

DEGRADACION FISICA DE LOS SUELOS DE UNA ZONA DE RAÑAS DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA

F. Ingelmo*, S. Cuadrado**, J. Hernández** y A. Ibáñez*

* *Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Apto. Of. 46113 Moncada. Valencia.*

** *Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC. Apto. 257. Salamanca.*

RESUMEN

Se presentan la metodología y los resultados obtenidos referentes a la caracterización de la degradación física (por compactación y por erosión hídrica) de los suelos de una zona de rañas en la provincia de Salamanca.

Se hace especial hincapié en las dificultades metodológicas encontradas, tanto experimentales como teóricas, debido fundamentalmente a la abundante presencia de gravas y piedras y a la heterogeneidad física en la organización de los perfiles de estos suelos.

Del análisis de los resultados se deduce que el proceso de comparación natural de la superficie de estos suelos marginales es el principal factor de degradación física, de forma que llega a ser de carácter irreversible en aquéllos sitios en los que las anteriores intervenciones agrícolas eliminaron la vegetación natural. En cuanto a los procesos de erosión hídrica, predominan, con carácter bajo a moderado, los de tipología laminar, encontrándose muy localizados los de erosión en cárcavas y en regueros.

Palabras clave: Rañas. Degradación. Compactación. Erosión hídrica.

SUMMARY

PHYSICAL DEGRADATION OF SOILS IN AN AREA OF "RAÑAS" IN THE PROVINCE OF SALAMANCA

The method and results obtained concerning the characterization of physical degradation due to compaction and water erosion of soils in an area of "rañas" in the province of Salamanca are presented.

Emphasis is placed on the difficulties encountered in the methodology, both experimental and theoretical, basically due to the presence of abundant gravel and rocks, and to the physical heterogeneity in the organization of the profiles of these soils.

From the analyses of the results, it may be inferred that the natural compaction process in the surface of these marginal soils is the main factor for physical degradation, in such a way that it can become irreversible in those locations in which previous agricultural operations eliminated natural vegetation. With regard to water erosion processes, sheet erosion, from a low to moderate degree, is more important. Other erosion types, like gully, ephemeral gully and rill erosion are reduced to isolated places.

Key words: Rañas. Physical degradation. Compaction. Water erosion.

INTRODUCCION

El trabajo que se presenta se enmarca dentro del proyecto ID-625: "Estudio de los suelos de las rañas al N. del Sistema Central". Su finalidad general es la evaluación de los procesos actuales de carácter degradativo de este medio natural (desarrollado sobre un derrame fluvial antiguo constituido por un sedimento detrítico grueso con cantos y gravas de cuarcita incluidos en una matriz arcillosa) debidos a su propia naturaleza o a las características de su utilización, en orden a obtener criterios para su conservación mediante una gestión racional.

Para la delimitación de la zona de estudio en la provincia de Salamanca se han tenido en cuenta los estudios previos geomorfológicos de Sanz-Donaire (1979), los edafológicos de

García-Rodríguez *et al.* (1977) y los ecológicos de Gómez - Gutiérrez (1978).

En el seminario sobre "Dinámica de sedimentos y erosión hídrica" celebrado en Almería en Diciembre de 1987 fueron presentados y discutidos los resultados globales del proyecto (Ingelmo y Cuadrado, 1987), siendo el objetivo de este trabajo ampliar la explicación de algunos de aquéllos, fundamentalmente los relativos a la caracterización hídrica y a la evaluación de la degradación física por compactación y erosión hídrica, conforme a algunos criterios sobre el papel modificador debido a la presencia de piedras en la superficie (Poesen *et al.*, 1990) y en el perfil (Flint y Childs, 1984; Dunn y Mehuys, 1984).

MATERIAL Y METODOS

En el trabajo anteriormente citado (Ingelmo y Cuadrado, 1987) se dió cuenta en detalle del dispositivo experimental utilizado en la zona de estudio, que en resumen, consistió en el establecimiento de 4 parcelas experimentales (10-50 has.) siguiendo un transecto en dirección NE desde la cabecera de la raña de Morasverdes, de manera que se incluían como variables, el sistema de uso, la cobertura vegetal, la topografía, y las características físicas e hidrofísicas de los suelos.

