

## PERDIDA DE SUELO POR EROSION HIDRICA EN UN SUELO AGRICOLA DE LA ZONA CENTRO DE ESPAÑA PROVOCADA POR UNA TORMENTA DE CORTA DURACION

R. BIENES<sup>1</sup>, J. MOSCOSO DEL PRADO<sup>1</sup>, A. DEL OLMO<sup>2</sup> y C. RODRÍGUEZ<sup>2</sup>

### RESUMEN

Los cambios de uso del suelo agrario (provocados, por ejemplo, por la aplicación de la Política Agraria Común) pueden ocasionar, en determinadas ocasiones, un riesgo de aumento de la erosión hídrica en las tradicionales zonas cerealistas del centro peninsular. Después de una tormenta en la zona de Alcalá de Henares (valle del Henares, Madrid), se han analizado las pérdidas de suelo en cuatro situaciones: suelo desnudo, cultivo tradicional de cebada, vegetación espontánea por abandono de la actividad agrícola y barbecho labrado. El comportamiento de cada una de las parcelas ha sido muy diferente, tanto en lo que se refiere a la pérdida de suelo como a la escorrentía. La parcela cultivada con cebada es la que ha ofrecido mejor protección frente a la erosión. El barbecho ha provocado unas pérdidas de suelo similares a las del suelo desnudo y, además, ha infiltrado menos agua que la parcela de cebada o con vegetación espontánea. Sólo por esta tormenta se han perdido cerca de tres toneladas por hectárea de suelo en la parcela en barbecho. La parcela con vegetación espontánea ha registrado una mayor escorrentía que la correspondiente a la parcela de cebada, y una tasa de erosión 100 veces superior. Esta parcela de vegetación espontánea presenta un 25% más de infiltración que el suelo desnudo o el barbecho, y una tasa de erosión cuarenta veces inferior.

Los sedimentos presentan un contenido tanto en limo internacional como en arcilla, del orden de un 50% superior al del suelo, así como un contenido en materia orgánica superior al del suelo. En consecuencia, en el epipedón del suelo tiene lugar una progresiva disminución, tanto de la capacidad de intercambio catiónica, como de las bases de cambio, lo que puede conducir a una pérdida de fertilidad además de un aumento de la compactación como consecuencia del empobrecimiento en materia orgánica del epipedón.

**Palabras clave:** Erosión hídrica, cobertura vegetal, campos abandonados.

### INTRODUCCION

Del estudio del observatorio de Alcalá de Henares (La Canaleja), se deduce que el clima de la zona es mediterráneo templado (ELÍAS y RUIZ, 1977). Las precipitaciones máximas en 24 horas calculadas en esta zona son 33,6 mm (Alcalá de Henares), 38 mm (finca «El Encín») y 35,4 mm (finca «La Canaleja»), con un período de recurrencia de 2 años.

En este trabajo presentamos los resultados concretos de la erosión hídrica provocada por una tormenta mediante la recogida de escorrentía y sedimentos arrastrados en cuatro parcelas experimentales con diferente cobertura vegetal.

### MATERIAL Y METODOS

#### Parcelas experimentales

Las parcelas experimentales tienen una superficie aproximada de 80 m<sup>2</sup>, con 20 m de largo por 4 m de ancho (ver Fig. 1). En la parte de menor cota de cada parcela hay un canalón de recogida de sedimentos y agua de escorrentía —que está

<sup>1</sup> Servicio de Investigación Agraria. Comunidad de Madrid.

<sup>2</sup> Subdirección General de Coordinación y Programas. INIA.

