

Estabilidad estructural y erosión en suelos de uso agrícola de la Plana de Vic

J. GIRBAU JUNYENT⁽¹⁾ y R. JOSA MARCH⁽²⁾

(1) C. Pare Coll, 1. 08500 Vic. Barcelona.

(2) EUETA de Barcelona. C. Urgel, 187. 08036 Barcelona

RESUMEN

Se estudia la relación entre erosión y estabilidad estructural del horizonte Ap en una toposecuencia de suelos cultivados de Osona. Se evidencia la contribución del Ca^{2+} a la estabilidad de estructura (método de Hénin) y en consecuencia, la disminución de pérdidas por arroyada difusa.

Palabras clave: Estabilidad estructural. Test de Hénin. Erosión. Pérdidas de suelo. Plana de Vic. Barcelona.

ABSTRACT

This paper studies the relationship between soil loss and the structural stability of an Ap horizon in a soil toposequence of the Plana de Vic. Barcelona.

Rainfall and soil loss have been measured for seven months. The structural stability of crumbs ($\varnothing < 2 \text{ mm}$) was measured using Hénin's method.

These preliminary data show that the soil aggregation acts as an effective protection against soil losses owing to sheet flow. This stability is imputable to high inorganic colloid content.

In the case of flow concentrated in rills, the structure is not capable of protecting the soil from erosion because of the low organic colloid content.

Key words: Structural stability. Hénin's test. Erosion. Soil loss. Plana de Vic. Barcelona.

INTRODUCCIÓN

Los suelos donde se cultivan cereales permanecen

desnudos y sin protección contra la erosión durante el largo período comprendido entre el final de una cosecha y el desarrollo de la siguiente.

A menudo, durante todo este tiempo, su horizonte Ap está sometido directamente al impacto de las gotas de lluvia, sin más protección que la proporcionada por su estructura edáfica. La eficacia de esta protección depende de la estabilidad de los agregados que se han formado durante el proceso de laboreo.

La medida de la estabilidad de la estructura de un suelo tiene un valor globalizador, donde se reúnen los efectos derivados de la textura, mineralogía de la fracción arcilla, composición de la fracción orgánica, complejo de cambio catiónico, así como del historial hídrico reciente de cada suelo.

Al utilizar una técnica de evaluación de la estabilidad estructural que actúa de forma selectiva (Hénin *et al.*, 1972) es posible poner de manifiesto la relación de los distintos factores del suelo (materia orgánica, Ca^{2+} , ...) en la estabilidad de los agregados. Este método, al permitir una aproximación al origen de la estabilidad, facilita la comprensión del comportamiento del suelo frente a la erosión.

En este trabajo se pretende mostrar la influencia de la estabilidad de los agregados estructurales sobre la erosión en una parcela cerealista de la Plana de Vic.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

El área de estudio se estableció en una parcela de cultivo de 5,7 Ha, localizada a unos 4 Km al norte de Vic (ver la fig. 1) sobre las margas gris azuladas y limolitas beigas del eoceno catalán (Reguant, 1967).

En general, la zona presenta un relieve en cuestras, con un ligero buzamiento hacia el oeste. El dorso de las cuestras está formado por calizas margosas y por ni-