En cada parcela se realizaron observaciones morfológicas en transectos (que permitieron estimar la densidad de la cobertura vegetal, la

densidad de piedras en superficie y semienterradas, y el porcentaje de superficie afectado por los diferentes tipos de erosión, siguiendo la técnica de Daniels *et al.* (1968), a diferentes escalas), y estimaciones en diferentes períodos de tiempo, en los años 1985-1986, de la pluviometría, de la intensidad de infiltración del agua en el suelo, de la producción de sedimentos por erosión hídrica (pesando los sedimentos recogidos en cajas tipo Gerlach, colocadas en subparcelas de 4 m²), de la reserva de agua en el perfil del suelos, y de la densidad aparente de la capa superficial.

En cuanto a la presencia de pedre-

gosity en los perfiles y en la superficie de los suelos, se realizaron las siguientes determinaciones:

— porcentaje global de elementos gruesos en cada horizonte del perfil y en la superficie del suelo (técnica gravimétrica).

— Porcentaje de elementos gruesos sobre la superficie y semienterrados (Daniels *et al.*, 1968).

— Densidad aparente de los elementos gruesos (2-75 mm), llenando, en condiciones normalizadas, cinco recipientes de volumen conocido con porciones sucesivas de piedras y arena ($D_{50} = 650 \mu\text{m}$). El volumen de los elementos gruesos se estima a partir del peso de arena desplazado.

— Densidad real de los elementos gruesos (2-75 mm) teniendo en cuenta su carácter no poroso, se de-

terminó, midiendo el volumen de agua desplazado.

Con sus valores y los de densidad aparente global de cada horizonte (Ingelmo y Cuadrado, 1987) se calcula el contenido volumétrico de elementos gruesos, la densidad aparente de la tierra fina y el valor ponderado de la macroporosidad en las interfases piedras-suelo. A partir de este último valor se ha estimado el de la conductividad hidráulica saturada (K_e), a través de la misma, asignando el valor máximo de $1.4 \times E-4$ m/s al máximo de aquella en un perfil, y obteniendo el resto por interpolación lineal.

Con estas consideraciones, el valor estimado de la conductividad hidráulica saturada del perfil "in situ" (K^*), se obtiene por aplicación de la relación (Dunn y Mehuys, 1984):

$$K^* = K_o \cdot \frac{(1 + 2 R_v) K_e/K_o + 2 (1 - R_v)}{(1 - R_v) K_e/K_o + (2 + R_v)} \quad (1)$$

siendo, K_o la conductividad hidráulica saturada de la tierra fina, y R_v , el contenido volumétrico de ele-

mentos gruesos del horizonte considerado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características físicas e hidrofísicas

En el conjunto del transecto destaca la diversidad topográfica, de vegetación y de uso. La presencia general de superficies desnudas, más compactadas, y de piedras y cantos en la superficie y en el perfil, así como la de charcas temporales o permanentes, que resultan del aflora-

miento natural o artificial de capas freáticas o bolsas de agua.

En cuanto al perfil del suelo, presenta, en general, en el conjunto de parcelas una heterogénea organización horizontal y vertical, tanto desde el punto de vista textural como estructural, resultado de la génesis particular de estos suelos. Destaca en todos los casos la presencia, a

mayor o menor profundidad, de un horizonte arcilloso potente, masivo, que engloba cantos y piedras de cuarcita, y que da lugar a embolsamientos de agua, a drenaje subsuperficial y a tipologías erosivas de barrancos (movimientos en masa) y de cárcavas, en los sitios en los que este horizonte, que soporta a otros de texturas más gruesas, aflora en cortes naturales o artificiales.