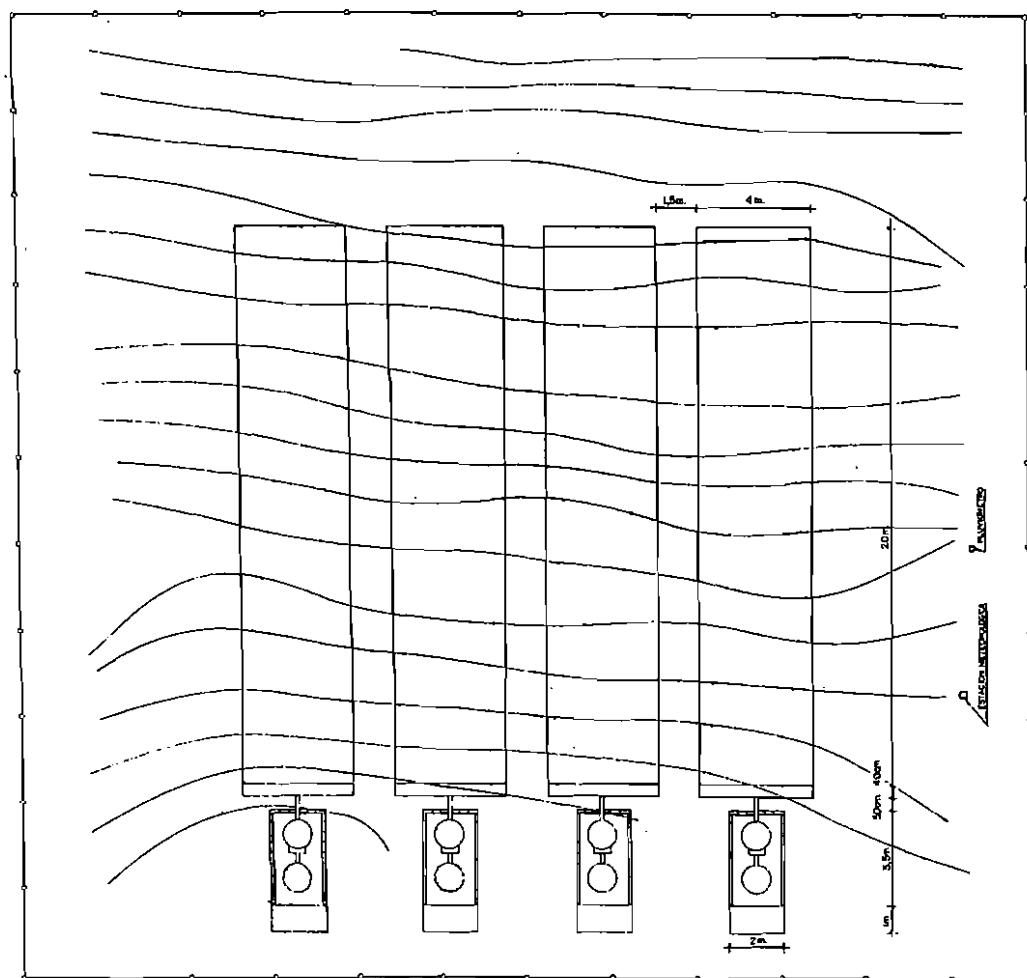


Fig. 1. Parcelas experimentales (Equidistancia de las curvas de nivel 10 cm).

comunicado con un depósito de 360 l de capacidad. Este depósito lleva adosado un divisor de flujo con cinco salidas, de las cuales la central está conectada con un segundo depósito también de 360 l.

Junto a las parcelas experimentales hay una estación meteorológica automática con registro de lecturas cada 12 minutos que, mediante el empleo de sensores, mide la pluviometría, velocidad del aire, temperatura del aire, humedad

relativa y radiación solar. Esta estación está funcionando desde julio de 1993.

En la campaña anterior al establecimiento de las parcelas se cultivó cebada en seco, levantándose el rastrojo en octubre de 1993. Desde noviembre de 1993 se recogen y analizan escorrentía y sedimentos arrastrados en todos los eventos en las cuatro parcelas experimentales. En el momento de la tormenta (7 de mayo de 1994) en la primera de las parcelas el suelo estaba desnudo

por la aplicación de herbicidas; la segunda presentaba un cultivo de cebada en fase de espigado; la tercera estaba invadida de vegetación espontánea como consecuencia del abandono de la actividad agrícola y la cuarta estaba labrada como en un barbecho tradicional.

### Suelo

Las parcelas experimentales están situadas en una ladera de escasa pendiente, sobre un suelo desarrollado en una terraza de la margen derecha del río Henares. Este suelo presenta una evolución moderada, con desarrollo de un horizonte B bien estructurado y con síntomas de iluviación de arcilla no demasiado acusada. La secuencia de horizontes genéticos del perfil es: Ap, B1t, C1ca, C2.

