

ESCORRENTIAS Y PERDIDAS DE SUELO EN CALCISOL PETRICO BAJO UN AMBIENTE MEDITERRANEO SEMIARIDO

F. LOPEZ BERMUDEZ (1); L.J. ALIAS PEREZ (2);
J. MARTINEZ FERNANDEZ (1);
M.A. ROMERO DIAZ, M.A.(1) & P. MARIN SANLEANDRO (2)

(1) Departamento de Geografía Física. Universidad de Murcia.

(2) Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia.

Resumen. En este trabajo se analizan las pérdidas de suelo y escorrentías, que con diferentes usos del suelo tienen lugar en un Calcisol Pétrico y bajo un ambiente mediterráneo semiárido. Los resultados que aquí se presentan están referidos a un campo experimental, "El Ardal" (Murcia, SE de España), dotado de dispositivos instrumentales, automático y manual, instalados a tal fin. Las tasas de erosión y escorrentías registradas en dos años de observación, 1990 y 1991, han sido muy bajas debido, principalmente, al tipo de suelo sobre el que se desarrollan las experiencias y a regímenes de lluvias de débil energía. Se destaca una notable diferencia de respuesta a las lluvias según los distintos usos del suelo, la importancia de la intensidad de la precipitación frente a su cantidad y el momento del año en que esta se produce.

Palabras clave: Escorrentía, pérdidas de suelo, Calcisol Pétrico, precipitación, mediterráneo.

Abstract. In this paper soil losses and runoff that occur with several land uses in a Petric Calcisol under a semi-arid mediterranean environment are analysed. The results are obtained in a experimental field site, "El Ardal" (Murcia, SE of Spain), provided with manual and automatic instrumental dispositives. Erosion rates and runoff registered during two years, 1990 and 1991, were very low, mainly because in the soil types where the experiences are developed and rainfall regimes of low energy. There is an important difference in the response to the rainfall events depending on the different land uses, the intensity of rainfall in relation to the quantity of rainfall, and the time of the year in which the event occur.

Key words: Runoff, soil losses, Petric Calcisol, rainfall, mediterranean

1. Introducción

La erosión de los suelos ha sido reconocida como el proceso de mayor importancia en las causas de desertificación en Europa meridional y, en particular, en las regiones mediterráneas siendo el sureste Ibérico el área más afectada (López Bermudes, 1985, 1990; Fantechi & Margaris, 1986; Albaladejo *et al.*, 1990; Rubio & Rickson, 1990). La pérdida de suelo y de elementos nutrientes, así como un generalizado deterioro de las diversas propiedades del suelo en extensas áreas del territorio, se traduce en una marcada disminución del potencial productivo que induce a la desertificación.

Hasta ahora, los estudios realizados coinciden en señalar como los principales agentes responsables de la intensificación de los procesos de erosión, que se producen en las regiones mediterráneas semiáridas, las severas condiciones climáticas y, en particular, la alta erosividad de las lluvias, la erosionabilidad de unos suelos desnudos, los incendios forestales y determinadas prácticas agrarias, especialmente en áreas de agricultura de secano (roturaciones de tierras marginales, laboreo y tipo de cultivo) en donde además, se detectan unas insuficientes medidas de conservación del suelo (Asch, 1980; Lasanta, 1985; Boardman et al. 1990).

La pérdida de suelo es el resultado final del proceso físico que produce, por un lado, la disgregación de los agregados por impacto de las gotas de lluvia, por otro, la remoción y transporte de partículas por las escorrentías generadas. La magnitud e intensidad del proceso dependerá de la vulnerabilidad de los sistemas semiáridos a la sequía, de las propiedades físicas y químicas de los suelos, de la eficacia protectora de la cubierta vegetal, de la intensidad y duración de las tormentas y del uso y gestión de los sistemas suelo y vegetación por el hombre (López Bermudez et al. 1990).

En el presente trabajo se trata de evaluar la pérdida de suelo por erosión hídrica, bajo condiciones mediterráneas con fuerte tendencia a la aridez y diferentes usos de un suelo de tipo Calcisol Pétrico, en el campo experimental de "El Ardal".

2. El área de estudio

El campo experimental de "El Ardal", de 2 has de superficie (López Bermudez et al. 1991), se encuentra en el borde norte de la Cuenca del río Mula (afluente del río Segura) y en el centro de la Región de Murcia, Sureste de España (figura 1). Se halla a una altitud de 550 m, con pendiente media del 20%, en una microcuenca recubierta, casi toda, por matorral mediterráneo (*Thymus zygis*, *Rosmarinus officinalis*, *Juniperus oxicedrus*, *Salsola kali*, *Ramnus lycioides*, *Asphodelus fistulosus*) y algunas herbáceas, sobre sustrato calizo y suelo Calcisol pétrico.

3. Métodos y técnicas

En el área experimental se llevan a cabo estudios referidos a elementos y parámetros climáticos, hidrológicos, erosión-escorrentía, vegetación y suelos (López Bermudez et al. 1991). Los parámetros climáticos se registran en una estación meteorológica automática y una red de 18 pluviómetros distribuidos por toda el área. Junto al análisis de las variables climáticas esenciales, se realizan estudios específicos relacionados con la pluviometría, tales como variabilidad espacio-temporal, intensidad, influencia de la topografía e interceptación por la vegetación.

Los parámetros hidrológicos se controlan en una estación de aforo, también de registro automático, situada a la salida de la microcuenca, provista de un dispositivo de concentración del flujo y un pozo tranquilizador para la medida del nivel de agua.

