

# EROSION Y ESCORRENTÍA EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE «EL ARDAL» (MURCIA). NUEVE AÑOS DE EXPERIENCIAS

A. Romero Díaz; F. López Bermúdez y F. Belmonte Serrato

Universidad de Murcia

## RESUMEN

Se analizan los valores obtenidos de erosión y escorrentía en el Campo Experimental de «El Ardal» (Murcia, SE de España), después de nueve años de registros. Las experiencias se han llevado a cabo en 17 parcelas instaladas con diferente orientación, pendiente, cubierta vegetal, uso del suelo y manejo.

Los resultados obtenidos muestran tasas de erosión y coeficientes de escorrentía bajos, consecuencia de las características de suelo y cubierta vegetal específicas de «El Ardal». No obstante, es importante mencionar la diferente respuesta de cada parcela según el porcentaje de cubierta vegetal o pedregosa, y el uso del suelo a que se dedique. Se constata el uso del suelo como uno de los factores de mayor influencia en los procesos de erosión, mayor incluso que la pendiente. Se pone de manifiesto la fragilidad de los suelos dedicados a cultivos de cereal de secano, y la importancia de utilizar buenas prácticas agrarias. Se ha encontrado una buena correlación entre escorrentía y pérdidas de suelo, mientras que la correlación no es buena, entre la precipitación total y la escorrentía o la erosión. El factor de control más importante es la intensidad media con la que se produzca la lluvia.

**Palabras clave:** Erosión del suelo, coeficiente de escorrentía, campo experimental, medio semiárido.

## ABSTRACT

The values of soil erosion and runoff in the Experimental Field of «The Ardal» (Murcia, SE Spain) are analysed, after nine record years. The experiences have been carried out in 17 plots installed with different orientation, slope, vegetation cover, use of the soil and managing.

The obtained results show erosion rates and runoff coefficient low, consequence of the

---

Fecha de Recepción: 26 de febrero de 1998.

\* Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Letras. Universidad de Murcia. Apartado 4.021 • 30080 MURCIA (España).

characteristics of soil and vegetable cover specific of «The Ardal». Nevertheless, it is important to mention different response of each plot according to the percentage of vegetable or stony cover, and the use of the soil to the fact that is devoted. It is verified the use of the soil as one of the greater influence factors on the erosion processes, greater ever that the slope. It is necessary to say the fragility that have soils devoted to cultivation of dryness cereal, and the importance of using good agrarian practices. It has been found a good correlation between runoff and losses of soil, while the correlation is not good between the total rainfall and the runoff or erosion. The factor of control more important is the mean intensity with the one which is produced the rain.

**Key words:** Soil erosion, runoff coefficient, experimental sites, semi-arid environment.

## INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es uno de los mayores problemas ambientales de las regiones mediterráneas. Se manifiesta, no sólo de manera perceptible, con la remoción del suelo de un lugar, transporte y sedimentación posterior en otro, sino también, de manera imperceptible con la pérdida de fertilidad de los suelos y sustitución y cambio de cubiertas vegetales.

Como es sabido, la erosión de los suelos se produce fundamentalmente por factores naturales (clima, litología, pendiente, vegetación, etc.), sin embargo, el hombre puede modificar muchas de las variables que intervienen en los procesos de erosión agudizándolos en unos casos, o incluso creándolos en otros.

Las pérdidas económicas por erosión son muy elevadas, en particular, por reducción de productividad agrícola. Sin embargo, los procesos de erosión producen otro tipo de pérdidas más difíciles de cuantificar, y sin duda más importantes, como son las pérdidas por degradación medio-ambiental.

Los geo-ecosistemas de forma natural mantienen un equilibrio que con frecuencia se altera, bien por cambios naturales (especialmente climáticos), bien por cambios de uso del suelo. Una de las claves para entender los problemas de erosión y desertificación está en conocer los mecanismos de interrelación entre clima, suelo y vegetación, en relación con los usos del suelo (Barberá et al., 1997).

Con el objetivo de conocer las relaciones del sistema suelo-planta atmósfera en un ambiente mediterráneo semiárido, surgió el Campo Experimental de «El Ardal». En este campo un aspecto básico ha sido, y sigue siéndolo, el análisis de la producción de escorrentía y pérdida de suelo y nutrientes, en distintas situaciones ambientales y usos del suelo (López Bermúdez et al., 1993, 1996, 1998; Romero Díaz et al. 1995, Alias et al., 1997). Además del control sistemático de las parcelas de erosión-escorrentía se lleva a cabo un seguimiento de gran número de parámetros climáticos, hidrológicos, edáficos y biológicos, con el fin de comprender mejor la respuesta de los suelos frente a los procesos de erosión.

Los datos obtenidos en «El Ardal» además de ser datos básicos de campo y poder contribuir al conocimiento de los diferentes procesos de erosión y desertificación, están sirviendo de base para calibrar distintos modelos de erosión. Los resultados de las expe-

riencias realizadas en «El Ardal» se han integrado en varios proyectos de investigación, del Plan Nacional de **I+D** y de la Unión Europea, entre los que merecen citarse *Climatic Variability in Semi-arid Environments in Spain and Portugal* y *MEDALUS* (Mediterranean Desertification and Land Use). Desde 1996, el Campo Experimental está incluido en la *Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y Evaluación de la Erosión* (Proyecto LUCDEME -RESEL), de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente.

### LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS MEDIO-AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Campo experimental de «El Ardal» se localiza en la Cuenca del Río Mula (Murcia), en la cabecera de la Rambla de Perea (figura 1). Está situado a 550 m de altitud en una ladera con orientación norte y una pendiente media del 20%.