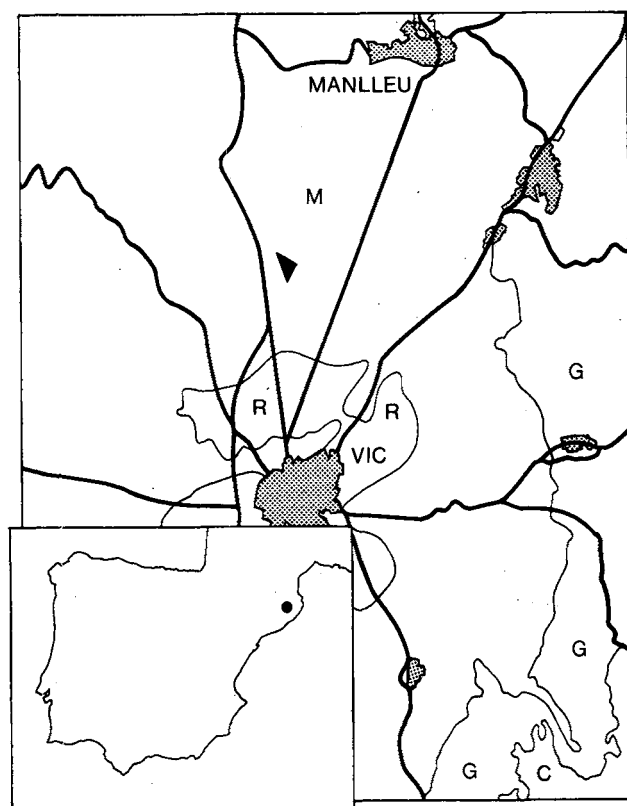


Figura 1.- Localización del área de estudio (de Reguant *et al.* 1976).
R Recubrimiento posteoceno.
M Formación Margas de Vic.
G Formación Arenisca de Folgaroles.
C Formación Conglomerados y Arenisca roja de les Guilleries.

Figure 1.- Sketch location and geological map of area studied (from Reguant *et al.* 1976).
R Post-eocene sediments.
M Vic Marls.
G Folgaroles Sandstones.
C Guilleries Conglomerate.

veles de arenisca, desarrollándose, al pie de las vertientes, amplios glaciares intensamente cultivados. En los frentes de cuestra, se presentan profundas cárcavas que parecen activas.

El clima de la comarca de Osona es continental bastante extremado, pero dentro de un ambiente general mediterráneo. La temperatura media anual es de 12,3 °C, con una pluviometría media de 728 mm/año y con máximos en mayo y setiembre. La distribución de las temperaturas y de la pluviometría se recoge en el diagrama ombrotérmico de la figura 2.

La vegetación potencial de la zona corresponde a la asociación *Buxo-Quercetum pubescentis* (= *Quercobuxetum*), con pinares de *Pinus sylvestris* (Folch, 1981) aunque la parcela experimental está dedicada al cultivo cerealístico. En concreto, durante la realización de la experiencia se mantuvieron los cultivos de trigo y cebada.

Los suelos son de tipo Pardo Cálxico (Girbau, 1986) aunque en las áreas de máxima pluviometría y mayor percolación pueden aparecer suelos Pardo Calizos, cuyos datos analíticos se recogen en la tabla 1.

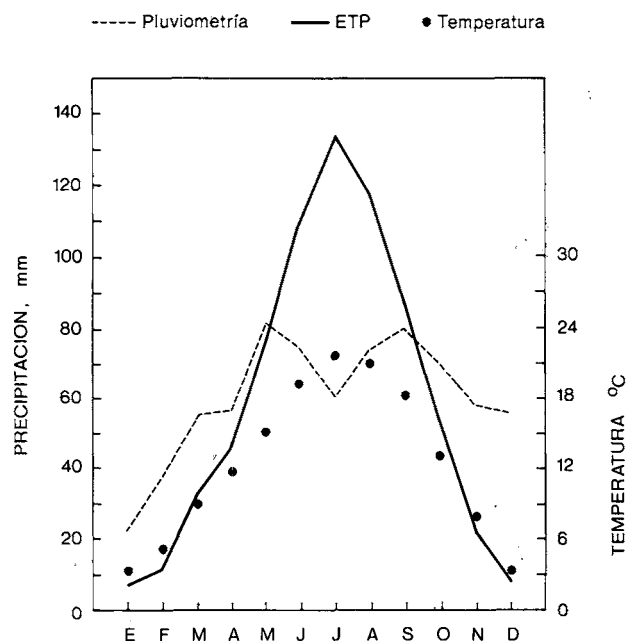


Figura 2.- Diagrama ombrotérmico. Datos de la estación meteorológica de Vic. Temperatura media (°C). ETP media (mm). Pluviometría media (mm).

Figure 2.- Climatic data issued by Vic Meteorological Station. Average temperature (°C). Average ETP (in mm). Average rainfall (in mm).

TABLA 1.- Datos analíticos de los suelos de la parcela experimental. Perfiles P1 y P2.

TABLE 1.- Analytical data of experimental area soils. P1 and P2 soil profiles. [Sand, silt and clay percentage; calcium carbonate percentage; electrical conductivity mS. cm⁻¹; soil pH; organic matter content; bulk density, particle density and total porosity; cation exchange capacity in meq./100 g and soil colours (wet and dry)].