La escorrentía y erosión, tanto física como química de los suelos, se evalúan a través de 17 parcelas (12 de 8x2 m y 5 de 10x2 m), con diferentes pendientes, orientaciones y usos del suelo. Seis parcelas están dispuestas en parejas y a tres de ellas se les ha cortado la vegetación para observar el efecto de la deforestación en la pérdida de suelo y en la generación de escorrentía.

El seguimiento puntual que se realiza de estas parcelas consiste en medir la cantidad de escorrentía superficial, generada por cada lluvia y que se recoge en estanques colocados a tal fin, tomar una muestra para después, en el laboratorio, cuantificar la cantidad de suelo erosionado y realizar diferentes análisis químicos. Las determinaciones que se realizan son las siguientes: pH, CE, Na, K, NH₄, Mg, Ca, Cl, NO₃, P₀₄, S₀₄, RAS. Cuando la lluvia produce sedimentos, se hace un análisis complementario para determinar los nutrientes arrastrados: C, N, K, P, Fe, Cu, Mn y Zn.

Los estudios de vegetación, se realizan de manera sistemática en 6 parcelas específicas, 3 de 16x16 m y otras 3 de 30x30 m, estudiándose: variaciones en la densidad de la cubierta vegetal, crecimiento de las plantas, hojarasca producida por algunas especies, índice de protección del suelo por el matorral y evaluación de la biomasa total del matorral de romero (*Rosmarinus officinalis*), por ser la especie más abundante.

Por último, se controla la humedad del suelo y sus variaciones espaciales y temporales. Se realiza un muestreo periódico del estado de la humedad del suelo en diferentes situaciones: suelo bajo vegetación,

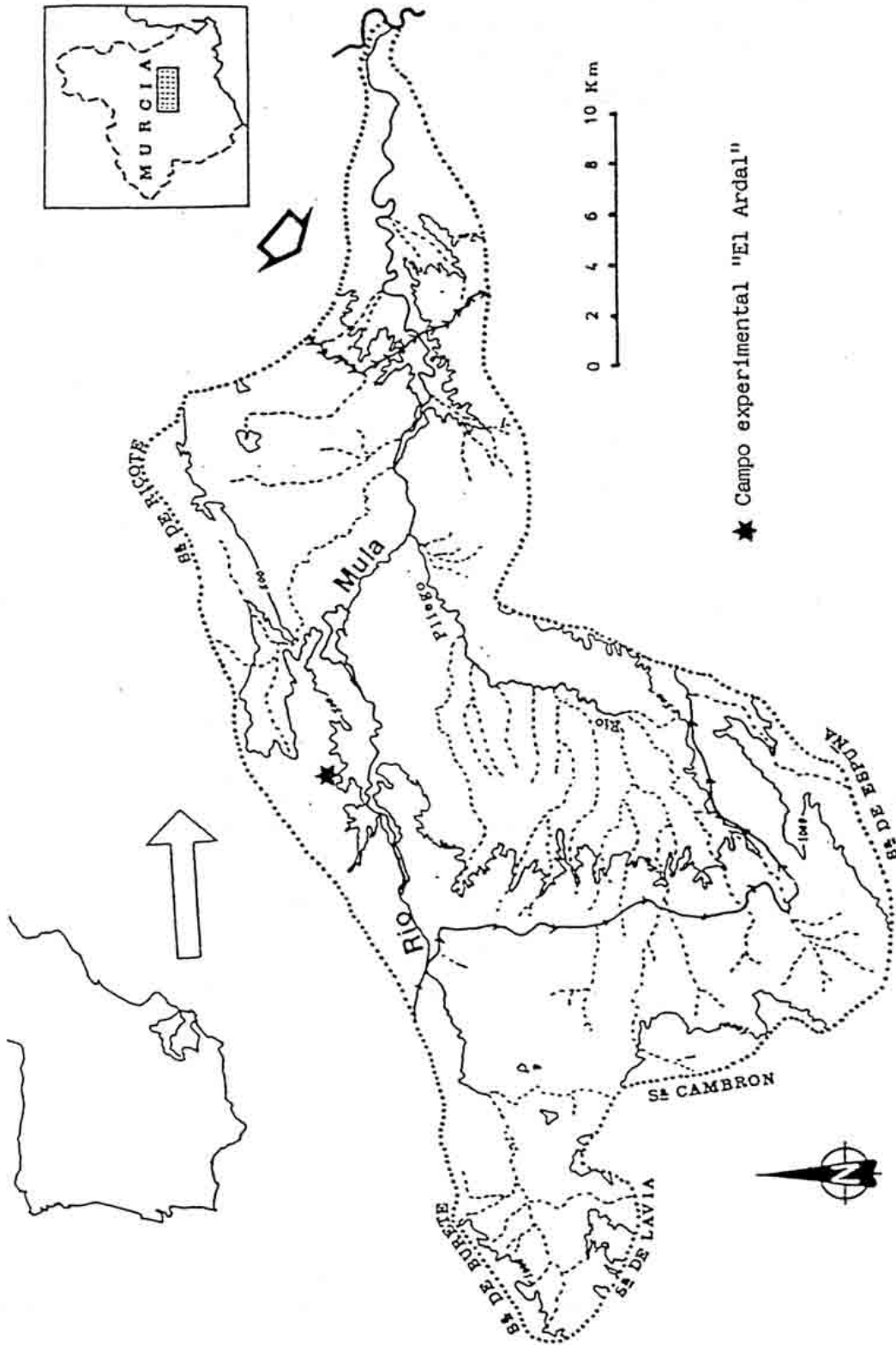


Fig. 1. Localización del área de estudio

La densidad aparente es baja, variando desde 0.8 g/cm³ en los sectores con matorral a 1.1 en los cultivados. La capacidad de retención hídrica va desde algo más de 0.6 cm³/cm³ en condiciones de saturación, hasta valores ligeramente superiores a 0.1 a pF 4.2.