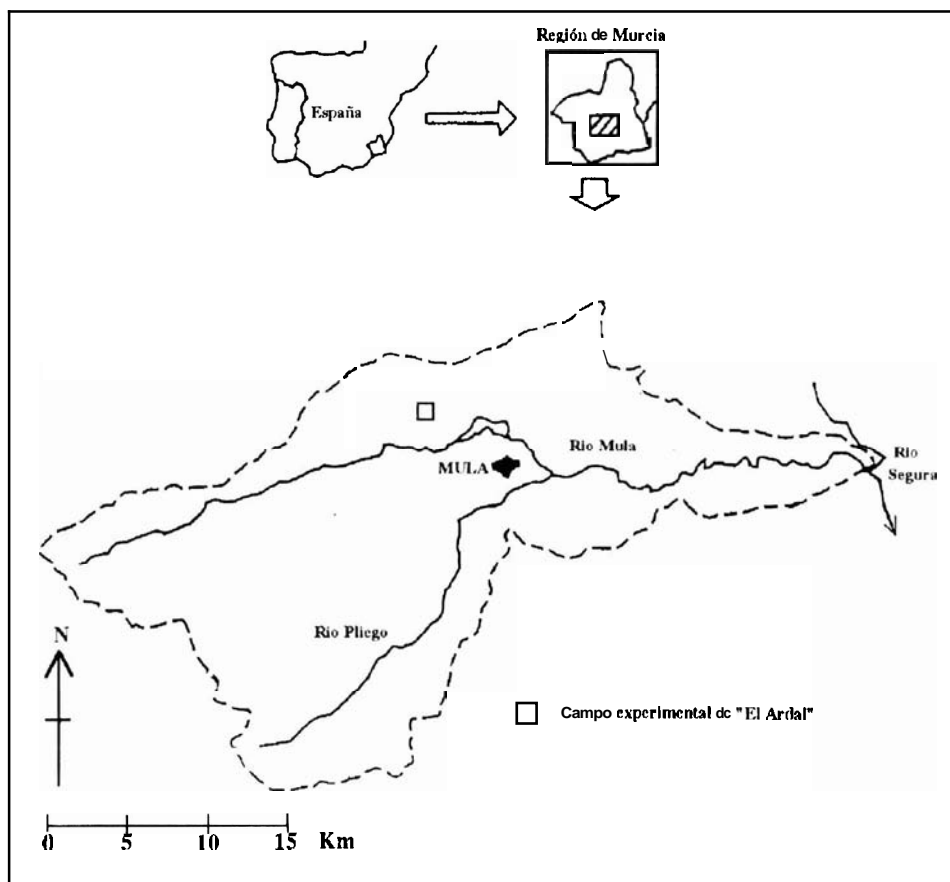


FIGURA 1. Localización del Campo experimental de "El Ardal".

*El clima* es de tipo semiárido mediterráneo, con una temperatura media anual de 17°C y una precipitación de 300 mm, siendo de destacar la amplia oscilación mensual e interanual. El número de días de lluvia al año se sitúa en torno a 30, pero en la mayoría de ellos se registran escasas precipitaciones; no obstante, en unos pocos días se puede concentrar el 70-80% del total anual.

Los *suelos* predominantes son calcisoles pétricos, poco profundos y pedregosos, que se extienden sobre calizas o conglomerados calizos en las partes más elevadas de la ladera, o sobre un horizonte **petrocálcico**, a veces muy cementado, siendo por ello suelos con un alto contenido en carbonato cálcico (más del 50%). La textura es limo-arcillosa en las partes altas de la ladera y arenosa en el sector cultivado. El contenido en materia orgánica es elevado en el sector ocupado por matorral (5-7%) pero muy bajo en los suelos cultivados (1%). La humedad del suelo es muy baja y la permeabilidad en general muy elevada; siendo de destacar la notable reducción de permeabilidad en los sectores de suelo desnudo en comparación con las áreas cubiertas de matorral (Martínez Fernández et al. 1995).

La *cubierta vegetal* en la parte superior de la ladera está compuesta por una formación de matorral mediterráneo y ejemplares aislados de *Pinus halepensis*, con un porcentaje de cobertura del 60%. Las especies **arbusivas** predominantes son: *Rosmarinus officinalis*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicia*, *Rhamnus lycioides* y *Thymus vulgaris*. La parte inferior de la ladera es un campo de cereal, parte en cultivo y parte abandonado.

## INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

Los parámetros climáticos en la estación experimental se obtienen a través de una red microclimática compuesta por: una Estación Meteorológica Automática completa, 2 pluviógrafos automáticos, 12 pluviómetros totalizadores y 300 pluviómetros de suelo.

Para el control de las pérdidas de suelo y escorrentía se cuenta con una Estación Hidrológica Automática y 17 parcelas, 12 de ellas de 16 m<sup>2</sup> y 5 de 20 m<sup>2</sup>. Las parcelas se han construido en diferentes orientaciones, pendiente, cubierta vegetal y usos del suelo. A tres parcelas se les cortó la vegetación para estudiar la diferente respuesta erosiva y distintos parámetros de la dinámica vegetal en suelo cubierto y desnudo. En el sector cultivado se estudia el comportamiento erosivo en 8 parcelas bajo distintas condiciones de manejo, así como la función de la cubierta vegetal y la pedregosidad (tabla 1).

Respecto a las variables de vegetación se realiza un seguimiento sistemático de la cubierta vegetal, biomasa, crecimiento, producción de hojarasca, capacidad de interceptación de distintas especies, etc., al objeto de integrar la dinámica de la vegetación en el análisis de los procesos erosivos (Belmonte Serrato & Romero Díaz 1993, 1994, 1996, 1997; Martínez Fernández et al. 1991, 1993, 1995, 1998; Belmonte Serrato 1997).

## RESULTADOS

De los resultados obtenidos tras el análisis de 9 años de experiencias en «El Ardal», se desprenden a nivel global unos valores relativamente bajos de pérdidas de suelo y coeficientes de escorrentía. Eran resultados esperados, ya que el campo experimental está

TABLA 1  
Características de las parcelas experimentales de "El Ardal"

Parcela Nº	Tamaño (m)	Pendiente (%)	Orientación (°)	Uso del suelo <sup>h</sup>	Cubierta vegetal	Fecha comienzo
1	2x8	7	N-3	1	0-90	2/89
2	2x8	7	N-3	2	10-30	2/89
3	2x8	7	N-3	3	10-30	2/89
4	2x8	7	N-3	4	0-10	2/89
5	2x8	28	N-270	5	10-30	2/89
6	2x8	28	N-270	6	65-70	2/89
7	2x8	22	N-25	6	65-70	2/89
8	2x8	22	N-25	5	10-20	2/89
9	2x8	11	N-350	6	65-70	2/89
10	2x8	11	N-350	5	10-20	2/89
11	2x8	7	N-3	7	5-20	10/89
12	2x8	7	N-3	8	0-90	10/89
13	2x10	20	N-110	2	10-60	9/90
14	2x10	20	N-115	2	30-60	4/91
15	2x10	11	N-350	6	20-30	4/91
16	2x10	22	N-190	6	45-50	4/91
17	2x10	22	N-40	6	10-20	4/91

\*Uso del suelo: 1= Sembrada de cebada ; 2= Sin cultivar con piedras; 3= Sin cultivar sin piedras; 4= Arada en sentido de la pendiente; 5= Matorral cortado; 6= Matorral; 7= Sin cultivar y arada; 8= Sembrada de trigo.

instalado en una ladera orientada al norte y con importante cobertura vegetal (en torno al 60% en el área de matorral) y suelos de baja erosionabilidad.

