the soil aggregation. It is demonstrated how the climatological conditions are influencing the soil aggregation, however, other factors, like the former land uses and the period of land abandonment, are influencing the soil degradation.

Keywords: Soil aggregation and aggregate stability, soil degradation, physical and chemical soil properties.

* Departament de Geografia, Universitat de València.

** Fysisch Bodemkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam.

INTRODUCCIÓN

Condiciones climáticas favorables favorecen el desarrollo de suelos profundos y bien estructurados. Unas condiciones climáticas restrictivas (altas temperaturas y bajas precipitaciones, ciclos hielo-deshielo, ciclos humectación-desección (REGÜÉS *et al.*, 1994)) merman la estructura de los suelos, produciendo agregados poco estables y dando lugar a suelos poco profundos. Pero, además de las condiciones climáticas, existen muchos más factores que contribuyen al deterioro o a la mejora de la estructura de los suelos, como las actividades agrícolas en el pasado, los usos actuales del suelo o la edad de abandono de los campos de cultivo. La agregación de los suelos determina el estado de su estructura, y su estructura puede utilizarse como un indicador del estado de degradación de los mismos. La agregación es un proceso sensible a cambios climáticos, dependiendo entre otros factores, de la actividad biológica. Así mismo juega un papel clave en los procesos de erosión, infiltración, retención de agua y evaporación.

El análisis de la microagregación del suelo es importante puesto que influye y determina procesos como el desarrollo de costras superficiales y la disponibilidad de material para el transporte mecánico (IMESON y VERSTRATEN, 1989). La estabilidad de los agregados determina en gran parte la erodibilidad de un suelo, ya que a una mayor estabilidad es de suponer una menor influencia de procesos como el *rainsplash* y una menor disponibilidad de sedimento susceptible de ser arrastrado por escorrentía superficial, así como una menor incidencia de los procesos de sellado y encostramiento superficial.

Las dos laderas en las que se ha desarrollado el estudio están situadas (Figura 1) en la provincia de Alicante, próximas a las localidades de Benidorm (BE) y Castell de Castells (Cocoll - CC). Se seleccionaron dos laderas de exposición sur y litología calcárea (Cretácico Superior). La ladera de Benidorm se encuentra a una altitud aproximada de 100 m, se hallan en ella vestigios de largo tiempo de abandono de las actividades agrícolas (unos 50 años) y la vegetación dominante es *Stipa tenacissima*, *Brachypodium retusum*, *Globularia alypum*, *Rosmarinus officinalis* y *Pinus halepensis* (STUBING, 1985; COSTA, 1986). La ladera de Cocoll se halla situada a unos 900 m de altitud, ha sufrido múltiples incendios forestales y fue dedicada al pastoreo en el pasado. Las especies de vegetación dominantes son: *Ulex parviflorus*, *Rosmarinus officinalis*, *Cystus albidus*, *Juniperus oxycedrus*, *Thymus vulgaris* y *Matricaria chamomilla* (STUBING, 1985; COSTA, 1986). Es de destacar la gran diferencia en cuanto a condiciones climáticas asociadas al fuerte gradiente altitudinal. Ambas laderas son representativas de los paisajes mediterráneos desarrollados sobre calizas. La de Benidorm está en una zona montañosa muy cercana al mar con actividades agrícolas en el pasado y condiciones climáticas muy secas. La de Cocoll representa a una zona de alta montaña afectada por incendios forestales y pastoreo en el pasado, con condiciones climáticas húmedas.

En este artículo pretendemos valorar el estado de degradación de los suelos a través del estudio de la agregación en dos zonas de características similares (exposición, litología, suelos) pero de clima contrastado, pertenecientes ambas al ámbito mediterráneo. Por una parte y como paso previo, se tomaron varios perfiles de suelo a lo largo de cada ladera, para clasificarlo y determinar las propiedades físicas y químicas de los