5. Resultados y discusión

Los valores medios anuales de escorrentías generadas y pérdidas de suelo registradas en 1990 (tabla 3) muestran a las parcelas 1 (sembrada de cebada), la 11 (tratada con polímeros), y la 10 (con matorral cortado), como las que han generado mayor cantidad de escorrentía, e igualmente mayores cantidades de pérdidas de suelo. Por el contrario, las parcelas 2 y 9 (secano en barbecho durante varios años y con matorral, respectivamente), son las que registran las menores pérdidas de suelo y escorrentías (figura 2). En 1991 que fué un año un poco más seco, con 50 mm de precipitación menos, se registró en todas las parcelas tasas de erosión y escorrentía bastante más bajas; no obstante, siguen siendo las parcelas 1 y 11 las de valores más elevados.

Tabla 3. Escorrentía y pérdidas de suelo (1990-1991)

1990						
Nº Parcela	Escorrentía l	Total l/m ²	Pérdida g	suelo g/m ²	Sedimento g/l	Coefficiente escorr %
1	179.2	11.20	309.01	19.31	0.56	3.00
2	64.7	4.04	11.17	0.69	0.38	1.08
9	46.7	2.92	9.84	0.61	0.31	0.78
10	100.5	6.28	197.21	12.32	1.04	1.68
11	120.0	7.50	236.36	14.77	0.74	2.01

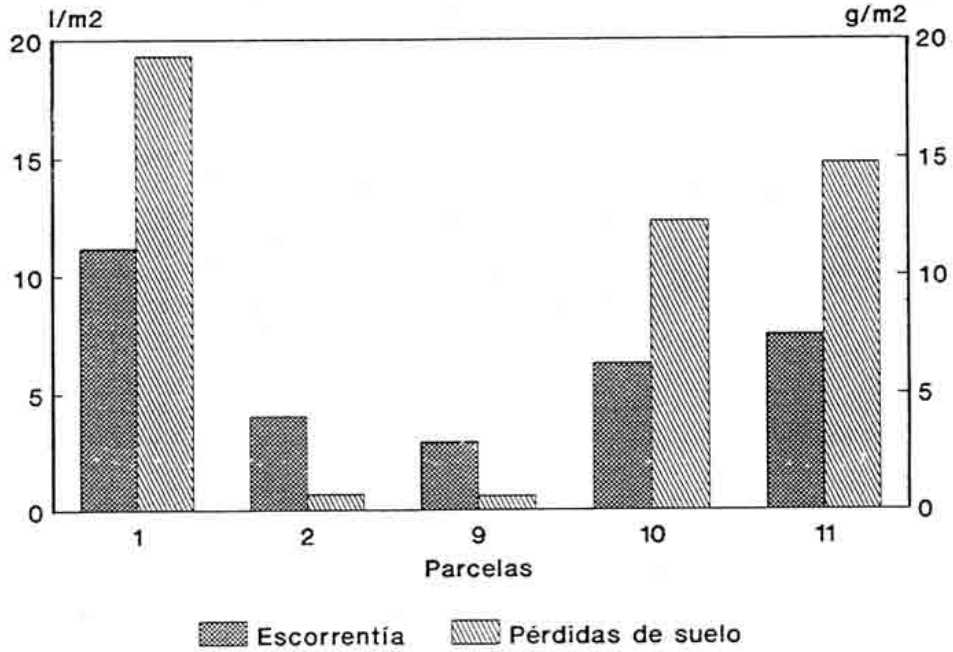
1991						
Nº Parcela	Escorrentía l	Total l/m ²	Pérdida g	suelo g/m ²	Sedimento g/l	Coefficiente escorr %
1	69.5	4.34	74.31	4.64	1.07	1.35
2	54.2	3.39	7.98	0.50	0.15	1.05
9	35.2	2.20	2.79	0.17	0.08	0.68
10	35.8	2.24	6.80	0.42	0.19	0.69
11	71.1	4.44	27.25	1.70	0.38	1.38

A nivel global, las pérdidas de suelo en todas las parcelas han sido bajas, hecho que se justifica por la abundancia relativa de cubierta vegetal, material calizo consolidado, tipo de suelo bastante permeable, lluvias escasas y de baja energía y coeficientes de escorrentía débiles.

En efecto, los coeficientes de escorrentía, en el periodo analizado, también han sido muy bajos en todas las parcelas. En la sembrada de cebada se registran los valores más elevados, y en la parcelas cubiertas de matorral los más pequeños. El hecho de que la parcela 9, es decir, la que posee una cubierta en torno al 80% de matorral seminatural, sea la que registra la menor tasa de erosión y escorrentía, tanto para 1990 como para 1991, refleja la importancia que la vegetación posee como interceptadora de la lluvia y protectora del suelo frente a los procesos de erosión (Belmonte Serrato & Romero Díaz, 1992). Esta parcela y la 10, ofrecen una respuesta muy distinta a las mismas lluvias, por la diferencia de cubierta vegetal.