La validez de los datos de «El Ardal», no está tanto en las altas o bajas tasas de erosión obtenidas, sino en la comparación de los resultados de las diferentes parcelas, sometidas a distintos usos del suelo y manejo del mismo.

## EROSIÓN Y ESCORRENTÍA MEDIA ANUAL

Los valores medios de erosión y escorrentía, para la serie 1989-1997, y con una media anual de precipitación de 302,5 mm, son de 10,3 l/m<sup>2</sup> y 81 g/m<sup>2</sup>. El coeficiente de escorrentía es de 2,9% y la tasa de erosión de 0,83 Tn/ha/año (tabla 2). Estos valores son muy parecidos a los encontrados por otros autores (Castillo et al., 1997), en condiciones climáticas, de litología y cubierta vegetal similares del sureste peninsular.

Sin embargo, los valores medios suelen ocultar aspectos importantes como pueden ser los hechos de que los mayores porcentajes de escorrentía y las mayores tasas de erosión no se correspondan con las mayores cantidades de lluvia caída, y por el contrario 1995, el año más seco de la serie, en donde sólo se registraron 117,6 mm, tiene un coeficiente de

TABLA 2  
Valores medios anuales de erosión y escorrentía en "El Ardal"

Año	Lluvia (mm)	Nº Epi. lluvia con escorrentía	Escorrentía l/m <sup>2</sup>	Escorrentía %	Sedimentos g/m <sup>2</sup>	Tasa erosión Tn/ha/año
1989	548,5	21	26,0	4,8	117,8	1,17
1990	384,5	15	7,4	1,9	12,6	0,15
1991	293,5	12	9,3	3,2	4,9	0,07
1992	307,0	9	3,4	1,1	1,6	0,02
1993	255,0	15	3,5	1,4	25,6	0,25
1994	156,5	8	3,7	2,3	29,5	0,41
1995	117,6	7	2,5	2,2	144,4	1,44
1996	357,6	19	8,5	2,4	111,8	1,12
1997	423,4	14	28,0	6,6	281,1	2,82
<b>Media</b>	<b>302,5</b>	<b>13,3</b>	<b>10,3</b>	<b>2,9</b>	<b>81</b>	<b>0,83</b>

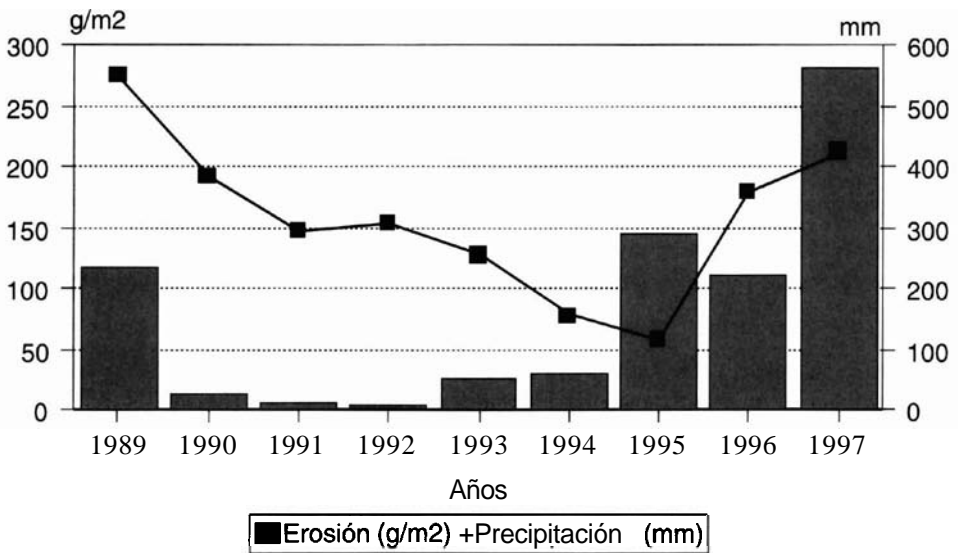


FIGURA 2. Erosión media anual en las parcelas de "El Ardal".

escorrentía y una tasa de erosión mucho más elevada que años con precipitaciones superiores a 300 mm (figuras 2 y 3).

Las tasas más bajas de erosión se registraron en 1992 y 1991, con tan sólo 0,02 y 0,07 Tn/ha/año, y se dieron con precipitaciones de 307 y 293,5 mm, que pueden ser consideradas para este ámbito geográfico como normales. En 1989, con una importante precipitación, 548,5 mm, se registró una tasa de erosión menor que en 1995, donde tan sólo

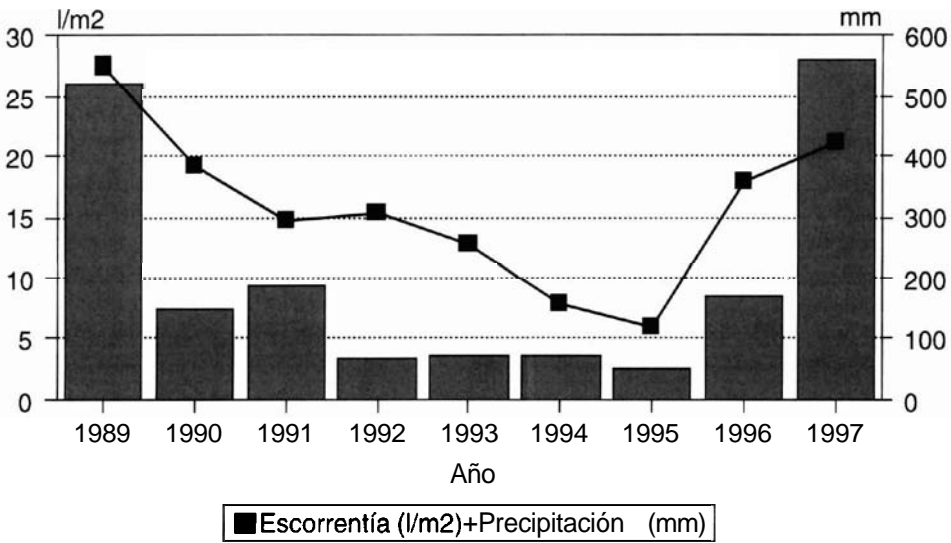


FIGURA 3. Escorrentía media anual en las parcelas de "El Ardal"

cayeron 117,6 mm. La erosión más elevada de la serie la ha registrado **1997**, donde se recogió también una importante cantidad de lluvia.