En la Tabla 1 se muestran la distribución por tamaños de las partículas, el contenido de materia orgánica y el de los agregados estables en la fracción tierra fina (< 2 mm) obtenidos por los métodos habituales del Laboratorio de Física de Suelos del I. R. N. A. de Salamanca (Ingelmo y Cuadrado, 1986).

Destaca en conjunto, el alto contenido en elementos gruesos en todas las cotas de profundidad, algo menor en los horizontes superficiales de los suelos de las parcelas III y IV; predominan los horizontes areno-arcillosos y franco-limosos en las capas superficiales, que presentan también, como reflejo del uso actual de las parcelas, un mayor contenido en materia orgánica.

Igualmente, llama la atención el mayor contenido en arenas gruesas en el perfil del suelo de la parcela I, explicable, bien por una mayor alteración mecánica de los cantos de cuarcita (fragmentación por saltación, en cuanto que es la parcela más alejada del área fuente de la raña de Morasverdes), bien por la

TABLA 1

Valores porcentuales de la distribución por tamaño de las partículas; del contenido en materia orgánica y del de agregados estables, en el perfil de cada parcela (I: Cabrillas; II: Laguna del Cristo; III: Morasverdes; IV: Tenebrón.

Parcela	Prof. (m)	Tamaño de las partículas (μm)					M. O.	A. E.
		>2000	2000-100	100-20	20-2	<2		
I	0 - .20	62	36.2	28.9	19.4	15.5	1.30	3.6
	.20 - .40	81	39.8	24.8	17.9	17.5	0.49	3.0
	.40 - .70	60	23.6	13.1	7.3	55.9	0.35	17.8
II	0 - .10	78	18.0	48.8	13.9	19.3	6.20	10.0
	.10 - .30	88	15.2	50.5	4.0	30.3	2.41	8.6
	.30 - .60	46	14.6	53.8	16.3	15.3	1.20	15.6
III	0 - .20	26	11.1	57.4	17.6	13.9	4.50	10.0
	.20 - .40	73	13.8	51.2	17.0	18.0	2.45	15.4
IV	0 - .25	30	10.0	58.3	16.1	15.6	4.72	2.0
	.25 - .44	52	26.2	31.4	24.8	17.6	0.52	2.0
	.44 - .70	76	27.8	21.1	24.1	27.0	0.39	1.6

contaminación con aportes detríticos de la raña de Tamames y de las terrazas del río Huebra. Por lo que se refiere al contenido en agregados estables, teniendo en cuenta el predominio de la fracción $> 20 \mu\text{m}$, en todos los perfiles los valores arrojados por el test de estabilidad son generalmente bajos, observándose una respuesta clara y positiva al aumento de la fracción arcillosa, y más confusa pero también positiva (seguramente en función del grado de su evolución) de la del aumento del contenido en materia orgánica.

En la Tabla 2 se muestran algunas características físicas de los elementos gruesos de la superficie del suelo de cada parcela. Destacan los mayores porcentajes totales en las parcelas I y II, con predominio de cantos y piedras semienterradas en las parcelas IV, III y I, en las que, a tenor de esta característica cabe esperar una mayor generación de escorrentía por concentración de

flujos y también una mayor pérdida de suelo (Poesen *et al.*, 1990).

En cuanto a los valores de densidad real de los elementos gruesos destaca el valor más alto en la parcela I, que confirma la suposición de la posible contaminación con materiales de diferente origen (raña de Tamames y terrazas del Río Huebra).

Según Clothier *et al.* (1977), la presencia de piedras en el perfil del suelo ocasiona un aumento de su capacidad de retención de agua. Hemos comparado los valores de retención máxima in situ (R^*) de los 11 horizontes de las 4 parcelas (Ingelmo y Cuadrado, 1987) con los de retención a capacidad de campo de la tierra fina ($< 2 \text{ mm}$) con la misma densidad aparente (R_f) y comprobado que, de manera general, el cociente es inferior a la unidad y tanto menor cuanto mayor es el contenido volumétrico de elementos gruesos, habiendo encontrado la

TABLA 2

Características físicas ponderadas de los elementos gruesos en la capa superficial de cada parcela.