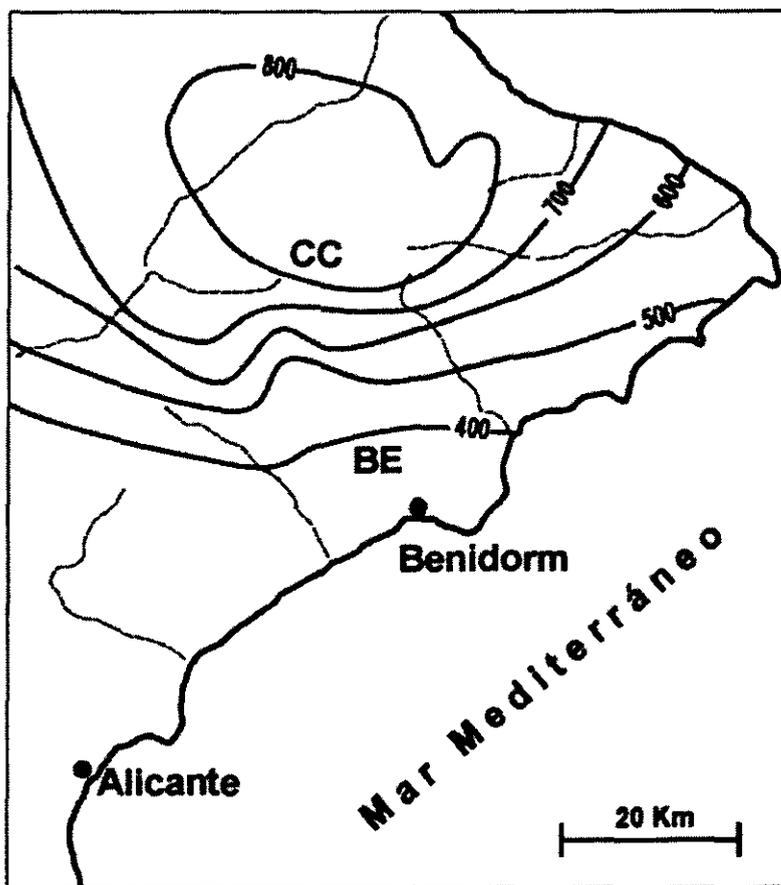


Fig. 1. Mapa de localización

horizontes superficiales. Por otra parte, hemos realizado un análisis espacial y temporal de la agregación en los horizontes superficiales, tomando muestras superficiales de suelo en distintos microambientes dentro de cada ladera y en distintas épocas del año, para caracterizar la dinámica temporal de la agregación y la influencia de factores específicos (principalmente la presencia o no de vegetación).

Centramos el estudio de la agregación de los suelos en dos fracciones: por un lado, lo que consideramos agregados grandes o macroagregados (entre 10 mm y 0.105 mm), de los cuales analizamos su distribución en tamaños y su estabilidad en la fracción 4 mm-4.8 mm. Por otro lado, consideramos la distribución de tamaños de los agregados más pequeños o microagregados (<0.105 mm).

METODOLOGÍA Y ESTRATEGIA DE MUESTREO

En primer lugar, se abrieron a lo largo de cada ladera varios perfiles de suelo siguiendo el concepto de catena (5 en Benidorm y 4 en Cocoll), se describieron en el campo (F.A.O., 1977; F.A.O.-U.N.E.S.C.O., 1988) y se analizaron las muestras de los horizontes superficiales en el laboratorio, realizándose las siguientes determinaciones: Textura (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1986), pH, Salinidad (RICHARDS, 1964), Contenido en carbonatos (JACKSON, 1958), Contenido en materia orgánica (WALLKEY y BLACK, 1934), Capacidad de cambio catiónico (PEECH, 1945) y Microagregación (EDWARDS y BREMNER, 1964). El test de estabilidad de agregados por impactos de gotas de agua individuales (IMESON & VIS, 1984; IMESON & VERSTRATEN, 1985).

En segundo lugar, se establecieron tres parcelas de control distribuidas desde la parte alta de la ladera hasta la parte baja. En cada una de las parcelas se seleccionaron cuidadosamente puntos de muestreo que fueran representativos de los microambientes de cada parcela. Así pues se escogieron para el muestreo: espacios desnudos de vegetación (en el caso de Benidorm con costra superficial y en caso de Cocoll pedregosos), espacios cubiertos de herbáceas (*Brachypodium retusum*), con un 75 % aproximado de cubierta vegetal y algunos puntos debajo de plantas individuales de entre las especies dominantes (*Stipa tenacissima* en Benidorm y *Rosmarinus officinalis* y *Ulex parviflorus* en Cocoll) (STUBING, 1985; COSTA, 1986) con un 100 % de cubierta vegetal. En total 13 puntos de muestreo.

Se tomaron mensualmente muestras para determinar: el contenido en humedad, densidad aparente y pedregosidad, en los 3 cm superficiales de suelo. En los mismos puntos se tomaron muestras para la determinación de la agregación.

Para la determinación de la distribución del tamaño de los agregados se secaron las muestras al aire y se tamizaron a mano en los siguientes tamaños: >10, 10-5, 5-2, 2-1 y 1-0.105 mm, eliminando las piedras y hojarasca hasta la fracción 2 mm. Para la fracción menor de 0.105 mm, se determinó la distribución del tamaño de los agregados con un Microscan II Quantachrome. Primero sumergidos en agua y posteriormente dispersada la muestra con pirofosfato de sodio y baño de ultrasonidos (EDWARDS y BREMNER, 1964; IMESON y VERSTRATEN, 1985). También se determinó la materia orgánica para todas las muestras (WALLKEY y BLACK, 1934). Se aplicó el test de la gota (Drop Test, CDN: Counting Number of Drops) para determinar la estabilidad de los agregados en la fracción 4-4.8 mm (IMESON y VIS, 1984; IMESON y VERSTRATEN, 1985), secados al aire y a pF 1.

En cada ladera se instaló una estación meteorológica automática que recoge datos de: precipitación y temperaturas del aire y suelo a intervalos de diez minutos. Los sensores de temperatura del suelo están distribuidos de manera que cubren los microambientes (vegetación, espacios desnudos, sombras etc.) que caracterizan los puntos de muestreo en las parcelas de control.

RESULTADOS

Condiciones climáticas

La figura 2 ha sido elaborada a partir de los datos de precipitación recogidos en las estaciones meteorológicas instaladas en las laderas de estudio. Muestra la precipitación acumulada durante un período de 13 meses y viene a corroborar el gradiente climático intuido en la zona. Las figuras 3 y 4 nos muestran los datos mensuales de precipitación y temperaturas medias en ambas laderas, a partir de los datos disponibles recogidos en las estaciones instaladas. En un período mayor de 13 meses la precipitación acumulada en Cocoll es de unos 1.380 mm mientras que en Benidorm no supera los 400 mm. Asimismo, la temperatura media máxima mensual se alcanza en Benidorm en Junio 28.2°C y en Cocoll en Agosto 20°C. Las figuras 5 y 6 muestran la evolución de la humedad y temperatura del suelo en dos puntos representativos de cada ladera. En la humedad del suelo a lo largo del año, se observa un período seco que abarca desde Mayo a Septiembre en el caso de Benidorm, y desde Mayo a Julio, en el caso de Cocoll. Especialmente en Benidorm, bajo mínimos contenidos de humedad (Junio, Julio y Agosto), el suelo debajo de las plantas muestra valores más altos que en los espacios desnudos. Ocurre al contrario cuando las condiciones de humedad del suelo son máximas, los espacios desnudos (con un 0% de intercepción por la vegetación) se humedecen más que los vegetados aunque sufren rápidas pérdidas por evaporación.

