

MICROMORFOLOGÍA DE COSTRAS SUPERFICIALES EN SUELOS DE VIÑA EN EL ANOIA-PENEDÈS: IMPLICACIONES EN EL MANEJO DE SUELOS.

R. M. POCH, L. JACOVELLA y A. USÓN

Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, UdL

Abstract: The objective of this study is to know the mechanisms of surface crusting in bare vineyard soils and their consequences in the recommendation of soil conservation practices. A micromorphological approach was used to study 34 surface crusts, 2 to 10 mm thick, due to natural and artificial rain. They were classified according to the classification of Valentin y Bresson (1992) as structural crusts: desagregation, sorted and coalescent; and as depositional crusts: runoff and erosion. High intensity rainfalls -artificial rain- originated coalescent crusts with a low porosity. The most common and effective crusting process consists in the deposition of eroded material along the runoff paths of the fields. There are apparently no relation between the thickness or type of crust and the structural stability of the materials measured with the method of Pierson y Mulla (1989), probably because crusting is more related to the microtopography and the runoff control than soil erodibility. These results indicate that the best management practices for erosion control in these soils consist in increasing their structural stability with organic amendments and protecting the soil with materials in contact with its surface, as could be a permeable mulch to increase rugosity and infiltration capacity

Resumen: Con el propósito de conocer los mecanismos de encostramiento superficial en suelos de viña desnudos, y sus implicaciones para la recomendación de prácticas de conservación de suelos, se llevó a cabo un estudio micromorfológico de 34 costras superficiales debidas a lluvia natural y a riego por aspersión. La mayoría de las costras superficiales estudiadas tienen grosores entre 2 y 10 mm. Las más delgadas son costras estructurales de distintos tipos, según la clasificación de Valentin y Bresson (1992): de desagregación, granoclasificadas y coalescentes. Las más gruesas corresponden a costras deposicionales de escorrentía o de erosión. Se observa que lluvias intensas -riego por aspersión- originan costras coalescentes de baja porosidad. El proceso de encostramiento más frecuente es el deposicional por escorrentía, debido al bajo control de la misma en el suelo desnudo de viña. No se ha encontrado ninguna relación entre el grosor o tipo de costra y el grado de estabilidad estructural mediante el método de Pierson y Mulla (1989), probablemente porque el encostramiento está más relacionado con la microtopografía y el control de la escorrentía que con la erosionabilidad del material. Estos resultados indican que las prácticas más efectivas de control de la erosión en estos suelos consisten en aumentar la estabilidad estructural mediante enmiendas orgánicas y en proteger el suelo con materiales en contacto directo con la superficie, como sería un mulch permeable que aumentara su rugosidad y su capacidad de infiltración.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno del sellado y encostramiento de la superficie del suelo por el impacto de las gotas de lluvia es bien conocido y ha sido objeto de investigaciones tanto a nivel de su morfología y génesis como de los efectos sobre las propiedades hidráulicas y de compacidad de los suelos (Mutchler y Young, 1975; Schwab *et al.*, 1993).

Las características generales de los sellados y las costras son su espesor milimétrico, su porosidad no conectada en forma de vesículas y su estructura laminar, las cuales impiden el paso del agua reduciendo la capacidad de infiltración del suelo y dificultan la emergencia de semillas (Sombroek 1985, Morgan, 1986). En su proceso de formación la energía cinética de las gotas y de la escorrentía son los agentes activos desestructurantes de las capas superficiales del suelo, reorganizando las partículas y colmatando los poros; mientras que el suelo, como agente pasivo, presenta distintas susceptibilidades al sellado y encostramiento en función de su estabilidad estructural.

Clásicamente las costras superficiales corresponden a dos tipos básicos: costras estructurales y costras de sedimentación (Valentin y Bresson 1992, West *et al.* 1992). Las primeras se deben a una reorganización de los componentes de los agregados destruidos in situ, por el impacto de las gotas o la coalescencia de los agregados húmedos, mientras que las de sedimentación implican un desplazamiento lateral de las partículas y su posterior depósito, formando capas granoclasificadas.