Sin embargo, los valores medios anuales reflejados en la figura 2 y tabla 3, enmascaran un aspecto importante, el hecho de que las tasas más altas de escorrentía y erosión se registran asociadas a episodios de lluvia específicos y en un momento del año también concreto.

1990



1991

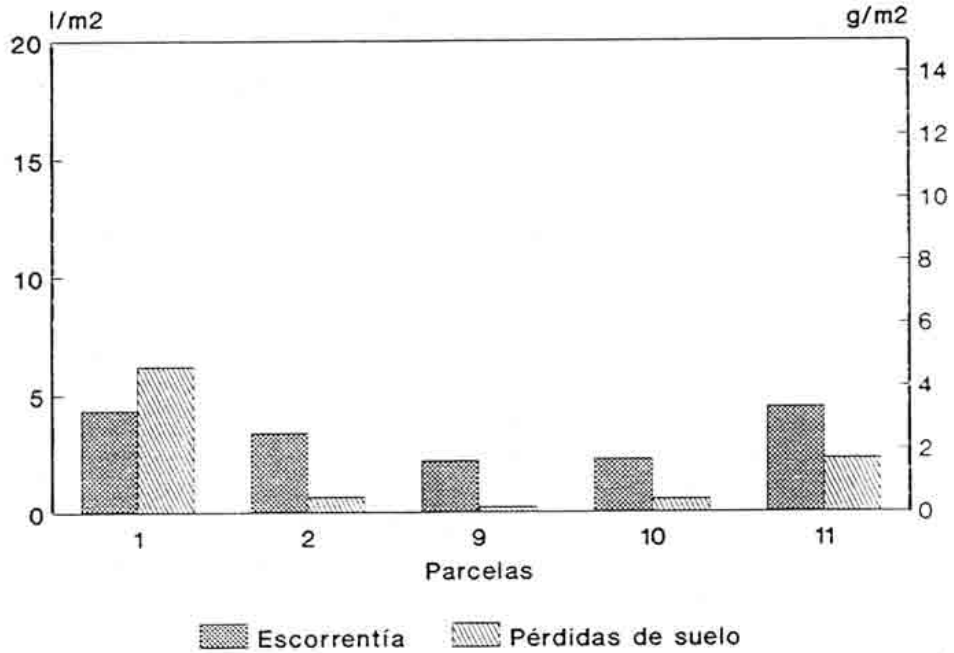


Fig. 2. Relación escorrentía-pérdidas de suelo. Valores medios anuales para 1990-1991

Tabla 4. Descripción de la lluvia (1990-91)

Fecha	LLuvia (mm)	Escorrentía	Nº	I 10' mm
3/1/1990	1.8	NO		
4/1/1990	3.6	NO		
5/1/1990	0.2	NO		
9-14/1/1990	14.5	SI	1	
28/1/1990	0.4	NO		
31/1/1990	0.4	NO		
2-4/3/1990	29.0	SI	2	0.4
6/3/1990	0.4	NO		
8/3/1990	0.8	NO		
9/3/1990	0.2	NO		
11/3/1990	0.4	NO		
18/3/1990	0.4	NO		
24-25/3/1990	9.2	SI	3	0.8
30/3 a 1/4/1990	49.6	SI	4	1.0
8-24/4/1990	15.2	SI	5	1.2
25/4 a 2/5/1990	34.6	SI	6	2.4
9-11/5/1990	15.4	SI	7	1.0
22-28/5/1990	35.0	SI	8	5.4
4/6/1990	0.2	NO		
5/6/1990	0.6	NO		
11/6/1990	0.2	NO		
28/7/1990	2.8	NO		
2/8/1990	1.6	NO		
5/8/1990	4.8	NO		
1-2/9/1990	37.8	SI	9	11.6
9/9/1990	0.8	NO		
11-12/9/1990	38.4	SI	10	13.2
15/9/1990	1.2	NO		
16/9/1990	2.4	NO		
17/9/1990	0.4	NO		
25/9/1990	6.0	NO		
30/9/1990	0.2	NO		
2/10/1990	4.2	NO		
8-13/10/1990	18.8	SI	11	1.6
22/10/1990	5.0	NO		
6-9/11/1990	17.6	SI	12	2.4
6/12/1990	0.2	NO		
16-19/12/1990	4.9	SI	13	0.4
20/12/1990	14.0	SI	14	
26/12/1990	0.4	NO		
<hr/>				
Lluvia con escorrentía = 334.0 mm				
Lluvia total = 373.6 mm				
<hr/>				
20-21/1/1991	17.8	SI	1	1.6
23-25/1/1991	65.0	SI	2	1.0
26-30/1/1991	19.3	SI	3	
10-13/2/1991	3.0	NO		
19-20/2/1991	23.6	SI	4	0.8
6-7/3/1991	1.2	NO		
12-14/3/1991	23.6	SI	5	2.2
23/3/1991	15.8	SI	6	0.8
27/3/1991	0.8	NO		
15-18/4/1991	19.6	SI	7	6.8
24/4/1991	0.2	NO		
2/5/1991	0.6	NO		
5/5/1991	1.6	NO		

Continuación.....