Determinación	Parcela			
	I	II	III	IV
— Totales (%)	54	58	25	19
<i>Elementos gruesos</i> — Superficie (%)	35	70	30	25
— Semienterrados (%)	65	30	70	75
Densidad real (g cm^{-3})	2.74	2.57	2.64	2.60
Densidad aparente (g cm^{-3})	1.89	1.96	2.13	1.74
Porosidad entre elementos gruesos y en contactos suelo - elemento grueso (%)	31	24	19	33

ecuación de regresión lineal ($P < 0.01$) siguiente:

$$R^* = R_f (0.67 + 0.27 X Y) \\ (r = 0.837; n = 11) \quad (2)$$

(en la que X representa el cociente entre el volumen de suelo sin piedras y el ocupado por estas, e Y es el cociente, en la fracción de suelo menor que 2 mm, entre la fracción coloidal — arcillas + materia orgánica — y la fracción de esqueleto — limos + arenas —), que recoge el efecto modificador de las características texturales y estructurales, debido a la presencia de pedregosidad en el perfil del suelo.

Compactación del suelo

En la Tabla 3 se muestran los valores medios y el coeficiente de variación de la densidad aparente global (suelo + piedras) y la corres-

pondiente de la tierra fina a lo largo de las cuatro estaciones del año 1986.

Destacan los elevados valores de la densidad aparente de la tierra fina en la superficie de los suelos de las parcelas I y IV, muy superiores a los encontrados en la bibliografía para suelos con similares contenidos volumétricos de piedras con valores parecidos de densidad real (Flint y Childs, 1984), y que a tenor de la textura de estos horizontes (areno-arcilloso y franco-limoso, respectivamente) son del orden de los de densidad textural (Fies y Zimmer, 1982).

Estos valores tan altos de densidad aparente de la tierra fina en estas dos parcelas indican la práctica ausencia de porosidad estructural en sus horizontes superficiales, consecuencia de su uso (ganado porcino y bovino, respectivamente).

Cabe pensar, sin embargo en que la pedregosidad existente en el perfil

TABLA 3

Valores medios y coeficientes de variación de la densidad aparente del suelo de cada parcela, en la capa superficial durante las cuatro estaciones del año 1986. A: valor global (suelo + piedras) B: valor de la tierra fina.

Parcela		I	II	III	IV
Invierno. . .	A	1.69 (6.8)	1.24 (9.4)	1.23 (4.1)	1.60 (8.3)
	B	1.51 (13.4)	0.83 (14.6)	1.08 (4.6)	1.57 (10.1)
Primavera. .	A	1.75 (3.3)	1.32 (4.7)	1.24 (5.6)	1.59 (3.7)
	B	1.60 (5.4)	0.88 (0.2)	1.09 (6.4)	1.56 (4.4)
Verano . . .	A	1.83 (1.9)	1.34 (6.9)	1.38 (5.7)	1.64 (0.4)
	B	1.74 (6.1)	0.95 (10.4)	1.23 (6.8)	1.62 (0.4)
Otoño. . . .	A	1.56 (4.7)	1.27 (1.4)	1.24 (2.8)	1.64 (2.0)
	B	1.30 (8.8)	0.87 (1.7)	1.09 (2.3)	1.61 (2.4)

de estas parcelas origine un cierto volumen de macroporos que, siendo vías preferentes de circulación del agua y del aire, sean aprovechados para el desarrollo de vegetación de regresión, evitando la irreversibilidad de la degradación física.

Esta última suposición es la que mejor explica el diferente grado de evolución de la densidad aparente de la tierra fina en dichas parcelas. En la parcela I, que lleva 14 años sin cultivos, y en la que, a pesar de abundar las zonas de suelo desnudo en los transectos, el suelo se encuentra bajo vegetación de pasto escaso pero con matorral de encina y de arbustos, existe una cierta evolución estacional (con su valor mínimo en el Otoño y el máximo en el Verano). En cambio, en la parcela IV, en la que predominan los barbechos y cultivos actuales, a costa de la eliminación drástica del matorral arbustivo y de los árboles, que se reducen a ejemplares y manchas aisladas, no hay prácticamente evolución estacional.