Hozt.	Prof.	Are. G.	Are. F.	L. G.	L. F.	Org.	CO ₃ ⁺⁺	C.E.	pH.	pH.	KCl	M.O.	Dens.	Dens.	Poros.	C.I.C.	Color
	cm	%	%	%	%	%	total.	μS/cm	H ₂ O			%	real.	apar.	%	meq./100g	en seco
P1	Ap.	0-37	9.08	24.57	20.82	28.81	18.74	39.91	193	8.3	7.7	1.42	2.50	1.28	48.80	43.47	2.5 Y 6/4
	C.	37-100	1.29	6.17	15.06	57.21	20.24	46.06	223	8.4	7.7	0.33	2.50	1.45	42.00	37.82	2.5 Y 7/4
P2	Ap.	0-38	6.748	27.19	17.83	29.36	17.95	37.58	192	8.0	7.4	1.80	2.50	1.31	47.60	34.23	10. YR 5/3
	Bw.	38-52	7.00	28.43	18.67	28.15	17.00	38.35	153	8.3	7.5	0.99	2.51	1.45	42.23	27.44	10. YR 5/3
	C.	52-120	6.46	35.82	14.72	25.78	17.15	41.14	160	8.5	7.7	0.46	2.51	1.56	37.84	n.d.	10. YR 6/3

Características de la parcela experimental

Dentro del área de estudio se seleccionó una parcela experimental de 900 m² (90 x 10 m.), con el objeto de realizar el seguimiento de la erosión. En la figura n° 3 se recoge un plano detallado de la parcela y de su sección longitudinal. Esta sección muestra la existencia de tres tramos con pendiente distinta, numerados como 1, 2 y 3 (pendiente entre 5 y 17 %). En el tramo final (3), la pendiente es máxima y corresponde a la zona donde varios años antes había un margen que fue suprimido con objeto de facilitar la mecanización de la parcela.

Métodos de análisis y de toma de muestras.

Aparte de los análisis realizados para caracterizar la parcela, la metodología del presente estudio se planteó en dos niveles distintos, pero complementarios:

Determinación de la estabilidad estructural. Para ello se utilizaron series de muestras expresamente recogidas para tal fin, procedentes de diversos puntos del horizonte Ap de la parcela experimental. Como ya se ha dicho, se siguió el método propuesto por Hénin *et al.*, (1972).

Este método de evaluación de la estabilidad estructural se basa en el tamizado de 5 gr de muestra de suelo en condiciones de inmersión en agua. Previamente se hacen tres pretratamientos con submuestras iguales: una se sumerge, durante unos minutos, en alcohol, la otra en benceno y, la última, en agua (lo que equivale a no hacer pretratamiento). La finalidad de pretratamiento en alcohol es la de evitar el efecto de destrucción de los agregados por la compresión que origina, al entrar por capilaridad, el agua en los poros. Por tanto, solo los efectos de cohesión que resultan del hin-

chamiento del complejo arcillo-húmico juegan, luego, un papel importante (Pages, 1976).

Por el contrario, el pretratamiento en agua pone de manifiesto la susceptibilidad del agregado frente al efecto de estallido. El benceno, finalmente, cuantifica el papel de la materia orgánica en la estabilidad estructural: si el coloide orgánico es suficiente en el agregado, el benceno queda fijado en él y, al ser inmiscible en agua, se evita el efecto de estallido. Si una muestra es pobre en materia orgánica, las partículas elementales se dislocan aún más intensamente que con el pretratamiento con agua. (Hénin *et al.*, 1972).

A partir del peso de los agregados estables después de los distintos pretratamientos (Aga + Agb + Agc)/3 y de las partículas inferiores a 20 μ disgregadas F (agm), y con el contenido de arena gruesa (S), se puede obtener el índice de inestabilidad estructural (Is):

$$Is = \frac{F \text{ (agm)}}{\frac{Aga + Agb + Agc}{3} - 0.95}$$

Sólo se utiliza el mayor de los tres porcentajes obtenidos, de partículas inferiores a 20 μ disgregadas (pretratamiento en agua, alcohol o benceno).

Para esta determinación se utilizó la fracción comprendida entre 2 y 0.063 mm.

Medidas directas de erosión. Estas medidas tenían el objeto de evaluar las pérdidas de suelo por escorrentía superficial durante el período considerado (de Noviembre de 1985 a Junio de 1986). Un evento pluviométrico destacado ocurrido inmediatamente antes del período de control permitió, a la vez, estimar puntualmente las pérdidas por arroyada concentrada.