El régimen de humedad es xérico y el térmico méxico (LAZARO *et al.*, 1978). Este suelo ha sido clasificado, según «Soil Taxonomy» USDA (1985), como Calcic Haploxeralf.

Las características analíticas del perfil del suelo figuran en la Tabla I, para cuyas determinaciones se han seguido las normas de Soil Survey Staff (USDA, 1972).

La pendiente de estas parcelas es pequeña (6%), más o menos constante a todo lo largo de la par-

cela y, aproximadamente, la misma para todas ellas.

El factor de erosionabilidad (WISCHMEIER y SMITH, 1978) del epipedón es 0,34 t.m<sup>2</sup>.h/ha.hJ.cm, es decir, tiene sólo una tendencia moderada a erosionarse.

### RESULTADOS

El día 7 de mayo de 1994 tuvo lugar una tormenta en la finca «El Encín» (Alcalá de Henares, Madrid) durante la cual se registró una precipitación de 25,8 mm en 24 minutos (precedida de un evento suave, 3 horas y media antes, durante el cual cayeron 10 mm a lo largo de poco más de 5 horas y media) (ver Fig. 2). La precipitación total que tuvo lugar a lo largo del día fue de 37 mm. Se alcanzó una intensidad horaria de 64,5 mm/h que podría evaluarse como muy fuerte (PORTA *et al.*, 1994).

El comportamiento de cada una de las parcelas fue muy diferente, tanto en lo que se refiere a la escorrentía como a pérdida de suelo. Los resultados que se obtuvieron se exponen en la Tabla II.

Puesto que la pluviometría es aproximadamente igual a la suma de la infiltración más las pérdidas de agua por escorrentía y por evapotranspiración, se ha determinado, indirectamente, la infiltra-

TABLA I  
DATOS ANALITICOS DEL SUELO

Hor.	Prof. (cm)	Análisis Granulométrico (%)				
		Etern. Gruesos	Arena Gruesa	Arena Fina	Limo (ISSS)	Arcilla
Ap	0-22	1,90	23,4	26,1	29,0	21,5
Blt	22-43	9,50	25,1	32,4	25,6	16,9
C1Ca	43-95	20,65	14,4	35,1	34,4	16,1
C2	95-168	2,19	40,8	22,9	28,3	8,0

Hor.	Clase textura I (ISSS)	Materia Orgánica (%)	Caliza		C.E. (mS/cm a 25 °C)	pH H <sub>2</sub> O
			Total (%)	Activa (%)		
Ap	F Ac	1,11	12,4	6,4	0,114	7,98
Blt	F Ac	0,54	12,8	7,9	0,063	8,35
C1Ca	F Ac	0,30	27,2	5,4	0,121	8,18
C2	F Ar	ip	22,8	6,4	0,036	8,26

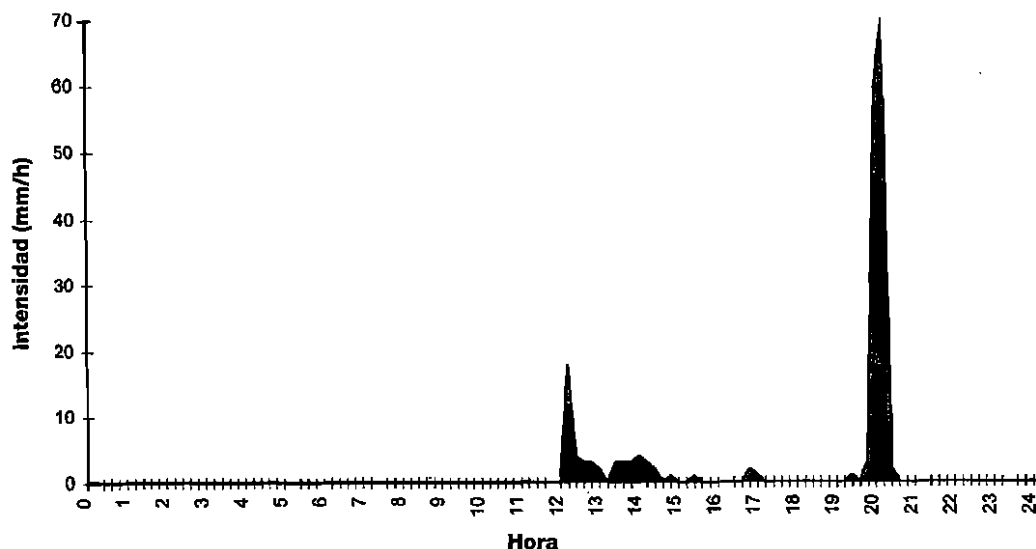


Fig. 2. Intensidad (mm/h) de la tormenta.