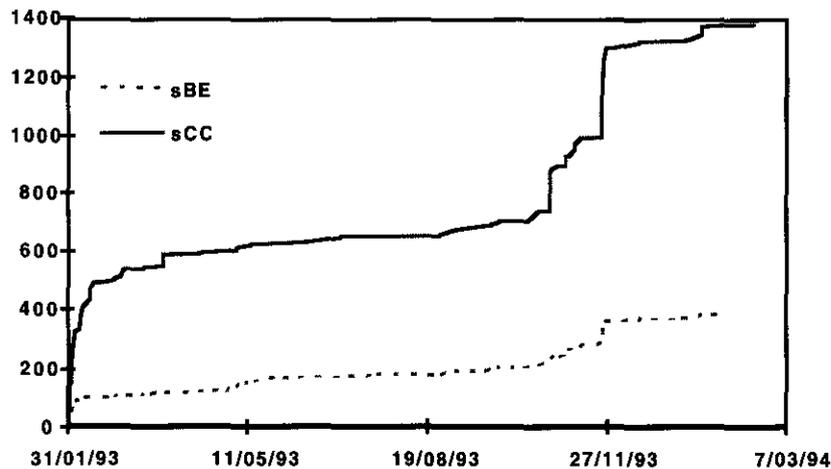


Fig. 2. Precipitación acumulada en las laderas sur de Benidorm y Cocoll (datos procedentes de las estaciones meteorológicas instaladas en las laderas de estudio)

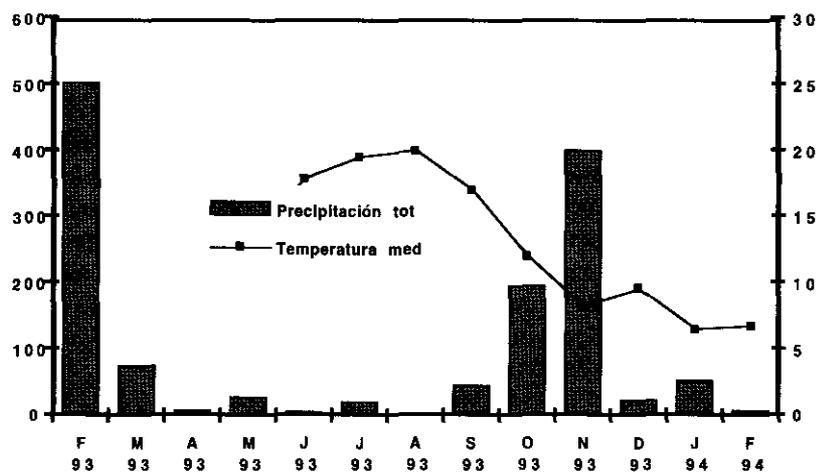


Fig. 3. Total de precipitación mensual y temperaturas medias mensuales en la estación de la ladera sur de Cocoll

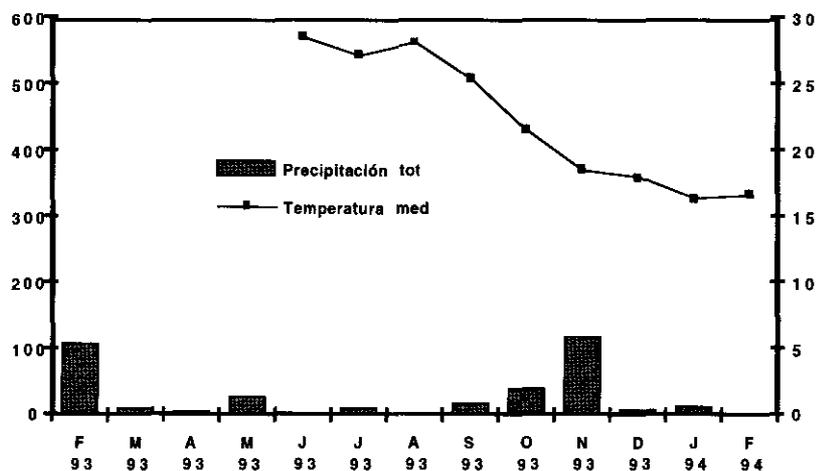


Fig. 4. Total de precipitación mensual y precipitaciones medias mensuales en la estación de la ladera sur de Benidorm

Las temperaturas del suelo diarias muestran los valores máximos en Benidorm, en el mes de Julio y en los espacios desnudos (50°). En Cocoll se alcanzan también valores máximos muy elevados en los espacios desnudos en Julio y Agosto (>40°). Para el suelo debajo de vegetación los valores máximos alcanzados en Agosto son de 30° para Cocoll y 35° para Benidorm. El hecho más destacable es la gran diferencia en la