Factores como valores de ESP elevados (Gaheen 1985), presencia de arcillas hinchables (Courty, 1985), contenidos bajos de hierro (Sombroek 1985) y texturas limosas han sido relacionadas con la susceptibilidad al sellado y encostramiento. La mayor parte de estudios sobre génesis de costras se ha llevado a cabo bien en países templados húmedos, bien en zonas tropicales. Los procesos de encostramiento en suelos mediterráneos con altos contenidos en carbonatos han sido objeto de menor atención, a

pesar de la extensión y importancia del fenómeno en la generación de escorrentía y en la erosión.

El presente estudio se ha llevado a cabo en suelos de viña de las comarcas Anoia - Penedès en Cataluña, dentro del marco del Proyecto CESVI financiado por la CICYT, con el objeto de caracterizar micromorfológicamente las costras superficiales causadas por lluvias naturales y artificiales, en una zona con problemas graves de erosión hídrica (Boixadera *et al.*, 1990, Ramos *et al.*, 1991) y obtener información sobre la génesis y posibles alternativas de manejo de los suelos con vistas a reducir la erosión.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio (Fig 1) se encuentra entre las comarcas del Anoia y del Penedès, dedicadas tradicionalmente a la producción de cava y vino de alta calidad (DO Penedès).

La pluviometría anual de la zona es de 661 mm, distribuidos de forma bimodal a lo largo del año, y con una variabilidad máxima en verano que es cuando se registran las lluvias más erosivas. Concretamente, durante el periodo de máxima precipitación, un 25% de las lluvias son superiores a 30 mm en 24 horas (Ramos y Porta, 1993).



Figura 1: Localización de la zona de estudio

El valor medio de la erosividad de la lluvia es $R = 1161 \text{ Mj.mm/ha.h.año}$, de la cual el 80% aproximadamente tiene lugar entre julio y octubre (Ramos y Porta, 1993).

La zona se encuentra geológicamente en una cubeta de sedimentación terciaria, siendo el sustrato calcilitas que están parcialmente cubiertas por materiales detríticos procedentes de relieves colindantes y por aluviones del río Anoia. Toda la zona se encuentra surcada por una profunda red de cárcavas y barrancos, tributaria del río Anoia, que ocupan cerca del 25% de la superficie, y que alcanzan a veces los 40 m de profundidad.

En el cultivo de la viña el suelo se mantiene libre de malas hierbas mediante laboreo. El tipo de medidas tradicionales de conservación de suelos y aguas son terrazas de tipo granadino (denominadas «rases») que desaguan eventualmente en canales, los cuales excepcionalmente están enherbados para reducir la erosión.

Las costras estudiadas pertenecen a suelos clasificados como Xerochrepts petrocálcicos y calcixeróllicos (SSS 1989, cartografía 1:50.000, Martínez, 1993) y las características de los horizontes superficiales se encuentran en la Tabla 1.

Se muestrearon costras en 3 fechas distintas, las dos primeras correspondientes a lluvias naturales y la última a lluvias artificiales (riego mediante cuba aspersora). Esta última se realizó con el fin de favorecer la emergencia de herbáceas en canales de desagüe labrados y sembrados. Las características de las lluvias se encuentran en la Tabla 2.

El muestreo de las costras y la obtención de láminas delgadas se realizó según la metodología de Murphy (1986) y Guilloré (1980). La descripción de láminas delgadas se llevó a cabo según Bullock *et al.* (1985).

Se realizó la evaluación de la estabilidad estructural de los mismos suelos mediante el

Tabla 1: Características de las unidades de suelos muestreadas (Martínez, 1993).