Para obtener las primeras medidas se instalaron, a lo largo de la parcela, tres cajas de *Guerlach* (Morgan,

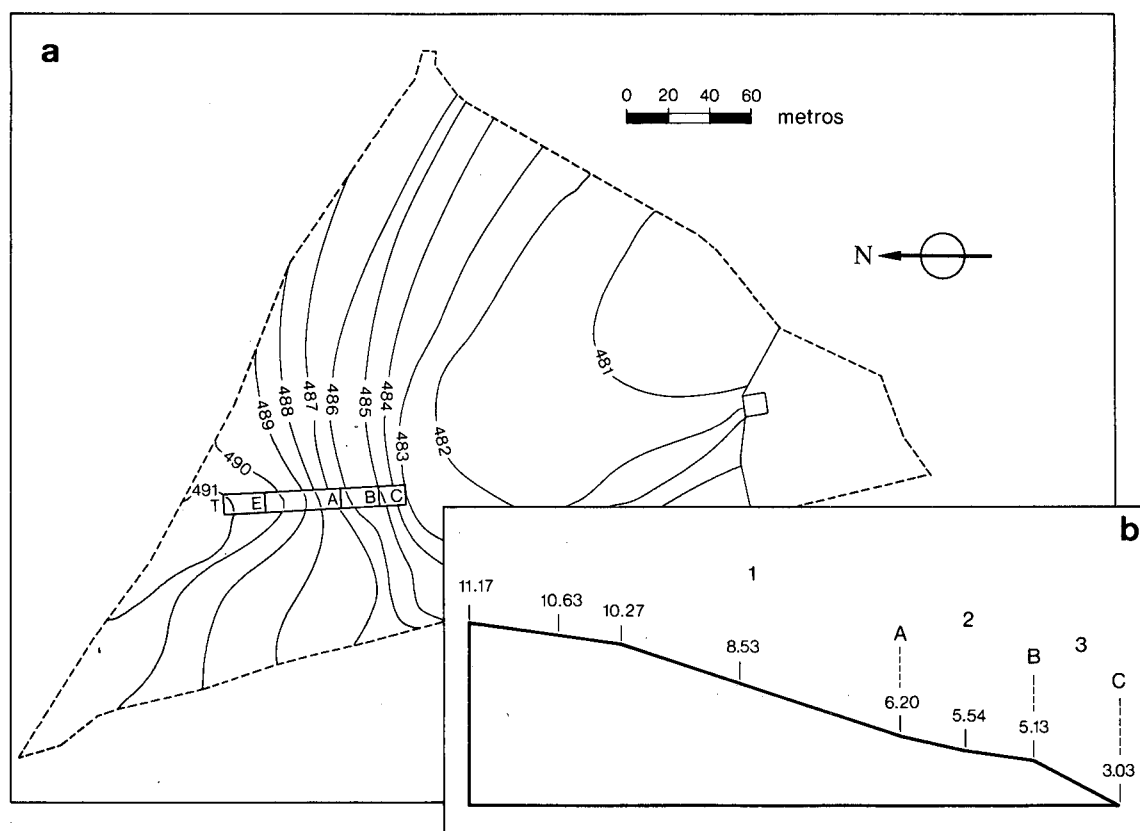


Figura 3.- *a* Mapa de situación de la parcela experimental dentro del campo de cultivo. *b* Sección longitudinal de la parcela experimental y localización de los GUERLACH A, B y C.

Figure 3.- Sketch of experimental area: *a* Topographic map, and, *b* longitudinal section of the area and sample sites location (GUERLACH A, B and C).

1979) de 50 x 15 x 15 cm, identificadas como A, B i C. Se emplearon en los puntos de inflexión y se dispusieron escalonadas a lo largo de la pendiente, con el fin de evitar interferencias entre ellas (ver figura n° 3). En la parcela no se fijaron límites laterales en previsión de la posible distorsión que se produce en caso contrario (Marqués, 1984).

Las precipitaciones se obtuvieron del observatorio de Vic y, complementariamente, se instaló un pluviómetro en la misma parcela que permitió tener el control próximo de las lluvias caídas durante los meses que duró la experiencia.

Periódicamente, y en función de las condiciones climáticas, se midió la cantidad de agua recogida así como el peso de los sedimentos acumulados en las cajas. Se analizó granulométricamente este sedimento, se determinó la materia orgánica recogida y las cantidades de Na⁺ y K⁺ de la parte líquida.