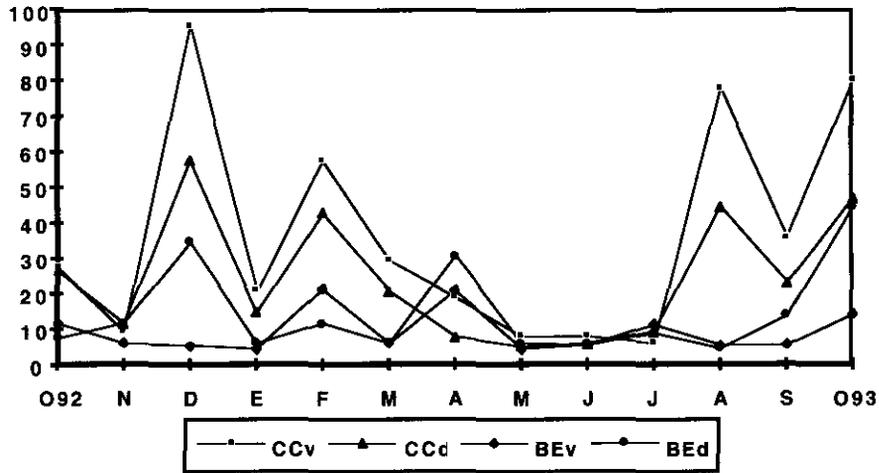


Fig. 5. Evolución de la humedad a lo largo del año (CC: Cocoll, BE: Benidorm, v: vegetado, d: desnudo)

amplitud térmica que aparece entre espacios desnudos y vegetados (Figura 6). Los espacios con vegetación mantienen siempre, en verano e invierno, temperaturas moderadas, con máximas y mínimas muy cercanas a la media anual. Los espacios desnudos muestran amplios contrastes térmicos, con máximas y mínimas que se alejan mucho de la media. Esta amplitud térmica de los espacios desnudos es mucho más importante en Cocoll que en Benidorm.

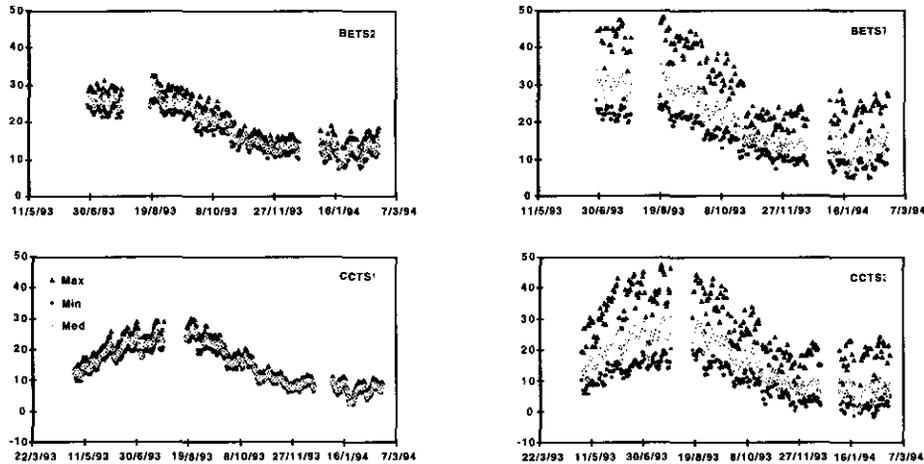


Fig. 6. Temperaturas del suelo (máximas, mínimas y medias diarias): BETS2, Benidorm, suelo bajo *Stipa Tenacissima*; BETS7, Benidorm, suelo desnudo; CCTS1, Cocoll, suelo bajo *Rosmarinus officinalis*; CCTS3, Cocoll, suelo desnudo

Características físicas y químicas de los suelos

La figura 7 resume las características físicas y químicas de los horizontes superficiales en los perfiles estudiados

En Benidorm aparecen suelos poco desarrollados, Leptosoles líticos con una profundidad máxima de 18 cm al pie de las laderas. Presentan estructura granular moderada o fina. Como característica favorable poseen una elevada actividad biológica (lombrices) y la existencia de masas amorfas producto de su actividad que favorecen la agregación.

El contenido en carbonatos es elevado (25.9 y 51.8%). Su textura es franco-limosa con un incremento del contenido en arcilla en las partes media y baja de la ladera. Los valores de pH se hallan ligeramente por debajo de 8 y la conductividad eléctrica entre 0.37 y 0.18 mS. Se trata de suelos saturados en bases con valores de C.I.C. entre 15.88 a 38.50 cmolc.Kg⁻¹. El Calcio es el catión dominante (15.08 y 23.66 cmolc.Kg⁻¹). El magnesio varía entre 1.62 y 2.74 cmolc.Kg⁻¹) y el Potasio entre 0.32 y 0.78 cmolc.Kg⁻¹. El Sodio de cambio es el que mayor variación presenta (0.17 - 0.80 cmolc.Kg⁻¹).