Los valores más bajos de escorrentías medias anuales, se dieron en los años de menores precipitaciones, y los más altos, en aquellos que se recogió mayor cantidad de lluvia. No obstante es de destacar **1997**, que con menor precipitación que **1989** registró una escorrentía mayor.

Tratando de buscar relaciones y según se puede observar en las figuras 4, 5 y 6, no existe ninguna relación entre la cantidad de precipitación recogida y los sedimentos exportados. Por el contrario, si se ha encontrado un coeficiente de correlación relativamente alto (**0,80**) entre precipitación y escorrentía, y precipitación con número de episodios de lluvia (**0,83**). La correlación de los valores medios anuales de escorrentía y sedimentos no es significativa, sin embargo, si la correlación se hace con los valores correspondientes a las **17** parcelas, el coeficiente de correlación, aunque es un poco inferior (**0,77**), sigue siendo bueno (figura 6).

Un trabajo anterior de «El Ardal», que trataba de relacionar la erosión del suelo, con la precipitación y la cubierta vegetal (Romero Díaz et al., 1995), aunque con una serie de datos de seis años, ya puso de manifiesto, no sólo las escasas relaciones existentes entre la cantidad total de lluvia recogida y la erosión producida, sino también la importancia de la intensidad con la que la lluvia se presenta, y en especial, el valor de la ((intensidad media del episodio», más que la intensidad máxima en **60** minutos. Los datos recogidos en **1997** constatan lo dicho con anterioridad, de hecho

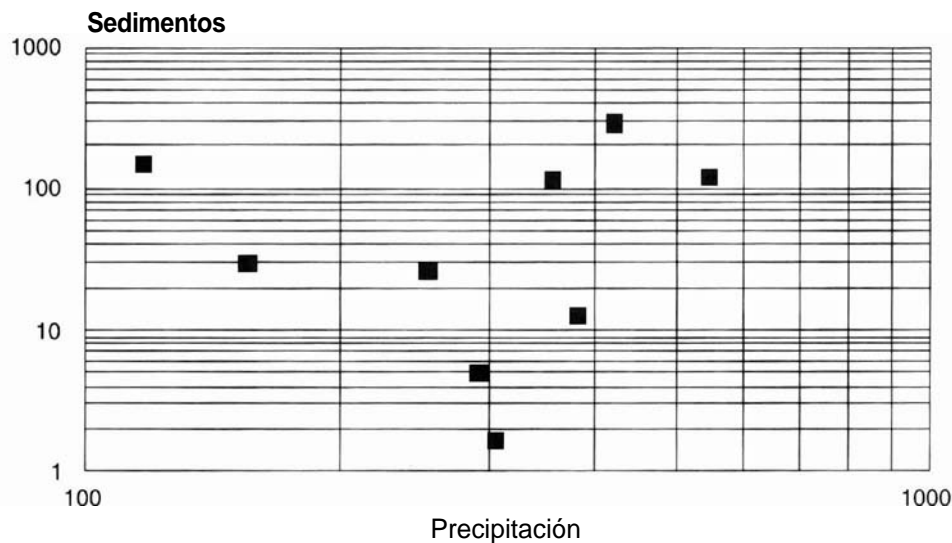


FIGURA 4. Relación Precipitación-Sedimentos (1989-1997).

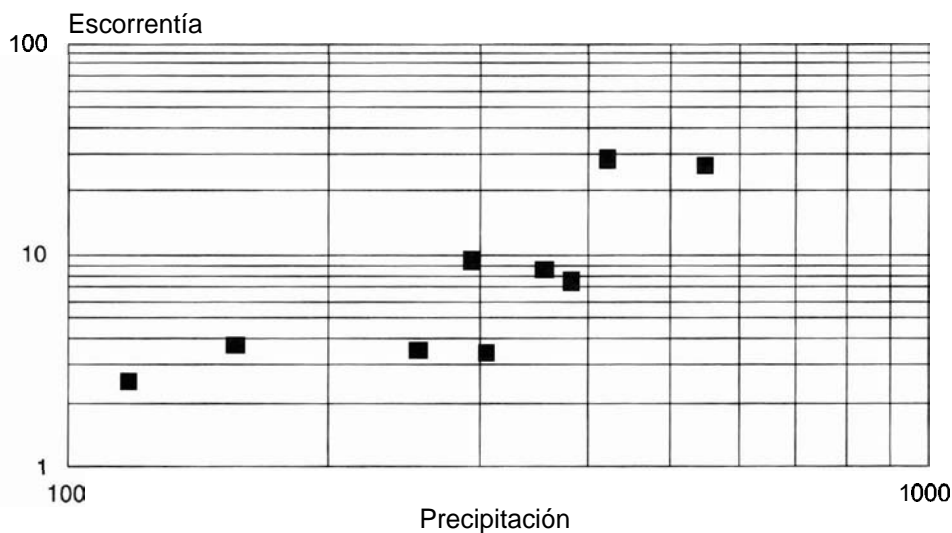


FIGURA 5. Relación Precipitación-Escorrentía (1989-1997).

los 86,2 mm caídos el 29 de septiembre, con una intensidad máxima de 93,6 mm/h y una intensidad media del episodio de 19,6 mm son los responsables, no sólo de los valores más elevados de erosión y escorrentía que se recogieron en todo ese año, sino también de que 1997 alcance los valores más elevados de toda la serie.



