

EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA (CUENCA DE MULA, MURCIA)

F. López-Bermúdez*
M.A. Romero-Díaz*
A. Ruiz-García*
G.C. Fisher**
C. Francis**
J.B. Thornes**

RESUMEN

En los últimos años, la investigación sobre fenómenos erosivos en medios semiáridos se ha centrado en los controles de la escorrentía y en la producción de sedimentos sobre las vertientes. El factor clave en estos controles es la vegetación. En la presente investigación se intenta establecer relaciones entre la cobertura vegetal y los procesos erosivos a través de sus efectos de interceptación, producción de hojarasca y su acumulación en el suelo, y otros efectos hidrológicos. Para ello, llevamos a cabo un experimento en el campo, cuenca neógena de Mula a unos 30 km. de Murcia, en donde hemos observado y cuantificado la humedad del suelo, producción de derrubios vegetales (hojarasca), escorrentía y producción de sedimentos, especialmente tras las lluvias. La experiencia se halla diseñada para relacionar en el espacio y en el tiempo las variaciones de los principales parámetros y proporcionar un modelo teórico sobre erosión en laderas. Se presentan los resultados preliminares para curvas de infiltración, las cuales muestran de modo muy claro la distinción entre el substrato margoso superficial y en profundidad, las margas cubiertas de derrubios y las margas cubiertas por vegetación. Las primeras observaciones sobre la producción de sedimentos realizadas tras dos tormentas, nos suministran hasta ahora escasa información para diseñar un modelo standard, por lo que continuamos las observaciones considerando cuidadosamente la cubierta vegetal.

* Departamento de Geografía. Universidad de Murcia.

** University of London.

SUMMARY
EROSION AND ECOLOGY IN SEMI-ARID SPAIN
(BASIN OF MULA, MURCIA)

In recent years the investigation of soil erosion in semiarid environments has concentrated on the controls on runoff and sediment production on hillslopes. A key factor in these controls is vegetation. In this research project we seek to establish the relationships between vegetation cover and erosional processes through the effects of interception, litter production and ground cover and other hydrological effects. We have established an experimental plot on marls about 30 km. from Murcia and soil moisture, litter production, runoff and sediment yield are being regularly monitored and observed after temporal variations in the main parameters and to provide inputs to a theoretical model of erosion on the slope. Preliminary results are presented for infiltration curves and these show a very clear destruction between unweathered marls, weathered marls, stone-covered marls and vegetated marls. The first observations of sediment yields, for only two storms, have a poor relation to standard models and indicate the need for a more careful consideration of the vegetation cover.

Objetivos

Es conocida la fragilidad y vulnerabilidad de los dominios semiáridos, la escasez de lluvias junto a las elevadas temperaturas, ha originado un entorno muy frágil caracterizado ante todo por la debilidad de la cubierta vegetal y la erosionabilidad de los suelos. En el área mediterránea española, la alteración de los precarios equilibrios morfodinámicos, por una compleja interacción de factores físicos y hechos humanos, ha conducido a una pérdida del potencial biológico en los suelos de amplias áreas del territorio.

Desde una perspectiva geomorfológica y ecológica, es poco lo que se conoce todavía sobre los procesos de erosión actuales en medio semiárido mediterráneo, si bien la recogida y evaluación de datos sobre el valor de los procesos de erosión en diferentes medios geográficos, mediante el uso de técnicas e instrumentos más o menos complejos, es una línea de investigación que, desde los años sesenta, vienen desarrollando particularmente los geomorfólogos anglosajones. En España, algunas experiencias de I.C.O.-N.A. en Andalucía y las que llevan a cabo determinados Departamentos universitarios de Barcelona, Granada, La Rioja, Murcia..., se inscriben también en estas preocupaciones.

Nuestra aportación tiene como objetivo esencial, a más largo plazo, diseñar un modelo sobre procesos de erosión actuales en medio semiárido mediterráneo extremado, tomando como base una parcela de observación, así como el análisis ordenado de todos aquellos parámetros que intervienen en tan complejos mecanismos. Como objetivos concretos se intentan encon-

EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA

trar rasgos geomorfológicos y botánicos generalizables, a la vez que establecer relaciones entre cantidades e intensidad de lluvias y ablación, incorporación de derrubios vegetales al suelo y evolución de la humedad contenida en ellos y, por último, las propiedades y variabilidad hidrológicas del suelo. Se trata de cuantificar además, los parámetros topográficos del área en donde se halla emplazada la parcela, con la finalidad de completar todos aquellos factores que intervienen en la estabilidad o erosionabilidad de las laderas.

El trabajo de campo se ha desarrollado regularmente mes a mes y siempre bajo y tras cada lluvia. Las intensas y minuciosas observaciones y comprobaciones se han completado con la información suministrada por la fotografía aérea de los vuelos de los años 1956 E.1/33.000 y 1973 E.1/20.000 de los Ministerios del Ejército y Agricultura, respectivamente.