Fecha	LLuvia (mm)	Escorrentía	Nº	I 10' mm
31/5 a 3/6/1991	18.8	SI	8	1.4
16-19/6/1991	4.0	NO		
9/8/1991	0.4	NO		
5/9/1991	1.2	NO		
29/9/1991	4.0	NO		
4-5/9/1991	4.8	NO		
19-23/10/1991	35.5	SI	9	0.6
24-25/10/1991	1.4	NO		
29-30/11 a 1/12/91	30.8	SI	10	4.2
8-10/12/1991	14.8	SI	11	0.4
11-16/12/1991	13.2	SI	12	0.4

Lluvia con escorrentía = 297.8 mm

Lluvia total = 322.8 mm

Del análisis de la tabla 3 y figura 3 se deduce para 1990, que los episodios de lluvia producidos los días 1-2 y 11-12 de septiembre, que representan el 22.8% del total de la lluvia, ocasionaron, en términos generales para todas las parcelas, los valores más altos de erosión y escorrentía, en especial en las parcelas 1, 10 y 11. En tan solo un episodio de lluvia, 11-12 de septiembre, las parcelas 1 y 11 registraron más del 90% de la erosión de todo el año 1990 y el 70 y 35.8% de la escorrentía respectivamente. La explicación de que sean estas parcelas las que registren más escorrentía y erosión hay que buscarla en el tipo de protección que el suelo tenga en el momento de producirse la lluvia. De hecho, la parcela 1 dedicada a cebada, en septiembre solo tenía rastrojo seco. La parcela 2 tiene una respuesta muy diferente a todas las demás, debido a que al no realizarse ninguna práctica agrícola y permanecer en barbecho durante varios años, se comporta de forma más estable. Los bajos valores registrados en 1991 son irrepresentables a la misma escala que los anteriores.

Por otro lado, es de destacar que el episodio lluvioso 10 del año 1990, que dio lugar a las mayores pérdidas de suelo y escorrentía, registró una cantidad de precipitación que se pudiera considerar normal, al compararlo con el resto de los episodios que dan lugar a escorrentía (tabla 4), lo que induce a pensar que no es la cantidad de lluvia el factor más importante, sino la intensidad con la que ésta se presenta. El análisis de la relación lluvia-escorrentía y escorrentía-máximo de lluvia en 10 minutos, así lo demuestra.

Se observa que, por término medio en los dos años de estudio (figura 4), existe una relación entre lluvia y escorrentía en todas las parcelas, a excepción del episodio 10 de 1990, el de mayor escorrentía. Por el contrario, la relación hallada en la figura 5, entre escorrentía y la lluvia máxima caída en 10 minutos, suele ser mejor en las parcelas más desprovistas de vegetación. Se demuestra así, una vez más (Romero Díaz *et al.*, 1987) como la intensidad de la lluvia es un factor decisivo en los procesos de erosión y degradación del suelo, aún en lluvias de moderada y escasa energía.

Otro factor a tener en cuenta es el estado de humedad del suelo en el momento de producirse la lluvia (figura 6). Precisamente el episodio que generó los mayores valores de escorrentía y sedimentos (11-12 de septiembre de 1990), se produjo cuando el suelo se encontraba con un menor contenido en humedad (agosto, 4.4%), un acentuado stress hídrico y una mayor compactación, como consecuencia de la sequedad a que estuvo sometido durante los meses estivales, sin apenas precipitación.

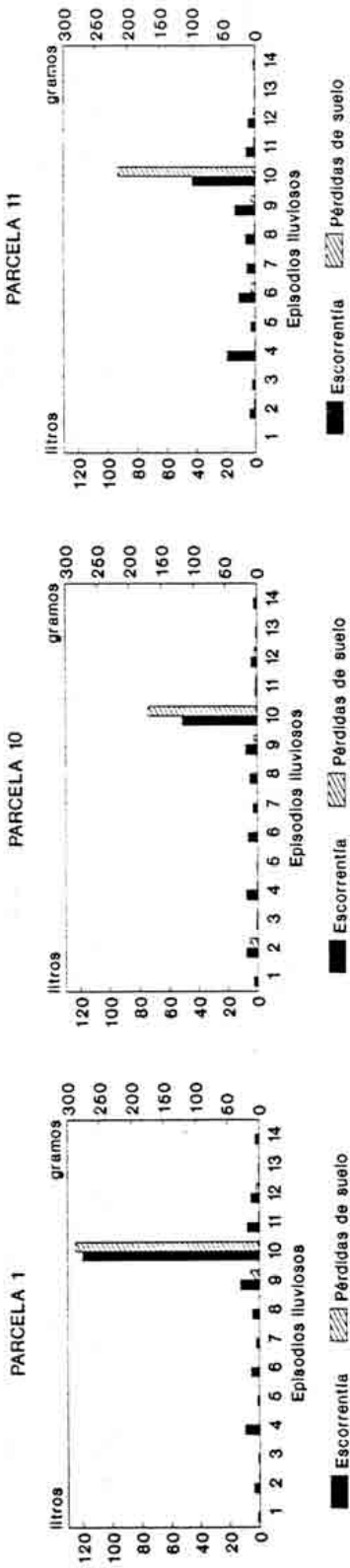
6. Conclusiones

Del estudio realizado se puede deducir que:

- Para el tipo de suelo estudiado, Calcisol Lepti-Pétrico en fase pedregosa, en general, las tasas de erosión y escorrentía son muy bajas, en años con lluvias escasas y de baja energía.