Estimación de la escorrentía

La aplicación de la ecuación (1) para la estimación de la conductividad hidráulica saturada del horizonte superficial de cada parcela, en primavera y en otoño, arroja los siguientes resultados (expresados en mm/h): parcela I (149.4; 171.6); parcela II (281.7; 280.4); parcela III (190.8; 190.8) y parcela IV (110.9; 116.2). Tanto estos valores como los experimentales, sobre todo en las parcelas II y III (Ingelmo y Cuadrado, 1987), son superiores a los que hemos esti-

mado para la intensidad de la lluvia a partir de los reseñados por Calabuig y Oliver (1977) para la zona, por lo que cabe pensar, como hipótesis de trabajo, que en estos suelos la generación de escorrentía, como señala Thormes (1980), se produce por estancamiento gradual de los horizontes superficiales como consecuencia de su alta permeabilidad hidráulica, su baja capacidad de almacenamiento de agua, y del cambio brusco de sus características hidrodinámicas con relación a las del horizonte arcilloso subyacente.

Sobre esta base, la escorrentía resulta del balance hídrico entre, la reserva de agua presente en los horizontes superficiales más la lluvia recibida, y la capacidad efectiva de almacenamiento de los mismos. Basta con introducir en la ecuación (2) los valores de capacidad de retención de agua de la tierra fina en las situaciones de saturación, capacidad de campo y actual en una fecha determinada (Ingelmo y Cuadrado, 1987) para cada uno de los horizontes que se encuentran por encima del arcilloso, para poder estimar el volumen de escorrentía en cada período.

Damos a continuación un ejemplo de cálculo para dos horizontes. Dependiendo de que los valores de reserva de agua efectiva en los horizontes (A), más lluvia que reciben (B), superen o no su reserva a saturación (C) y según sea la relación de aquéllos con su reserva a capacidad de campo (D), se distinguen los siguientes casos para la obtención de escorrentía (S):

$$1.- (A1 + A2) + B > 1.1 (C1 + C2):$$

$$1a.-(A1 + A2) > 0.8 (D1 + D2), \text{ entonces } S = (A1 + A2 + B - C1 - C2).$$

$$1b.-(A1 + A2) < 0.8 (D1 + D2), \text{ entonces } S = (A1 + A2 + B - C1 - D2).$$

2.— $0.75 (C1 + C2) < (A1 + A2 + B) < 1.1 (C1 + C2)$:

2a.— $(A1 + A2) > 0.8 (D1 + D2)$, entonces $S = (A1 + A2 + B - C1 - D2)$.

2b.— $(A1 + A2) < 0.8 (D1 + D2)$, entonces $S = (A1 + B - C1)$.

3.— $(D1 + D2) < (A1 + A2 + B) < 0.75 (C1 + C2)$:

3a.— $(A1 + A2) > 0.8 (D1 + D2)$, entonces $S = (A1 + B - C1)$.

3b.— $(A1 + A2) < 0.8 (D1 + D2)$, entonces $S = 0$.

Aplicación a la explicación de la producción de sedimentos

El procedimiento de cálculo anterior se ha aplicado con los resultados experimentales obtenidos en cada

parcela durante el período 1985-1986. En la Tabla 4 se muestran los valores estacionales de precipitación (P) y escorrentía estimada (S) para cada parcela, junto a los de produc-

TABLA 4

Valores estacionales en cada parcela de la precipitación (P); la escorrentía (S); la producción de sedimentos (A); y los índices de erodibilidad (A/P) y de transporte (A/S).