La experiencia se inició, hace casi un año, en el marco de las Acciones Integradas Hispano-Británicas 1983/84 y va a continuar unos años más, por lo que ahora, sólo presentamos un avance de los métodos empleados y algunos resultados.

Caracteres climatológicos y geomorfológicos

La cuenca hidrogeomorfológica en donde se halla la parcela de experimentación, control y seguimiento de los procesos erosivos, está situada en el centro de la Región de Murcia y dentro del triángulo cuyos vértices son los importantes relieves de las sierras de España (1.579 m.) y Ricote (1.124 m.) y la ciudad de Murcia (43 m.) (Fig. 1). El área está localizada en la hoja núm. 912; 26-36 (Mula) del M.T.N. E.1/50.000; las coordenadas en la parcela son: 38° 03' 20" N y 2° 17' 37" E (meridiano de Madrid), 305 XH 409134 en U.T.M.

El territorio se halla abrazado por la isoyeta de los 300 mm. y la isoterma de los 18 °C, la evapotranspiración potencial alcanza valores muy elevados, en torno a los 900 mm. anuales. Por ello, la Cuenca de Mula se encuentra en el umbral de los dominios semiárido/árido según diferentes clasificaciones climáticas.

Las precipitaciones sobre este espacio se caracterizan por su notable variabilidad interanual (superior al 35%), años "secos" con totales inferiores a 150 mm. (1970, 1978) y, años "húmedos" con lluvias iguales o superiores a los 400 mm. (1972, 1974, 1980). La distribución a lo largo del año ofrece un mínimo estival muy acusado con la práctica ausencia de lluvias durante dos o tres meses y dos máximos equinociales, siendo el otoño ligeramente más destacado. La intensidad, es otro rasgo de enorme interés en los procesos de erosión en medios semiáridos, en la Cuenca de Mula se registran valores horarios superiores a los 10 l/m² y valores máximos en 24 horas que suponen hasta el 30% del total anual.