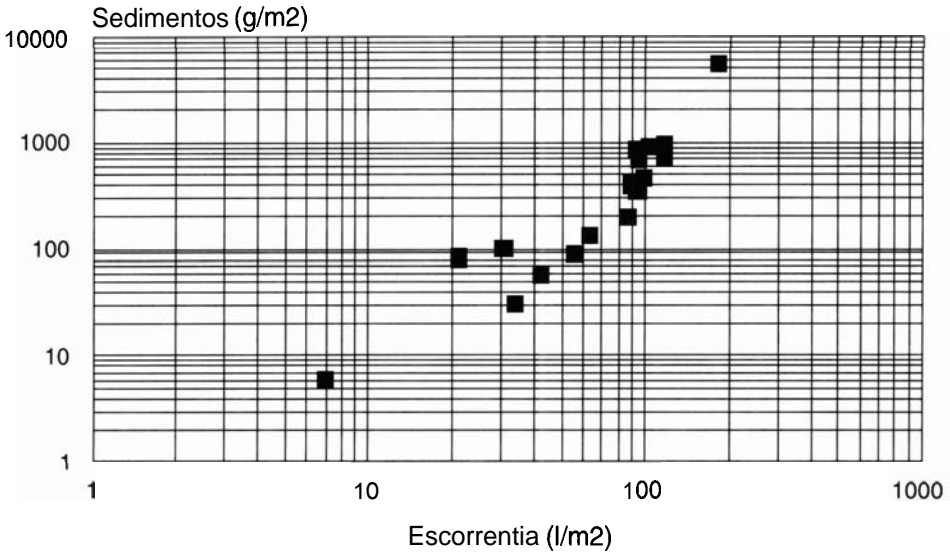


FIGURA 6. Relación escorrentía-sedimentos en las 17 parcelas (1989-1997).

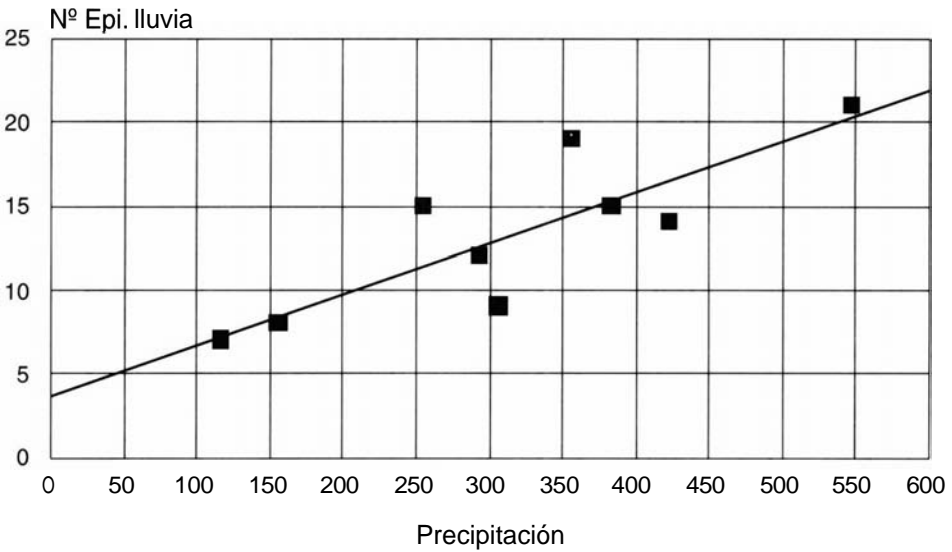


FIGURA 7. Relación Precipitación-Número de episodios de lluvia (1989-1997).

## EROSIÓN Y ESCORRENTÍA POR PARCELAS

Cada una de las 17 parcelas tiene una respuesta muy distinta, en tasas de erosión y coeficientes de escorrentía, ante el mismo evento lluvioso, aunque se dedique al mismo uso o tenga la misma inclinación.

En el área estudiada, la pendiente que suele ser uno de los factores principales que determinan el diferente comportamiento entre parcelas, queda relegada a un segundo término. En «El Ardal», como en otros campos experimentales del área mediterránea (Puigdefábregas et al. 1992; Roxo et al. 1993; Kosmas et al., 1997; Romero Díaz et al. 1998; Albaladejo et al. 1998, etc.) son los diferentes usos del suelo, el porcentaje de cubierta y el manejo agrícola que se haga, los factores que intervienen directamente y marcan las diferencias entre unas parcelas y otras.

En las figuras 8 y 9 se muestra la erosión media por parcelas en dos series temporales, debido a que hasta 1991 no estuvieron construidas todas las parcelas. La parcela 4, representada en la figura 8, destaca por las elevadas pérdidas de suelo registradas, en relación con el resto de las parcelas, por lo que para poder observar el comportamiento diferenciado de cada una, se ha realizado la figura 9 y en ella no se ha representado la parcela 4.

TABLA 3  
Valores medios por parcelas de erosión y escorrentía en "El Ardal" (1989-1997)

Parcelas	Escorrentía	Escorrentía	Sedimentos	Tasa erosión
Nº	l/m2	%	g/m2	Tm/ha/año
1	13,1	3,8	78,4	0,78
2	10,6	2,9	37,6	0,38
3	11,2	3,0	50,0	0,50
4	20,8	6,6	591,6	5,92
5	10,4	2,8	93,7	0,94
6	9,8	2,7	21,6	0,22
7	7,1	2,0	14,3	0,14
8	11,6	3,1	99,0	0,99
9	4,7	1,4	6,1	0,06
10	10,1	2,6	43,9	0,43
11	14,9	4,7	115,0	1,15
12	12,1	3,8	119,9	1,20
13	4,9	1,6	4,4	0,04
14	1,0	0,4	0,8	0,01
15	3,1	1,0	11,5	0,11
16	4,5	1,6	14,3	0,14
17	8,0	2,6	12,7	0,15
<b>Media</b>	<b>10,3</b>	<b>2,9</b>	<b>81,0</b>	<b>0,83</b>

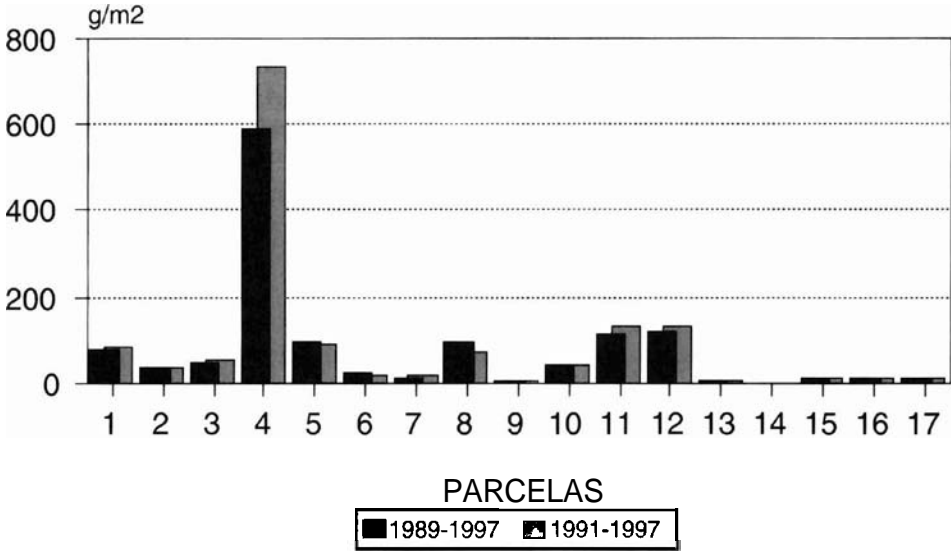


FIGURA 8. Erosión media por parcelas.

