

# ARROYADA SUPERFICIAL Y EROSION. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE REQUENA, VALENCIA\*

LA ROCA, N.; CABRELLES, J. L.; DUPRE, M.; FUMANAL, M. P.;  
QUILES, X.; TORREGROSSA, A. y VIÑALS, M. J.

Departamento de Geografía, Universidad de Valencia

---

## RESUMEN

En una estación experimental en Requena (interior de la provincia de Valencia) se ha analizado el comportamiento de la arroyada superficial como agente erosivo, durante 5 años, en laderas con diferentes condiciones ambientales (topografía, orientación, vegetación, acción antrópica -incendios-).

El comportamiento de la arroyada se deduce del estudio de las series pluviométricas y de los rasgos sedimentológicos de los materiales transportados y depositados en cajas Gerlach. Se ha estimado que el verano y principios del otoño son los periodos de máxima intensidad erosiva, posiblemente por ser los momentos en que con más frecuencia se produce una combinación de cantidad e intensidad de precipitación adecuadas junto con unas condiciones edáficas favorables.

La ladera mas afectada por la erosión por arroyada superficial es la orientada al S, de topografía muy irregular y abrupta y de muy lenta recuperación vegetal tras el incendio de 1980.

**Palabras clave:** laderas, arroyada superficial, erosión

## ABSTRACT

In Requena (Valencia) surface wash has been studied for five years in slopes affected by different environmental factors (topography, aspect, vegetal cover, man action -fires-). The results obtained from the analysis of rainfall and sedimentological characteristics of the material trapped in Gerlach troughs show that summer and early autumn present the highest erosion rates. South facing slopes present higher erosion rates due to their steep and irregular profile and slow vegetal recovery after fire in 1980.

**Key words:** slopes, surface wash, erosion

---

## INTRODUCCION

El estudio experimental de procesos de arroyada superficial en vertientes se inicia en Europa en los años 50, partiendo de las parcelas experimentales diseñadas por los agrónomos (SALA, 1983), y se generaliza en los 70. A España llega con veinte años de retraso. El primer trabajo que conocemos, (SALA, 1981), realizado en Catalunya, es presentado en la reunión de la Commission on Field Experiments in Geomorphology en Kyoto en agosto de 1980 y da lugar a posteriores publicaciones (SALA, 1983). De los contactos con esta geomorfóloga catalana surge la instalación de la estación experimental en Re-

quena en julio de 1982. Paralelamente se desarrolla en Valencia otro método de medición diseñado por A. Pérez Cueva y J. M. Bernabé Mestre, que es origen de una serie de publicaciones (PÉREZ CUEVA y SANROQUE, 1982; CALVO CASES y FUMANAL GARCIA, 1983; CALVO y LA ROCA, 1988). También por esta época se inician los trabajos experimentales en Granada y Murcia, cuyos resultados son presentados respectivamente por Francis, C. y un grupo encabezado por López Bermudez, F. y formado por

---

\*El presente artículo es una síntesis de un proyecto de investigación sobre erosión en laderas, patrocinado por el I. V. E. I. de la Generalitat Valenciana.

Romero Diaz, M. A., Ruiz-García, A., Fisher, G. C., Francis, C. Y Thornes, J. B., al I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología celebrado en Jaca en 1984, coincidiendo con los primeros resultados de Requena (LA ROCA, 1984) y un trabajo catalán en viñedos (MARCOS y ROCA, 1984). El grupo de Murcia ha seguido publicando regularmente sus resultados en revistas y congresos haciendo especial hincapié en algunos de los factores que condicionan la erosión, como son la cobertura vegetal, la producción de hojarasca o el control que ejerce la topografía. A partir de mediados de los 80 la experimentación, ya más generalizada entre los geomorfólogos españoles, muchos de los cuales trabajan bajo el asesoramiento directo de investigadores extranjeros, se está dirigiendo hacia el terreno de la infiltración y comportamiento de la escorrentía subsuperficial y hacia el estudio del comportamiento del suelo. En este contexto cabe citar otra estación experimental valenciana situada en la Sierra de Espadán (BERNAD *et al.*, en prensa).

El presente artículo pone el acento en la relación entre el tipo de precipitación, la cantidad de erosión y las características del sedimento arrastrado, en tres diferentes ambientes seminaturales.

## MARCO GEOGRAFICO

El terreno escogido para este estudio, se emplaza en el término municipal de Requena (Valencia), en el SW de la fosa tectónica de Chera, depresión de 650 m de altitud media, que corta transversalmente estructuras ibéricas entre las sierras de Juan Navarro (1.162 m) y del Tejo (1.252 m).

El área está ubicada en la cuenca alta del río Reatillo (Barranco García), que a su vez tributa al Turia por su margen derecha. Las coordenadas geográficas son: 1° 1' 18" W 39° 32' 9" N.

La estación está instalada sobre materiales terciarios burdigalienses de facies continental, alternándose estratos subhorizontales de 1 a 1,5 m de potencia de conglomerados, margas arcillosas rojas y algún nivel de areniscas.

Los procesos de erosión dominantes son los relacionados con la circulación del agua, que actúa desde el lavado de vertientes hasta llegar a formar un paisaje de profundos acarcavamientos de disposición dendrítica. La energía del relieve, (en tan solo 6 km de recorrido fluvial salva un desnivel de 360 m entre el glacis colgado y el nivel de base local -el Reatillo-), la coalescencia de surcos (*rills*) con formación de cárcavas, el desmoronamiento de los *pipes* y *tunnels* que surcan los campos de cultivo y los valles de fondo plano, contribuyen a la incisión y erosión remontante de la red de cárcavas a expensas del glacis cuaternario del Cerraco, situado en sus cabeceras.

La incisión lineal de la red fluvial deja en resalte los pe-

queños bancos de conglomerados formando cursos con perfil longitudinal en graderío. Estos escalones ofrecen escasa resistencia a la erosión a mediana escala, aunque sí son relevantes en el análisis microtopográfico, tanto de las laderas como de los cursos fluviales.

Además de la arroyada son frecuentes los movimientos de masa, que actúan fundamentalmente sobre los depósitos coluviales de la base de las laderas, y que se materializan en deslizamientos rotacionales de pequeña magnitud.

La vegetación potencial corresponde a una formación arbórea del *Rubio longifoliae-Quercetum rotundifoliae*, hoy degradado después de una acción antrópica milenaria, que se manifiesta en cultivos de secano (olivos, almendros, higueras y otros frutales), así como por repoblaciones con *Pinus halepensis*.

En octubre de 1980, la zona de estudio sufrió un incendio, y en la actualidad la recuperación de la vegetación se plasma en un matorral denso en las laderas expuestas al N y NW, mientras en las solanas no pasa de ser un matorral e incluso un pastizal claro y discontinuo.

Dentro del marco general de clima mediterráneo, el área de trabajo se caracteriza por su continentalidad, que se refleja en las frecuentes heladas y la elevada amplitud térmica diaria. El total medio anual de precipitaciones es de 442,2 mm con un máximo en otoño y otro menor en primavera. Según la clasificación de Thornthwaite, se trata de un clima D, S<sub>2</sub>, d, es decir, semiárido, con gran falta de agua en verano y pequeño o nulo exceso de agua anual. Por su eficacia térmica, C (cm) = 75,8, y el grado de concentración de la misma en verano = 50,62 %, queda clasificado como B'<sub>2</sub>b', es decir, mesotérmico, con un grado de concentración de la eficacia térmica en verano no excesivamente elevado.