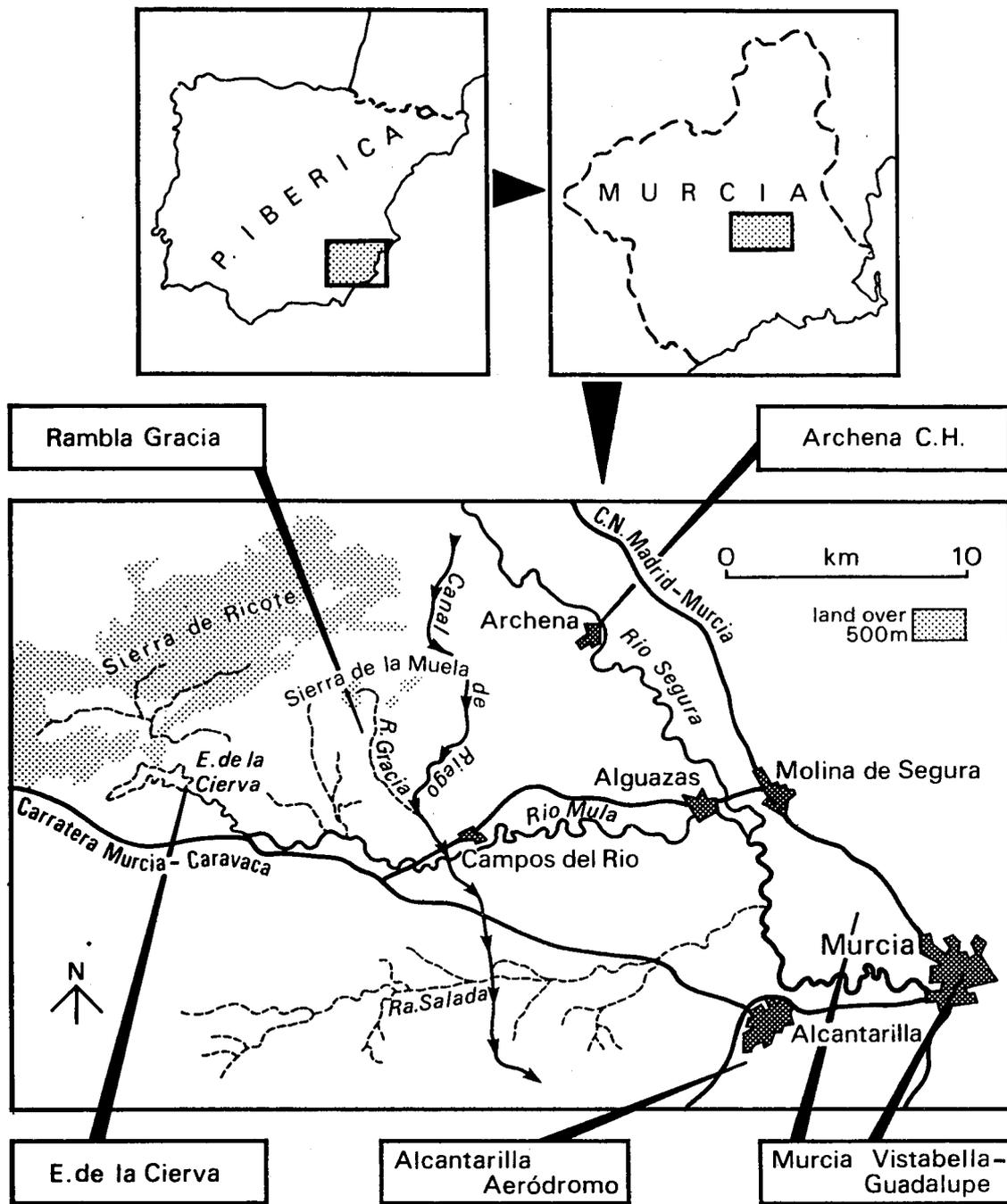


Figura 1. Localización del área de estudio.

EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA

Desde el punto de vista geomorfológico, la Cuenca de Mula, constituye una unidad morfoestructural bastante homogénea. Es un amplio sector deprimido topográficamente rodeado de relieves importantes. Los materiales blandos de edad neógena que la rellenan (margas, arcillas, yesos), junto con areniscas y las numerosas discordancias que presentan, más los materiales detríticos del Cuaternario, son particularmente sensibles a los procesos de erosión hídrica, por lo que el territorio se halla intensamente abarrancado. A esta degradación, no es ajena la acción del hombre que ha acelerado, alterado y frecuentemente arrasado, la frágil cobertura vegetal por deforestación, sobrepastoreo, uso de sistemas de cultivo poco apropiados o abandono de los campos de cultivo.

La cuenca en donde se halla la parcela de estudio, presenta una complicada estructura interna en la que una sucesión de escamas tectónicas, recubiertas por la transgresión helveciense, se apilan entre sí mediante fallas con cabalgamientos hacia el NNW. Las deformaciones responden, sin duda, a diferentes etapas orogénicas con esfuerzos tangenciales de gran intensidad y probables reajustes gravitatorios. Más recientemente y hasta la época actual, se han venido registrando en el área frecuentes epicentros sísmicos, deformaciones y pequeñas fracturas que afectan a depósitos travertínicos, glaciares y terrazas aluviales, claros testimonios de una neotectónica que afecta y retoca los relieves de este sector central de la Región de Murcia.

Tres conjuntos geomorfológicos es posible establecer: el primero corresponde a los relieves más resistentes y elevados (alrededor de los 500 m.) formados por conglomerados, molasas y calizas; presentan una marcada estratificación horizontal ligeramente basculados hacia el SE, su disimetría, acentuada por los accidentes tectónicos, opone un flanco abrupto rematado en cornisa a un flanco más suave que se sumerge frecuentemente en los materiales blandos terciarios disectados por la red de drenaje. La parcela se halla en la ladera N 25° E y al pie de la cornisa de uno de estos relieves tabulares (*muelas* en el lugar). La parte superior está cubierta por derrubios de gravedad, de granulometría muy desigual, mientras que el sector inferior se halla sobre margas y coluviones más finos mordidos por la red de drenaje remontante (Fig. 2).

Un segundo conjunto, periférico al anterior, lo constituyen los glaciares de erosión y acumulación que se extienden predominantemente por el sector occidental de la Rambla de Gracia. Por último, el tercer conjunto se configura en el sector más deprimido del territorio (180 m.) recorrido por el Río Mula, el cual constituye el nivel de base local hacia el que desaguan las esporádicas escorrentías de barrancos y ramblas.

La combinación de los diversos factores del medio natural y la incidencia de los impactos humanos, ha originado el variado modelado del territorio cuyas formas mayores son los depósitos de ladera, glaciares, terrazas y abarrancamiento generalizado por encajamiento de la red de drenaje.

Metodología y resultados

a) *Métodos de campo*

En este apartado consideramos el método seguido para la recopilación de datos así como algunos de los resultados obtenidos. Insistimos que nuestro principal objetivo es diseñar e interpretar un modelo sobre procesos de erosión y su mayor control. Para ello, debemos tener muy en cuenta la topografía básica y las propiedades de los materiales sobre los que operan los procesos, así como las variaciones espaciales y temporales que registran.

Las variaciones espaciales han sido identificadas utilizando una parcela rectangular de 60 por 50 metros y superponiéndole una malla cuadrículada en su interior de 2 por 2 m. (Fig. 3). Algunas propiedades tales como: densidad de vegetación y frecuencia de especies vegetales, altitudes, pendientes, contornos topográficos y área de alimentación de las escorrentías han sido medidas para cada una de las cuadrículas de la red. Otros aspectos de vegetación y humedad del suelo se han medido en cuadrículas seleccionadas mediante *random* para permitir el uso de métodos estadísticos. Las cuadrículas son elegidas utilizando las intersecciones de las coordenadas por *random*, y dentro de cada cuadrícula se localizan varios puntos midiendo su orientación (azimuts) y distancias a partir de la intersección de las coordenadas utilizando de igual modo tablas de números *random*, lo que nos permite un muestreo aleatorio. Para los factores que varían con la profundidad (por ejemplo la humedad del suelo) hemos muestreado dos niveles a 7,5 y 25 cm.