La evaluación de la escorrentía concentrada se rea-

lizó en las inmediaciones de la parcela experimental, donde se procedió a cubicar las pérdidas de material provocadas al excavar un pequeño canal de 380 cm de longitud. Este canal no desaparece completamente hasta los 5 m desde su origen. Se formó en el tramo de máxima pendiente, tramo «3» (17,6 %), como consecuencia de una intensa lluvia de 58,4 mm caída en el intervalo de 6 horas. Para su cubicación se reconstruyó la superficie topográfica inicial mediante perfiles transversales levantados a intervalos de 20 cm. De esta forma, se calculó su volumen. Su estimación en peso se obtuvo en base a la densidad aparente del suelo no erosionado de este mismo tramo (1,25 gr/cm³).

RESULTADOS

Estabilidad estructural

En la tabla 2 se recogen los valores que se han obtenido al aplicar el test de inestabilidad estructural de Hé-

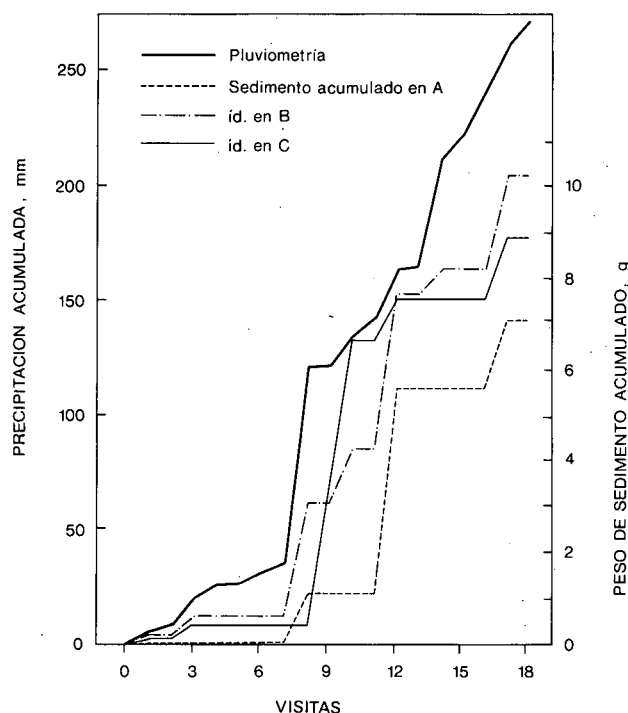


Figura 4.- Valores de sedimento recogidos y de pluviometría caída durante el periodo de la experiencia. Peso de sedimento (en g) recogido en A, B y C. Pluviometría acumulada.

Figure 4.- Accumulated sediment weight (g) in GUERLACH cases (A, B and C) and accumulated rainfall (mm) during the period of the experiment.

nin a las muestras de la parcela.

De este conjunto de valores parecen deducirse unas observaciones aparentemente contradictorias. Así, globalmente, se puede afirmar que el suelo presenta una elevada estabilidad estructural. Los valores de I_s (o $\log I_s$) son similares a los que se obtienen para suelos muy orgánicos y muy estables (Hénin, *et al.*, 1972).

Sin embargo, estos resultados no se corresponden, en una primera aproximación, con la observación de campo pues las señales de erosión (*rills*, cárcavas, etc...) son frecuentes en toda la zona.

Es necesario estudiar la distribución de los agregados estables para entender el comportamiento de la estabilidad estructural del suelo.

Dada la alta relación que habitualmente se observa entre los agregados estables después del pretratamiento con benceno y el contenido de materia orgánica (Pages, 1976), y teniendo en cuenta los bajos porcentajes obtenidos en nuestro caso, hay que concluir que la efi-

TABLA 2.- Índice inestabilidad estructural (I_s) de las muestras de fracción entre 2 y 0,063 mm, donde los símbolos Aga , Agb y Age son, el porcentaje de agregados estables después del pretratamiento en alcohol, benceno y agua, respectivamente.

TABLE 2.- Structural instability ratio (I_s) of the soil aggregates of between 2 to 0.063 mm. Aga : Fraction (%) stable aggregates after alcohol pretreatment. Agb : Fraction (%) stable aggregates after benzene pretreatment. Age : Fraction (%) stable aggregates with water treatment.

