

Geoecología del paisaje en el macizo litoral catalán

por MARÍA SALA

Palabras clave:

Cordillera litoral catalana; cuenca de Fuirosos; erosión; medida de la erosión; paisaje, estudio geoecológico.

1. Introducción

El estudio de los paisajes naturales es uno de los temas más arraigados dentro de la tradición geográfica. No es de extrañar, por tanto, que en la década de los años sesenta, época de reflexión crítica en todos los ámbitos de la geografía, tuvieran lugar varios intentos de actualización de los conceptos y métodos relacionados con su estudio, lo cual vino a representar, hasta cierto punto, una nueva manera de entender la geografía física. Sin embargo, a nuestro parecer, no han sido los enfoques que se presentaban a sí mismos como de mayor novedad los que han influido de manera más decisiva y duradera en la evolución y renovación de la geografía física actual.

No es nuestro propósito en el presente artículo analizar en detalle los estudios de paisaje, sobre lo cual existe abundante información en otras publicaciones españolas (Bolòs, 1975, 1981, 1984; Panareda, 1973, 1979; Sala, 1975). Sin embargo, creemos necesario explicar brevemente algunos de los aspectos de esta línea de trabajo, precisamente los que constituyen un marco de referencia en relación al estudio de paisaje que presentamos más adelante.

Simplificando mucho podríamos decir que, en el área europea, la renovación de los estudios del medio natural ha pasado por una fase en la que los trabajos de índole especulativa, tanto en cuanto al concepto de paisaje y la delimitación y clasificación de sus unidades, como en cuanto a la nomenclatura que la nueva ciencia debería utilizar (Neef y cols., 1973), han sido los preponderantes y los que han absorbido la mayor parte del esfuerzo de los geógrafos.

En Francia los estudios de paisaje adquieren un notable auge por los años setenta, en parte por tener un enfoque muy enraizado con la tradición geográfica francesa, y también por el impacto causado por los trabajos que, tanto a nivel teórico como a nivel práctico, lleva a cabo Bertrand (1968, 1969, 1972). Bertrand ha sido además el autor que más decisivamente ha influido en la expansión de los estudios de paisaje en España, tal como explicaremos más adelante. No hay que olvidar, sin embargo, la influencia que en el desarrollo de los estudios de paisaje, tanto en Fran-

cia como en España, ha tenido Tricart, en principio a través de sus trabajos y tratados de geomorfología climática (1965, 1969, 1974) por su enfoque globalizador, a la vez que minucioso, y más adelante, a través de su propuesta ecogeográfica (Tricart y Kilian, 1979; Tricart, 1979), ya netamente paisajística.

El sistema de unidades de paisaje elaborado por Bertrand (1968, 1969) se inspira en los trabajos teóricos de las escuelas de paisaje de la República Democrática Alemana y de la Unión Soviética, así como en la escala espaciotemporal propuesta por Tricart y Cailleux (1956) para los elementos geomorfológicos. Si bien en los planteamientos de Bertrand, como en los de Tricart, se hace especial hincapié en el aspecto dinámico de las unidades de paisaje, esta dinámica se determina de una manera cualitativa e intuitiva a partir de la observación global del conjunto. Para Bertrand, los elementos básicos que sirven para determinar la dinámica del paisaje son los relacionados con la vegetación, considerada como elemento sintetizador de las variables climáticas y geomorfológicas; por ello la biogeografía es la rama de la geografía que Bertrand (1966, 1969) considera más adecuada para el estudio del paisaje. En opinión de Tricart, en cambio, el elemento dinámico más interesante es de tipo geomorfológico, precisamente centrado en la dinámica pedogénesis-morfogénesis (Tricart, 1973), es decir, según predomine en el paisaje la evolución de suelos o la erosión, consideradas ambas como procesos antitéticos; con ello, y puesto que parte de unas premisas geomorfológicas, el punto de vista de Tricart se acerca más, a nuestro entender, al enfoque de los geógrafos alemanes.

