

## **INFLUENCIA DEL MANEJO DEL SUELO SOBRE LA EROSIÓN EN DEPÓSITOS DE TERRAZA (EL ENCÍN Y MARCHAMALO)**

R. BIENES ALLAS (1) & L. TORCAL SÁINZ (2)

(1) S.I.A. de Madrid y Dpto. de Geología de la U.A.H. de Madrid

(2) Departamento de Edafología, E.T.S.I. Agrónomos. U.P. de Madrid

**Resumen:** En este trabajo se presentan los resultados de la erosión hídrica que ha tenido lugar a lo largo de los años 1994, 1995 y 1996, mediante la recogida de escorrentías y sedimentos arrastrados en ocho parcelas experimentales, repartidas en dos localidades, con diferente cobertura vegetal, manteniendo el mismo diseño experimental. El punto de partida fue el mismo para todas las parcelas puesto que la zona en donde se establecieron fue labrada previamente. Se pretendía con ello cuantificar la erosión que acontecía en tierras de labor abandonadas así como observar la evolución de la vegetación adventicia o natural y la eficacia de la implantación de un pastizal a base de leguminosas de auto-resiembra que no recibirían ningún tratamiento posterior.

Se ha puesto de manifiesto que la colonización de vegetación natural necesita de un plazo de al menos dos años para implantarse. Por otro lado la aplicación de las técnicas de mínimo laboreo han generado unas pérdidas de suelo bajas, mientras que la mayor infiltración no ha sido para un suelo labrado sino para la parcela abandonada.

**Palabras clave:** Control de la erosión, parcelas experimentales, escorrentías, pérdida de suelo, tierras abandonadas.

**Abstract:** The outputs on soil loss and runoff are shown in this work, they have taken place under several vegetable covers. The trials have been carried out on eight plots, USLE type, during the years 1994, 1995 and 1996. The starting point was the same for all the plots as the zone where they were established was previously tilled. We have quantified the erosion that takes place in abandoned lands and we studied the evolution of the adventitious or natural vegetation. We have also studied the efficacy of sowing leguminous at the moment of the abandon, without posterior treatment.

The natural vegetation has made clear that it needs at least two years for a complete implantation. On the other hand the application of conservation tillage techniques has showed their efficacy an erosion control method, with low soil losses. The infiltration in an abandoned land was larger than in a tilling plot.

**Key words:** Erosion control, experimental plots, runoff, soil loss, abandoned lands.

## 1. Introducción

Durante los años 1994, 1995 y 1996 se ha llevado a cabo un proyecto de investigación en el que, entre otros objetivos, se ha determinado experimentalmente tanto la pérdida de suelo por erosión hídrica como la escorrentía que se genera bajo diferentes usos del suelo. A tal fin se han establecido cuatro parcelas tipo USLE de 4x20 m<sup>2</sup> en la finca experimental El Encín del Servicio de Investigación Agraria de la CAM (Alcalá de Henares, Madrid) y otras tantas en el Centro de Capacitación y Experimentación Agraria de Marchamalo (Guadalajara). Las dimensiones de las parcelas se han establecido de forma que sea aplicable la USLE (Wischmeier y Smith, 1978). Estas parcelas experimentales tienen en la parte de menor cota, un canalón de recogida de sedimentos y agua de escorrentía, el cual está 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.

Cada campo experimental con las cuatro parcelas dispone de 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. Estas estaciones están en funcionamiento desde el año 1993.

En los dos casos las parcelas se han ubicado en terrenos agrícolas dedicados al cultivo del cereal. En la campaña anterior al establecimiento de las parcelas se cultivó cebada de secano, levantándose el rastrojo en Octubre de 1993. Desde Febrero de 1994 se vienen recogiendo la escorrentía y los sedimentos arrastrados de todos los eventos en las cuatro parcelas experimentales. Los tratamientos que se han aplicado son: suelo desnudo mediante la aplicación de herbicida, cultivo de cebada en secano bajo un sistema de mínimo laboreo, vegetación espontánea sin ninguna intervención y pasto mejorado mediante la introducción de leguminosas de autosiembra (*Medicago sativa*, var. Ayna y *Astragalus cicer*). Mientras que en el caso de Marchamalo, después de la campaña agrícola 1992-93, se procedió al abandono de los terrenos limítrofes a las parcelas de ensayo, en la finca de El Encín, por el contrario, se ha seguido cultivando todos los años.

Las pendientes de las parcelas experimentales son de 6,1% en El Encín y del 10,3% en Marchamalo. En los dos casos son bastante constantes a todo lo largo de la parcela y prácticamente la misma para todas ellas), para lo cual se ha realizado un levantamiento topográfico estableciendo curvas de nivel cada 10 cm.

## 2. Localización y caracterización de la zona

Las parcelas experimentales de El Encín y de Marchamalo están situadas en un depósito de terraza la primera y en la ladera de una pequeña loma correspondiente al Terciario la segunda. Las dos se encuentran ubicadas dentro de la cuenca del río Henares que se sitúa en el sector centro-oriental de la cuenca Meso-Terciaria del Tajo y forma parte de las provincias de Madrid y Guadalajara en la zona de transición de las facies de borde a centro de la cuenca (Pérez González y Gallardo en I.G.M.E., 1990).