Parcela	Estación	P	S	A	A/P	A/S
		mm	mm	$g\ m^{-2}$	$g\ m^{-2}\ mm$	$g\ m^{-2}\ mm$
I	Invierno.	216.3	96.8	240	1.11	2.48
	Primavera.	74.0	27.8	110	1.49	3.96
	Verano	49.7	21.7	70	1.41	3.23
	Otoño	194.4	69.4	270	1.39	3.89
II	Invierno.	230.5	46.3	40	0.17	0.86
	Primavera.	91.3	36.8	20	0.22	0.54
	Verano	56.8	9.2	10	0.18	1.09
	Otoño	230.4	42.5	40	0.17	0.94
III	Invierno.	248.4	104.5	680	2.74	6.51
	Primavera.	100.0	27.4	340	3.40	12.41
	Verano	46.2	18.8	230	4.98	12.23
	Otoño	230.7	68.8	690	2.99	10.03
IV	Invierno.	219.6	77.6	270	1.23	3.48
	Primavera.	83.4	16.1	140	1.68	8.70
	Verano	49.3	25.4	120	2.43	4.72
	Otoño	209.6	70.4	350	1.67	4.97

ción de sedimentos (A) medidos experimentalmente (Ingelmo y Cuadrado, 1987). En esta misma table se presenta la evolución estacional del índice de erodibilidad, (A/P); y el del índice de transporte, (A/S).

En cuanto a la producción de sedimentos, puede observarse que, en todas las parcelas, los valores máximos se alcanzan en otoño e invierno, coincidiendo con la concentración de las precipitaciones y de la escorrentía superficial. Los valores más altos se dan en la parcela III, seguida de la IV, la I y la II, lo que resulta coherente con las características de las parcelas en cuanto a grado de pendiente, sistema de utilización, manejo, y cobertura vegetal y pedregosa. Así, las parcelas III y IV presentan los valores más altos por tener mayores pendientes (5.1 y 7.6 %, respectivamente); por sus condiciones de manejo (barbecho trianual y anual), que dan lugar a valores escasos de cobertura vegetal (< 40 y < 25 %, respectivamente) y al semienterramiento de la pedregosidad superficial, que favorece la concentración de flujos hídricos de escorrentía (Poesen *et al.*, 1990); siendo similares las características texturales de sus horizontes superficiales, los menores valores de producción de sedimentos en la parcela IV, se explican por su mayor cohesión al encontrarse más compactados.

La parcela I presenta valores menores pero próximos a los de la IV, a pesar de su menor pendiente (1 %) y de tener similar grado de cobertura, lo cual sólo puede explicarse por una mayor contribución de la salpicadura a la movilidad de partículas en esta parcela, ya que, por otra parte, la probabilidad de concentración de

flujos hídricos, achacable a la posición semienterrada de la pedregosidad superficial, es también similar en ambos casos. Esta suposición es coherente con el hecho de que en la parcela I el mayor valor de producción de sedimentos se da en el otoño, a pesar de que la escorrentía total en esta estación es inferior a la del invierno, pero que sin embargo es el período en el cual la densidad aparente de la tierra fina alcanza su valor mínimo (lo cual da lugar a una menor cohesión del suelo).

La parcela II arroja los valores mínimos en todas las estaciones, coherentemente con su menor pendiente (0.9 %), su mayor cobertura vegetal (70 %) y su menor probabilidad de concentración de flujos de escorrentía (ya que en su superficie predominan las piedras sin enterrar).

En cuanto a los valores de los índices, cabe observar el diferente comportamiento estacional, encontrándose mucho más diversificado entre parcelas el de transporte (0.54 en primavera en la parcela II y 12.41 en la misma estación en la parcela III) que el de erodibilidad (0.18 en verano en la parcela II y 4.98 en la misma estación, en la parcela III).