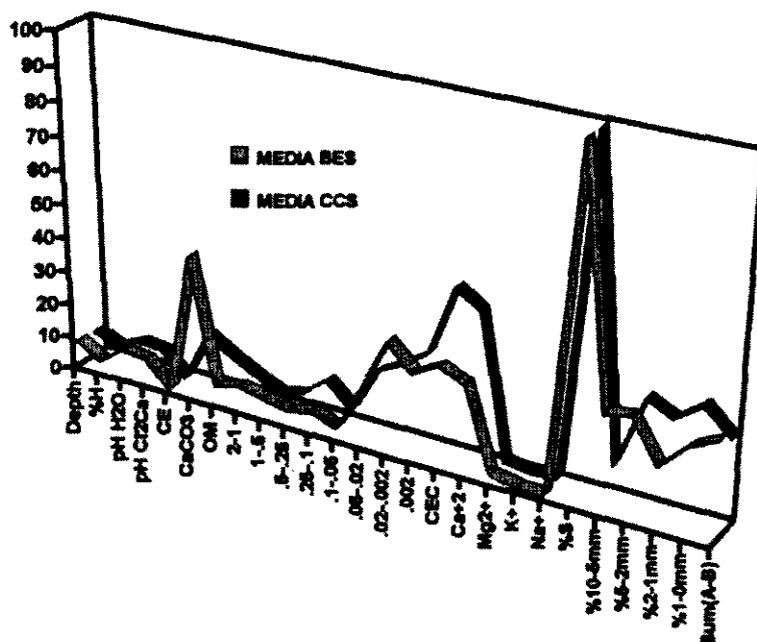


Fig. 7. Propiedades físicas y químicas de los horizontes Ah de los suelos de Benidorm y Cocoll (valores medios) (SUMA (A-B): Microagregación total estable en agua; Depth: profundidad del suelo)

En Cocoll aparecen dos tipos de suelos, Leptosoles líticos sobre las superficies más pedregosas y erosionadas (la mayor parte de la ladera) y Luvisoles crómicos en las zonas con mayor desarrollo y espesor de suelo (zonas restringidas de la ladera). La textura es franca o franco arcillosa y su principal característica en relación con otras áreas es su elevado contenido en materia orgánica (13.73 %), lo que condiciona la capacidad de intercambio catiónico más elevada que en Benidorm.

Se observa una cierta carbonatación en los horizontes superficiales (32.42%). Los valores de pH oscilan entre 7.37 y 8.45 y los de conductividad eléctrica entre 0.13 y 0.36 mS. Son suelos saturados en bases donde el Calcio es el catión dominante. El Magnesio de cambio varía de 0.94 a 3.53 cmolc.Kg⁻¹ y el Potasio de 0.32 a 1.65 cmolc.Kg⁻¹. El Sodio presenta una gran variación oscila entre 0.02 y 3.61 cmolc.Kg⁻¹.

Dinámica de la agregación

Comparación entre laderas

En Benidorm (BE) el tamaño de agregados dominante es de 5-2 mm. Aunque encontramos alta proporción de agregados grandes (10-5 mm) y baja de menores de 2 mm.

En Cocoll (CC) el tamaño de agregados dominante es 1-0.105 mm, siendo escasos los agregados grandes (10-5 mm y 5-2 mm).

En lo referente a la microagregación (< 0.105 mm), el volumen total es siempre y para todos los casos mayor en Benidorm que en Cocoll, aunque por el contrario el tamaño medio de los microagregados es siempre mayor en Cocoll que en Benidorm, así como el contenido en materia orgánica.

Los contenidos en materia orgánica tienden a ser más altos en Cocoll entre Febrero y Mayo y en Benidorm entre Mayo y Agosto. En Cocoll son bastante similares en toda la ladera, tendiendo a disminuir hacia la parte más alta. Para Benidorm sucede lo contrario, los contenidos en materia orgánica van aumentando claramente hacia la parte más alta de la ladera, al tiempo que parece que la microagregación estable en agua aumenta también hacia la parte alta de la ladera.

Respecto a las diferencias estacionales, en la macroagregación (10 < 0.105 mm) se observa una clara diferencia estacional entre invierno y verano (Figura 8 y 9). En Octubre aparecen grandes contrastes entre ambas laderas así como entre espacios vegetados y desnudos, estas diferencias se atenúan en Febrero, volviendo a aparecer en Mayo y todavía más contrastadas en Agosto.

La microagregación de los suelos de Benidorm es mayor en verano (Mayo, Junio, Agosto) así como el tamaño medio de los microagregados y el contenido en materia orgánica también aumenta. Para Cocoll la microagregación estable en agua es mayor a finales del invierno y primavera (Febrero, Marzo y Junio) así como la materia orgánica. Este resultado nos indica que en Benidorm la actividad biológica de la primavera se refleja en un alto porcentaje de microagregación en verano, a pesar de las altas temperaturas, la actividad biológica es mayor que en invierno, siendo más favorable debajo de las plantas y en espacios sombreados con menor amplitud térmica y mayor retención de agua.

En Cocoll la microagregación es mayor entre Febrero y Junio. A finales de Febrero con altos contenidos de humedad y temperaturas moderadas en el suelo, la actividad biológica produce microagregados hasta Junio .

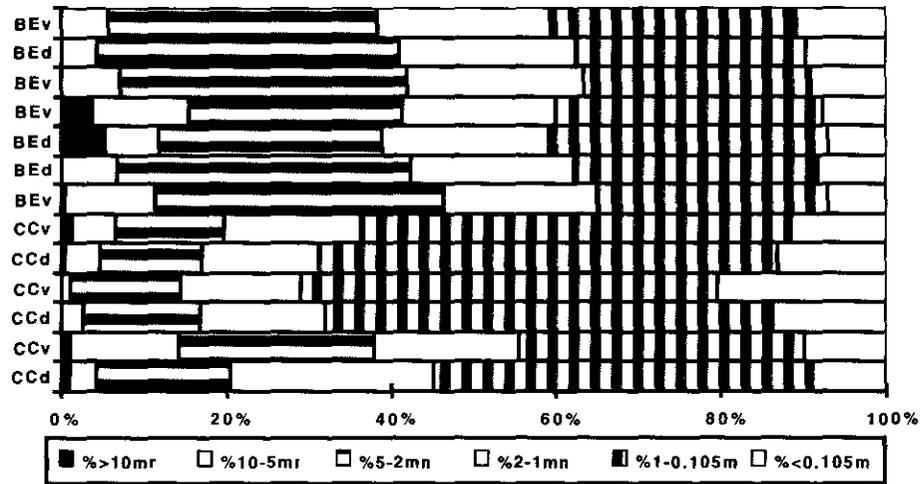


Fig. 8. Distribución de agregados por tamaños en Febrero.(CC: Cocoll, BE: Benidorm, v: vegetado, d: desnudo)