Del estudio del observatorio de Alcalá de Henares (La Canaleja), se deduce que el clima es mediterráneo templado (Elías & 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 todos los casos (Elías & Ruiz, 1979).

La primera de las parcelas está ubicada en la terraza +10-12 m del río Henares, en la finca de El Encín. Esta terraza, ampliamente desarrollada, tanto en sentido longitudinal como transversal al río, se la denomina en la bibliografía (Pérez González y Gallardo en I.G.M.E., J. 1990) como Terraza de Campiña. Esta solapada respecto a la anterior (+7-9 m) y de la siguiente, la de cota más alta, esta separada por un pequeño talud en el que afloran los materiales del Terciario. Esta considerada como del Plioceno medio-superior.

La segunda de las parcelas experimentales esta ubicada sobre una ladera de un pequeño cerro constituido por arcosas y fangos arcósicos correspondientes al Terciario superior (Mioceno). A techo esta ligeramente coluvionada por los materiales de una depósito de terraza del río Henares, sumamente erosionada. Está situada, según se ha indicado, en la Finca de la Escuela de Capacitación de Marchamalo. En los dos casos el régimen de humedad es xérico y el término méxico (Lázaro *et al.*, 1978). Las características analíticas de los perfiles de los suelos figuran en la Tablas 1 y 2, para cuyas descripciones se han seguido las normas que establece la FAO (1978), mientras que para las determinaciones analíticas se han seguido las normas del *Soil Survey Staff* (USDA, 1972).

Se ha empleado el método de mínimo laboreo, reduciendo las labores de cultivo a dos pases de cultivador (tipo *chisel*) poco antes de la siembra. Se pretende con ello comprobar la eficacia de este sistema como lucha contra la erosión. La labor se ha realizado a favor de la pendiente, pretendiendo con ello imitar la costumbre del agricultor, motivada bien por evitar el riesgo de vuelco del tractor o bien porque la estructura de la finca (parcelas estrechas y largas) no permite hacerlo a favor de las curvas de nivel sin que ello implique un aumento de los costes de producción.

### 3. Caracterización y mineralogías de los suelos

Como se ha indicado, las parcelas de El Encín están situadas sobre una terraza con una pendiente del 6,1% y sobre un suelo que presenta una evolución moderada, con desarrollo de un horizonte B que presenta una débil estructura edáfica y con leves síntomas de iluviación de arcilla, no constituyendo un horizonte argílico. La secuencia de horizontes genéticos del perfil es: Ap, B1t, C1ca, C2. Este suelo (Tabla 1) ha sido clasificado, según *Soil Taxonomy* como **Calcixerollic Xerochrept**.

Las correspondientes a Marchamalo (Tabla 2) se encuentran sobre una pequeña loma ligeramente coluvionada por una terraza alta del río Henares. Están sobre un suelo parcialmente truncado que presenta los siguientes horizontes genéticos: Ap, B21t, IIB22tca, IIB23tca. Este suelo presenta abundantes cantos de cuarcita rodada (40-45%) a partir de los 85 cm, así como una acumulación de carbonato cálcico en profundidad recubriendo los cantos de cuarcita. Se trata de un suelo muy bien estructurado con síntomas muy acusados de iluviación de arcilla en todo el perfil, a excepción del horizonte superficial en donde los cutanes no se aprecian en campo, y con presencia de grietas a lo largo de todo el argílico que se interrumpen en la base del Ap. Este suelo ha sido clasificado, según *Soil Taxonomy* como **Calcic Haploxeralf**.

Tabla 1. Análisis físico-químicos del suelo de las parcelas de El Encín  
*Physico-chemical analysis of the El Encín plot soil*

HORIZ.	PROF. (cm)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (%)					CLASE TEXT. (ISSS)	m.o. (%)	CALIZA		C.E. (mS/cm a 25°C)	Ph (1:2,5 H <sub>2</sub> O)
		ELEM. GRUES.	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO (ISSS)	ARCIL.			TOTAL (%)	ACTIVA (%)		
Ap	0-22	1,9	23,4	26,1	29,0	21,5	F Ac	1,11	12,4	6,4	0,114	7,98
B1t	22-43	9,5	25,1	32,4	25,6	16,9	F Ac	0,54	12,8	7,9	0,063	8,35
C1Ca	43-95	20,6	14,4	35,1	34,4	16,1	F Ac	0,30	27,2	5,4	0,121	8,18
C2	95-168	2,2	40,8	22,9	28,3	8,0	F Ar	ip	22,8	6,4	0,036	8,26

Tabla 2.- Análisis físico-químicos del suelo de las parcelas de Marchamalo  
*Physico-chemical analysis of the Marchamalo plot soil*