Clasificación (SSS 1989)	Unidad Cartográfica	pH	Textura	Materia Orgánica (%)	CaCO ₃ (%)	CE 1:5 (dS/m a 25°C)
Xerochrept petrocálcico	Ed	7.8-8.3	Franca a Franco-limosa	1.8-2.3	50	0.14
Xerochrept calcixeróllico	Cb1	8.3	Franca a Franco-limosa	0.7-1.2	20-40	0.11-0.16
Xerorthent típico	Cb2	8.4	Franco limosa	1.2	35	0.13

Tabla 2: Características de las lluvias anteriores al muestreo de las costras.

Número de costras	Fecha de muestreo	Precipitación (mm)	I ₃₀ (mm/h)	Características
21	3-07-93	35.4	10	natural
6	14-09-93	3	5	natural
7	19-03-94	5	> 200	artificial

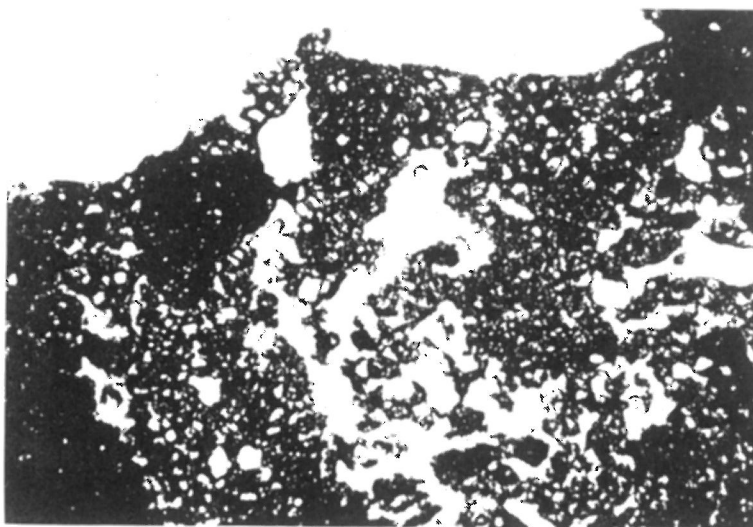


Figura 2: Costra estructural de desagregación. PLX. Longitud imagen: 2.5 cm

método de Pierson y Mulla (1989), basado en un índice que relaciona la porosidad de la muestra tras humectación lenta y rápida. Los valores alcanzados oscilan entre 0.57 y 0.95 (valor máximo = 1) (Blanco, 1995)

RESULTADOS

Las costras estudiadas se pueden clasificar en los siguientes tipos morfológicos, según los criterios de Valentín y Bresson (1992):

- Costras estructurales de desagregación (Fig 2)

Descripción: costras apediales, porosidad de hasta un 50% de poros no conectados, con algunas cavidades de hasta 1 mm de diámetro y frecuentes vesículas de 100 a 500 μ m, debidas únicamente a la destrucción de los agregados superficiales por el impacto de las gotas. Contienen arena mediana y gruesa hasta un 50% en volumen. No se observa granoclasificación.

Nº costras: 5 muestras 3-jul, suelo Ed
1 muestra 14-sep, suelo Cb1
2 muestras 19-mar, canal 4-1
(29% de las muestras).

Grosor: 2 mm (modal)

Localización: en áreas del microrrelieve que funcionan como divisorias de aguas

- Costras estructurales granoclasificadas (Fig 3)

Descripción: constituidas por superficies con gran contenido en elementos gruesos (arena mediana y gruesa) sobre la matriz del suelo. Contiene vesículas y porosidad no es conectada. Se observan distintas generaciones de costras de 0.4 mm de grosor, granoclasificadas de material fino a grueso hacia la superficie. Se dan en suelos arenosos (Valentin y Bresson, 1992) por erosión del material fino (lavado diferencial de la micromasa), bien en profundidad, bien lateralmente.

Nº costras: 3-jul, Fa11 (1S) (4% de las muestras)

Grosor: 4 mm

Localización: zona de escorrentía.