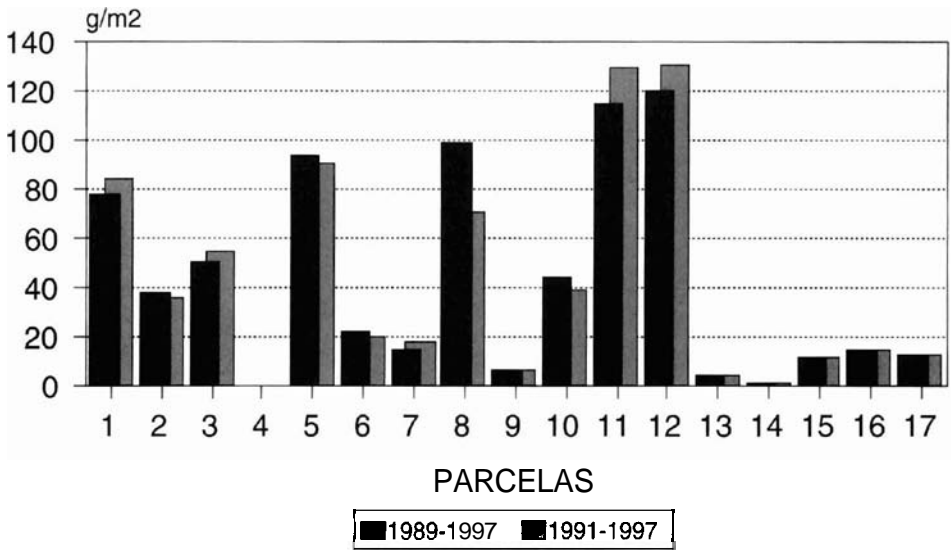


FIGURA 9. Erosión media por parcelas (sin representar la parcela nº 4).

La parcela 4, arada en el sentido de la pendiente, es con diferencia, la que registra la tasa más elevada de erosión, casi 6 Tn/ha/año, cuando el resto tiene valores muy bajos y en 14 de las 17 parcelas las tasas son inferiores a 1 Tn/ha/año (tabla 3). En las parcelas, arada sin cultivar y cultivadas de trigo y cebada (parcelas 12,11 y 1), se han obtenido también valores de erosión relativamente altos, seguidas de aquellas parcelas a las que se les había cortado la vegetación de matorral (parcelas 5, 8 y 10). Por el contrario, las parcelas que menor erosión registraron fueron la que se encuentra sin cultivar, con una cobertura de piedras (parcelas 14 y 13) y las parcelas de matorral (parcelas 9, 7, 6, 15, 16 y 17). Merecen atención las parcelas 2 y 3, que aunque tienen el mismo uso, al habersele quitado las piedras a una de ellas, es esta precisamente, la que se encuentra desprotegida de la cubierta pedregosa, la que registra mayores pérdidas de suelo.

Estos resultados vienen a constatar hipótesis y experiencias similares, al poner de manifiesto la importancia de la cubierta vegetal (Thornes et al. 1990; Francis & Thornes 1990; Camarda & Satta, 1995; Thornes, 1995; Nicolau et al., 1996, Puigdefábregas et al., 1996) y de la cubierta pedregosa (Poesen et al., 1994; Kosmas et al., 1994, Poesen & Bunte, 1996), como factores de protección del suelo frente a los procesos de erosión. De igual modo, se pone de manifiesto la fragilidad de los suelos dedicados a cultivos de secano y la importancia de utilizar buenas prácticas agrícolas y de conservación de suelos, evitando labrar en el sentido de la pendiente, práctica frecuente desde la incorporación de maquinaria pesada a las labores agrícolas.

Los valores de escorrentía se corresponden con los valores de pérdidas de suelo. Las parcelas aradas en el sentido de la pendiente y las parcelas cultivadas son también las que han registrado los valores más elevados de escorrentía, y al contrario, las parcelas que registran menor erosión son las que tienen menor tasa de agua escurrida superficialmente.

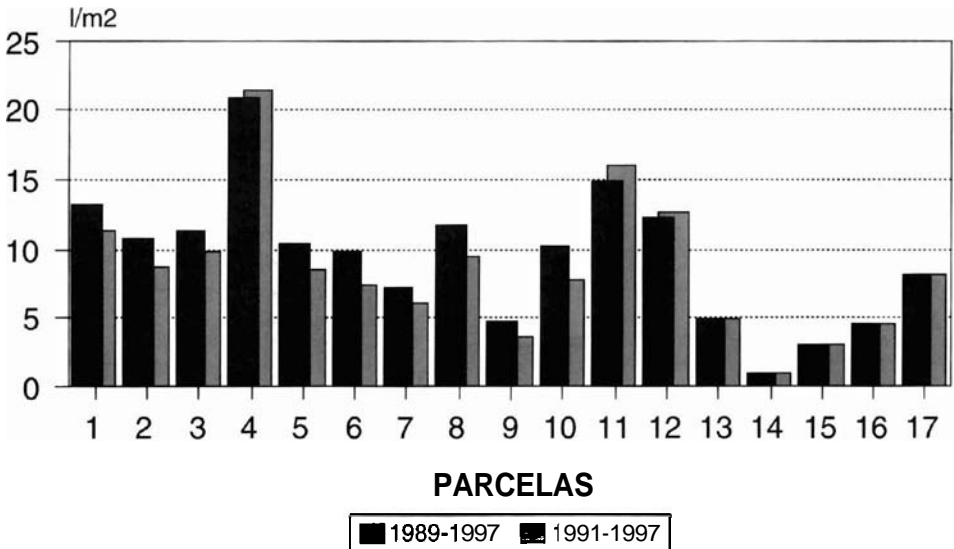


FIGURA 10. Escorrentía media por parcelas.