Las variaciones temporales pueden ser lentas o rápidas. Cuando consideramos un período largo de observaciones, los efectos dominantes están ligados a estacionalidad, todo intento en conocer los controles de la erosión del suelo deben tener en cuenta este hecho. La humedad del suelo, presencia y cantidad de hojarasca, estado de la cubierta vegetal, etc., presentan características diferentes de acuerdo con el desarrollo del ciclo anual. Por el contrario las variaciones temporales rápidas ocurren predominantemente, con las escorrentías y producción de sedimentos que se registran con las tormentas. Como aun los instrumentos que tenemos instalados en la parcela no nos han permitido, hasta ahora, cuantificar las posibles variaciones que tienen lugar durante las tormentas, para este aspecto utilizamos los datos de la cercana y completa estación meteorológica de Murcia, considerando separadamente para el área de estudio, cada uno de los aguaceros precipitados, por el hecho de que es muy importante en la producción de sedimentos.

Las propiedades hidrológicas del suelo, especialmente la humedad y las tasas de infiltración, han sido establecidas utilizando técnicas convencionales. La humedad del suelo es determinada, para cada período, en 80 puntos a dos niveles de profundidad, por pérdida de peso en el desecado. Por otro lado, las características de infiltración se han obtenido en diferentes puntos para cuatro tipos de superficies principales: a) margas no meteorizadas a 10

EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA

cm. de profundidad; b) margas meteorizadas superficiales; c) margas con cubierta detrítica grosera y d) margas con vegetación. Las pruebas de infiltración se han realizado con infiltrómetros (según modelo modificado del de R.C. Hills, 1970), y el tiempo empleado para cada experimento ha sido de una hora. Tormentas de cierta intensidad que duren más de 60 minutos, son raras en el SE de la Península Ibérica.

Para la vegetación se ha confeccionado un mapa de distribución y frecuencia de todo el matorral de más de 20 cm., siendo las especies más importantes: tomillo (*Thymus vulgaris*), esparto (*Stipa tenacissima*), mejorana (*Origanum mejorana*), retama (*Lygos sphaerocarpa*), espino negro (*Rhamnus lycioides*) y bolaga (*Thymelaea hirsuta*).

El recuento de todas las especies botánicas más importantes así como de la de los diferentes grupos fue realizada en abril de 1984, dentro de las 189 cuadrículas obtenidas a partir de 3 transectos de líneas y adicionados por muestreo random. Dentro de cada cuadrícula la cubierta vegetal fue cuantificada por el número de especies tocadas con un vastago que se introduce en los espacios libres de la retícula metálica de 1 m² de área, muestreándose para cada metro cuadrado 100 puntos. El posterior análisis de los datos obtenidos nos ha permitido una clasificación estadística de las cuadrículas con identificación de 13 especies botánicas principales, así como lo que es también muy importante, el porcentaje que corresponde a suelo desnudo sin ninguna especie vegetal.

La producción de derrubios vegetales (hojarasca) de siete especies comunes del matorral existente en la parcela, ha sido cuantificada y analizada a intervalos mensuales desde marzo de 1984. Para ello se han utilizado trampas y mallas densas (de 1 mm. de luz), lo suficientemente tupidas para permitir la recogida de todos los derrubios caídos cualquiera que fuese su tamaño, al tiempo que permiten el paso del agua de lluvia. También la hojarasca incorporada al suelo la hemos analizado utilizando cajas de Kubiena. Por un lado, separamos la fracción de fragmentos gruesos que ejercen un importante control sobre la eficacia de los impactos de las gotas de lluvia, y por otro, la materia orgánica incorporada al suelo, la cual tiene clara influencia sobre la erosión del suelo a través de las acciones químicas.