## METODOLOGIA

La estación experimental la constituyen cuatro laderas de diversa orientación y topografía. Se han recogido los datos de arroyada mediante nueve cajas de tipo "Gerlach", adaptadas a la topografía de la ladera con cemento y silicona, con desagüe a bidones de 20 l de capacidad (a veces mayores). Estas cajas fueron situadas de la siguiente forma:

- Ladera A: orientación S. Cajas A4, A5, A6.
- Ladera B: orientación NW. Cajas B1, B2, B3.
- Ladera C<sub>1</sub>: orientación N. Cajas A1, A2.
- Ladera C<sub>2</sub>: orientación NW. Caja A3.

Se instaló asimismo, el 26 de septiembre de 1986, cerca de la cresta de la ladera A (Fig. 1), un pluviógrafo con tambor y cuerda de un mes de duración, y dos pluviómetros totalizadores.

La medición de una topografía detallada (1:500) (Figs. 2 y 3) se ha obtenido por levantamientos sobre el terreno. Este estudio se completó mediante la medición con pantómetro de vertientes (PITTY, 1968) de las secciones de cada una de las laderas.

Para el estudio de la vegetación se han efectuado inventarios botánicos en cada ladera y en distintos momentos del año, prestando una especial atención al grado de cobertura.

El estudio sedimentológico se ha basado en el trabajo de campo, analítica y tratamiento estadístico de los datos, y se ha llevado a cabo, tanto del sustrato y suelos, como del material erosionado. Los sedimentos atrapados en las cajas Gerlach fueron recogidos mensualmente. A ello se añadieron muestreos de referencia que consistieron en transectos a lo largo del perfil de las laderas y catas en profundidad para observar los cambios texturales y el tipo de suelos de la zona. Finalmente, se muestreó la roca madre para conocer hasta qué punto las muestras actuales heredaban características de los materiales originarios. Los procesos principales a que se han sometido las muestras (textura, calcimetría, materia orgánica, pH, etc.) son ya clásicos en el campo de la sedimentología (BRIGGS, 1977).

En cuanto a las precipitaciones, se han llevado acabados estudios. Por un lado el análisis de las series pluviométricas, con los datos de la estación meteorológica de Requena-Enológica, según el método de GUMBEL (1954-58); han sido sometidos a dicho tratamiento los totales de lluvias anuales, las máximas anuales en 24 horas, las máximas en 24 horas de cada estación del año y las máximas en periodos de dos a seis días. Las temperaturas máximas y mínimas medias y extremas mensuales han sido sometidas a un simple cálculo de frecuencias basado en las series existentes. De los resultados se deducen las amplitudes térmicas anuales y mensuales más frecuentes. Por otro lado, con el pluviógrafo se han registrado las intensidades minutarias de las precipitaciones en el recinto de experimentación durante un año y un mes. Los resultados de este registro han completado y confirmado la información ofrecida por la Estación Enológica.

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

### a) Morfología de las laderas

La forma de las laderas objeto de estudio, muestra las siguientes características:

La ladera orientada al NW ( $C_2$ ) con una pendiente general de 21, 5° o 40 %, una parte superior más suave y un pie convexo por remoción activa en la base, es recta en su perfil longitudinal y transversal; las únicas irregularidades del perfil son pequeños escalones causados por la alternancia de litologías que afloran en superficie. La caja

A3, instalada a 33 m de la cumbre, tiene un área de drenaje de 4, 34 m<sup>2</sup>, con una pendiente de 56, 66 % de superficie.

La ladera orientada a N ( $C_1$ ), presenta unas características de pendiente semejantes a la anterior, 20, 5° o 38 %, pero con una menor incisión basal y un perfil transversal cóncavo. En esta ladera están instaladas las cajas A1 y A2, a 39 m de la cumbre. La primera drena un área de 3, 25 m<sup>2</sup> con una pendiente del 46 %, y la segunda un área de 4, 75 m<sup>2</sup> con una pendiente del 50 %, (Cuadro 1).

La ladera orientada al NW (B) tiene forma rectilínea, tanto transversal como longitudinalmente. Su pendiente, la menor del conjunto, es de 17, 5° o 31, 6 %. A 35 m de la cumbre, están instaladas las cajas B1, B2 y B3, que drenan, por orden, superficies de 4, 10 m<sup>2</sup>, 3, 10 m<sup>2</sup> y 4, 20 m<sup>2</sup>, de 23%, 35% y 19% de pendiente respectivamente.

La ladera orientada a Sur se caracterizó por ser la más irregular de todas. La parte media superior, en la que están instaladas las cajas, se compone de un segmento; en la base, hay una disminución de la pendiente a causa de una acumulación de materiales en forma de cono. La pendiente media es de 24, 5° o 46%. Las cajas situadas en esta ladera son la A4, A5 y A6. La primera está situada a 28 m de la cumbre y las segunda y tercera a 40 m. Tienen respectivamente 4, 62 m<sup>2</sup>, 2, 84 m<sup>2</sup> y 3, 69 m<sup>2</sup> de superficie de drenaje y 62%, 54% y 44% de pendiente.

### b) Vegetación

Se ha podido comprobar que, después del incendio de 1980, la recuperación de la vegetación ha sido bastante rápida, principalmente a base de herbáceas, posteriormente sustituidas en su mayoría por leñosas (*Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Juniperus oxycedrus*, *Pistacia lentiscus*, *Erica multiflora*, etc.). Cinco años después del fuego, se observaba que la cobertura vegetal de las laderas orientadas al NW y al N ( $C_1$  y  $C_2$ ) había evolucionado favorablemente, mientras en la ladera A, expuesta al S, el crecimiento vegetal estaba dificultado por una fuerte evapotranspiración y una mayor pendiente.

No solamente la orientación, sino también la topografía, desempeñan una acción de primer orden en cuanto a la protección del suelo por la vegetación. Las laderas B y  $C_1$ , con una misma litología y orientación, presentan un grado de cobertura ligeramente distinto. La ladera B, de menor pendiente, muestra sin embargo un grado de cobertura inferior al de  $C_1$ , donde se aprecia una mayor proporción de herbáceas (*Brachypodium ramosum*, *Carex halleriana*, *Helictotrichon filifolium*, *Stipa offneri*, etc.), posiblemente debido a la mejor conservación de la humedad a causa de una forma más cóncava.