- Existe una gran diferencia a la respuesta de la lluvia en el suelo, según el uso. Las mayores pérdidas de suelo y escorrentías se producen, en primer lugar, en la parcela sembrada de cebada, seguida de la que se

1990



1991

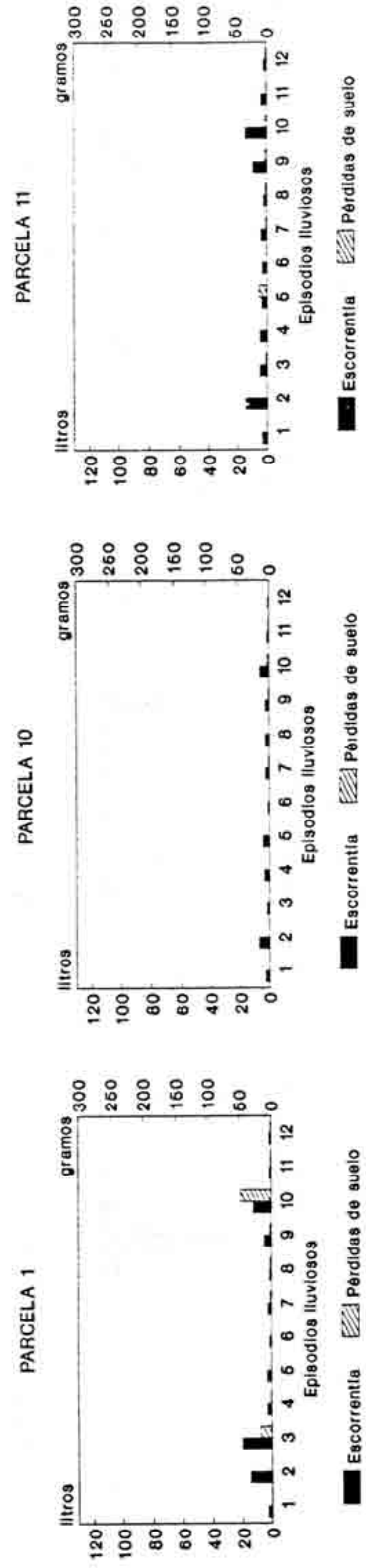
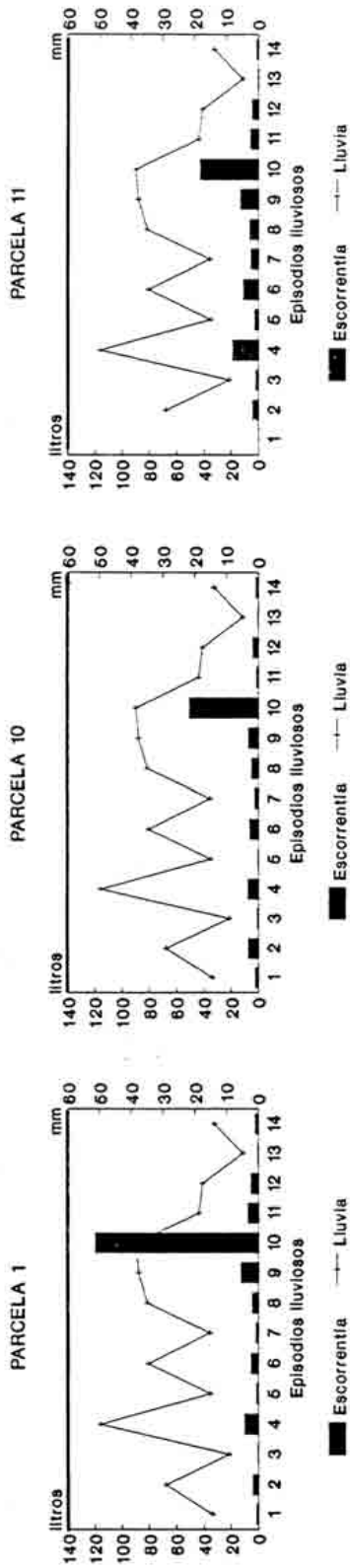


Fig. 3. Relación escorrentía-pérdidas de suelo para distintas parcelas y episodios de lluvia