Finalmente, tratamos de analizar cuantitativa y cualitativamente el material erosionado procedente de las laderas y arrastrado por las escorrentías superficiales, recogéndolo en colectores Gerlach. Algunos importantes problemas nos han surgido, las cajas capturan el agua de escorrentía y los sedimentos transportados en áreas muy reducidas y bien delimitadas, sin embargo el volumen de agua recogida, así como la cantidad de derrubios atrapados han sido tan importantes, hasta ahora, que se hace preciso construirlas más grandes. Otra dificultad, que altera las tasas de erosión, resulta de la instalación de los bidones, unos dos metros ladera abajo, que recogen el agua que pasa de los colectores a través de un filtro. La recogida de agua

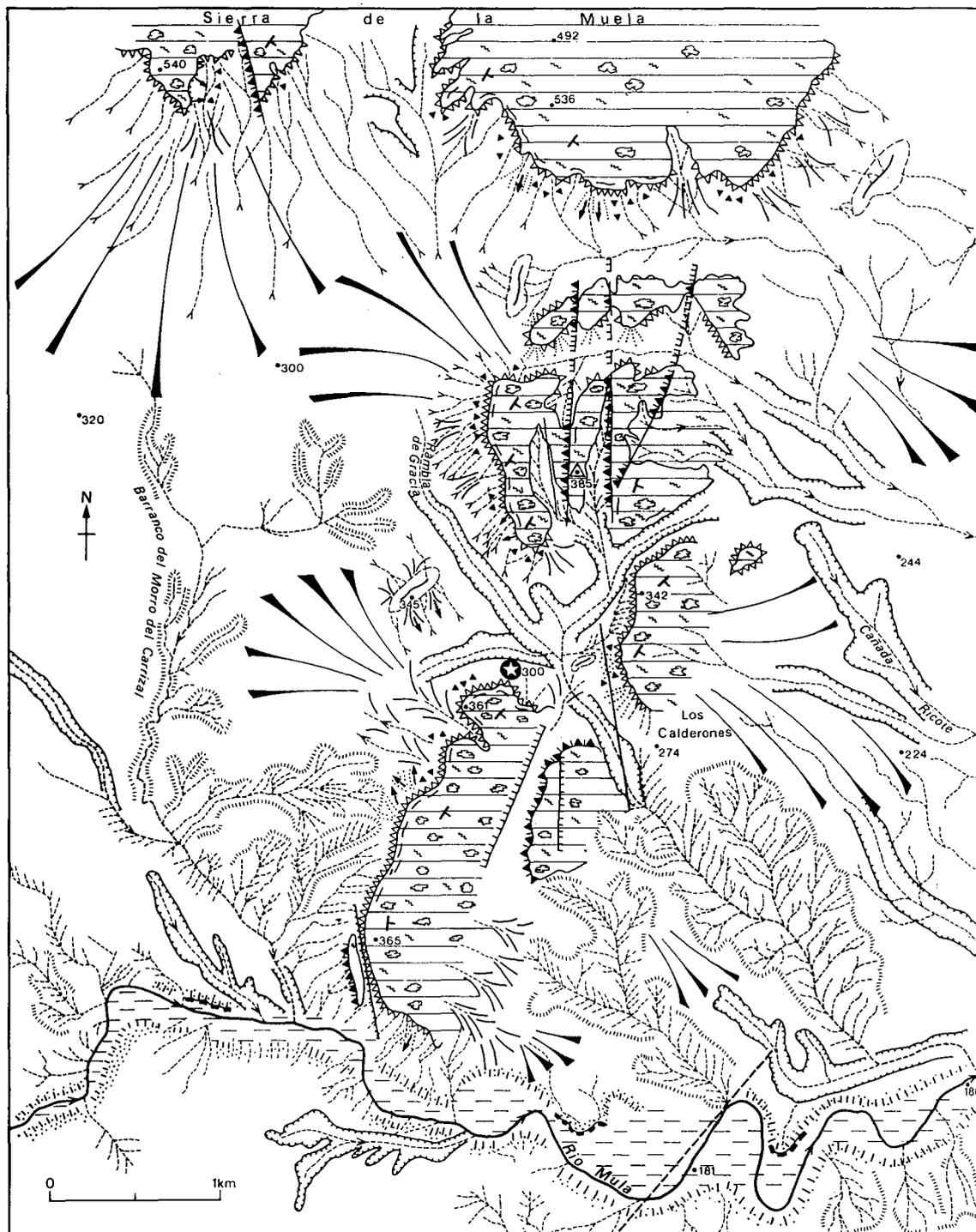
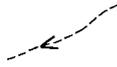
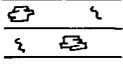
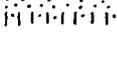
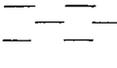


Figura 2. Mapa geomorfológico.

EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA

	<i>Falla</i>		<i>Cono de deyección</i>
	<i>Falla con indicación de hundimiento</i>		<i>Glacis</i>
	<i>Falla probable</i>		<i>Material anguloso de vertiente</i>
	<i>Buzamiento y dirección de estratos</i>		<i>Barranco de fondo plano en formación margo-arcilloso</i>
	<i>Cornisa en estructura monoclinal</i>		<i>Curso de agua estacional</i>
	<i>Escarpe en línea de falla</i>		<i>Cárcavas</i>
	<i>Relieve residual</i>		<i>Curso de agua intermitente (rambla o barranco)</i>
	<i>Superficie estructural con fragmentos rocosos y lapiaz incipiente</i>		<i>Borde de terraza aluvial</i>
	<i>Cicatriz de desprendimiento</i>		<i>Encajamiento lineal y socavamiento lateral en materiales blandos por curso de agua</i>
	<i>Fisuras por gravedad</i>		<i>Lecho de inundación</i>
	<i>Derrubios de gravedad (pedregales)</i>		<i>Parcela experimental</i>
	<i>Derrubios de gravedad asistidos por arroyada</i>		<i>Vértice geodésico y cota (en m.)</i>