TABLA II  
ESCORRENTÍAS Y PERDIDAS DE SUELO POR EROSION HIDRICA

Cobertura vegetal (tratamiento)	Escorrentía recogida (l)	Escorrentía total (l/ha)	Sedimentos recogidos (g)	Pérdida de suelo por erosión (kg/ha)
Suelo desnudo .....	635,0	79.375	24.244,0	3.028,0
Cultivo de cebada .....	12,4	1.553	5,6	0,7
Vegetación espontánea ....	86,5	10.853	556,0	69,5
Barbecho .....	657,5	82.600	22.516,8	2.814,6

ción de cada parcela a partir de la siguiente ecuación:  $I = P - E - ETP_d$  siendo:  $I$  = infiltración.  $P$  = pluviometría total caída dentro de la parcela.  $E$  = escorrentía recogida.  $ETP_d$  = ETP diaria según Penman.

La ETP calculada para el día 7/5/1994 en la finca es de 1,86 mm, y la pluviometría total caída durante ese día fue de 37 mm. Con estos datos se ha elaborado la Tabla III.

En el mes de mayo, el barbecho presenta una superficie prácticamente desprovista de toda vegetación, por lo que era de esperar que apenas hubiera diferencias en el comportamiento entre

esta parcela y la de suelo desnudo a base de aplicar herbicida.

Está en cuestión la creencia tradicional de que el barbecho acumula más agua en el suelo (LÓPEZ y GIRÁLDEZ, 1992). En nuestro caso el barbecho es el tratamiento que menos agua ha infiltrado. La parcela cultivada de cebada presenta un gran aumento de la infiltración (casi un 30% más que la parcela con suelo desnudo o la de barbecho), ya que las numerosas macollas del cereal han frenado mucho la velocidad del agua de escorrentía, dando tiempo a que aumente la infiltración; además las hojas y tallos interceptan la lluvia reduciendo su erosividad. Una consecuencia de lo

TABLA III  
BALANCE HIDRICO

Cobertura vegetal	Superficie (m <sup>2</sup> )	P (l)	E (l)	ETPd (l)	I (l)	I (mm)	I/P (%)
Suelo desnudo .....	80,00	2.960,00	635,0	148,96	2.176,04	27,20	73,5
Cultivo de cebada .....	79,86	2.954,82	12,4	148,70	2.793,72	34,98	94,5
Vegetación espontánea .....	79,70	2.948,90	86,5	148,40	2.714,00	34,04	92
Barbecho .....	79,60	2.945,20	657,5	148,22	2.139,48	26,88	72,64

anterior es la baja tasa de pérdida de suelo que presenta.

El desarrollo de la vegetación espontánea fue bastante rápido. Sin embargo, mientras la parcela de cebada presenta una cobertura casi total y homogénea del terreno, la vegetación espontánea presenta zonas densamente pobladas y rodales con menor cobertura. La primera consecuencia de este diferente recubrimiento del suelo es que esta parcela ha registrado una mayor escorrentía que la correspondiente a la parcela de cebada, y una tasa de erosión 100 veces superior. Así el abandono de la actividad agraria puede suponer un aumento de la erosión hídrica (ALBADALEJO, 1994; LÓPEZ-BERMÚDEZ y ALBADALEJO, 1991; GARCÍA RUIZ *et al.*, 1991). En cualquier caso la parcela de vegetación espontánea presenta un porcentaje de infiltración 25% superior y una tasa de erosión cuarenta veces inferior a las parcelas con suelo desnudo o en barbecho.

En ninguna de las parcelas se han llegado a formar surcos de erosión, los cuales sí tuvieron lugar en el área circundante, si bien de forma aislada.

El tipo de erosión que tuvo lugar en las parcelas experimentales fue de tipo laminar.