HORIZ.	PROF. (cm)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (%)					CLASE TEXT. (ISSS)	m.o. (%)	CALIZA		C.E. (mS/cm a 25°C)	pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)
		ELEM. GRUES.	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO (ISSS)	ARCIL.			TOTAL (%)	ACTIVA (%)		
Ap	0-18	6,8	16,1	26,3	21,1	36,5	Ac	1,12	6,7	-	0,104	7,21
B21t	18-85	3,8	12,8	28,7	13,5	45,0	Ac	0,97	1,3	-	0,100	7,20
IIB22tCa	85-121	9,1	18,6	30,3	18,8	31,3	Ac	0,20	2,7	-	0,104	7,13
IIB23tCa	121-153	3,8	18,3	21,0	52,3	8,4	F-L	0,51	2,7	-	0,139	7,25

El primer perfil correspondiente a El Encín (**E**) se sitúa, como se ha indicado, en la terraza +10-12 m del río Henares, en el la finca de El Encín. Presenta abundantes cantos de cuarzo y cuarcita, algunos de gran tamaño, sobre todo en los primeros 80 a 90 cm. Se han tomado muestras de tres niveles según se indica seguidamente:

**E-1** :Este nivel tiene aproximadamente entre 30 y 40 cm. de potencia. Es muy arenoso.

**E-2**: Tiene aproximadamente entre 25 y 30 cm. de espesor. Parece un horizonte argílico, tiene bastantes raíces, es de color más oscuro y es mucho más arcilloso que el nivel superficial.

**E-3**: Tiene unos 50 cm. de potencia. Está bastante endurecido, más que los horizontes superficiales y podría corresponder a la roca madre algo alterada.

El perfil de Marchamalo (**M**) esta desarrollado, como ya se ha indicado, sobre materiales arenosos (arcósicos) del Terciario, presentando un ligero coluvionamiento superficial procedente de una terraza alta muy erosionada por lo que aparece en superficie y en los primeros centímetros del perfil, algunos cantos de cuarcita y también alguno de cuarzo, ocasionalmente de tamaños considerables (de hasta 30 cm. de diámetro máximo). El perfil, por lo demás, parece muy homogéneo, sin estructuras aparentes, debido a lo cual solamente se han tomado muestras de tres niveles:

**M-1**: Tiene aproximadamente unos 35 cm. de potencia. Es muy arenoso.

**M-2**: Aproximadamente 50 cm. de espesor. Es bastante más arcilloso que el anterior, incluso tiene una cierta estructura prismática. Parece un horizonte argílico.

**M-3**: Tiene unos 80 cm. de potencia. Está bastante endurecido y presenta abundantes cantos de cuarcita.

Se ha realizado, sobre estas muestras, una separación granulométrica mediante tamizadora electromagnética y de la fracción 0,125 mm (de la escala ) se ha efectuado una separación de minerales pesados por densimetría. Finalmente, con los minerales pesados se han realizado las correspondientes secciones delgadas. Los resultados del análisis mineralógico y del correspondiente conteo de puntos se han representado en la (Tabla 3).

En la temporada de 1996, es decir, a los tres años de haber tomado las primeras muestras, se volvió a muestrear la parcela de suelo desnudo en la parte más alta de la misma y en la parte más baja, para ver si se apreciaba un empobrecimiento o disminución de los minerales pesados en la primera, en la parte alta y una concentración de los mismos en la segunda, pero los resultados han sido similares, razón por la que no se han representado en la tabla. Los resultados obtenidos indican una gran homogeneidad en profundidad de los dos perfiles no apreciándose diferencias en el nivel superficial, en el caso de Marchamalo, por el hecho de estar coluvionado.

Como puede apreciarse, en los dos casos, los minerales dominantes son epidota y granate, seguidos de turmalina y estaurolita en El Encín y de silimanita y estaurolita en Marchamalo, algo diferente a la indicada por Pérez Mateos y Benayas, 1963 y Alexandre *et al.*, (1977) para las terrazas del Henares en las que la asociación dominante es estaurolita, turmalina y ocasionalmente granate. Para las arcosas y fangos arcósicos la asociación es la misma, es decir, estaurolita, turmalina y granate, no apareciendo en ninguno de los dos casos la epidota.

Tabla 3.- Análisis mineralógico de los suelos de El Encín y Marchamalo  
*Mineralogical analysis of the El Encín and Marchamalo soils*

MUESTRA	E-1	E-2	E-3		M-1	M-2	M-3
EPIDOTA	49	48	46		70	77	68
GRANATE	33	40	37		18	12	27
TURMALINA	6	8	8		1	1	1
ESTAUROLITA	6	--	3		3	3	--
ANDALUCITA	0,5	--	--		--	--	--
SILIMANITA	0,5	--	1		8	7	--
DISTENA	2	2	3		--	--	--
RUTILO	1	2	1		--	--	1
CIRCÓN	1,5	--	1		--	--	--
ANATASA/BROQUITA	0,5	--	--		--	--	--
ZOISITA/CLINOZOISITA	--	--	--		--	--	3
OPACOS	40	45	40		70	75	65

#### 4. Resultados experimentales y discusión

Los resultados que a continuación se exponen y se discuten, han sido obtenidos en las parcelas experimentales a lo largo de los años 1.994 a 1.996. Pese a que la distancia que separa estas dos localidades es pequeña (26 Km), se han presentado diferencias notables en la climatología, concretamente en lo que a presencia e intensidad de eventos tormentosos hace referencia. Dado que estos episodios son los que mayor tasa de erosión producen, ello justifica el diferente comportamiento de las parcelas experimentales en cada una de estas localidades.