Origen de la Muestra	Aga	Agb	Age	I_s	$\log I_s$	I_s
1.	32.93	17.26	17.06	3.73	0.5717	
2.	42.80	17.70	18.80	2.58	0.4116	
3.	35.93	8.30	9.13	4.19	0.6222	
A.	34.70	15.30	17.40	3.96	0.5977	
B.	53.06	12.51	16.60	2.36	0.3729	
C.	45.80	12.50	13.26	2.29	0.3598	

cacia estructuradora de la materia orgánica en el suelo de la parcela es muy escasa.

Por el contrario, del pretratamiento con alcohol se deduce algo muy diferente. Los valores obtenidos hay que considerarlos elevados y, por tanto, significativos de una elevada estabilidad.

De esta forma, la diferencia entre los agregados estables sin pretratamiento (Age), y los estables después del pretratamiento con alcohol (Aga) confirma que la estabilidad del horizonte Ap de la parcela se debe, fundamentalmente, a la acción coagulante del Ca^{2+} que satura el complejo absorbente (ver tabla 1).

Evaluación de las pérdidas de suelo.

Consideraciones generales

Antes del comentario de los resultados, es necesario considerar algunos aspectos ligados a las características de la experiencia de evaluación de la pérdida de suelo por arroyada difusa.

— En primer lugar, la corta duración del período de seguimiento que, además, fue especialmente seco respecto a la media pluviométrica. Para este año sólo se recogieron 271,22 mm de lluvia, mientras el promedio para el mismo período es de 452,60 mm (Elias y Ruiz, 1977).

— En la evaluación de la superficie del área de drenaje, sólo se ha tenido en cuenta el tramo de pendiente situada directamente por encima de cada caja de *Guerlach*. Se ha considerado únicamente el caso de la

TABLA 3.- Valores de sedimento y de escorrentia recogidos durante el período controlado (noviembre 1985 a julio 1986).

TABLE 3.- Sediment weight and water flow volume collected in A, B and C GUERLACH, for the control period (November 1985 to July 1986). [Plot surface; % slope; water flow volume and sediment weight].

Caja.	m ² Area dren	Pend. %	ml de escorr.	gr. sedto.	g/m ² sedto
A.	38.25	10.64	893.00	7.09	0.185
B.	18.42	5.80	1960.00	10.25	0.556
C.	11.94	17.58	132.00	8.90	0.745
"3"	0.72	17.58	n.c.	28838.7	4005.4

arroyada difusa y, por lo tanto, se estimó que en las zonas de inflexión cóncava la erosión neta que se produce no es significativa.

Arroyada difusa: valores totales de sedimento recogidos en los distintos Guerlachs

A partir de los resultados presentados en la tabla n° 3, aparecen las siguientes conclusiones correspondientes al período de control:

— Las lluvias, a lo largo de este período, han sido escasas y de poca intensidad. A tenor de la cantidad de sedimento que se ha recogido en la parcela experimental, la erosión por arroyada difusa sufrida durante el período de control es muy poco importante.

— Del conjunto de sedimento recogido en las cajas, es difícil observar la influencia de la pendiente. Esta influencia no es evidente en esta experiencia y sólo se manifiesta cuando la pendiente es muy fuerte (caja C).

TABLA 4.- Contenido en algunos elementos fertilizantes de los dos puntos de la parcela experimental, en el momento del espigado.

TABLA 4.- Organic matter and K⁺ content in 3 and C sites of experimental area, at the moment to come to ear.

Caracter analizado.	"3."	"C."
Pendiente (%)	17.72	0.0
Mat. Orgánica (%)	1.05	2.07
Conductividad (μS/cm)	193.0	296.0
K soluble	2.55	8.50
Dens. Plantas/cm ² .	83.11	150.66

En la tabla n° 6, se demuestra cómo la materia orgánica es fuertemente erosionada: la tasa de materia orgánica de la muestra recogida en las cajas es 4 veces superior a la tasa de materia orgánica que existe en las muestras del horizonte Ap.

Arroyada difusa: distribución temporal de las precipitaciones y del flujo superficial recogido

Estos resultados se recogen en la tabla 5.

De acuerdo con Hudson (1976), se observa que en la parcela experimental, para que se produzca escorrentia superficial, son necesarios unos valores mínimos de precipitación y de intensidad de precipitación (Lluvia máx/24 horas).