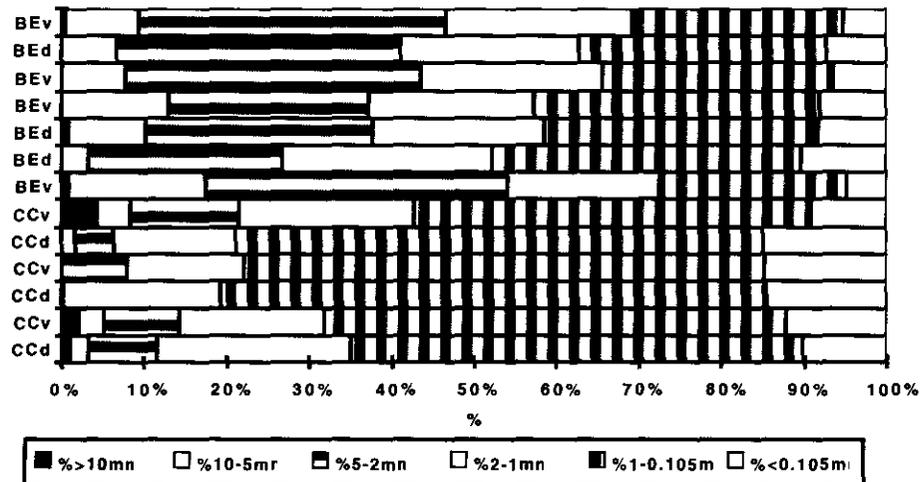


Fig. 9. Distribución de agregados por tamaños en Agosto.(CC: Cocoll, BE: Benidorm, v: vegetado, d: desnudo)

Variaciones dentro de una misma ladera

Cocoll muestra una mayor variabilidad espacial en lo que se refiere a la distribución de tamaños de los macroagregados. Es una ladera muy heterogénea, apareciendo agregados muy pequeños en los espacios desnudos y muy grandes en las zonas vegetadas.

En Benidorm también aparecen agregados más grandes debajo de las plantas, aunque en los espacios desnudos importantes porcentajes de agregados grandes se encuentran bajo la costra superficial.

La microagregación presenta aproximadamente la misma variabilidad espacial en ambas laderas, bajo vegetación la microagregación total es más elevada que en los espacios desnudos, aunque en éstos los diámetros medios de los microagregados son mayores. La mayor actividad biológica bajo la vegetación, donde se dan temperaturas más moderadas, menor amplitud térmica diaria y anual, mayor retención de agua en épocas secas y mayor incorporación de materia orgánica, favorece la nueva producción de microagregados, lo cual hace descender el diámetro medio de los microagregados.

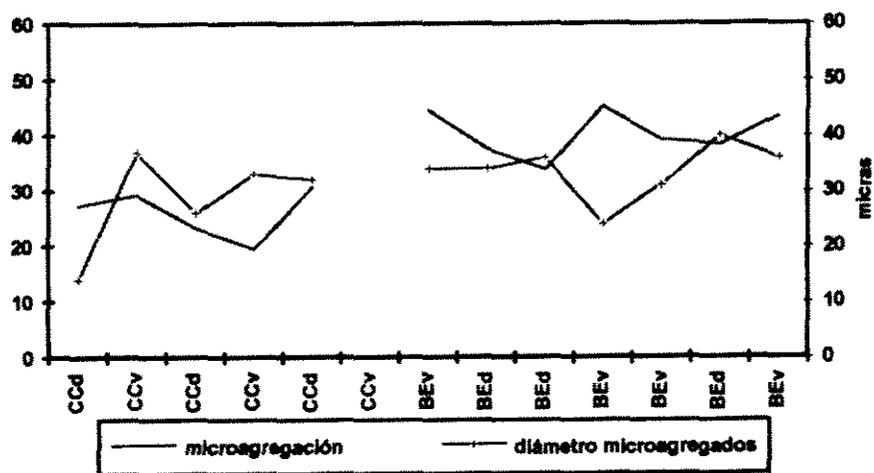


Fig. 10. Microagregación (<0.105 mm) en Febrero (CC: Cocoll, BE: Benidorm v: vegetado, d: desnudo)

Si analizamos los meses de Febrero y Agosto (Figuras 10 y 11) podemos observar que las líneas que definen la microagregación y el diámetro de los microagregados son casi simétricas, lo cual nos indica que debemos tener en cuenta los dos conceptos al hablar de microagregación.