En los sedimentos recogidos se realizaron las siguientes determinaciones analíticas: textura (salvo de los sedimentos de la parcela de cebada por no ser suficiente la muestra), materia orgánica, caliza total, conductividad eléctrica y pH. Los resultados figuran en la Tabla IV.

Se ha denominado con la letra A al primer depósito de 360 l, es decir, el que recibe directamente el agua de escorrentía y sedimentos del canalón, y como depósito B al situado en segundo lugar, tras el divisor (Fig. 1).

De los datos de la Tabla IV, se desprende que la escorrentía de la parcela de suelo desnudo ha presentado una mayor capacidad erosiva, puesto que los sedimentos del primer depósito de esta parcela son los únicos que contienen elementos gruesos, y el porcentaje de arena gruesa es muy superior al que presentan los sedimentos correspondientes de las demás parcelas. Como era de esperar, los sedimentos recogidos en los depósitos B

TABLA IV  
DATOS ANALITICOS DE LOS SEDIMENTOS

Muestra	Análisis Granulométrico (%)					MO (%)	Caliza total (%)	CE (mS/cm)	pH
	Elem. Gruesos	Atena Gruesa	Arena Fina	Limo (ISSS)	Arcilla				
SD-A	2,26	22,2	19,5	30,4	27,9	1,04	28,0	0,095	7,50
SD-B	ip	0,8	14,0	50,9	34,3	1,70	11,0	0,089	7,48
CC-A	ip	-	-	-	-	3,96	ip	0,225	6,33
VE-A	ip	6,8	12,4	49,0	31,8	2,00	10,0	0,373	7,29
B-A	ip	1,3	25,7	43,9	29,1	2,17	6,8	0,284	7,52
B-B	ip	0,1	10,1	48,8	41,0	1,76	5,0	0,155	7,73

SD: Suelo desnudo; CC: Cultivo de cebada; VE: Vegetación espontánea; B: Barbecho.

presentan una granulometría más fina que en los correspondientes A, ya que en este primer depósito se decantan las fracciones más gruesas.

Lógicamente, cuando comparamos estas granulometrías de los sedimentos con la del suelo del que provienen (horizonte Ap), encontramos que en todos los casos, tanto los contenidos en arcilla como en limo superan los que hay en el suelo. El incremento, tanto para el limo ISSS como para la arcilla es del orden de un 50%. Lo contrario sucede con las fracciones arena gruesa y arena fina.

En cuanto a los contenidos en M.O. detectados en los sedimentos, como era de esperar, el mayor se ha registrado en los procedentes de la parcela cultivada de cebada (3,96%) y el menor contenido en M.O. lo presentan los correspondientes al suelo desnudo (1,04%), siendo intermedios los procedentes de la vegetación espontánea (2,0%) y del barbecho (2,17%). Si comparamos estos contenidos con el de el horizonte superficial (1,11%), en los sedimentos encontramos contenidos superiores, a excepción del recogido en el primer depósito de la parcela de suelo desnudo, que es prácticamente el mismo.

Aparecen diferencias importantes en el contenido en caliza total de los sedimentos procedentes de las distintas parcelas.

## CONCLUSIONES

La erosión que tuvo lugar fue de tipo laminar, y la velocidad de la lámina de agua no fue suficiente para formar surcos o arrastrar elementos gruesos, excepto en el caso de la parcela de suelo desnudo. En el área circundante sí se produjeron

surcos de erosión. Se puede esperar que en esta zona se produzcan precipitaciones diarias de esta magnitud cada dos años.

El abandono de las tierras agrícolas puede ser un motivo de degradación del suelo debido al aumento de la erosión hídrica que puede suponer el cambio de uso. El cultivo del cereal otorga una cobertura al suelo variable, alcanzando casi el 100% desde el final del ahijamiento hasta la cosecha, cobertura muy superior a la que presenta la vegetación espontánea surgida en la parcela después de ocho meses de abandono de la actividad agrícola. Así, la pérdida de suelo registrada en la parcela abandonada (vegetación espontánea) en esta tormenta concreta ha sido 100 veces superior a la registrada en la parcela cultivada (cebada).