No obstante, los valores de escorrentía entre parcelas no son tan contrastados como en las pérdidas de suelo. El coeficiente medio de todas las parcelas es de 2,9%, siendo de 6,6% para la parcela 4 y tan sólo de 0,4% para la parcela 14.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De las experiencias llevadas a cabo se pueden extraer entre otras las siguientes conclusiones:

En general, y pese a las diferencias entre parcelas, las tasas de erosión y los coeficientes de escorrentía en «El Ardal» en los nueve años de experiencias son muy bajas. La causa, sin duda, está en el tipo de suelo y de cubierta vegetal. Los valores obtenidos aquí contrastan con los obtenidos en otras áreas de litologías margosas y escasa o nula cubierta vegetal. Pero el objetivo de este campo experimental no era obtener elevadas tasas de erosión, sino comparar resultados de los distintos usos del suelo y manejo, a que se somete cada parcela.

Se constata el uso del suelo como uno de los factores de mayor influencia en la erosión, mayor incluso que la pendiente. Las parcelas responden de muy diversa forma unas de otras con el mismo tipo de lluvia, como consecuencia del diferente uso del suelo. No obstante, algunas parcelas con el mismo tratamiento responden de manera distinta.

Esto último lleva a la conclusión de la dificultad de extender datos de erosión de un área a otra, ni siquiera a otra cercana, y la necesidad, por ello, de contar con valores medios obtenidos de una misma área y dedicada a distintos usos. Sólo en este caso se podrán obtener valores aproximados de ese lugar.

Las parcelas que han registrado mayor erosión han sido las más desprotegidas por la vegetación o por una cubierta de piedras. Por el contrario, las parcelas con menor erosión son las que han permanecido en barbecho durante largo tiempo y están recuperando una vegetación natural. Esto no debe interpretarse como que el abandono de tierras es bueno en todos los casos. Lo es en un área como la estudiada, pero no en otras áreas con suelos más susceptibles a los procesos de erosión.

El período del año en el que se registran mayores pérdidas de suelo son los meses otoñales al converger dos factores: la alta erosividad de las lluvias otoñales y la escasa protección de la tierra dedicada a cultivos de cereales o en barbecho.

Al proponer llevar a cabo cambios en los usos del suelo, es muy importante considerar sus consecuencias, debido a que los efectos posteriores no serán los mismos en unas áreas que en otras.

En términos generales, se ha encontrado una buena correlación entre escorrentía y pérdidas de suelo. Y la escorrentía aparece claramente controlada por la vegetación. Por el contrario, no existe una buena correlación entre la precipitación total y la escorrentía o sedimentos. En este caso, el factor de control no es la cantidad total de lluvia que se registre, sino la intensidad media con la que se produzca.

Aunque muchas de estas conclusiones son generalizables a otros ambientes mediterráneos, otras, sin duda, no lo son. Tal es el caso de pensar que los valores que aquí se presentan, de tasas de erosión, son igualmente bajas en todo el territorio de Murcia. Todo lo contrario, los suelos de la Región de Murcia registran, en conjunto, tasas de erosión de

las más elevadas de España (López Bermúdez, 1995). O que el abandono y retirada de Cultivos, sería una aceptable medida de lucha contra la erosión y la desertificación. A priori, ninguno de estos dos hechos sería cierto, y lleva a la conclusión de que se conoce todavía poco de como actúan los diferentes procesos de erosión, bajo tan distintas y variadas condiciones medio-ambientales. El carácter limitado y no renovable del suelo en ambientes áridos y semiáridos mediterráneos, a escala humana, exige precaución en su manejo y la necesidad de adaptar su uso a sus propias características, limitaciones y capacidades.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco del Proyecto MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use). Contrato nº ENV4-CT95-0119 (DG-XII-DTEE), financiado por la Unión Europea (1991-1998); AGF95-0635, financiado por la CICYT en el marco del Plan Nacional de I+D (1995-1998) y Proyecto RESEL-LUCDEME (Dirección General de Conservación de la Naturaleza). Los autores expresan su agradecimiento.

## REFERENCIAS

- ALBALADEJO, J. MARTÍNEZ MENA, M. ROLDÁN, A. & CASTILLO, V. (1998): Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use and Management*, 14:1-6.
- ALÍAS, L.J., LÓPEZ BERMÚDEZ, F., MARÍN, P., ROMERO DÍAZ, A. & MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1997): Clay minerals and soil fertility loss on Petric Calcisol under a semiarid mediterranean environment. *Soil Technology*, 10: 9-19.
- BARBERA, G.G., LÓPEZ BERMÚDEZ, F. & ROMERO DÍAZ, A. (1997): Cambios de uso del suelo y desertificación en el Mediterráneo: El caso del Sureste Ibérico. En J.M. García Ruiz & P. López García (Eds.). *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos*. Instituto Pinrenáico de Ecología, C.S.I.C., Zaragoza, 9-39 pp.
- BELMONTE SERRATO, F. & ROMERO DÍAZ, A. (1993): Instrumentos y métodos para el estudio de la capacidad de interceptación de algunas especies vegetales mediterráneas. El Ardal (Murcia). *Nuevos procesos territoriales*. AGE, Universidad de Sevilla, Sevilla, pp. 181-186.
- BELMONTE SERRATO, F. & ROMERO DÍAZ, A. (1994): Distribución de flujos de agua en el proceso de interceptación en cuatro especies vegetales mediterráneas y su relación con la cantidad de agua disponible en el suelo. En J. Arnáez Vadillo, J.M. García Ruiz, A. Gómez Villar (Eds.) *Geomorfología de España*. Sociedad Española de Geomorfología. Geoforma. Logroño, pp. 201-210.
- BELMONTE SERRATO, F. & ROMERO DÍAZ, A., & LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1996): Volumen y variabilidad espacial de la lluvia trascalada bajo bosque y matorral mediterráneo semiárido. *Ecología*, 10: 95-104. Madrid.
- BELMONTE SERRATO, F. (1997): *Interceptación en bosque y matorral mediterráneo semiárido: Balance hídrico y distribución espacial de la lluvia neta*. Tesis Doctoral (inérita). Universidad de Murcia, 375 pp.