Estos valores varían con el estadio fenológico del cultivo. Así, se comprueba que en el estadio fenológico 10-12 del código de Zadoks (1976), una intensidad máxima de 4.95 mm/24 h provoca escorrentia, mientras que para la misma parcela, en un estadio Zadoks de 57-59, una intensidad de 8.30 mm/24 h no provoca acumulación de flujo superficial en los *Guerlachs*. En el estadio 87-91, no se produce escorrentia ni con una P. máx/24 h de 19.35 mm.

El valor intensidad de precipitación condiciona, en mayor medida, el volumen de flujo superficial recogido.

TABLA 5.- Cantidades de líquido y sedimento recogidos en las cajas *Guerlach* en relación con los datos pluviométricos. (1) Valores globales de los tres *Guerlachs*. (2) Valores correspondientes a la precipitación en la parcela. (3) Valores obtenidos del observatorio meteorológico de Vic. P. máx/24 h. equivale al valor máximo de precipitación caída en 24 horas entre dos visitas consecutivas.

TABLA 5.- Sediment and water flow volume for the three *Guerlachs* (1). Rainfall in the studied area (2) and in Vic (3). The latter value represents the maximum rainfall during 24 hours.

Fecha. Visita	Flujo ml. (1)	Sedto. gr. (1)	Pluvm. mm. (2)	P. max. mm/24 h. (3)	Código Zadoks.
30-11-85	135.0	0.37	4.95	4.95	11-12
7-12-85	0.0	0.0	3.37	3.37	11-13
14-12-85	133.0	0.72	11.7	7.8	11-13
23-12-85	0.0	0.0	6.30	6.30	13-22
28-12-85	0.0	0.0	0.2	0.2	20-24
4-1-86	0.0	0.0	4.72	2.4	20-24
18-1-86	0.0	0.0	4.50	4.50	21-24
15-2-86	1770.0	3.54	85.36	56.40	22-24
23-2-86	82.0	7.42	14.40	10.80	22-24
9-3-86	0.0	0.0	7.65	3.60	22-32
21-3-86	68.0	8.67	20.70	8.90	22-32
5-4-86	0.0	0.0	1.8	1.8	32-33
12-4-86	7.0	0.53	46.36	16.30	32-33
26-4-86	0.0	0.0	10.80	6.80	37-39
11-5-86	0.0	0.0	18.45	8.30	45-54
30-5-86	790.0	4.98	20.25	37.90	57-59
23-6-86	0.0	0.0	9.7	19.35	87-91
TOTAL	2985.0	26.23	271.42	-	-

TABLA 6.- Relación de la tasa de materia orgánica entre muestras procedentes de la erosión —recogidas en las cajas *Guerlach*— y muestras procedentes del horizonte Ap —recogidas en las inmediaciones de las cajas.

TABLE 6.- Organic matter content in Ap soil and organic matter in *Guerlach* sediments.

Muestra Ap.	Mat. Org. %	Caja.	Mat. Org. %
A.	1.36	A.	5.50
B.	1.66	B.	4.11
C.	2.07	C.	5.52

do que la cantidad total de lluvia. La correlación entre pluvimetría y volumen de escorrentía superficial recogida es de $r = 0.781$, significativa para $p < 0.01$. La correlación entre intensidad de precipitación y volumen de flujo superficial es de $r = 0.957$, significativa para $p < 0.01$.

Por otra parte, además de la arroyada difusa, es frecuente la formación de *rills* que tienen una actividad erosiva mucho más importante, como se verá a continuación.

Erosión concentrada

La erosión concentrada, como ya se ha expuesto en el apartado de métodos, se evaluó como la pérdida de suelo producida al formarse un *rill* de 500 cm de longitud en el tramo «3», de máxima pendiente (17,6 %). Su formación tuvo lugar durante una precipitación de 58,4 mm. caída en 6 horas.

El volumen mínimo de material arrastrado es de 23.071 cm³, que teniendo en cuenta que la densidad aparente del suelo en este tramo es de 1,25 g/cm³, corresponde aproximadamente al transporte de 29 kg de material (tabla 3).

En valor absoluto y para el período de la experiencia, el canal formado por una sola precipitación intensa produjo del orden de 1000 veces más sedimento que la escorrentía difusa de toda la parcela.

Si se comparan los resultados de material transportado por la arroyada difusa y el arrastrado en este canal, ambos referidos a unidad de superficie, se observa que esta última es del orden de 2700 veces más intensa.