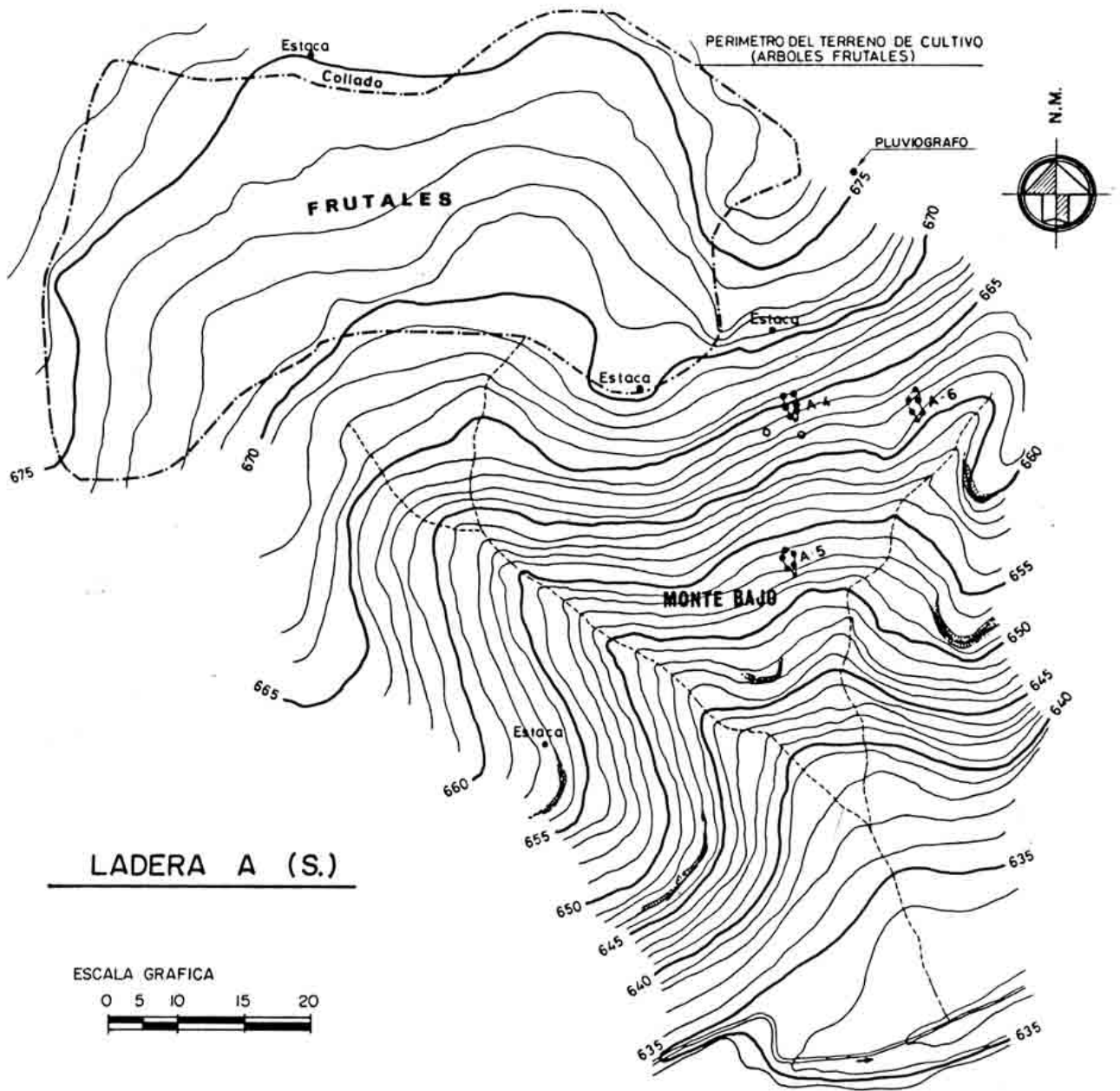
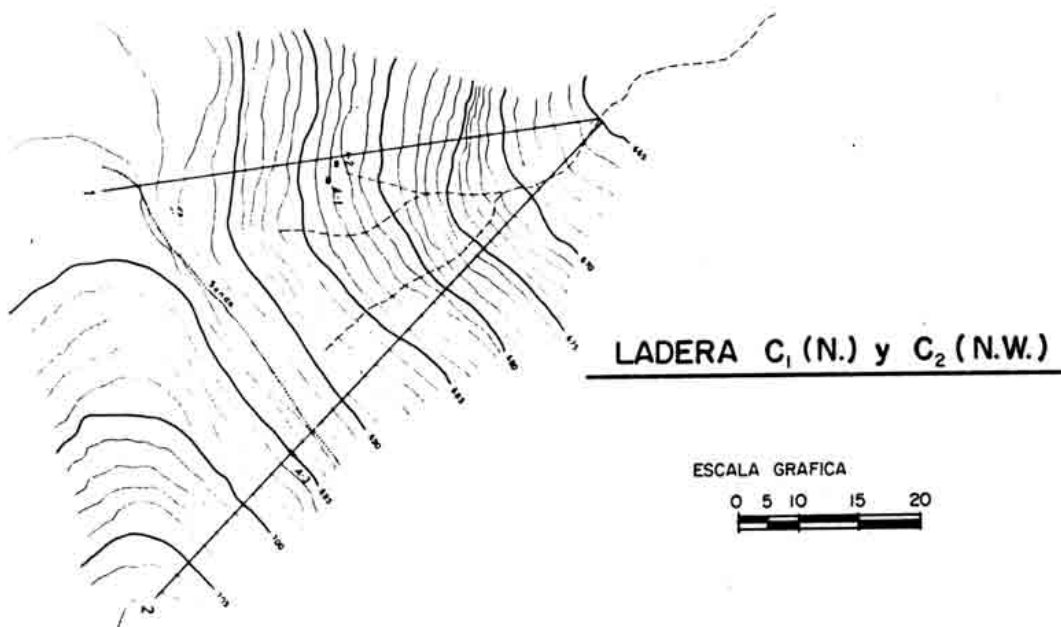
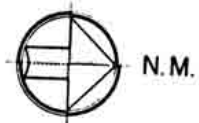
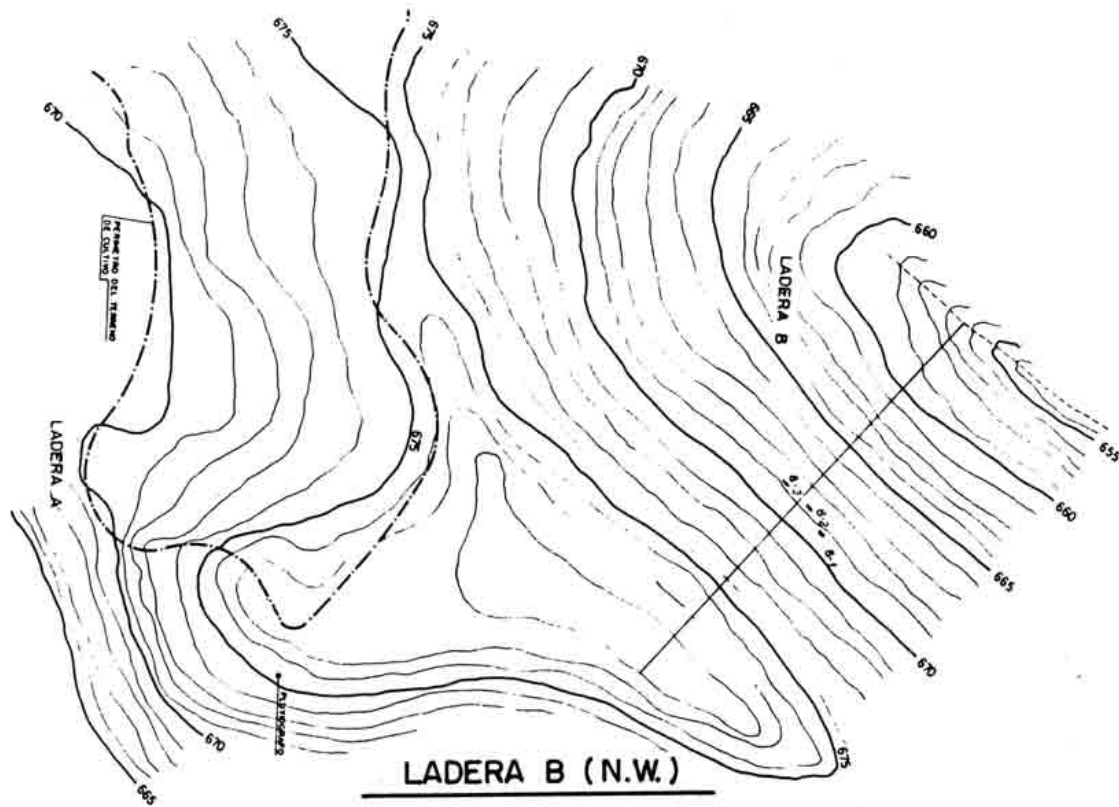