Mientras que las parcelas de vegetación natural (parcela abandonada) como la de pastizal presentan una evolución de su cobertura vegetal con el tiempo, esta tendrá una repercusión sobre la erosión hídrica, aspecto este que queda registrado en la Tabla 5. Por el contrario, la parcela cultivada de cebada si bien su cobertura varía con el tiempo, presenta una diferencia fundamental con respecto a las anteriores, puesto que en este caso no hay una progresiva acumulación de restos vegetales en superficie con el paso de los años que contribuyan a minimizar la erosión, ya que las labores que se dan

todos los años antes de la siembra eliminan casi todos los restos vegetales. En consecuencia, la cobertura vegetal que esta parcela presenta en otoño es muy baja, aunque no nula, ya que el apero empleado para la labranza no ha sido la vertedera, sino un cultivador tipo *chisel* como ya se ha mencionado antes.

Respecto a la parcela tratada con herbicida, pronto se apelmaza y comienza a formarse una costra de splash, factores estos conducentes a provocar una mayor escorrentía (Callebaut *et al.*, 1985). La formación de esta costra se ve favorecida por el bajo contenido en materia orgánica del epipedón (Tinker, 1988).

**Escorrentías generadas:** En El Encín, la parcela que ha mostrado una menor escorrentía de forma sistemática a lo largo de los tres años ha sido la correspondiente a la cebada. En Marchamalo, si bien durante 1.994 y 1.995 fue esta misma parcela la que presentó menor escorrentía, a lo largo de 1.996 las escorrentías totales que se obtuvieron fueron muy similares tanto para la parcela de cebada, como para pastizal y vegetación natural (Figuras 1 y 2; En estas figuras y en las Figuras 3 y 4 no se ha representado la curva correspondiente al suelo desnudo debido a los altos valores tanto de escorrentía como de pérdida de suelo y que impedía, por la escala, ver el desarrollo de las otras tres). En consecuencia, puede afirmarse que en general la infiltración de un suelo aumenta cuando este se halla cultivado (Tabla 4).

Tabla 4.- Escorrentías anuales registradas.  
*Registered annual runoff.*

FINCA		ESCORRENTÍA (l/Ha)			
		SUELO DESNUDO	CEBADA	VEGETACIÓN NATURAL	PASTIZAL
1994	EL ENCÍN	185.204,4	36.785,4	12.552,6	110.119,4
	MARCHAMALO	18.736,7	22.523,7	15.661,6	20.197,5
1995	EL ENCÍN	176.684,8	18.040,8	5.110,2	14.538,3
	MARCHAMALO	214.484,7	22.064,0	15.056,1	19.264,1
1996	EL ENCÍN	527.772,5	40.629,4	23.404,0	41.711,7
	MARCHAMALO	»857.701,5	48.650,3	51.011,5	52.587,9

A diferencia de los resultados de Jiménez Martínez *et al.*, (1995) que afirma que para precipitaciones inferiores a 20 mm apenas hay escorrentía, nosotros hemos recogido cantidades apreciables de agua de escorrentía aun para precipitaciones de tan solo 10 mm.

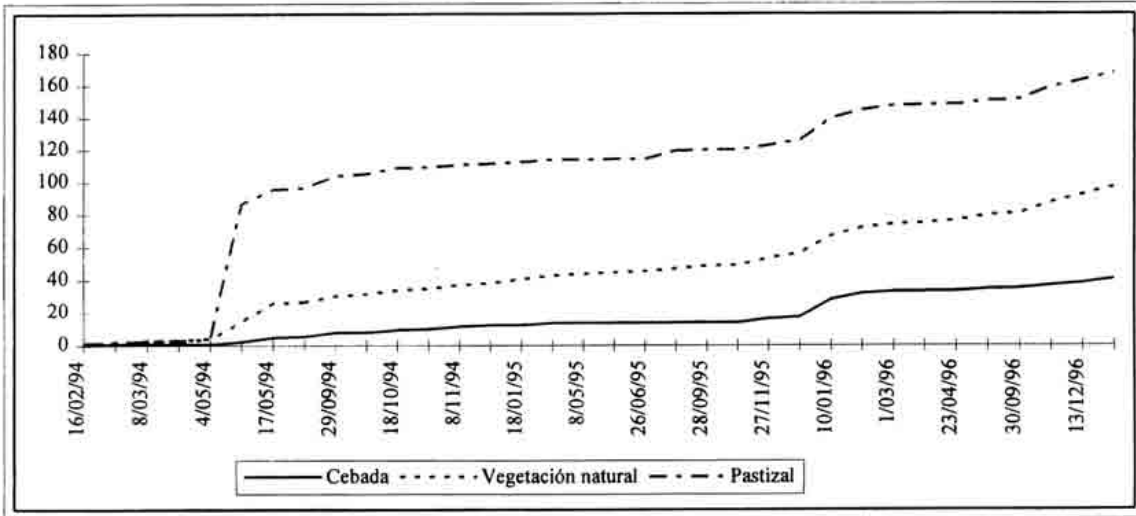


Fig. 1.- Escorrentías generadas a lo largo del período 1994/96 en las parcelas de El Encín, en  $m^3/Ha$  (curvas acumulativas).  
Runoff generated along the period 1994/96 in the parcels of El Encín, in  $m^3/Ha$  (cumulative curves).