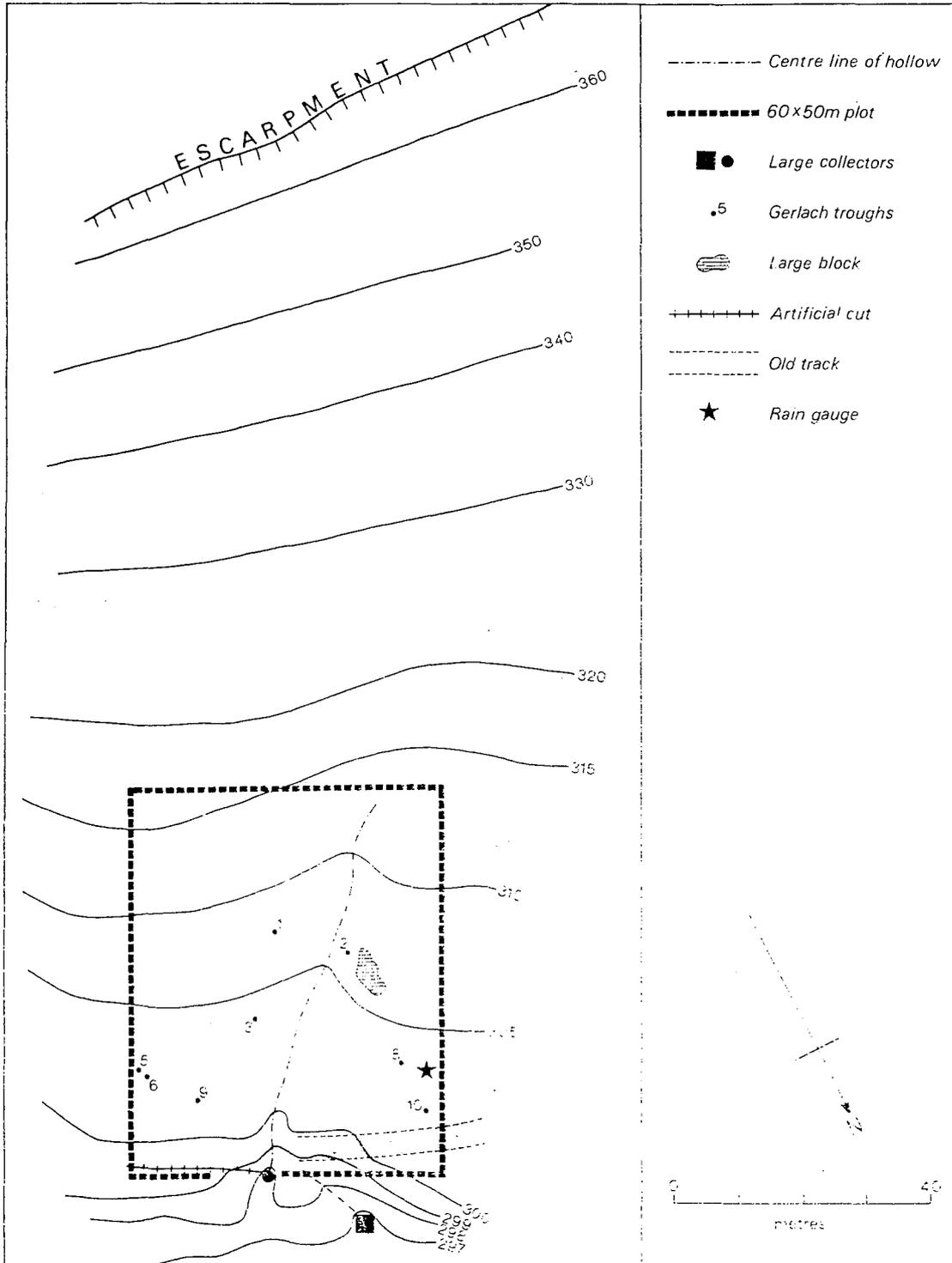


Figura 3. Parcela seleccionada.

EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA

y sedimentos finos en estos bidones, conlleva una remoción de suelo fácilmente erosionable. La construcción de pequeños muros de retención evitará estos arrastres complementarios.

b) *Algunos resultados preliminares*

Debido al corto período de observación y control de los procesos erosivos en la parcela de experimentación, los resultados obtenidos distan mucho de ser considerados como definitivos. No obstante, los fenómenos observados pueden ser particularmente interesantes porque aparecen de manera diferente de lo que cabría esperar. Respecto a ellos, resulta muy interesante observar con detalle, por ejemplo, las *tasas de infiltración*, todas ellas en margas, aunque bajo cuatro condiciones diferentes; distintos valores obtenidos tienen implicaciones muy significativas, aquí sólo podremos esbozarlas, pero por su importancia serán objeto de un posterior análisis más detallado. En cada caso hemos seguido el model de infiltración sugerido por THORNES y GILMAN (1983).