Es evidente la desproporción entre ambas cantidades. Por tanto, las pérdidas de suelo se producen, mayoritariamente, en la parcela de control durante los eventos lluviosos de intensidad excepcional.

Consecuencias agronómicas de la erosión

Una vez constatada la intensidad de la erosión, se procedió a evaluar sus efectos agrícolas mediante el análisis detallado de algunos componentes del horizonte Ap, así como el recuento de plantas en el momento del espigado. Esta evaluación se realizó en dos puntos: uno correspondiente a la zona de erosión equivalente al tramo «3» (pendiente del 17,6 %) de la parcela experimental, y el otro situado en la zona de acumulación (tramo «C»). Estas zonas se hallan en cada uno de los lados del emplazamiento del antiguo margen, que es el lugar más susceptible de erosión por arroyada concentrada.

Como se puede observar en la tabla 4, a consecuencia de la erosión se produce el arrastre selectivo de materia orgánica y de potasio soluble. La acumulación de potasio va acompañada de cierta acumulación de sales, que en este caso no es susceptible de causar problemas de salinidad.

En segundo lugar se observa, como efecto secundario de la modificación de la pendiente, la redistribución de las semillas por arrastre de la arroyada provocando una desigual densidad de semillas en ambos puntos.

CONCLUSIONES

El horizonte Ap de la parcela experimental tiene una estabilidad estructural bastante buena, como lo demuestran los valores de *Is* obtenidos.

A causa del bajo contenido en materia orgánica, la estabilidad estructural es producto de la saturación en Ca²⁺ del coloide mineral. A nivel de test de inestabilidad estructural, esto se refleja en la gran diferencia de agregados estables después del pretratamiento en alcohol y con benzeno.

La buena estabilidad estructural del suelo se pone de manifiesto en el bajo contenido de sedimento generado por la escorrentía superficial.

No obstante, el desequilibrio entre agregados estables en alcohol y en benzeno se traduce en una insuficiente estabilidad estructural frente a la erosión concentrada. El pobre contenido en materia orgánica hace a los agregados sensibles a los procesos de degradación por *splash* y al efecto de estallido una vez el suelo está anegado.

De todo ello se deduce que en los suelos de la Plana de Vic, aquellas prácticas agrícolas que favorecen la arroyada concentrada (supresión de márgenes entre parcelas, exceso de laboreo...) junto al deficiente abo-

nado orgánico, son la causa del desencadenamiento de procesos erosivos intensos, puesto que la estabilidad estructural de los agregados, cuando el suelo está desnudo, no es suficiente para hacer frente a la energía del agua una vez concentrada.

BIBLIOGRAFÍA

- ELIAS, F. y RUIZ, L., 1977: Agroclimatología de España. Madrid. Cuadernos INIA n° 7 Serv. Public. Ministerio de Agricultura.
- FOLCH, R., 1981: La vegetació dels Països Catalans. Barcelona. *Memorias de la ICHN*, 10: 513 p.
- GIRBAU, J., 1986: *Estudi de la erosió i de les propietats físiques de l'erosionabilitat d'un sòl de la Plana de Vic*. Barcelona. T.F.C. Escola Sup. Agric. Barc. Doc. dif. restringida.
- HUDSON, N., 1976: *Soil conservation*. London. BT. Batsfird.
- HENIN, GRAS, R. y MONNIER, G., 1972: *El perfil cultural*. Madrid. Ed. Mundiprensa.
- MARQUES, M^a A., 1984: Resultados preliminares de las pérdidas de suelo en zona agrícola del Penedès. *Cuadernos de investigación geográfica*, tomo X, fasc. 1 y 2. Publ. del Col. Univ. de La Rioja, Logroño.
- MORGAN, R.P.C., 1979: *Soil erosion*. London. Longman Ed.
- PAGES, A., 1976: *Étude de la stabilité structurals des sols du Jura*. Paris-Grignon, Univer. Paris VI. Doc. difu. limit.
- REGUANT, S., 1967: *El Eoceno marino en Vic*. Madrid. *Bol. Ins. Geol. y Min de Esp.*, t. LXVIII, 350 p.
- REGUANT, S. BUSQUETS, P. y VILAPLANA, J.M., 1976: *Geología de la Plana de Vic*. Vic (Barcelona). Publ. Patron. d'estudis Auson.
- ZADOCKS, J.C., CHANG, T.T. i KONZAK, C.F., 1974: A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14: 415-421.

Recibido, 26 agosto 1987