La parcela de barbecho ha registrado una infiltración inferior a la de cebada y, por lo tanto, una escorrentía superior (72,6% de la precipitación se ha infiltrado en el primer caso, frente a un 94,5% del segundo), por lo que al menos en este caso la creencia tradicional de que el barbecho acumula agua en el suelo no parece fundada.

Junto con los coloides de materia orgánica, las fracciones granulométricas que se pierden con más intensidad son las del limo (ISSS) y la de la arcilla, presentando un incremento en los sedimentos, respecto del suelo, del orden del 50%. En consecuencia, en el epipedón del suelo tiene lugar una progresiva disminución, tanto de la C.I.C., como de las bases de cambio, lo que conduce a un empobrecimiento del suelo y a una pérdida de fertilidad. Además, el empobrecimiento en M.O. en estos suelos (Alfisoles) puede conducir a un incremento de la compactación del epipedón.

## SUMMARY

The changes of land uses (derived from the Community Agricultural Policy) can cause an increase of soil erosion in the traditional cereal-producing district of Spain. After a storm in the area nearby Alcalá de Henares (Henares valley, Madrid, Spain), we have analyzed soil losses in four situations: bare soil, cropping of barley, natural vegetation and traditional fallow. The results from the four plots have been very different both soil loss as well as runoff. The lowest soil loss rates was noted in the barley

plot. Fallow plot had a similar soil loss as bare soil plot, and also, had less infiltration than barley or natural vegetation plots. The fallow plot had an amount of soil loss of three tons for hectarea. The natural vegetation plot had more runoff than the barley plot and also, a soil loss 100 times higher. This plot of natural vegetation presented more infiltration (25% more) and less hydric erosion (forty time less) than bare soil or fallow plots.

The sediments presented high contents in international silt and clay (50% higher than A horizon). Also, the organic matter in the sediments is greater than A horizon. Therefore, in this horizon happen a progressive decrease of the cation-exchange capacity and the exchangeable bases. This decrease can drive to a fertility loss and also, an increase of the compaction of soil.

**Key words:** Soil erosion, vegetal cover, abandoned fields.

## BIBLIOGRAFIA

- ALBADALEJO J. 1994: «La erosión de los suelos agrícolas en España: aspectos cualitativos y cuantitativos de los factores de control». En resúmenes de conferencias del Seminario: *Erosión y degradación de suelos agrícolas y forestales*. Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C.) Sociedad Española de Geomorfología.
- ELÍAS F. y RUIZ L. 1977: *Agroclimatología de España*. I.N.I.A.-M.A.P.A. 564 pp.
- GARCÍA-RUIZ J. M., RUIZ-FLAÑO P., LASANTA T., MONTSERRAT G., MARTÍNEZ-RICA J. P. & PARDINI G. 1991: «Erosion in abandoned fields, what is the problem?». En: SALA, RUBIO and GARCÍA-RUIZ (Eds.) *Soil erosion studies in Spain*. Geofoma ediciones. Logroño, pp: 97-108.
- LAZARO F., ELÍAS F. y NIEVES M. 1978: *Regímenes de humedad de los suelos de la España peninsular*. I.N.I.A.-M.A.P.A. 25 pp.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ F. y ALBADALEJO J. 1990: «Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea». En: *Soil Degradation and Rehabilitation in Mediterranean Environmental Conditions*. CSIC. Eds Albadalejo, Stocking y Díaz, 15-45.
- LÓPEZ J. J. y GIRÁLDEZ J. V. 1992: «¿Es el barbecho necesario? Análisis de la eficiencia del barbecho mediante un modelo de la evolución de la humedad del suelo». *Invest. Agr.: Prod. Prot. veg.* Vol. 7(3), pp.: 325-343.
- PORTA J., LÓPEZ-ACEVEDO M. y ROQUERO C. 1994: *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 807 pp.
- USDA 1985: *Soil Taxonomy*. Agriculture Handbook n° 436. Washington.
- USDA 1972: *Soil Survey Laboratory Method and Procedures for Collecting Soil Samples*. U.S. Dep. Agr. SSIR IUS. Govt. Printing Office. Washington D.C., 63 p.
- WISCHMEIER W. H. & SMITH D. D. 1978: *Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning*. USDA-Science and Education Administration Agric. Handbook 537, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D. C.