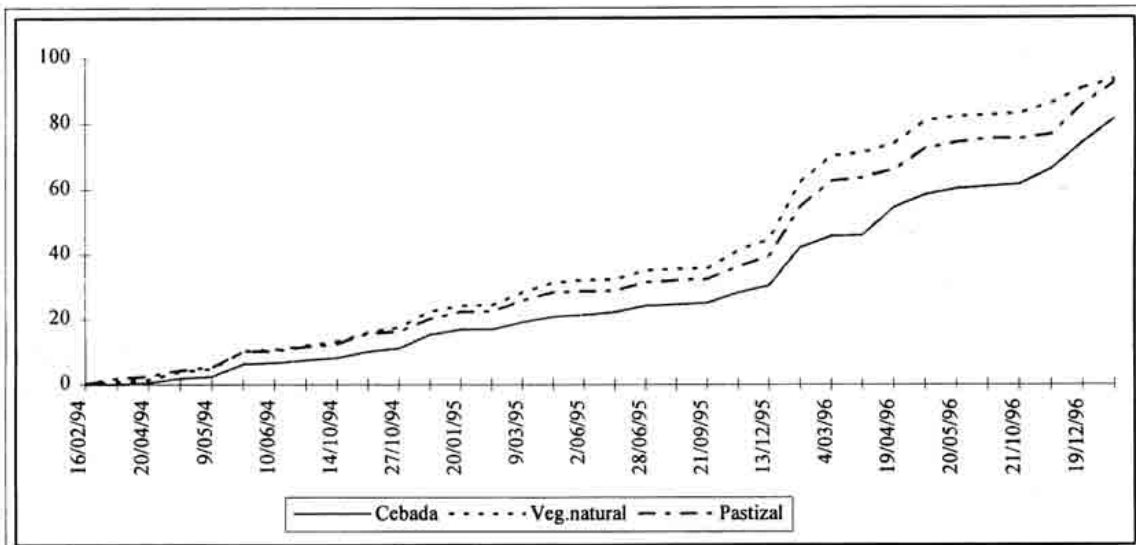


Fig. 2.- Escorrentías generadas a lo largo del período 1994/96 en las parcelas de Marchamalo, en  $m^3/Ha$  (curvas acumulativas).  
Runoff generated along the period 1994/96 in the parcels of Marchamalo, in  $m^3/Ha$  (cumulative curves).

**Pérdidas de suelo registradas:** El período de tiempo considerado, comprende años con unos regímenes pluviométricos muy diferentes, mientras que los años 1.994 y 1.995 se caracterizaron por una sequía intensa, el año 1.996 presentó un régimen pluviométrico que cabría calificar como de muy lluvioso. Las consecuencias fueron que, mientras en el primer caso las tormentas del período Mayo a Septiembre fueron las responsables del 85% de la pérdida de suelo, en el segundo el 96,8% de la pérdida de suelo se debió a las precipitaciones comprendidas en el período de Octubre a Abril (Tabla 5).

Tabla 5.- Tasas de erosión anuales.  
*Annual soil losses.*

FINCA		PERDIDA DE SUELO (Kg/Ha)			
		SUELO DESNUDO	CEBADA	VEGETACIÓN NATURAL	PASTIZAL
1994	EL ENCÍN	6.878,3	4,9	120,5	3.082,0
	MARCHAMALO	114,7	17,5	17,0	11,1
1995	EL ENCÍN	3.304,5	74,0	29,5	73,0
	MARCHAMALO	22.958,1	130,5	62,8	128,4
1996	EL ENCÍN	2.752,0	100,4	0,2	25,0
	MARCHAMALO	63.841,6	64,1	53,4	29,5

A lo largo del año 1.994, en las parcelas de El Encín se observó que el abandono de tierras puede provocar serias pérdidas de suelo, muy superiores a las que se registraron en la parcela cultivada de cebada aplicando técnicas de mínimo laboreo, lo cual fue la consecuencia directa de la presencia de episodios tormentosos durante el mes de mayo, por otra parte frecuentes en la zona, combinados con una diferente cobertura vegetal en cada parcela, ya que mientras la cebada presentaba un recubrimiento casi total (>95%), la parcela abandonada lo tenía del orden del 50%, lo cual pone de manifiesto que la semilla comercial tiene una germinación mucho más rápida que la correspondiente a las semillas de la vegetación natural, es decir, que la colonización del territorio por parte de estas últimas es mucho más lenta. Estos resultados concuerdan con las observaciones realizadas por López-Bermúdez *et al.*, (1990), Ortiz Silla (1990) y García-Ruiz *et al.*, (1991).