1990



1991

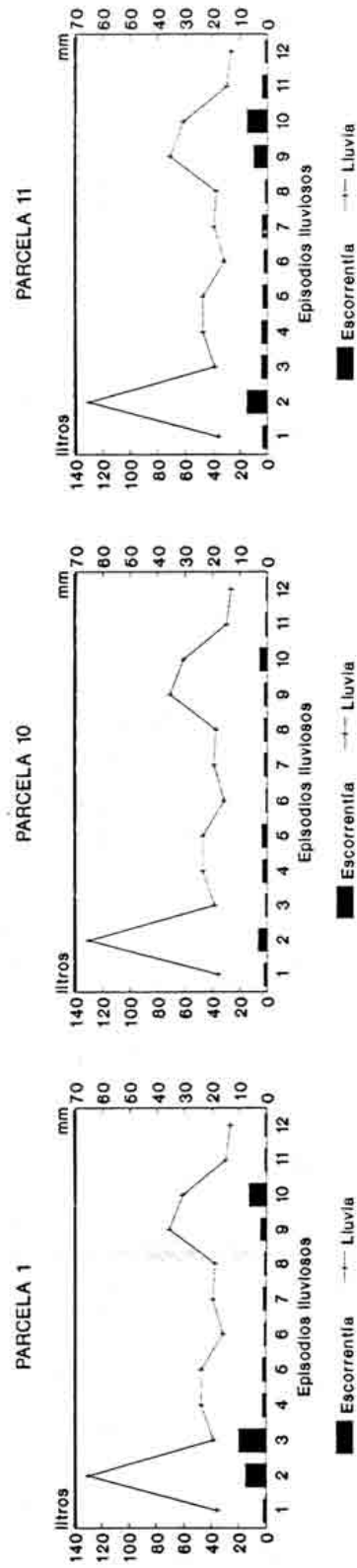
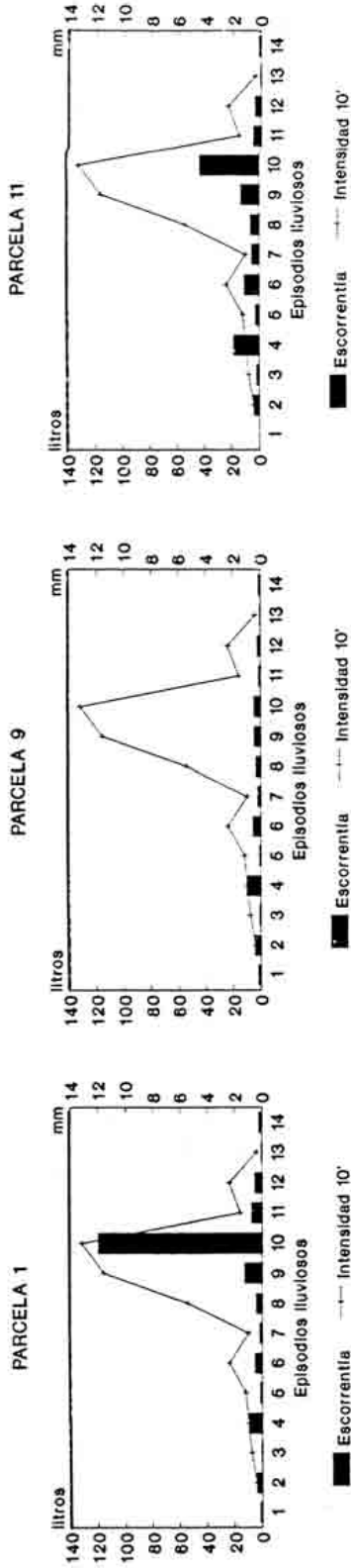


Fig. 4. Relación escorrenfia-cantidad de lluvia para distintas parcelas y episodios de lluvia

1990



1991

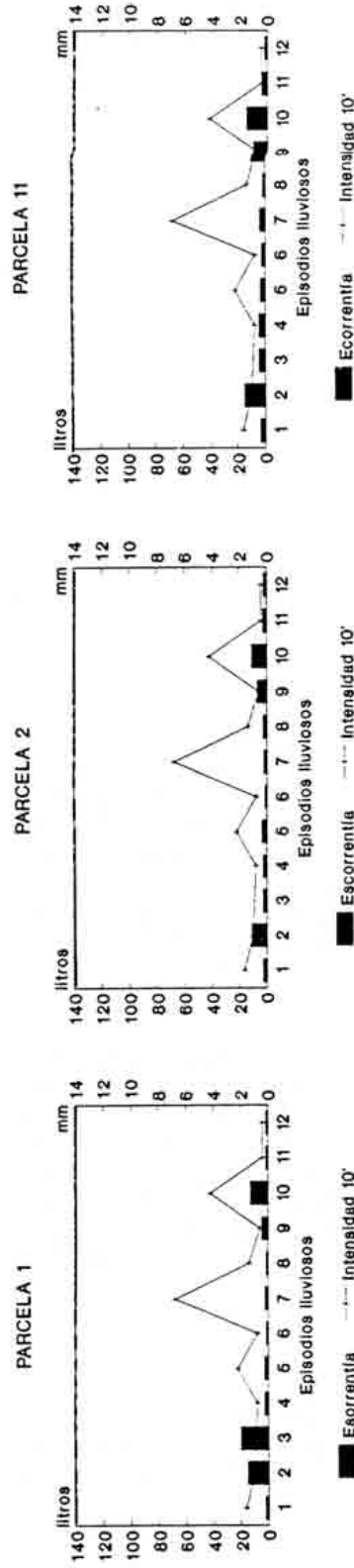


Fig. 5. Relación escorrentía-lluvia máxima en 10 minutos para distintas parcelas y episodios de lluvia

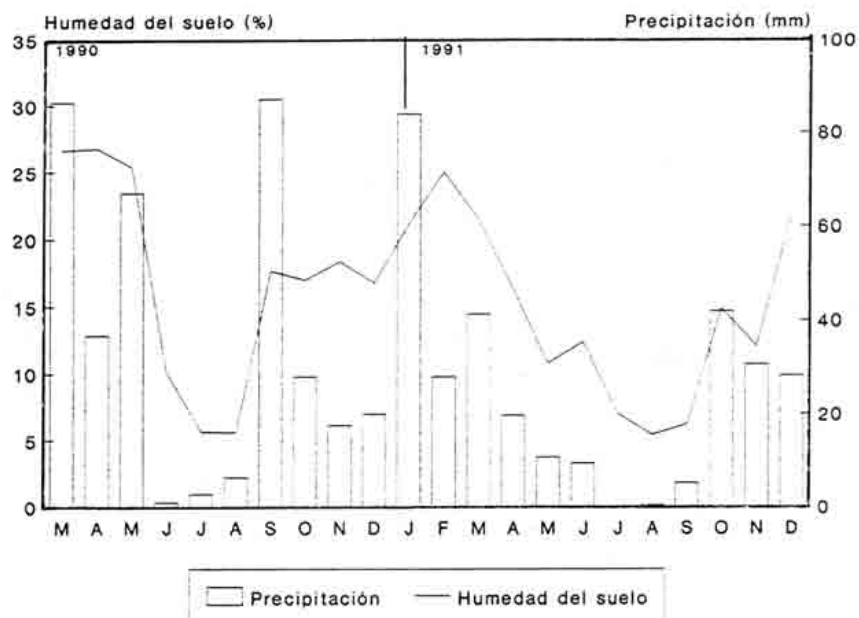


Fig. 6. Evolución de la humedad del suelo y precipitación (1990-91)

encuentra tratada con polímeros, la de matorral cortado, secano en barbecho, y por último, la de matorral seminatural (matorral pastado por el ganado).