Fig. 1. Levantamiento topográfico de la ladera A



Figs. 2 y 3. Levantamiento topográfico de las laderas B y C



	Orient	Pendiente		Tipo de Vegetación	Porcentaje de cobertura	Litología	Tipos de suelo	Pérdida de suelo Tm/Ha/año	
		G	%					Caja	
LADERA A	S	24'5°	46%	Matorral empobrecido v herbáceas hemicriptófitas.	40%	Alternancia de estratos subhorizontales de conglomerados (1-1'5 m). Marcas arcillosas rojas v algún nivel de areniscas.	Rendzina órtica.	A4	A - 0'3667 a - 1'1908
								A5	A - 0'4993 a - 4'8363
								A6	A - 2'5484 a - 12'9483
LADERA B	NW	17'5°	32%	Leñosas v herbáceas en menor proporción que C2.	85%		Rendzina órtica.	B	A - 0'1941 a - 0'9750
LADERA C	N	20'5°	38%	C1 - Pino carrasco con matorral.	95%		Cambisol cálcico	A3	A - 0'0067 a - 0'0244
	NW	21'5°	40%	C2-Matorral con denso tapiz herbáceo.	95%			Al+A2 2	A - 0'0048 a - 0'0208

B=media de las cajas B1, B2 y B3

Cuadro 1. Características de las laderas A, B y C.

### c) Sedimentología

El estudio sedimentológico de la roca madre permite deducir que ésta se formó en un medio fluvial, rasgo que se reconocerá sistemáticamente en las muestras recogidas a lo largo de todo el periodo en la estación experimental (Fig. 4).

La catena de muestras obtenida en la ladera NW (B), refleja un cambio progresivo en la textura del sedimento que se va diferenciando de la roca madre a medida que se aproxima al valle. En general, el transporte de este sedimento ha obedecido a una movilización en arroyadas difusas de poca competencia, que han actuado en varias fases, en las que se va seleccionando el tamaño de partícula cuyo valor medio se inscribe en el rango limo.

Las catas en profundidad revelan un desarrollo edáfico discreto, que se manifiesta en suelos de tipo rendzinas órticas, cambisoles cálcicos (Figs. 5 y 6) y luvisoles cálcicos (BOLUDA, 1988). Las rendzinas son las menos evolucionadas y presentan un perfil AC. Las encontramos en las laderas de mayor pendiente. Los cambisoles, con un perfil tipo ABwC, presentan ya un horizonte cámbico, con un contenido en carbonatos similar en todos los horizontes; en ocasiones tienen un carácter policíclico debido a la alternancia de periodos de erosión y red deposición que ocasionarían recarbonataciones secundarias en algunos horizontes del perfil. Finalmente, los luvisoles son los suelos más evolucionados que aparecen, caracterizándose por poseer un horizonte fluvial. Algunos de

ellos tienen además un horizonte cálcico (Luvisol cálcico).

### d) Climatología

Del análisis de las series pluviométricas de la estación meteorológica Requena-Enológica, llevado a cabo según el método de Thornthwaite, se deduce que durante los tres meses de verano no existen reservas de agua en el suelo; todo lo que precipita se evapora y la ETR queda muy por debajo de la potencial. El pico de precipitaciones de finales del verano se produce, por tanto, sobre un suelo muy seco.

La precipitación total anual media y la más frecuente (26 % de los 34 años analizados) es de aproximadamente 400-450 mm. El recorrido de los totales anuales es muy elevado, de 593,7 mm, y el coeficiente de irregularidad 3,63, lo que da idea de la gran oscilación interanual de estas precipitaciones.

De la aplicación del método de GUMBEL (1954, 1958) a las citadas series, se desprende que las máximas en 24 h anuales tienen lugar principalmente en otoño, concretamente en octubre (el 23 % de los años analizados). De hecho, las máximas en 24 h de 100 mm (la mayor registrada hasta la fecha es de 121,5 mm), que tienen un periodo de recurrencia relativamente bajo: 11,2 años y que casi siempre forman parte de periodos de precipitación continua de 2 a 6 días de duración, siempre se han

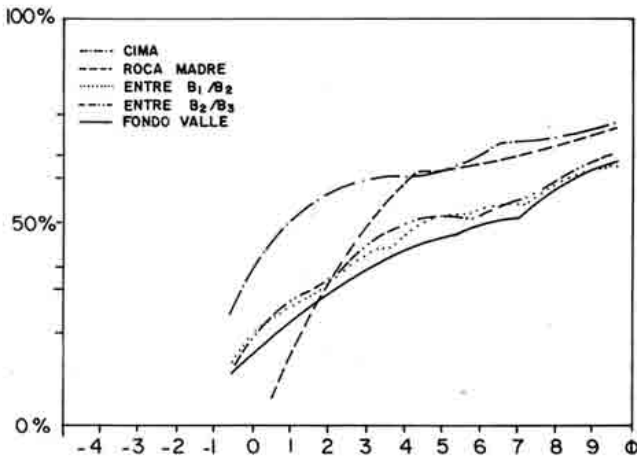


Fig. 4. Curvas texturales de las muestras de referencia de la ladera B

producido en esta estación. El segundo y tercer lugar en importancia, por albergar las máximas en 24 h anuales, lo ocupan agosto (el 15% de los años analizados) y septiembre (13%); así pues, la estación más seca, el verano, es la segunda en importancia por sus máximas en 24 h (con poca diferencia con el invierno) (Fig. 7). Las características de estas precipitaciones son diferentes a las de las lluvias otoñales; se trata de descargas aisladas, no incluidas en tandas de varios días de duración, a veces en forma de granizo, de tipo convectivo y de carácter tormentoso y local. Por lo que se refiere a las  $I_{30}$  (intensidades en 30 minutos), registradas con el pluviógrafo de la estación experimental, en el año y mes de observaciones el verano ha sido también la segunda estación en importancia. En invierno, como en otoño, las máximas en 24 h, que a menudo se producen en forma de nieve (10 veces de 37), suelen estar incluidas en una serie de días de precipitación

continua. El pico secundario de primavera se compone predominantemente por lluvias bien repartidas en tandas, de varios días de duración; las máximas en 24 h son menores a las registradas en las restantes estaciones. En la serie del pluviógrafo se observan  $I_{30}$  importantes a finales del invierno, semejantes a las del otoño anterior (Cuadro 2).

Las amplitudes térmicas anuales, entre las máximas medias (30-32°) y las mínimas medias (-1-2°) más frecuentes, se sitúan en torno a los 30° y las mensuales en torno a los 15°, pudiendo alcanzarse fácilmente valores mensuales de 26°.

La helada puede ocurrir en los meses de octubre a abril, actuando con seguridad en diciembre, enero, febrero y marzo.

## RESULTADOS

Hay que señalar que en las laderas C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> desde 1985 no se recogieron sedimentos en cantidades suficientes como para ser analizados. Por tanto, los únicos datos procesados a partir de esa fecha provienen de las laderas A y B de orientación opuesta.

Se ha dividido la intensidad de la erosión en cinco grados:

**Alta:** Cuando en todas las cajas se recoge más de 1,5 g/m<sup>2</sup> y en alguna se llega a la decena e incluso centena de g/m<sup>2</sup>.