Los principales tipos de infiltración obtenidos son (Fig. 4):

1.— En margas subsuperficiales no meteorizadas a 10 cm. de profundidad (*Unweathered marls*). En estos suelos las curvas llegan rápidamente a niveles de infiltración bajos y finalmente a la saturación; aproximadamente igual ocurre con la permeabilidad saturada que es baja. Al cabo de una hora los aput son iguales a los input;

2.— En margas superficiales meteorizadas (*Weathered marls*). Las curvas descienden suavemente, los niveles finales de infiltración son débiles (alrededor de 0,12 cm/min.);

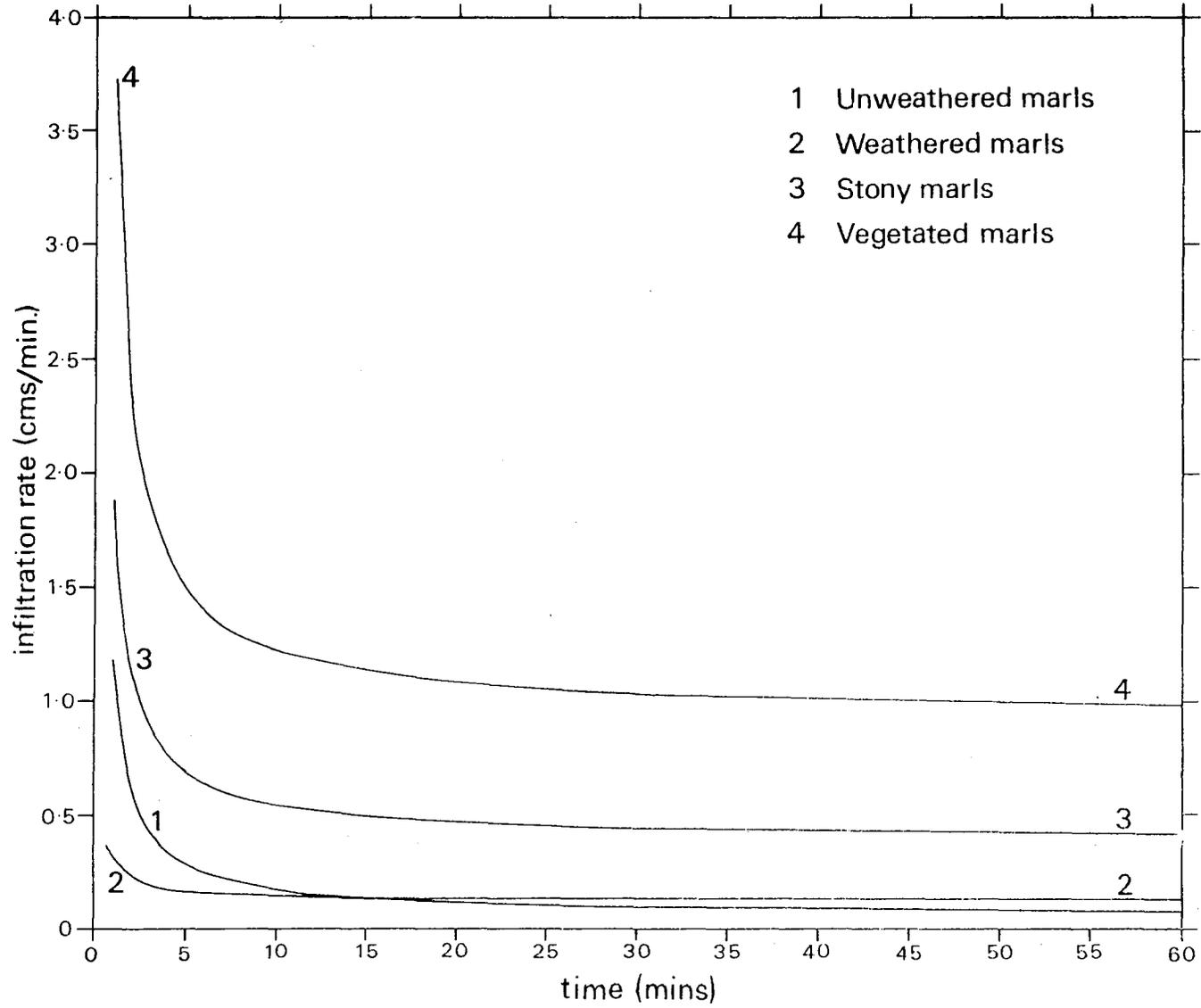
3.— En margas con cubierta detrítica grosera (*Stony marls*). Las curvas declinan más suavemente, la saturación permanece alta (entorno a 0,35 cm/min.);

4.— Margas con cubierta vegetal (*Vegetated marls*). En los suelos con cubierta vegetal los niveles finales de infiltración son muy altos (aproximadamente 1 cm./min.), pero la caída de la curva es inicialmente muy aguda.