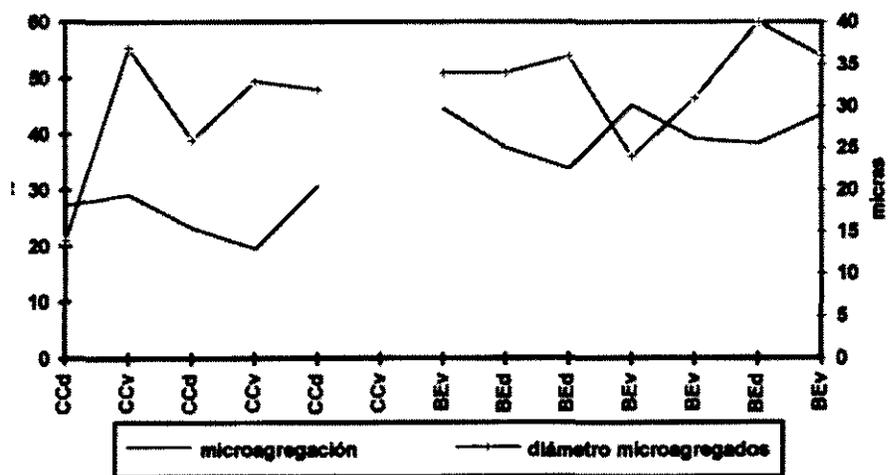


Fig. 11. Microagregación ($< 0.105 \text{ mm}$) en Agosto (CC: Cocoll, BE: Benidorm, v: vegetado, d: desnudo)

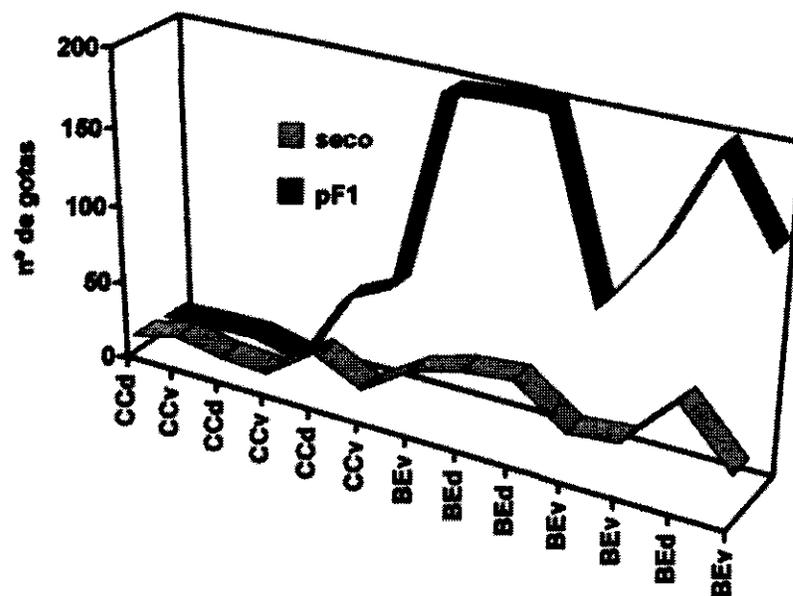


Fig. 12. Estabilidad de agregados en la fracción 4-4.8 mm (CC: Cocoll, BE: Benidorm, v: vegetado, d: desnudo)

Estabilidad de agregados

La estabilidad de los agregados, medida con el test de gotas individuales, es mucho mayor en Benidorm que en Cocoll, tanto en seco como a pF1 (Figura 12). La diferencia más notable está en que mientras los agregados de Benidorm aumentan enormemente su estabilidad a pF1, resistiendo en la mayoría de los casos el impacto de 200 gotas, los de Cocoll sólo aumentan su estabilidad mínimamente a pF1 y en sólo dos casos. Por otra parte no podemos decir que el contenido en materia orgánica sea determinante para la estabilidad, ya que en Cocoll con altos contenidos en materia orgánica los agregados son muy inestables, especialmente aquellos de las partes de la ladera en las que el contenido en arena es mayor que el contenido en arcilla. En Benidorm los contenidos en arcilla son más altos que en Cocoll, así como la actividad biológica, produciendo agregados mucho más estables.

DISCUSIÓN

Un estudio preliminar (Boix *et al.*, 1994) apunta como los factores climáticos son importantes en la determinación de la estructura del suelo, aunque otros factores, generalmente antrópicos, condicionan enormemente su estado de degradación. Sin embargo, aunque se mantiene esta hipótesis, algunas propiedades químicas de los suelos como el contenido en materia orgánica y la CIC se muestran claramente dependientes de las condiciones climáticas.

Los Leptosoles líticos de Benidorm, la zona más baja y con condiciones climáticas más áridas, muestran una proporción de agregados grandes (10-5mm, 5-2 mm) mayor que los Leptosoles líticos de Cocoll. Estos agregados grandes son allí producto de la actividad de lombrices de tierra, que es especialmente visible tras períodos de suelo húmedo. En Benidorm aparecen señales (antiguas terrazas de cultivo muy deterioradas) de largo tiempo de abandono de las actividades agrícolas, lo cual se refleja actualmente en una elevada actividad biológica en el suelo. Al mismo tiempo estos agregados muestran una elevada estabilidad en la fracción 4-4,8 mm y un alto porcentaje de microagregación (<0.105 mm) que se relaciona con elevados contenidos de arcilla. La mayor microagregación aparece debajo de las plantas, aunque también es elevada en los espacios desnudos. Esta alta microagregación en los espacios desnudos forma parte de una importante costra superficial, ya ha sido señalada por algunos autores la importancia de la microagregación en el desarrollo de costras (IMESON y VERSTRATEN, 1989). Esta costra superficial en los espacios desnudos de Benidorm protege al mismo tiempo a los agregados grandes que se forman bajo ella.