El origen remoto de la teoría del paisaje de Bertrand puede hallarse en la tradición de la geografía regional francesa y por ello, el hombre, tanto por la importancia de su impacto en la modificación de la fisonomía y la dinámica del paisaje natural, como por las repercusiones sociales que de este mismo impacto se derivan, tiene un papel esencial en su modelo y en sus objetivos. En la propuesta de Bertrand existe, creemos, un intento de adaptar el enfoque naturalista de la escuela germana al enfoque utilitario desarrollado en los últimos años por la escuela soviética (Isachenko, 1973). Esta misma preocupación por aunar en un mismo estudio lo que es naturaleza y lo que es sociedad se encuentra frecuentemente en los trabajos de Tricart (1956).

En los últimos años, sin embargo, la atención de muchos de los trabajos de paisaje se centra más en los aspectos relacionados con la dinámica del mismo, estudiada con métodos cuantitativos, que en los aspectos fisonómicos y cartográficos. Esto tiene un gran interés no sólo por el progreso científico que representa, sino por la relación que tiene con los problemas de utilización y conservación del medio natural. Este cambio de óptica está muy influido por los cambios que se han producido en el ámbito de la ciencia geomorfológica, una de las ramas fundamentales en que se asienta la geografía del paisaje.

A partir de los años sesenta la geomorfología se ha visto enriquecida por la decisiva implantación de métodos y técnicas cuantitativas y experimentales y por teorías extraídas de las ciencias físicas, en especial las que se refieren a mecánica de suelos y dinámica de fluidos (Strahler, 1952). En el campo experimental, el enriquecimiento de la geomorfología proviene de la adopción de los métodos de la hidrología y la agronomía, basados en estudios llevados a cabo en pequeñas cuencas y parcelas en las que se miden y analizan los procesos de movilización de agua y sedimento. Los primeros trabajos en este sentido proceden de Estados Unidos y de Gran Bretaña, donde desde comienzos de siglo existen unidades experimentales para el estudio de la erosión (Hudson, 1971; Moldenhauer y Foster, 1981). También la introducción de estas ideas en geomorfología proviene de científicos del área anglosajona (Strahler,

1952), y es allí donde aparecen también los primeros libros de texto enfocados bajo este punto de vista (Grau y Sala, 1983), como son los de Leopold, Wolman y Miller (1964), por lo que hace referencia a la geomorfología fluvial, y de Carson y Kirkby (1972), para las cuestiones relacionadas con la dinámica de vertientes.

Uno de los primeros países en adoptar el enfoque cuantitativo y experimental de campo desarrollado dentro de la geomorfología, incorporándolo a los estudios de paisaje, ha sido Polonia (Kondraki, 1967), seguramente debido a la arraigada tradición que allí existe en el cultivo de la geomorfología por parte de los geógrafos. La geomorfología polaca, si bien ha estado tradicionalmente enfocada hacia los temas relacionados con el impacto en el relieve de los cambios climáticos cuaternarios, ha incorporado también plenamente los estudios de carácter experimental por lo que hace referencia a los procesos actuales, tan en boga en el área anglosajona, como lo muestra lo temprano de este tipo de investigación en Polonia (Jahn, 1963; Gerlach, 1967), la continuidad y expansión de la misma y las notables aportaciones llevadas a cabo por sus cultivadores.

Quizá sea éste el país en el que, en geomorfología, se da de una forma más armónica la integración del enfoque histórico tradicional con el enfoque dinámico actual (Froelich y cols., 1972; Klimek y Starkel, 1974). Por todo ello, los estudios de paisaje en Polonia ponen mucha atención en el aspecto dinámico, especialmente en lo que se refiere a la erosión actual, y lo hace por medio de la medición de la misma en el campo.