De la confrontación de nuestros datos con los de estudios similares, encontramos buena coincidencia con los reseñados por Chirino (1987), para suelos con dos horizontes (uno de textura gruesa y otro con limitación de permeabilidad), en parcelas de 4.20 m² (valores de producción de sedimentos comprendidos entre 300 y 700 g m⁻², y de índice de erodibilidad, entre 1.4 y 2.5 g m⁻² mm), y con los medidos por él mismo, en parcelas de mayor tamaño y pendiente pero

con idénticas limitaciones en cuanto a permeabilidad hidráulica, capacidad de almacenamiento, pedregosidad y cobertura vegetal, (en las que, para valores de precipitación comprendidos entre 316 y 466 mm encuentra valores de pérdida de suelo anual de 363 a 396 g m^{-2} , oscilando sus índices de erodibilidad entre 0,3 y 5 g m^{-2} mm, y los de transporte, entre 1,60 y 5,35 g m^{-2} mm en los sitios en los que no se ha modificado la vegetación natural, alcanzando el índice de transporte valores superiores a 8 (con máximos de 24 g m^{-2} mm) en los sitios en los que se ha alterado aquélla y la estructura natural del suelo.

En cuanto al análisis global de los datos de producción de sedimentos por erosión hídrica (fundamentalmente, como veremos, de tipo laminar y en microsuros), nuestros resultados son inferiores a los reseñados por Chirino (1987) para suelos bajo cultivo, en barbecho, o con escasa cobertura vegetal, superándose la tasa de tolerancia anual de pérdida de suelo (1.1 kg m^{-2} , según Mitchell

y Bubenzer, 1980), en nuestro caso, únicamente en la parcela III.

e) *Tipología de los procesos erosivos*

Finalmente, damos cuenta de los resultados obtenidos con la técnica de Daniels (1968) para la tipificación de los procesos erosivos en cada parcela.

Se han identificado cuatro tipos de procesos: a) erosión en barrancos y movimientos en masa; b) erosión en cárcavas; c) erosión en surcos; d) erosión en microsuros, los cuatro como consecuencia, por diferentes causas, de la concentración de flujos. La erosión difusa de tipo laminar se ha estimado por diferencia con relación al valor 100 asignado a la superficie erosionada de la parcela.

Los valores porcentuales obtenidos (Presentados según el orden anteriormente expuesto) para cada parcela son: I (5, 10, 10, 40, 35); II (15, 5, 5, 30, 45); III (5, 15, 15, 40, 25) y IV (5, 15, 10, 50, 20). Puede comprobarse que no existen diferencias extremas entre lugares, destacando únicamente la mayor presencia de barrancos en la parcela II y de erosión en microsuros en la parcela IV.

CONCLUSIONES

La heterogénea organización textural y estructural de los suelos, junto a la elevada presencia de gravas y piedras de diferente forma y tamaño, da lugar a una elevada variabilidad espacial (sobre todo en la dirección vertical) lo que conlleva una gran dificultad metodológica para la interpretación del comportamiento hidrofísico de los suelos.

Con todo, la metodología utilizada para la caracterización hidrofísica ha permitido encontrar una ecuación de regresión lineal simple, significativa al 1% entre la capacidad efectiva de almacenamiento de agua in situ y la capacidad de almacenamiento en muestras de tierra fina y con ello, establecer un modelo estimativo de la escurrentía que concuerda bien

on los resultados reseñados en la bibliografía para suelos de características similares y condiciones climáticas semejantes. Para una precipitación anual media de 583 mm el coeficiente medio de escorrentía es el 33%, con valores más altos en Invierno y Otoño, y muy variables entre parcelas (desde un 20% a un 45%).

El principal factor de degradación física es la compactación superficial, debido a las particulares características texturales de la superficie, al uso actual del suelo y al sistema de manejo. En este sentido, ha podido mostrarse que en este tipo de suelos

la eliminación de la vegetación natural (arbórea y arbustiva) da lugar a procesos irreversibles de compactación.

En cuanto a la pérdida de suelo por erosión hídrica resulta ser baja a moderada, superándose únicamente la tasa de tolerancia en la parcela III; predomina en general la erosión hídrica de tipo laminar y en microsurcos, con escasas contribuciones del resto de las tipologías, que quedan circunscritas a los sitios en los que existen cortes naturales o artificiales en el suelo (zanjas de drenaje, canales de escorrentía, o bordes de caminos y carreteras).