Cocoll es una zona con importantes precipitaciones pero con una elevada amplitud térmica diaria y anual, aparece muy degradada debido al pastoreo, en el pasado, y a los incendios forestales pasados y presentes. Aunque con elevadas precipitaciones, los contrastes térmicos existentes en Cocoll tienen una influencia negativa sobre la porosidad y la agregación de los suelos (REGÜÉS *et al.*, 1994). Si además añadimos los bajos contenidos en arcilla dan como resultado agregados más pequeños y muy poco estables.

Aunque en Cocoll aparecen Luvisoles crómicos (con un horizonte argílico en profundidad), éstos no son lo suficientemente representativos como para haber establecido puntos de muestreo superficial de la agregación sobre ellos, ya que se limitan a zonas puntuales; sin embargo en algunos puntos de muestreo cercanos a ellos, donde el contenido en arcilla se incrementa, la microagregación estable en agua y la estabilidad de los agregados grandes también aumenta.

Debido a esta baja estabilidad, las variaciones estacionales de los agregados son mayores que en Benidorm. Agregados de 5-2 mm y 2-1 mm se destruyen con las lluvias de otoño e invierno y se incorporan a fracciones más pequeñas, apareciendo mayor microagregación en los meses con mayor contenido de humedad en el suelo.

La microagregación se ve favorecida por los períodos de actividad biológica (más bajo la vegetación que en los espacios desnudos) y los de elevada humedad en el suelo. En Benidorm, la actividad biológica comienza en Marzo y se refleja posteriormente, desde Agosto a Octubre, en una mayor microagregación, este retraso en el producto de la actividad biológica ya ha sido señalado por algunos autores (LYNCH y BRAGG, 1985).

En Cocoll el período de actividad biológica responsable de la formación de microagregados abarca de Marzo a Junio y se refleja en una mayor microagregación en ese período, con algunas excepciones como Febrero y Diciembre que coinciden con elevados contenidos de humedad en el suelo.

La ladera de Cocoll muestra una elevada heterogeneidad espacial y temporal en la agregación de los suelos. La ladera de Benidorm es menos heterogénea, la agregación de los suelos mejora su estructura aunque las restricciones climáticas (bajas precipitaciones y elevadas temperaturas) da lugar a suelos poco profundos y poco desarrollados.

CONCLUSIONES

En ambas laderas los suelos más representativos son los Leptosoles líticos, sin embargo, muestran condiciones de degradación de la estructura diferentes relacionadas más con los usos del suelo pasados y presentes que con las condiciones climáticas.

El pastoreo en el pasado, los incendios forestales y la amplitud térmica se muestran como importantes limitaciones al desarrollo de una buena estructura en los suelos de Cocoll, a pesar de que las elevadas precipitaciones dan lugar a una mayor biomasa vegetal y mayores contenidos de materia orgánica en el suelo.

Los suelos de Benidorm bajo unas condiciones climáticas semiáridas, pero con un largo tiempo de abandono de las actividades agrícolas muestran una elevada actividad biológica que se refleja en una buena estructura (agregados grandes y estables y microagregación abundante) aunque aparecen costras superficiales que pueden tener repercusiones negativas sobre la aireación y la hidrología de estos suelos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Comunidad Económica Europea con el proyecto EV5V-CT91-0023.

REFERENCIAS

- BOIX, C.; CALVO, A.; SORIANO, M.D.; TIEMESSEN, I. (1994): Variabilidad espacio temporal de la agregación de suelos en laderas mediterráneas. *Geomorfología de España (II)*. Logroño.
- COSTA, M. (1986): *La vegetación en el País Valenciano*. Servicio de Publicaciones. Universitat de València. València.
- EDWARDS, A.P., BREMNER, J.M. (1964): Use of sonic vibration for separation of soil particles. *Canadian Journal of Soil Science*. 44, 366.
- IMESON, A.C., VIS, M. (1984): Assessing soil aggregate stability by ultrasonic dispersion and water-drop impact. *Geoderma*, 34, 185-200.
- IMESON, A.C., VERSTRATEN, J.M. (1985): The erodibility by ultrasonic dispersion and water-drop impact. *Geoderma*, 34, 185-200.
- (1989): The microaggregation and erodibility of some semi-arid and mediterranean soils. *Catena supplement* 14, 11-24.
- F.A.O. (1977): *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Roma.
- F.A.O.-U.N.E.S.C.O. (1988): *Soil Map of the World. 1:5.000.000*. I. Revised Legend. Roma.
- JACKSON, M.L. (1958): *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliff. Londres. 480 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1986): *Métodos oficiales de análisis de suelos*. Tomo III. 178-188.
- LYNCH, J.M., BRAGG, E. (1985): Microorganisms and Soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, 2, 135-171.
- PEECH, M. (1945): Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils-rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. *Soil Sci*. 59, 25-38.
- REGÜÉS, D., PARDINI, G., VIGNA GUIDI, G., GALLART, F. (1994): El efecto de los ciclos térmicos e hídricos sobre las rocas arcillosas, un experimento de laboratorio. *Geomorfología de España (I)*. Logroño.
- RICHARDS, L.A. (1964): Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook*, nº6. USDA.
- STUBING, G. (1985): *Estudio fitosociológico y catenal de los matorrales seriales termófilos valencianos*. Tesis Doctoral. Fac. Farmacia. Univ. Valencia (inéd).
- WALLKEY, A., BLACK, I.A. (1934): An examination of the Degtjarett method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37, 29-38.