La tabla siguiente, recoge los valores de infiltración en los diferentes tipos de superficies margosas expuestos:

	Valor final (cms/min.)	Volumen almacenado (cms.)
Margas subsuperficiales	De 0,04 a 0,12	De 0,60 a 4,60
Margas superficiales meteorizadas	De 0,10 a 0,29	De 1,98 a 4,74
Margas con cubierta detrítica	De 0,24 a 0,42	De 2,04 a 8,45
Margas con cubierta vegetal	De 0,23 a 1,49	De 0,00 a 3,54

Figura 4. Curvas de infiltración.



EROSION Y ECOLOGIA EN LA ESPAÑA SEMIARIDA

Estos resultados indican distintas respuestas hidrológicas para los principales tipos de superficies analizados. En margas con vegetación las tasas de infiltración son muy elevadas a pesar del almacenaje de humedad bajo, esto implica escasa o nula generación de escorrentías. En el extremo opuesto, acumulaciones de agua muy variables, aunque con niveles de infiltración bajos en margas no meteorizadas implica escorrentías instantáneas. Estos hechos observados demuestran que las margas no siempre suministran altos coeficientes de escorrentía, como suele pensarse frecuentemente, sino que las variaciones que en ellas se registran son muy importantes.

Por último, desde la instalación de los colectores Gerlach en marzo de 1984, tan sólo se han producido dos tormentas de cierta intensidad del 9 y 17 de mayo respectivamente. Los resultados obtenidos son muy variables y tal vez reflejen posibles errores ya indicados con anterioridad. Inicialmente hemos aplicado correlaciones por regresión estadística simple entre la producción de sedimentos y la cantidad de agua por unidad de superficie y el valor de las pendientes, es decir,

$$\text{sedimentos por área} = k \cdot q^2 \cdot s^{1,66} \text{ (MORGAN, 1980).}$$

donde k = coeficiente de regresión

q = cantidad de agua escurrida por área (escorrentía)

s = tg. del ángulo de pendiente

La débil correlación ($r = 0,55$), sugiere la intervención de otros factores que sería preciso tener en cuenta, probablemente y de modo especial la rugosidad del terreno relacionada con la vegetación.

Conclusiones

Los primeros y provisionales resultados que se han expuesto, y en concreto las respuestas del suelo en las pruebas de infiltración, muestran que las fuertes variaciones en la cobertura vegetal (del 0% al 86% en la parcela de observación) y en los coeficientes de infiltración, tienen una influencia muy importante en los procesos erosivos hídricos y en la correlativa producción de sedimentos. Hasta ahora, el estudio de los factores que condicionan los procesos erosivos y en particular los efectos de la vegetación, sólo han sido estudiados a escala global o regional, nosotros tratamos de hacerlo en detalle, descendiendo a escala métrica e incluso inferior, en una ladera del dominio semiárido español siguiendo su comportamiento a través del tiempo.

BIBLIOGRAFIA

- HILLS, R.C. (1970). The determination of the infiltration capacity of field soils using the cylinder infiltrometer. *British Geomorphological Research Group. Technical Bulletin*, n.º 3, 24 pp.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. (1973). *La Vega Alta del Segura: Clima, Hidrología y Geomorfología*. Departamento de Geografía. Universidad de Murcia. Murcia., 288 pp. y 1 mapa fuera de texto.
- LOPEZ BERMUDEZ, F. (1979). Clima y morfodinámica de laderas. *Comunicaciones sobre el karst de la provincia de Murcia*. Diputación Provincial de Murcia., pp. 13-38.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. I.C.O.N.A. (1982). *Paisajes erosivos en el Sureste Español: Ensayo de Metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. Proyecto LUCDEME. Madrid, Monografía N.º 26., 26 pp. y mapas fuera de texto.
- MORGAN, R.P.C. (1980). Implications. In *Soil Erosion*. M.J. Kirkby and R.P.C. Morgan (eds). Wiley and sons Ltd. Chichester, England., pp. 252-292.
- PAQUET, J. (1969). *Etude géologique de l'Ouest de la province de Murcie (Espagne)*. Tesis Doctoral. Mém. Soc. Géol. France., Nouv. série., t. 48., Mémoire N.º 111. París, 270 pp., 1 mapa fuera de texto.
- THORNES, J.B.; GILMAN, A. (1983). Potencial and actual erosion around archaeological sites in South-East Spain. Rainfull simulation runoff and soil erosion. *Catena* supplement 4., pp. 91-112.