Por otro lado, el hecho de que la parcela de pastizal de esta localidad presentara una tasa de erosión tan alta en 1.994 tiene su origen en que hubo que labrar esta parcela a finales de febrero para hacer una siembra de leguminosas al comienzo de la primavera, ya que la siembra otoñal realizada en 1.993 fracasó como consecuencia de unas bajísimas pluviometrías durante ese otoño e invierno siguiente. Como consecuencia, apenas presentaba cubierta vegetal cuando sobrevinieron los episodios tormentosos que acontecieron en el mes de mayo.

Por el contrario, en Marchamalo, a lo largo de este mismo año, las tasas de erosión de las parcelas de cebada y vegetación natural (tierra abandonada) fueron equiparables, lo cual es debido básicamente a que durante todo el año 1.994 no se registró ningún episodio tormentoso en esta localidad, a diferencia de El Encín.

Durante el año 1.994 y fundamentalmente en 1.995, la parcela abandonada fue presentando un mayor recubrimiento por parte de la vegetación natural en ambas localidades, lo que se tradujo en una menor tasa de erosión, de forma que al final de este año, la pérdida de suelo acumulada durante 1994 y 1995 fue equiparable a la que tuvo lugar en la parcela cultivada (Figuras 3 y 4). Al cabo de este período, el desarrollo de la vegetación natural era tal que se podía considerar totalmente implantada. Sin embargo, el tiempo que necesitó la vegetación natural para implantarse de forma eficaz fue de 2 años, plazo de tiempo este que supera con mucho el plazo máximo de que se dispone como consecuencia de la aplicación de la PAC, ya que ésta obliga a labrar la parcela todos los años al tener que entrar en una rotación, por lo que la actual normativa comunitaria es francamente erosiva para el clima mediterráneo del centro peninsular, y lo será tanto más cuanto más frecuentes sean los epis-



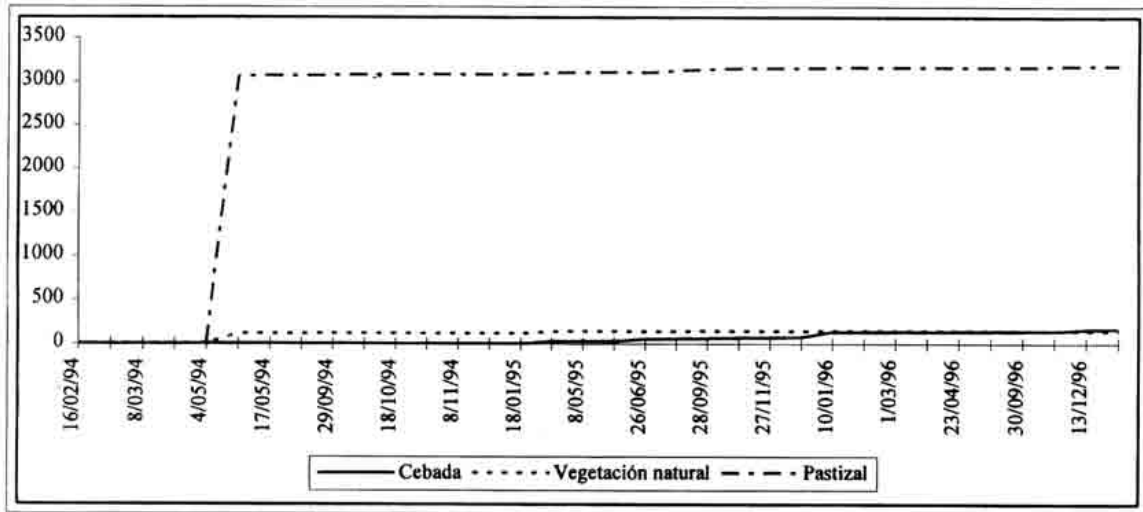


Fig. 3.-Pérdidas de suelo registradas a lo largo del período 1994/96 en las parcelas de El Encín (curvas acumulativas).  
Soil losses registered along the period 1994/96 in the parcels of El Encín (accumulative curves).