- Costras estructurales coalescentes (Fig.4)

Descripción: costras apediales, muy gruesas y uniformes, con granoclasificación muy débil o inexistente. Su porosidad es muy reducida, en forma de pequeñas vesículas de tamaño



Figura 3: Costra estructural granoclasificada. PLX. Longitud imagen: 2.5 cm

arena mediana y fina, o de huecos en media luna con la concavidad hacia la superficie del suelo. Según Valentin y Bresson (1992) se deben a la deformación plástica bajo lluvias de muy alta intensidad, en condiciones húmedas, lo cual corresponde con las características de la lluvia que las formó. La nascencia de las semillas fue muy baja en ellas. Algunas costras muestran superposición de varias generaciones de sellado (Fig 4).

Nº costras: 5, correspondientes a lluvia artificial, canal 23. (19% de las muestras)

Grosor: 0.2 a 0.5 cm

Localización: en canales de desagüe regados.

- **Costras deposicionales de escorrentía** (Fig 5)

Descripción: costras con estructura laminar y granoclasificación de grueso a fino en dirección a la superficie, la mayoría se deben a varios episodios de escorrentía. Se encuentran agregados y residuos vegetales que han sido transportados, actuando como elementos gruesos. La porosidad es no conectada, planar horizontal, de 200 mm de anchura. Son las costras

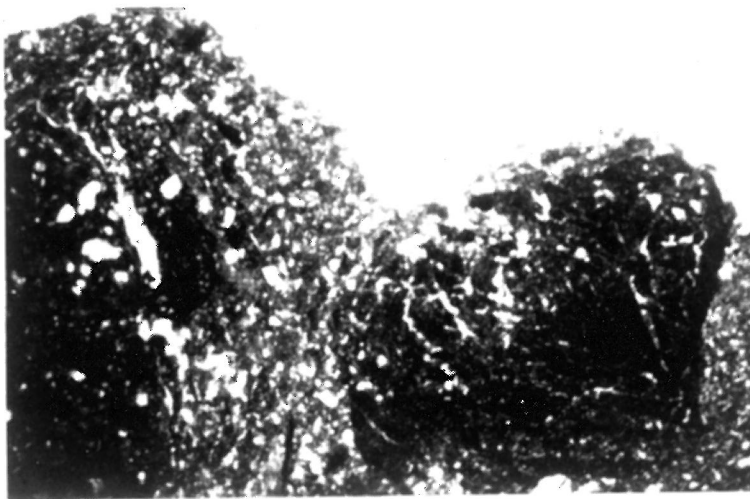


Figura 4: Costra estructural coalescente donde se observa la superposición de secuencias sucesivas de sellado. PLX. Longitud imagen: 2.5 cm