BIBLIOGRAFIA

- CALABUIG, E. y OLIVER, S., 1977. Datos climáticos. Estudio integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina: Estudio fisiográfico descriptivo, 1: 9-407. CSIC., Salamanca-Jaca.
- CLOTHIER, B., SCOTTER, D. and KERR, P., 1977. Water retention in soil underlain by a coarse-textured layer: Theory and field application. *Soil. Sci.*, 123: 392-399.
- CHIRINO, E., 1987. Problemática de la reforestación en la Comunidad Valenciana: Estimación de las pérdidas erosivas producidas por las técnicas usuales de repoblación forestal. Master of Sci. (Th.), I. A. M. Z. — C. I. H. E. A. M. Zaragoza.
- DANIELS, R., GAMBLE, E., BARTELLI, L. and NELSON, L., 1968. Application of the point-count method to problems of soil morphology. *Soil Sci.*, 106: 149-152.
- DUNN, A. and MEHUYS, G., 1984. Relationships between gravel content of soils and saturated hydraulic conductivity in laboratory test. Erosion and productivity of soils containing rock fragments. Kral, M. (Ed). 13: 55-63. SSSA. Madison.
- FIES, J. et ZIMMER, D., 1982. Etude expérimentale des modifications de l'assemblage textural d'un matériau sabloargileux sous l'effet des pressions. *Bull. G. F. H. N.*, 12: 39-54.
- FLINT, A. and CHILDS, S., 1984. Physical properties of rock fragments and their effect on available water in skeletal soils. Erosion and productivity of soils containing rock fragments. Kral, M. (Ed). 13: 91-103. SSSA. Madison.
- GARCIA-RODRIGUEZ, A., FORTEZA-BONNIN, J., SANCHEZ-CAMAZANO, M.^a, PRAT-PEREZ, L., LORENZO-MARTIN, L. F. y LEDESMA-GARCIA, M., 1977. Suelos sobre sedimentos post-mesozoicos de la zona Yeltes-Huebra (Salamanca). *An. Cent. Edafol. y Biol. Apl. Salamanca*, 3: 107-139.
- GOMEZ-GUTIERREZ, J. M., 1978. Estudio integrado y multidisciplinario de la Dehesa salmantina. 1. Estudio fisiográfico y descriptivo 2: 205-243. Salamanca-Jaca.

- INGELMO, F. y CUADRADO, S., 1986. El agua y el medio físico del suelo. C. E. B. A. S. Excm. Diputación de Salamanca.
- INGELMO, F. y CUADRADO, S., 1987. Características hidrofísicas y estudio del régimen hídrico y de la degradación física por compactación y por erosión hídrica de los suelos de las rañas al N. del Sistema Central en la provincia de Salamanca. En: Ponencias del Seminario sobre "Dinámica de sedimentos y erosión hídrica". Almería. En prensa. CSIC. Granada.
- MITCHELL, J. and BUBENZER, G., 1980. Soil loss estimation. Soil Erosion. Kirkby, M. and Morgan, R. (Eds). 17-62. John Wiley and Sons. New York.
- POESEN, J., INGELMO-SANCHEZ, F. and MUCHER, H., 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. Earth Surfaces Processes Landforms, 15: 653-671.
- SANZ-DONAIRE, J., 1979. El Corredor de Béjar. 1: 76-82 y 2: 87-92. Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto de Geografía Aplicada. Madrid.
- THORNES, J., 1980. Procesos erosivos de las corrientes de agua y sus controles espaciales y temporales. Un punto de vista teórico. Erosión de suelos. Kirkby, M. and Morgan, R. (Eds). 166-175 y 197-212. John Wiley and Sons. New York.

Recibido de la Comisión: 21-5-91.
Aceptado para publicación: 9-10-91.