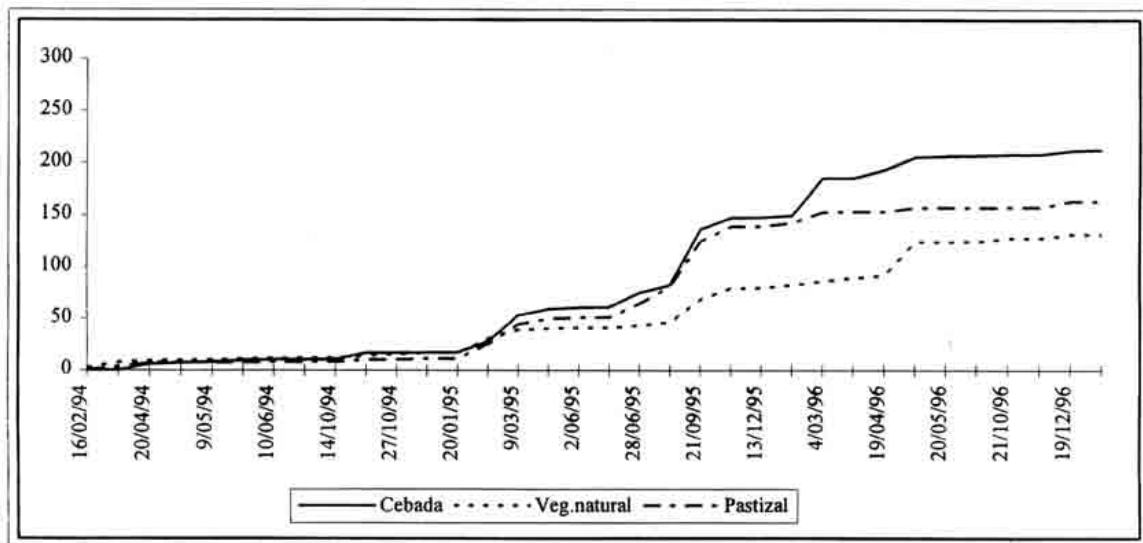


Fig. 4.-Pérdidas de suelo registradas a lo largo del período 1994/96 en las parcelas de Marchamalo (curvas acumulativas).  
Soil losses registered along the period 1994/96 in the parcels of Marchamalo (accumulative curves).

dios tormentosos en los meses de mayo a julio, épocas en las que el cereal aún está sin recoger y presenta una gran cobertura al suelo.

Por otro lado, se ha estudiado el efecto de la rastrojera sobre la erosión, mostrándose muy eficaz para el control de la erosión. Todo ello apoya que las nuevas técnicas de laboreo basadas en la siembra directa son las más idóneas.

De los datos del año 1.996 se desprende que las parcelas que presentan menor tasa de erosión no es siempre la vegetación natural, sino que en Marchamalo lo ha sido la parcela de pastizal. Este dato es muy significativo, puesto que ha sido en donde el pastizal se ha llegado a implantar con un cierto éxito, lo cual evidencia la eficacia del pastizal introducido frente a la vegetación natural.

**Distribución temporal de la pérdida de suelo.**- Para el caso de "El Encín", durante el mencionado período estudiado, el 71,5% de la pérdida de suelo lo es como consecuencia de las tormentas que tienen lugar durante los meses de mayo a septiembre, mientras que el 28,5% restante lo es a consecuencia de las lluvias otoñales e invernales, lo que pone de manifiesto el poder erosivo de las tormentas, las cuales se caracterizan por presentar altas intensidades horarias.

Puesto que las características climáticas han sufrido fuertes oscilaciones a lo largo de los años estudiados, se ha realizado una distribución temporal de la pérdida de sedimentos por erosión hídrica para cada uno de los años (Tabla 6). A la vista de esta tabla, se deduce que en los años que fueron de sequía la importancia de los episodios tormentosos adquiere un predominio neto, sin embargo en el año 1996, año que cabría de calificar como de húmedo, casi toda la erosión aconteció durante los meses de octubre-abril, proporción que aumentó al no registrarse episodios tormentosos en este año.

Tabla 6.- Incidencia de los episodios tormentosos sobre la pérdida de suelo en El Encín  
*Incidence of storm events on Soil erosion by El Encín*

EL ENCÍN		SUELO DESNUDO		CEBADA		VEGET. NATURAL		PASTIZAL	
		Kg/Ha	%	Kg/Ha	%	Kg/Ha	%	Kg/Ha	%
1994	PERÍODO MAYO-SEPT.	5617,1	97,3	3,3	67,5	115,5	95,8	3077,3	99,8
	LLUVIAS OTOÑO-INV.	171,5	3,0	1,6	32,5	5,0	4,2	5,8	0,2
1995	PERÍODO MAYO-SEPT.	2766,4	83,7	33,9	45,8	6,9	23,3	38,3	52,4
	LLUVIAS OTOÑO-INV.	538,1	16,3	40,1	54,2	22,6	76,7	34,7	47,6
1996	PERÍODO MAYO-SEPT. (*)	84,8	3,1	7,6	7,6	0,0	0,0	2,2	8,2
	LLUVIAS OTOÑO-INV.	2667,3	96,9	92,9	92,4	0,2	100,0	25,0	91,8

(\*) No hubo tormentas de verano este año mientras que tanto la primavera como el otoño e invierno (sobre todo este último) fueron muy lluviosos.

Para las parcelas de Marchamalo, el 55,9% de la pérdida de suelo corresponde a los períodos tormentosos, cifra esta muy inferior a la registrada en El Encín y que se debe a que durante el año 1994 apenas hubo tormentas, pese a que la distancia entre ambas localidades es reducida (26 Km). El 44,1% restante de la pérdida de suelo por erosión hídrica aconteció durante el período octubre-abril.

Análogamente a como se ha procedido para El Encín, también se ha realizado una distribución temporal de la erosión para cada uno de los años estudiados (Tabla 7). El año 1996, si bien presenta, asimismo, un predominio de la erosión durante el período octubre-abril, se diferencia del caso anterior en que este dominio no es tan neto, lo que se justifica por el hecho de que se registraron varias tormentas estivales en esta localidad.