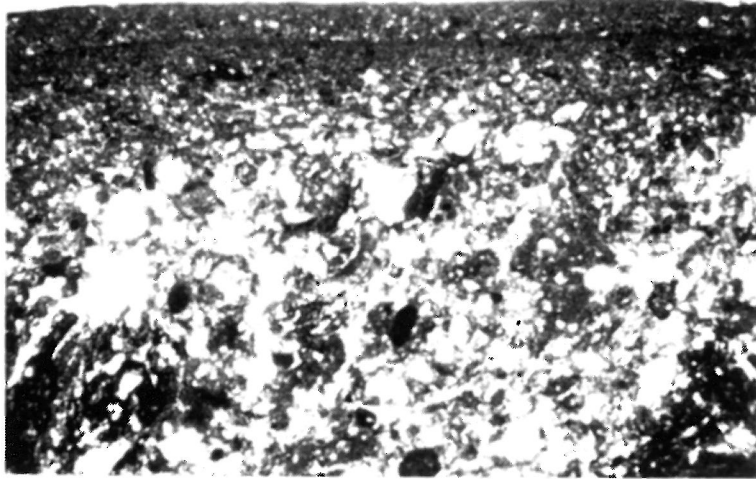


Figura 5: Costra deposicional de escorrentía. PLX. Longitud imagen: 2.5 cm

más frecuentes entre las estudiadas, y se encuentran a menudo encima de costras estructurales de desagregación en las que se observan frecuentes vesículas de 200 a 500 mm de diámetro. La estructura de los suelos, si bien es visible debajo de las costras (estructuras pediales migajosas o en bloques subangulares) tiene un desarrollo débil. La estructura primaria, a pesar de todo, se conserva en algunos casos y los agregados actúan incluso como elementos gruesos que son arrastrados por la escorrentía, colmatándose los poros de empaquetamiento complejo.

Nº costras: 7 muestras 8 jul
5 muestras 14 sept
(44% de las muestras)

Grosor: hasta 1 cm

Localización: muy generalizadas en vías de escorrentía, tanto canales de desagüe como líneas entre viñas.

- Costras deposicionales de erosión

Descripción: capa apedial de material fino, debida a la erosión de una costra estructural de

desagregación preexistente, que se manifiesta por huecos policóncavos de 200 a 500 mm de diámetro y vesículas (300 mm) no conectadas debajo del sello.

Nº costras: 1 (3-jul) (4% de las muestras)

Grosor: 2 mm

Localización: en divisoria de aguas

Las láminas delgadas de los epipedones estudiados tienen una serie de características micromofológicas comunes que denotan un alto grado de homogeneidad en la susceptibilidad al encostramiento, independientemente del tipo de suelo considerado. Éstas son las siguientes:

- Microestructura pedial débil a moderada en bloques subangulares de 1 cm de diámetro. Microestructura intrapedial en huecos.
- Fábrica-b cristalítica debida al elevado contenido en microesparita en la masa basal.
- Bajo contenido de materia orgánica y residuos orgánicos.
- Baja actividad de la fauna en la parte superior del epipedión.
- Contenido de arena menor del 50%.
- Práctica ausencia de edaforrasgos, excep-

Tabla 3: Valores de estabilidad estructural y grosor de costra para algunos de los suelos estudiados (Blanco, 1995).

Tipo de costra	Índice de Estabilidad*	Grosor de la costra (mm)
estructural	0.570	1
estructural	0.584	3
deposicional	0.700	10.8
estructural	0.741	3.6
deposicional	0.750	7.2
deposicional	0.830	1.8
deposicional	0.844	1.2
deposicional	0.871	1.8
deposicional	0.952	5.4
estructural	0.955	1.2

* Método Pierson & Mulla (1989)

tuando las costras en sí y pocos de tipo excremental.

Estabilidad estructural

Los índices de estabilidad estructural de los suelos estudiados en el Anoia-Penedès se encuentran en la Tabla 3 (Blanco, 1995), relacionados con el tipo de costra y su grosor. Los valores muestran una gran heterogeneidad entre ellos, no observándose ninguna relación entre los grosores de las costras y su grado de estabilidad.

DISCUSIÓN

Las costras estudiadas se han clasificado de acuerdo a la tipología establecida por Valentin y Bresson (1992). Las características químicas y físicas de los suelos sobre los que se desarrollan (ESP bajo, texturas limosas) hacen descartar el papel de la expansión-retracción de arcillas o del sodio en su génesis. Al tratarse de costras estructurales o deposicionales, con micromasas carbonáticas en suelos sin vegetación ni otro tipo de cobertura, y con una baja estabilidad estructural, los agentes más decisivos en su génesis son el impacto de gotas de lluvia y la acción de la escorrentía.

Las costras más potentes y más frecuentes son las del tipo deposicional de escorrentía, originadas por el arrastre de sólidos en el flujo superficial, combinadas en algún caso con costras estructurales de desagregación. Esta superposición indica que tras una primera acción del impacto de las gotas desagregando la superficie del suelo y creando una porosidad no conectada de tipo vesicular, la capacidad de infiltración del suelo se ve reducida, aumenta la escorrentía superficial y se forman costras deposicionales granoclasificadas, poco porosas y muy efectivas en la reducción de la infiltración.