- BELMONTE SERRATO, F. & ROMERO DÍAZ, A. (1998): A simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: «Interception flow collection box». *Hydrological Processes*, 12: 471-481.
- CAMARDA, I., & SATTA, V. (1995): Degradation of vegetation and desertification processes. In Enne, G., Pulina, G. & Aru, A. (Eds.). *Land use and soil degradation* MEDALUS II in Sardinia. Proceeding of the conference held in Sassari, Italy, 201-209.
- CASTILLO, V.M., MARTÍNEZ MENA, M. & ALBALADEJO, J. (1997): Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Science Society of American Journal*, vol. 61, 4: 1116-1121.
- FRANCIS, C.F. & THORNES, J.B. (1990): Runoff hydrographs from three types of Mediterranean vegetation cover types, in: Thornes, J.B. (Ed.), *Vegetation and Geomorphology*, Wiley, Chichester, 363-385.
- KOSMAS, C., MOUSTAKAS, N., DANALATOS, N.G. & YASSOGLU, N. (1994): The effect of rock fragments on wheat biomass production under highly variable moisture conditions in Mediterranean environments. *Catena* 23: 191-198.
- KOSMAS, C., DANALATOS, N., CAMMERAAT, L.H. CHABART, M., DIAMANTOPOULOS, J., FARAND, R., GUTIÉRREZ, L., JACOB, A., MARQUÉS, H., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J., MIZARA, A., MOUSTAKAS, N., NICOLAU, J.M., OLIVEROS, C., PINNA, G., PUDDU, R., PUIGDEFABREGAS, J., ROXO, M., SIMOA, A., STAMOU, G., TOMASI, D., USAI, D., & VACCA, A. (1997): The effect of land use on soil erosion rates and land degradation under Mediterranean conditions. *Catena*, 29: 45-59.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1995): Murcia, un modelo de erosión hídrica en la España Mediterránea. En M. Senet & F. Cabezas (Eds.), *Agua y Futuro en la Región de Murcia*. Asamblea Regional de Murcia, Cartagena, 427-444.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., GARCÍA RUIZ, J.M., ROMERO DÍAZ, A., RUIZ FLAÑO, P., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. & LASANTA, T., (1993). *Medidas de flujos de agua y sedimentos en parcelas experimentales*. Geoforma Ediciones. SEG. 39 pp. Zaragoza.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., ROMERO DÍAZ, A., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. & MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., (1996): The «El Ardal Field Site: Soil and vegetation cover». In *Mediterranean Desertification and Land Use* (MEDALUS). J. Brandt and J.B. Thornes (Eds.). John Wiley & Sons, Chichester, 169-188.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., ROMERO DÍAZ, A., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. & MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., (1998): Vegetation and soil erosion under semi-arid mediterranean climate: a case study from Murcia (Spain). *Geomorphology*, Elsevier (en prensa).
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., LÓPEZ BERMÚDEZ, F., ROMERO DÍAZ, A., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. & ALONSO SARRIA, F. (1991): El matorral semiárido del sureste de España. Aportación metodológica para su evaluación. *Studia Oecológica*, 8: 97-105.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., ROMERO DÍAZ, A., LÓPEZ BERMÚDEZ, F. & MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., (1993): Parámetros estructurales y funcionales de *Rosmarinus officinalis* en ecosistemas mediterráneos semiáridos. *Studia Oecológica*, X-XI: 289-296.

- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., LÓPEZ BERMÚDEZ, F., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. & ROMERO DÍAZ, A. (1995). Land Use and soil-vegetation relationships in a Mediterranean ecosystem: El Ardal, Murcia, Spain. *Catena*, 25: 153-167.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J., ROMERO DÍAZ, A., LÓPEZ BERMÚDEZ, F. & BELMONTE SERRATO, F. (1998): Biomasa e índice de área foliar de *Rosmarinus officinalis* en matorral semiárido (Cuenca de Mula, Murcia). *Anales de Biología*. Universidad de Murcia (en prensa).
- NICOLAU, J.M., SOLE-BENET, A., PUIGDEFABREGAS, J. & GUTIÉRREZ, L. (1996): Effects of soil and vegetation on runoff along a catena in semi-arid Spain. *Geomorphology*, 14: 297-309.
- POESEN, J., TORRI, D. & BUNTE, K. (1994): Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review, *Catena* 23: 141-166.
- POESEN, J., & BUNTE, K. (1996): Effects of rock fragments on desertification processes in Mediterranean environments. In *Mediterranean Desertification and Land Use* (MEDALUS). J. Brandt and J.B. Thornes (Eds.). John Wiley & Sons, Chichester, 247-269.
- PUIGDEFABREGAS, J., SOLE, A., LÁZARO, R. & NICOLAU, J.M. (1992): Factores que controlan la escorrentía en una zona semiárida sobre micaesquistos. En F. López Bermúdez, C. Conesa García y A. Romero Díaz (Eds.) *Estudios de Geomorfología en España*, AGE, Murcia, 117-127.
- PUIGDEFABREGAS, J., ALONSO, J.M. DELGADO, L., DOMINGO, F., CUETO, M., GUTIÉRREZ, L., LÁZARO, R., NICOLAU, J.M., SÁNCHEZ, G., SOLE, A., TORRENTO, J.R., VIDAL, AGUILERA, C., BRENNER, A. J., CLAAK, S.C. & INCOLL, L. D. (1996): The Rambla Honda field site: Interactions of soil and vegetation along a catena in semiarid Spain. In *Mediterranean Desertification and Land Use* (MEDALUS). J. Brandt and J.B. Thornes (Eds.). John Wiley & Sons, Chichester, 137-168.
- ROMERO DÍAZ, A., BARBERA, G.G. & LÓPEZ BERMÚDEZ, F., (1995): Relaciones entre erosión del suelo, precipitación y cubierta vegetal en un medio semiárido del sureste de la Península Ibérica. *Lurralde*, 18, 229-243.
- ROMERO DÍAZ, A., CAMMERAAT, L.H., VACCA, A. & KOSMAS, C. (1998): Soil erosion at experimental sites in three Mediterranean countries: Italy, Greece and Spain. *Land degradation and development* (submitted).
- ROXO, M.J. KILSBY, C., BATHURST, J.C. & CASIMIRO, P. (1993): Assessing the effects of changes in land-uses and climate on the hydrology and erosion rates of the Cobres basin, Portugal, with SHETRAN-UK. 18th *General Assembly of the European Geophysical Society*, Wiesbaden, Alemania.
- THORNES, J.B., LÓPEZ BERMÚDEZ, F., ROMERO DÍAZ, A., BRANDT, J., WATTS, G.B. & MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1990): Modelo digital para el estudio de la relación vegetación-erosión y su aplicación a problemas ambientales. 10th Jornadas de Fitosociología. *Cartografía Vegetal*, Granada, 19-21.
- THORNES, J.B. (1995): Mediterranean desertification and vegetation cover. In F. Fantechi, D. Peters, P. Balabanis & J.L. Rubio (Eds.) *Desertification in a European context*. European Union, EUR 15415, 169-197.