**Media:** Cuando varias cajas superan 1g/m<sup>2</sup> sin alcanzar ninguna los 5 g/m<sup>2</sup>.

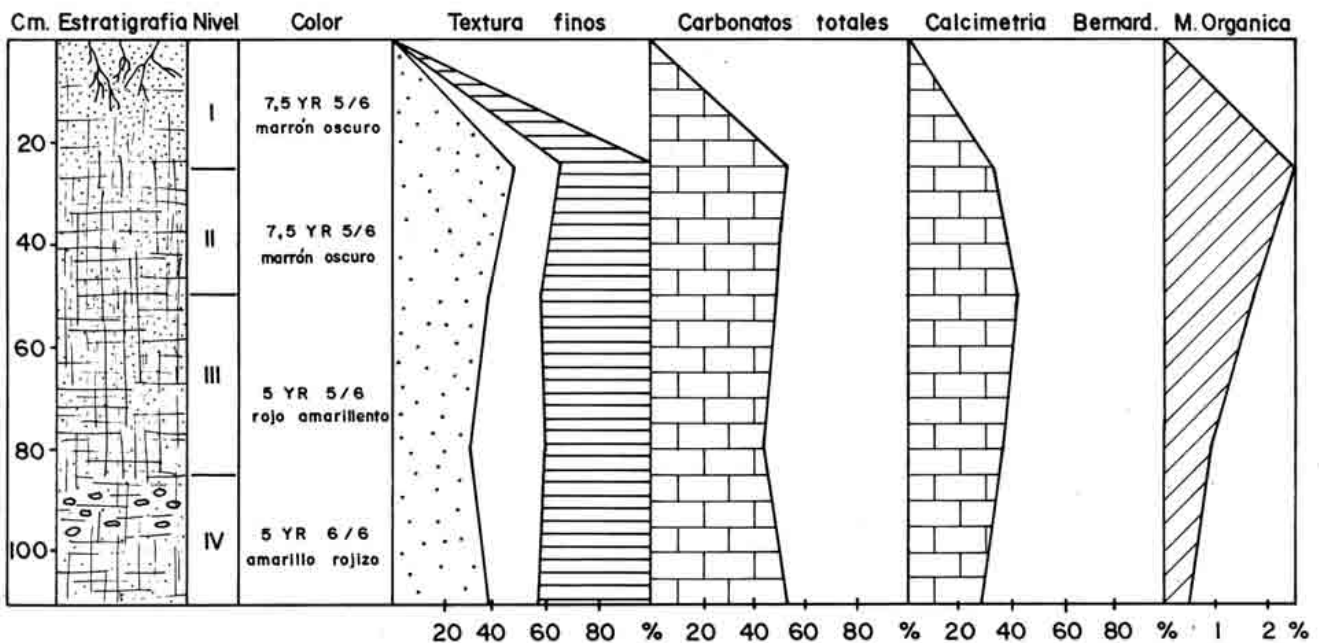


Fig. 5. Perfil edáfico de la ladera A

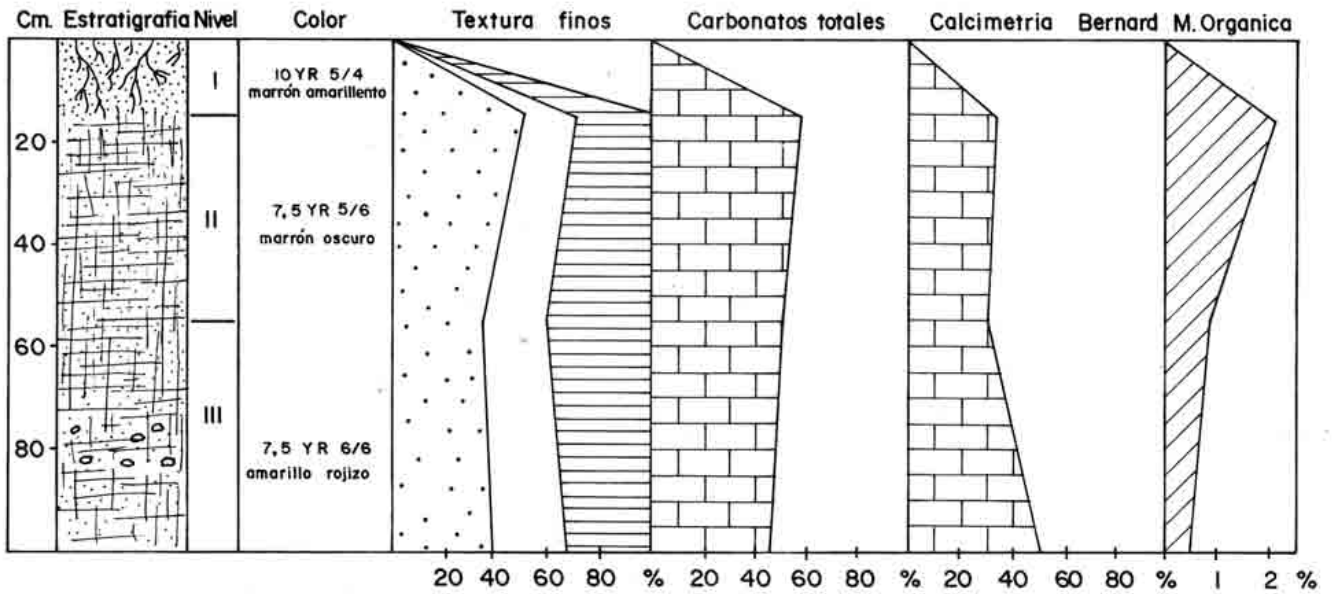


Fig. 6. Perfil edáfico de la ladera C

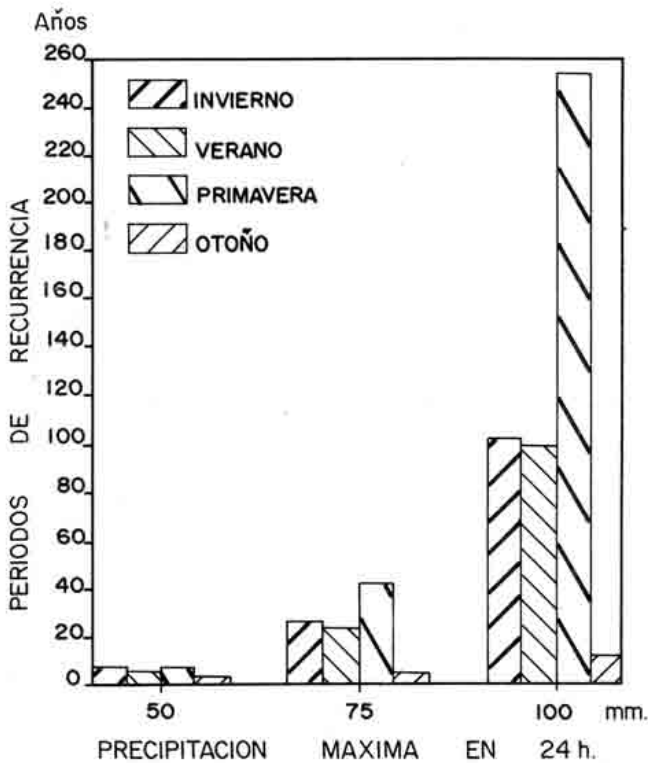


Fig. 7. Periodos de recurrencia en años de las precipitaciones máximas en 24 h. por estaciones

Media-Baja: Cuando alguna caja supera el  $g/m^2$  pero nunca la mayoría de ellas.

Baja: Cuando en ningún punto se alcanza  $0,5 g/m^2$  y en varias cajas no se llega al  $0,1 g/m^2$ .

### Comportamiento de la erosión a lo largo del año

Los resultados permiten establecer los siguientes periodos de comportamiento:

- Periodo A: Comprende los meses de marzo, abril, mayo y junio de 1986. Nulo transporte de sedimentos.