- Las parcelas de mayor erosión y escorrentía son aquellas, que en gran parte del año o en su totalidad, ofrecen un suelo desnudo y desprotegido. Por el contrario, las de menor erosión-escorrentía son las que tienen una importante cubierta vegetal y la dedicada a barbecho durante varios años sin ningún tratamiento.

- Es importante resaltar que al contrario de lo que ocurre en otros suelos, por ejemplo sobre margas, donde el abandono de tierras resulta ser un factor favorable a los procesos de erosión, en el suelo estudiado, con los registros obtenidos, el barbecho prolongado sin laboreo, sería práctica aconsejable, para la restitución de la cubierta vegetal herbácea y de matorral, protección del suelo y disminución de escorrentías.

- La mayor pérdida de suelo y generación de escorrentía suele producirse después del verano, periodo del año en el que el suelo es más vulnerable, se encuentra más desprotegido de vegetación, con muy bajo contenido de humedad y, en consecuencia, con mayor sensibilidad a los procesos de erosión. Este periodo comprendido entre la mitad de septiembre y mediados de noviembre es, precisamente, el de mayor frecuencia de sistemas convectivos con lluvias asociadas de carácter torrencial y alta erosividad, en el Levante y Sureste de la Península Ibérica.

- La intensidad de la precipitación resulta ser, para este medio semiárido mediterráneo, el factor que mayor relación tiene, con las pérdidas de suelo y la generación de escorrentías.

Agradecimientos

Este trabajo se integra en el marco de un Proyecto de Investigación sobre "Erosión y Pérdida de Fertilidad de Suelos", financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Comunidad de Murcia. Los autores expresamos nuestro agradecimiento.

Referencias bibliográficas

- Albaladejo, J.; Stocking, M.A. & Díaz, E. (Eds.) (1990):** *Soil Degradation and rehabilitation in Mediterranean environmental conditions*. CSIC/CEBAS. Murcia. 230 pp.
- Asch, Th. W. J. van (1980):** *Water erosion on slopes and landsliding in a Mediterranean landscape*. Utrechtse Geographische Studies 20. Department of Geography. University of Utrecht. The Netherlands. 238 pp.
- Belmonte Serrato, F. & Romero Díaz, M.A. (1992):** Evolución de la capacidad de interceptación de la lluvia por la vegetación y su relación con la erosión de los suelos en el SE semiárido español. Primeros resultados. *II Reunión Nacional de Geomorfología*. Sociedad Española de Geomorfología, Murcia.
- Boardman, J.; Foster, I.D.L. & Dearing, J.A. (1990):** *Soil erosion on agricultural land*. J. Wiley and Sons. Chichester. 687 pp.
- Fantechi, R. & Margaris, N.S. (Eds.) (1986):** *Desertification in Europe*. Reidel Pub. Co. Dordrech. 231 pp.
- Fao (1988):** *FAO-Unesco Soil Map of the World. Revised Legend*. World Soil Resources Report 60. Rome. 138 pp.
- Lasanta, T. (1985):** *Aportación al estudio de la erosión hídrica en campos cultivados de La Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño. 152 pp.
- López Bermudez, F. (1985):** La erosión hídrica en el dominio mediterráneo español. *Tarraco. Cuadernos de Geografía*. Vol. 4-5 (Año1983-84). Universidad de Barcelona (Tarragona). pp. 7-26.
- López Bermudez, F. (1990):** Soil erosion by water on the desertification of a Semi-Arid Mediterranean fluvial basin: The Segura basin. Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 33. No. 2. pp. 129-145.
- López Bermudez, F.; Albaladejo, J. (1990):** Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea". In: *Soil degradation and rehabilitation in Mediterranean environmental conditions*. J. Albaladejo; M.A. Stoching & E. Diaz (Eds.) CSIC/CEBAS. Murcia. pp. 15-45.
- López Bermudez, F.; Romero Díaz, M.A. & Martínez Fernández, J. (1991):** Soil erosion in semi-arid mediterranean environment. The El Ardal experimental field (Murcia, Spain)". In *Soil Erosion Studies in Spain*. J.M. García Ruiz; M. Sala & J.L. Rubio (Eds.). Geoforma Ediciones. Logroño. 228 pp.
- Reynolds, S.G. (1970):** The gravimetric method of soil moisture determination. I. A study of equipment and methodological problems. *Journal of Hydrology*. Vol. 11. pp. 258-273.
- Romero Díaz, M.A.; Martínez Fernández, J.; Francis, C.F.; López Bermudez, F. & Thornes, J.B. (1987):** "Erosividad de lluvias intensas: Estudio de campo en Murcia. *Seminario sobre erosión y dinámica de sedimentos*. CSIC. Almería.
- Rubio, J.L. & Rickson, R.J. (Eds.) (1990):** *Strategies to combat Desertification in Mediterranean Europe. Commission of the European Communities*. Luxembourg. 442 pp.
- Soil Survery Staff (1975):** *Soil Taxonomy*. USDA. Agricultural Handbook No. 436.