Probablemente la ocurrencia de las lluvias más intensas en la estación cálida agrava la formación de las costras: al llover sobre suelo seco la formación de costras es más rápida, y por lo tanto la erosión y la escorrentía más elevadas que sobre suelo húmedo, tal como demuestran Le Bissonnais y Singer (1992) sobre suelos franco-limosos. Los mismos autores (Le Bissonnais y Singer 1993, Le Bissonnais *et al.*, 1990) enfatizan la importancia de los primeros momentos de la lluvia en el encostramiento y erosión. Las potentes costras estructurales coalescentes debidas al riego de alta intensidad así lo confirman. Una vez la costra está formada la erosión es menor aunque la escorrentía con-

tinúe siendo alta, por el efecto del sellado y reorganización de las partículas (Poesen 1988, Roth y Helming 1992). En este aspecto es de destacar la ausencia de capas lavadas (washed-out) en las costras estudiadas, lo cual según el modelo de formación de West y al (1992) corresponde a suelos con alto grado de dispersibilidad a pesar del elevado contenido en carbonatos. En esta línea es lógico que los valores de estabilidad estructural obtenidos (Tabla 3) no guardan relación evidente con el grosor de la costra. Esto es probablemente debido a que el sellado de la superficie por la acción de la escorrentía no es evaluado por el índice de estabilidad del material subyacente. En estos casos el microrrelieve y el control de la escorrentía serían factores externos más decisivos que la propia estabilidad del material.

Siendo la escorrentía el agente más efectivo en la generación de estas costras las medidas de control de la erosión más efectivas son las que limitan la escorrentía: el aumento de cubierta vegetal interceptora a cierta distancia de la superficie sería poco efectiva en la reducción del encostrado. Por otra parte resulta evidente la importancia de una buena estabilidad estructural, que puede conseguirse mediante enmiendas orgánicas apropiadas y evitando el mero laboreo de horizontes C, que como se ha observado son las situaciones que originan costras más potentes.

CONCLUSIONES

* Los suelos de viña en el Anoia-Penedès tienen una gran susceptibilidad al encostramiento superficial causada por una baja estabilidad estructural y por el mantenimiento de un suelo desnudo con bajo control de la escorrentía.

* Las lluvias de alta intensidad sobre suelo seco son las más efectivas en el proceso de encostramiento, produciendo costras estructurales coalescentes y de desagregación.

* La formación de costras de sedimentación es un fenómeno generalizado en la zona,

observándose frecuentemente la superposición de varios episodios de sedimentación en una misma costra.

Las implicaciones en el manejo de los suelos de viña, para reducir el encostramiento serían, por lo tanto:

* aplicación de enmiendas orgánicas que aumenten el grado de estabilidad estructural del suelo.

* protección de la superficie del suelo mediante un mulch permeable adecuado, que aumente la rugosidad de la superficie, mejore la infiltrabilidad del suelo y lo proteja frente al impacto de las gotas. Un mulch que cumpliría tales características es el establecimiento de capa herbosa con aplicación de herbicidas en el periodo de competencia por el agua.