- Periodo B: Comprende los meses de noviembre y diciembre de 1986 y enero y febrero de 1987. Recogida mínima de sedimentos y estimación de energía irregular en el transporte según los meses.

- Periodo C: Comprende los meses de agosto, septiembre y octubre de 1986 y 1987. Máxima recogida de sedimentos en las cajas. La energía del medio de transporte, deducida del análisis sedimentológico, no siempre es alta, sino que es frecuente, que una elevada  $I_{30}$  (intensidad de precipitación en 30 minutos) no movilice preferentemente partículas gruesas (Figs. 8 y 9).

La mayor parte de la erosión anual tiene lugar en verano y otoño, especialmente a principios de éste. La mayor recogida de sedimentos no muestra una buena correlación con la cantidad de precipitaciones, y tampoco con su intensidad  $I_{30}$ , aunque durante el verano se pueden producir, con precipitaciones mensuales en torno a 40-50 mm, tasas superiores a las obtenidas en precipitaciones



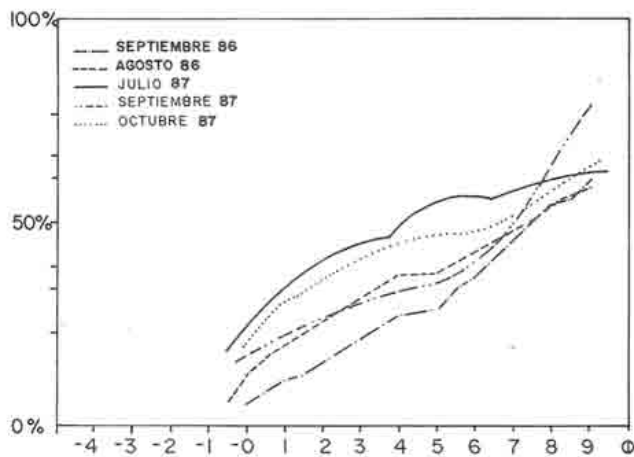


Fig. 8. Curvas texturales del sedimento recogido en la caja B1 en 1986/87

tres o cuatro veces más cuantiosas pero de intensidades 30 que no alcanzan los 10 mm y rara vez rebasan los 5 mm (Cuadros 3 y 4). Cuando a las altas cantidades de precipitación se unen frecuentes  $I_{30}$  (3-4 mayores de 10 e incluso de 20 mm) la erosión es máxima.

La máxima erosión anual tiene lugar, por tanto, en el otoño, siempre que las tandas máximas de lluvia incluyan  $I_{30}$  máximas; si no es así, la máxima erosión tiene lugar durante el verano, que es cuando a las altas intensidades horarias se suman unas condiciones edáficas favorables a la erosión. En verano el suelo seco está más endurecido y compactado; en la estación húmeda se esponja favoreciendo la infiltración (no se han realizado mediciones de infiltración en las distintas estaciones). (ver DISCUSION).

En el grupo de erosión media se han incluido dos periodos invernales, que se caracterizan por la importancia de las precipitaciones totales registradas (64, 3 y 92, 2 mm). El resultado es una erosión considerablemente más baja que en verano, aunque las precipitaciones sean un 50% e incluso un 100% más elevadas. El sedimento se transporta en un medio de baja energía. Esto debe tener una causa diferente a la expuesta para el verano, puede deberse a la mayor capacidad de infiltración del suelo.

Este grupo de alta erosión se adapta al modelo de distribución de las precipitaciones máximas en 24 h.

Si comparamos con el modelo de distribución de las precipitaciones máximas en 24 h y tandas máximas, este periodo de erosión media coincide con el pico secundario de invierno, centrado en febrero.

El grupo de erosión baja correspondería a los momentos de cambio de estación (salvo verano/otoño) y a la primavera. Se relacionan con precipitaciones totales bajas y probablemente de poca intensidad.

El grupo de erosión mínima coincide con precipitaciones mínimas, todas por debajo de los 20 mm y de  $I_{30}$

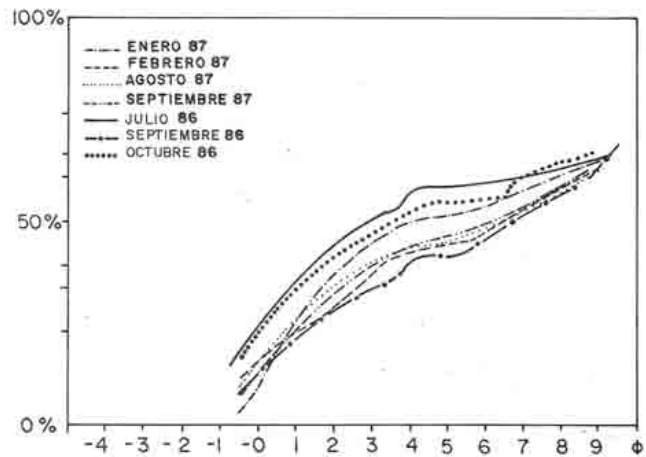


Fig. 9. Curvas texturales del sedimento recogido en la caja A4 en 1986/87

mínimas (inferiores a los 5 mm).

### Comportamiento de la erosión en distintos ambientes (1982-87)

De la comparación entre los distintos ambientes se ha obtenido los siguientes resultados respecto al grado de erosión.

En la ladera cubierta por bosque y sotobosque bien desarrollado,  $C_2$ , en condiciones biológicas y edáficas favorables, la tasa de erosión se ha mantenido constante y a unos niveles mínimos, del orden de las centésimas o milésimas de  $tm/ha/año$  a lo largo de los años de observación.

Las demás laderas, quemadas en octubre de 1980, no han presentado tasas constantes en este tiempo. Durante los años que siguieron al fuego, y más especialmente el primero, la falta de cobertura vegetal provocó una remoción de la capa superficial que actuó frenando el crecimiento de la vegetación por la pérdida de nutrientes y de materia orgánica.

Cuando se empezó este trabajo, dos años después del incendio, todavía se registraban en la ladera  $C_1$  tasas del orden de las décimas de  $tm/ha/año$ , que fueron descendiendo progresivamente hasta estabilizarse a principios de 1984, en un orden de magnitud de centésimas o milésimas de  $tm/ha/año$ , que se puede considerar como erosión nula.

La evolución de la tasa es paralela a la recuperación de la vegetación, que es más rápida los tres primeros años posteriores al incendio. Luego, se estabiliza y desde 1985 es prácticamente la misma. Las herbáceas, las primeras en reaparecer abundantemente después del fuego (sobre todo las anuales), son sustituidas por leñosas, de más larga vida y más tolerantes a condiciones excepcionales.