Tabla 7.- Incidencia de los episodios tormentosos sobre la pérdida de suelo en Marchamalo  
*Incidende of storm events on Soil erosion by Marchamalo*

MARCHAMALO		SUELO DESNUDO		CEBADA		VEGET. NATURAL		PASTIZAL	
		Kg/Ha	%	Kg/Ha	%	Kg/Ha	%	Kg/Ha	%
1994	PERÍODO MAYO-SEPT.	0,5	0,4	4,4	24,8	2,8	16,6	1,0	9,4
	LLUVIAS OTOÑO-INV.	114,2	99,6	13,2	75,2	14,2	83,4	10,0	90,6
1995	PERÍODO MAYO-SEPT.	21956,4	95,6	83,0	63,6	32,1	51,2	83,5	65,0
	LLUVIAS OTOÑO-INV.	1001,7	4,4	47,5	36,4	30,7	48,8	44,9	35,0
1996	PERÍODO MAYO-SEPT.	26670,0	41,8	12,9	20,2	34,7	65,1	4,2	14,1
	LLUVIAS OTOÑO-INV.	37171,6	58,2	51,1	79,8	18,6	34,9	25,3	85,9

## 5. Conclusiones

1.- Se ha observado una menor escorrentía en la parcela de vegetación natural que en los restantes tratamientos, lo cual implica que la infiltración es mayor.

2.- Aun en años de fuerte sequía, con otoños sin apenas precipitación, la semilla comercial de cebada empleada ha mostrado un gran poder de germinación y rapidez de colonización de la parcela, llegando a obtener un recubrimiento superior al 90% a los tres meses de su siembra. Por el contrario, la vegetación natural precisaba de precipitaciones muy superiores para germinar y desarrollarse, lo que se traducía en una lentitud de su capacidad de colonización, precisando para su completa implantación de un período de al menos 2 años.

3.- Las técnicas de mínimo laboreo aplicadas se han manifestado eficaces para el control de la erosión, puesto que la pérdida de suelo registrada es tolerable.

4.- La actual política comunitaria en materia agraria (PAC), se ha mostrado francamente erosiva bajo condiciones mediterráneas del centro peninsular para el caso de El Encín, cuyo suelo presenta una débil estructura en su epipedón, con fuerte tendencia a formar costra (*splash*). En consecuencia en estos suelos el abandono de tierras de cultivo constituirá un factor altamente degradativo.

## Agradecimientos

El presente trabajo forma parte de un Proyecto más amplio financiado por el INIA (SC93-022-C2-1), al que agradecemos sinceramente su colaboración.

**Referencias bibliográficas**

- Alexandre, T., Pérez González, A., Pinilla, A. & Gallardo, J.**, (1977). Características mineralógicas del sistema fluvial Jarama-Henares. *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, nº 6, pp.:215-222, C.S.I.C. Madrid.
- Callebaut, F., Gabriels, D. & De Boodt, M.** (Eds) (1985). *Assesment of soil surface sealing and crusting*. Ghent State University, 374 pp.
- Elías, F. & Ruiz, L.** (1977). *Agroclimatología de España*. INIA. Madrid.
- Elías, F. & Ruiz, L.** (1979). *Precipitaciones máximas de España*. INIA. Madrid.
- FAO** (1978). *Guía para la descripción de perfiles*. Roma.
- 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?. In Sala, Rubio and García-Ruiz (Eds) *Soil erosion studies in Spain*. Geoforma Ediciones. Logroño, pp: 97-108.
- I.G.M.E.**, (1990). Mapa Geológico de España, Escala: 1/50.000, nº 535, Algete.
- I.G.M.E.**, (1990). Mapa Geológico de España, Escala: 1/50.000, nº 510, Marchamalo.
- Jiménez Martínez, M.A. & García-Rosell Martínez, L.** (1995). Abandono de campos de cultivo en relación con procesos de erosión y alteración de la cubierta vegetal. *Studia Ecologica*, XII:183-198.
- Lázaro, F., Elías, F. & Nieves, M.** (1978). *Regímenes de humedad de los suelos de la España Peninsular*. INIA. Madrid.
- López-Bermúdez, F. & Albadalejo, J.** (1990). Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea. **In:** *Soil Degradation and Rehabilitation in Mediterranean Enviromental Conditions*. CSIC. Eds. Albadalejo, Stocking y Díaz, 15-45.
- Ortiz Silla, R.** (1990). Mecanismos y procesos de degradación del suelo con especial referencia a las condiciones ambientales mediterráneas. En Albadalejo, Stocking y Díaz (Eds) *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientas mediterráneas*. CSIC, pp: 47-68.
- Pérez Mateos, J. & Benayas, J.** (1963). Contribución al estudio de la mineralogía de las terrazas del Manzanares, Jarama y Henares. *An. Edaf. y Agrob*, T.22, pp.:453-463.
- Soil Conservation Service** (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.
- Tinker, P.B.** (1988). Soil damage - physical and chemical processes. *Ecological Bulletins*, 39:17-22. Copenhagen.
- USDA**, (1990). *Soil Taxonomy*. Agriculture Handbook nº 436. Washington.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D.** (1978). *Predicting rainfall erosion losses -a guide to conservation planning*. USDA-Science and Education Administration Agric. Hanbbook 537, U.S. Govt. Print. Office, Washington, D.C.