BIBLIOGRAFÍA

- BOIXADERA, J., J. PORTA y M. ANTÚNEZ, 1990. Degradació de sòls per erosió hídrica en àrees de conreu de vinya de la D.O. Penedès. *Actes del II Congrés de l'ICEA*, 251-259.
- BLANCO, F., 1995. *Evaluación de la estabilidad de los agregados en relación con los procesos erosivos: Aplicación a suelos de Anoia-Penedès*. Trabajo Fin de Carrera, ETSEAL, UdL.
- BULLOCK, P., N. FÉDOROFF, A. JONGERIUS, G. STOOPS Y T. TURSINA, 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine Res. Publ., Wolverhampton, Reino Unido.
- COURTY, M.A., 1985. Morphology and genesis of soil surface crusts in semi-arid conditions (Hissar Region, Northwest India) in F Callebaut, D Gabriels y M De Boodt (eds) *Assesment of soil surface sealing and crusting*. Dep Soil Physics, U Ghent, Belgium. 32-39
- GAHEEN, S.A., 1985. Sealing of heavy clay soils of Nile Delta in F Callebaut, D Gabriels y M De Boodt (eds) *Assesment of soil*

- surface sealing and crusting*. Dep Soil Physics, U Ghent, Belgium. 18-23
- GUILLORÉ, P., 1980. *Méthode de fabrication mécanique et en série de lames minces*. CNRS y INA-Paris-Grignon. Dep. de Sols. Thiverval-Grignon. 22p.
- LE BISSONNAIS, Y. y M.J. SINGER, 1993. Seal formation runoff and interrill erosion from 17 California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 224-229
- LE BISSONNAIS, Y., A. BRUAND y M. JAMAGNE, 1990. *Étude expérimentale sous pluie simulée de la formation de croûtes superficielles. Apport à la notion d'érodibilité des sols*. Cahiers ORSTOM, sér. Pédologie XXV, 1-2, 31-40.
- MARTÍNEZ, J.A., 1993. *Mapa de suelos del área de viñedo del Alt Penedés-Anoia*, escala 1:50.000. Ed. DRAFT.
- MORGAN, R.P.C., 1986. *Soil Erosion and Conservation*. Longman.
- MURPHY, C.P., 1986. *Thin section preparation of soils and sediments*. A.B. Academic Publishers. Reino Unido.
- MUTCHLER, C.K. y R.A. YOUNG, 1975. Soil detachment by raindrops. in *Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources*. USDA Agr. Res. Serv. Pub. ARS-S-40, 113-117.
- PIERSON, F. y D.J. MULLA, 1989. An improved method for measuring aggregate stability of a weakly aggregated loessial soil. *Soil Science Soc. Am. J.* 53, 1825-1831
- POESEN, J., 1988. Surface sealing on sandy and loamy soils: some aspects of formation and the influence of sealing on water erosion subprocesses. *Quaderni di Scienza del Suolo*, vol I, 9-19.
- RAMOS, M.C., J. PORTA y J. BOIXADERA, 1991. Rainfall characteristics and soil losses in vineyards in NE Spain. *Seminar on Combating Soil Erosion in Vineyards*, Trier, Germany.
- RAMOS, M.C. y J. PORTA, 1993. Modelos de distribución espacio-temporal de las lluvias en la zona mediterránea de Anoia-Penedès. Influencia en la sostenibilidad de los cultivos de la zona. *Ecología*, nº 7, 47-56. ICONA, MADRID.
- ROTH, C.H. y K. HELMING, 1992. Surface seal properties, runoff formation and sediment concentration as related to rainfall characteristics and the presence of already formed crusts. *Soil Technology* 5, 359-368.
- SCHWAB, G.O., D.D. FANGMEIER, W.J. ELLIOT AND R.K. FREVERT, 1993. *Soil and water conservation engineering*. (4th ed.) Wiley. New York.
- SOMBROEK, W.G., 1985. Introduction to the Symposium on Soil Sealing and Crusting in F Callebaut, D Gabriels y M De Boodt et al (eds): *Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*, Dep. Soil Physics, U. Ghent. 1-7
- VALENTIN, C. y L.M. BRESSON, 1992. Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. *Geoderma* 55, 225-245.
- WEST, L.T., S.C. CHIANG y L.D. NORTON, 1992. The morphology of surface crusts. En ME Summer y BA Stewart (Eds.): *Soil Crusting, Chemical and Physical Processes*, Lewis Publ.. Boca Raton, Florida, pp 73-90.