Por tanto, en cuatro años, aún sin bosque, la protec-

				I 30						
Rollo	Total		Total	Period. (tanda) [días]	1-3	3-5	5-10	10-20	> 20	
R1	128,8	SEP. 86	incompl.	21,6 (6) [2]	1,1; 2,2; 2,0					
		OCT. 86	118,7	58,6 (3) [2] 48,6 (11) [8]	1,2; 1,4; 2,7	4,4 3,6; 4,0	5,0 4,9; 8,6			
R2	17,0	OCT. 86	1,7							
		NOV. 86	15,35	11,85 (7) [5] 3,5 (3) [2]	1,9					
R3	6,2	NOV. 86	1,8							
		DIC. 86	4,4		0,9					
R4	64,3	DIC. 86	2,05		1,5					
		ENE. 87	62,25	16,6 (1) [2] 22,7 (3) [3] 22,95 (2) [2]	1,9 2,5; 1,8 2,5					
R5	92,15	ENE. 87	43,95	41,95 (3) [4]			9,6			
		FEB. 87	48,2	20,7 (6) [4] 8,0 (2) [2] 19,5 (4) [2]	1,6 1,8 1,4	3,55	7,5			
R6	15,65	FEB. 87	15,65	15,65 (1) [1]			6(14-1,5h)			
		MAR. 87	0							
R7	12,05	MAR. 87	0							
		ABR. 87	12,05	12,05 (4) [4]	2,2					
R8	12,2	ABR. 87	12,20	12,20 (5) [3]	2,2 (en 5')	4,0				
		MAY. 87	0							
R9	23,15	MAY. 87	23,15	16,15 (3) [1] 1,95 (2) [1]	1,9; 2,7 1,25	4,0 4,1				
		JUN. 87	0							
R10	0,9	JUN. 87	0							
		JUL. 87	0,9							
R11	48,15	JUL. 87	48,0	29,6 (1) [1] 17,9 (2) [2]	1,0			13,8 16,9		
		AGO. 87	0,5							
R12	43,7	AGO. 87	3,9	3,45 (2) [2]	1,8					
		SEP. 87	39,8	11,0 (1 hora) 13,6 (1 hora) 14,9 (30')				10,0 12,6 (10,6-10') 14,8 (11,2-15')		
R13	193,7	SEP. 87	40,6	93,65 (11) [7]				9,6 (3,6-10')	28,4 (19,8-10')	
		OCT. 87	113,3	28,65 (3) [2] 22,9 (3) [4] 8,2 (2) [1]	1,5	3,2 3,4	8,4; 8,2	11,5 13,1		
							7,5 (5,3-10')			

Cuadro 2. Datos del pluviógrafo: total de precipitación por periodo de recogida, en tandas y precipitaciones aisladas, y respectivas I30

PERIODO: 14 julio 87 - 15 agosto 87

CUADRO - 3

PRECIPITACION TOTAL: 48'15 mm

	Gramos	gr/m <sup>2</sup> <sup>1</sup> (a)	gr/m <sup>2</sup> <sup>2</sup> (A)	Litros <sup>3</sup>	Energía <sup>4</sup>	% arena	% limo	% arcilla	Pendiente <sup>5</sup>	I <sub>30</sub> <sup>5</sup>	Precip. max.24 h. <sup>5</sup>	Periodo <sup>5</sup>	H	Observaciones
LADERA A	A <sub>4</sub>	42'6	9'22	2'84	6'5	B	34'26	29'84	35'9	31°55'	13'8	29'6		A <sub>3</sub> <sup>f</sup> Todo pinocha. A <sub>6</sub> -- Posiblemente ha desbordado.
										16'9	1	17'9		
											16'9	0'5		
A <sub>5</sub>	496'92	174'97	18'06	22'9	B	32'15	29'77	38'08	28°24'					
A <sub>6</sub>	1132'97	307'04	60'425	21'1	B	37'93	28'26	33'82	23°53'					
LADERA B	B <sub>1</sub>	222'46	54'26	10'852	26'4	A	20'35	29'84	49'61	13°8'				
	B <sub>2</sub>	67'05	21'63	3'483	19'9	B				19°17'				
	B <sub>3</sub>	235'22	56'00	12'219	23'6	A	29'54	23'37	47'1	10°45'				
LADERA C	A <sub>1</sub>	3'65	1'12	0'235	5'6					24°42'				
	A <sub>2</sub>	1'21	0'25	0'074	5'15					26°33'				
	A <sub>3</sub>	6'21 <sup>f</sup>	1'43	0'382	7'50					29°32'				

PERIODO: 26 septiembre 86 - 24 Octubre 86

CUADRO - 4

PRECIPITACION TOTAL: 128'8 mm

	Gramos	gr/m <sup>2</sup> <sup>1</sup> (a)	gr/m <sup>2</sup> <sup>2</sup> (A)	Litros <sup>3</sup>	Energía <sup>4</sup>	% arena	% limo	% arcilla	Pendiente <sup>5</sup>	I <sub>30</sub> <sup>5</sup>	Precip. max.24 h. <sup>5</sup>	Periodo <sup>5</sup>	H	Observaciones
LADERA A	A <sub>4</sub>	23'79	5'15	1'586	10'2	A	56'19	22'19	21'62	31°55'	1'1 2'2 2'0	10'1		
										4'4	11'5	21'6		
										4'0 3'6 5'0 1'2 1'4 2'7 4'9	7'1 43'8 7'7	58'6		
A <sub>5</sub>	143'14	50'4	5'205	10'150	B	33'24	20'72	46'04	28°24'					
A <sub>6</sub>	233'84	63'37	12'471	10'2	B	32'07	23'33	44'60	23°53'					
										8'6	0'1 0'2 19'9 2 16 3'6 1'2 5'6	48'6		
LADERA B	B <sub>1</sub>	12'21	2'94	0'596	8'65	A	29'36	23'07	47'56	13°8'				
	B <sub>2</sub>	4'77	1'54	0'248	7'7					19°17'				
	B <sub>3</sub>	23'53	5'60	1'222	9'8	A	41'17	22'38	36'46	10°45'				
LADERA C	A <sub>1</sub>	0'12	0'04	0'06	4'53					24°42'				
	A <sub>2</sub>	0'17	0'04	0'01	3'457					26°33'				
	A <sub>3</sub>	0'49	0'11	0'03	5'4					29°32'				

1. (a): Area menor. Calculada por observación de la microtopografía sobre el terreno.
2. (A): Area mayor. Calculada a partir del rectángulo que forman la longitud de la boca de la caja (0.5 m) y la distancia a la cima.
3. Litros/0.5 m (longitud de la boca de la caja).
4. Energía: régimen de transporte de los sedimentos en función del calibre de la carga. A: elevada. B: baja.
5. I<sub>30</sub>, precipitación máxima en 24 h y periodo en mm.

Cuadros 3 y 4: Fichas de trabajo. Ejemplos de verano y otoño.

ción del matorral regenerado es prácticamente igual al de las zonas boscosas. Sin embargo, hay otros factores que influyen en la recuperación de la protección vegetal, como son: el tipo de suelo, litología, pendiente y forma de la ladera.

Aún teniendo una orientación NW semejante y una menor pendiente, en la ladera B se registran tasas algo más elevadas, del orden de las décimas de  $\text{tm/ha/año}$  en el periodo en que la ladera  $C_1$  ya está estabilizada. La vegetación en la ladera B es predominantemente leñosa, el estrato arbóreo inexistente, y las herbáceas no llegan a formar un manto denso, lo cual parece relacionado sobre todo con la topografía y la orientación, que permite una menor concentración y conservación de la humedad que la topografía cóncava y la orientación N de la ladera  $C_1$ . Las herbáceas, con sus abundantes raíces, parecen proteger mejor el suelo que las leñosas.

Por último, la ladera orientada a S es la que registra con diferencia las tasas más elevadas, alcanzándose las unidades de  $\text{tm/ha/año}$  e, incluso, las decenas, dependiendo de la distancia de la caja Gerlach a la cumbre. A partir de 1986, esta tasa ha disminuido sin que se haya puesto de relieve un factor determinante decisivo y siendo demasiado corto el periodo de observación para saber si esto significa o no una tendencia que pudiera generalizarse. En esta ladera, la vegetación no consigue recuperarse, tal vez a causa de la exposición S y de la mayor pendiente, que influirá directamente en el estado del suelo y de la escorrentía.

## DISCUSION

Hay un aspecto interesante, relacionado con el estado del suelo, que se repite claramente en los periodos veraniegos. En la mayoría de los casos, el análisis textural de los sedimentos arrastrados y recogidos en las cajas reflejan las características de transporte de un medio de baja energía, poco selectivo, como correspondería, por ejemplo, a una colada de barro. Esto hace pensar en un flujo denso, muy cargado de sedimentos que ha supuesto un intenso arranque de partículas previo.

Para explicar esta erosión veraniega, se deben considerar dos cuestiones:

a) Por un lado, la necesidad de una máxima eficacia erosiva de las precipitaciones, comparativamente escasas, lo que implica una mínima infiltración. Este factor podría explicarse por la "hidrofobia" que, según LE HOUEROU (1987), caracteriza a los suelos mediterráneos en esta estación.

b) Por otra parte, la falta de selección textural se justificaría por un determinado comportamiento del suelo. Esto podría explicarse por la licuefacción de la capa superior del suelo. SAVAT y DE PLOEY (1982, pp. 117-118)

a partir de ensayos en el laboratorio concluyen: "La licuefacción de la parte superior del suelo es un prerrequisito para el desarrollo de múltiples surcos (*rills*) someros, temporales, que aparecen durante la arroyada en manto. La parte o capa superior del suelo (*topsoil*) puede ser saturada de agua, temporal o permanentemente, debido a: a) su baja permeabilidad y capacidad de infiltración, b) altas intensidades de lluvia, c) la presencia de horizontes bastante impermeables en el subsuelo. El impacto de la gota de lluvia sobre una superficie de suelo saturada causa presiones de agua en los poros  $p_w$  cada vez más positivas y licuefacción, en material no cohesivo, donde la resistencia al corte se hace igual a cero. . . La arroyada en manto es menos intensa cuando no se da una completa licuefacción de la parte superior del suelo. Una parte superior del suelo no saturada, por lo general será más o menos cohesiva, con una cohesión aparente  $c'$  determinada por las fuerzas capilares. Las fuerzas cohesivas, en este caso, se oponen a las fuerzas de empuje (arranque de partículas)".

La arroyada concentrada va dejando surcos (*rills*) y abarrancamientos en los que la vegetación no consigue desarrollarse y donde la velocidad del flujo no permite una infiltración del agua en el suelo como para promover una adecuada regeneración vegetal.

## CONCLUSIONES

La conservación de la humedad en la ladera, consecuencia fundamentalmente de la orientación, la forma, la pendiente y el tipo de suelo, facilita el desarrollo del manto vegetal y un estado más esponjoso del suelo que favorece la infiltración. De ahí que la máxima erosión tenga lugar durante el verano o inmediatamente después de él y en la ladera S frente a la N.

La erosión por arroyada superficial es mínima y constante, del orden de las centésimas o milésimas de  $\text{Tm/Ha/año}$ , en las laderas con vegetación natural de bosque y sotobosque, no afectada por el incendio.

La ladera orientada a N, de topografía cóncava, que retiene mejor la humedad, recupera en cuatro años tras el incendio una protección vegetal total - de leñosas, herbáceas e incluso musgos - y una tasa mínima constante de erosión. La ladera NW, menos húmeda debido a su forma más recta, registra tasas más elevadas.

La mayor erosión se registra en la ladera S, la más seca con diferencia, debido a la mayor insolación, la pendiente algo mayor (24,5° frente a los 20,5 de la N o los 17,5 de la NW) y la forma más recta; aunque la tasa muestra tendencia a oscilar cada vez en torno a valores más bajos. La vegetación se recupera en las zonas más estables de la ladera surcada de *rills* y pequeñas cárcavas, sin que se consiga la recuperación de un manto continuo.

No es aconsejable pronunciarse de forma conclusiva sobre la relación existente entre precipitación y erosión, dada la cortedad del periodo de observación (1 año y un mes).

## REFERENCIAS

- BERNAD, M. ; CALVO, A. ; DIAGO, D. ; ESTEMS, F. y RECATALA, T. M. : "Algunos aspectos del comportamiento hidrológico de los suelos forestales de la sierra de Espadán", *I Congrés d'Història de la Plana*, en prensa.
- BOLUDA, R. (1988): *Estudio de los suelos de la comarca de La Plana de Requena-Utiel (Valencia)*. Tesis Doctoral inédita, Dpto. de Biología Vegetal, Universidad de Valencia.
- BRIGGS, D (1977): *Sediments*. Butterworths. London, 190 pp.
- CALVO, A. y FUMANAL, M. P. (1983): "Repercusiones geomorfológicas de las lluvias torrenciales de octubre de 1982 en la cuenca media del río Júcar", *Cuadernos de Geografía*, nº 32-33, pp. 101-120.
- CALVO, A. y LA ROCA, N. (1988): "Slope Form and Slope Erosion on Calcareous Slopes (Serra Grossa, Valencia)". En: Imeson, A. C. y Sala, M. (Ed.): *Geomorphic Processes, In Environments With Strong Seasonal Contrasts, Vol I: Hillslope Processes*, Catena Supplement 12, pp. 95-102.
- FRANCIS, C. (1984): "Hydrological investigations of soils in relation to gully head development in South East Spain", *I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología*, T. X, fasc. 1-2, Logroño, pp. 55-63.
- GUMBEL, E. J. (1954): *Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications*. U. S. Nat. Bureau of Standards. App. Maths. Series 33.
- GUMBEL, E. J. (1958): *Statistics of Extreme*. Columbia University Press, New York.
- LA ROCA, N. (1984): "La erosión por arroyada en una estación experimental". *Cuadernos de Investigación*, X (1-2), Logroño, pp. 85-95.
- LEHOUEIROU, H. N. (1987): "Ecological guidelines to control land degradation in european mediterranean countries". Workshop: *Estrategias de lucha contra la desertificación en la Europa meridional*, Valencia, 7-9 julio 1987.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. ; ROMERO-DIAZ, M. A. ; RUIZ GARCIA, A. ; FISHER, G. C. ; FRANCIS, C. y THORNES, J. B. (1983): "Erosión y ecología en la España semiárida (cuenca de Mula, Murcia)". *I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología*, T. X, fasc. 1-2, Logroño, pp. 113-126.
- MARQUES, M. A. y ROCA, J. (1984): "Resultados preliminares de las pérdidas de suelo en zona agrícola del Penedés (Cataluña, España)". *I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología*, T. X, fasc. 1-2, Logroño, pp. 149-157.
- PEREZ CUEVA, A. J. y SANROQUE, P. (1982): Erosión acelerada en vertientes incendiadas. En: Pérez Cueva, A. J. (ed) *Erosión acelerada antrópica*. Inst. Geogr. Alfonso el Magnánimo, València, 110 ff. mec.
- PITTY, A. F. (1968): "A simple device for the field measurement of hillslopes", *J. Geol.*, 76, pp. 717-720.
- SALA, M. (1981): "Geomorphic Processes in a Small Mediterranean Drainage Basin (Catalan Ranges)", *Proceedings of the third meeting of IGU Commission on Field Experiments in Geomorphology*, Kyoto, Japan, 1980, pp. 81-93.
- SALA, M. (1983): "Los experimentos de campo en Geomorfología" *VII Coloquio de Geógrafos Españoles*, Barcelona, septoct. 1983, A. G. E., pp. 57-64.
- SALA, M. (1983): "Fluvial and slope processes in the Fuirosos Basin, Catalan Ranges, NE Iberian Coast", *Z. Geomorph. N. F.*, 27 (4), pp. 393-411.
- SAVAT, J. y DE PLOEY (1982): "Sheetwash and rill development by surface flow". En: Bryan, R. y Yair, A. (ed.) *Badland, Geomorphology and piping*. Geo Books (Geo abstracts Ltd.), pp. 113-127.