No se conoce muy bien el detalle de los estudios llevados a cabo por los geógrafos de la Unión Soviética, a pesar de que pueden encontrarse traducciones de algunos trabajos en la revista «Soviet Geography», pero hay razones suficientes para creer que el estudio experimental ha ganado terreno frente a la elaboración de teorías especulativas y terminologías a ellas asociadas. Sin embargo, más que una proliferación de investigadores trabajando en multitud de pequeñas áreas experimentales con instrumentos de campo relativamente sencillos, parece que en la Unión Soviética se ha tendido hacia la creación de unos centros en los que se llevan a cabo mediciones costosas y complejas (Berutchachvili y Panareda, 1977).

Los estudios de paisaje con una intención eminentemente descriptiva y aplicada, como son los Land Systems desarrollados por el C.S.I.R.O. (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), también han incorporado los aspectos relativos a la dinámica de los paisajes, como en el caso de la escuela de Wright (1973) en Gran Bretaña.

El caso más paradigmático es, sin embargo, el de la escuela alemana, por ser, precisamente, la cuna de los estudios de paisaje y de su precedente más remoto, el estudio de las regiones naturales. Es a partir de los trabajos de Troll (1939, 1950) —quien da una dimensión ecológica a los estudios regionales al poner el énfasis en la estrecha interdependencia que existe entre morfología, suelo, vegetación, clima e hidrología— cuando se inicia la tendencia denominada por él «ecología del paisaje», basada precisamente en la contemplación de las interrelaciones que tienen lugar entre los elementos que componen los paisajes que observamos. Poco después se produce otra innovación dentro del ámbito de la escuela alemana, que no es otra que la del papel primordial dado a la observación de la dinámica del paisaje. Se trata de la línea marcada en los trabajos teóricos de geógrafos de la República Democrática Alemana, como son los de Neef (1963), Haase (1967) y Richter (1967). Es Neef quien propugna esencialmente el estudio cuantitativo y quien cree que éste sólo puede estar basado en la investigación de unidades pequeñas y homogéneas, investigación que se denomina «topológica». En la actualidad, geógrafos de la República Fe-

deral Alemana, antiguos discípulos de Troll y seguidores posteriormente de la propuesta dinámico-cuantitativa de Neef, dedican fundamentalmente su atención a medir en el campo el factor erosión, al cual consideran como el más relevante en la dinámica del paisaje, por ser el que, de una manera objetiva y cuantificable, resume la interconexión dinámica entre los diferentes elementos del sistema natural. Tal es el caso de los equipos de Barsch (1979) y de Leser (1976, 1978), en la República Federal de Alemania y en Suiza, respectivamente. Los estudios que llevan a cabo estos equipos son a nivel topológico, siendo las unidades de base pequeñas cuencas fluviales o vertientes en las que la erosión —o geocofactor erosión en su terminología— se pone en relación con el ciclo de agua en el suelo (Seiler, 1980). Se trata, por tanto, de un tipo de investigación muy similar al que se desarrolla en los países anglosajones dentro del campo de la geomorfología fluvial y de hidrología de vertientes. Y ésta es la línea de trabajo que Leser (1976, 1978) considera como la nueva frontera dentro de la progresiva evolución de los estudios de paisaje natural. Lo más interesante, a nuestro entender, es que en ella convergen la tendencia fundamentalmente analítica, cuantitativa y experimental de la tradición anglosajona con la línea sintética, cualitativa y especulativa de la tradición centroeuropea.

También en Francia, en los últimos años, se está imponiendo el enfoque experimental y cuantitativo, como lo ejemplifica el hecho de que fue allí donde tuvo lugar la primera reunión de la Comisión de la Unión Geográfica Internacional «Experimentos de campo en geomorfología», dedicada desde 1976 a promover precisamente el estudio científico de la dinámica geomorfológica (Sala y Salvador, 1980), y que en las sesiones generales del próximo Congreso Geográfico Internacional, a celebrar en París en 1984, uno de los temas propuestos sea precisamente el del estudio cuantitativo de la erosión. Quienes en mayor medida han dado esta nueva dirección a los estudios de paisaje han sido los investigadores de los grupos dirigidos por Vogt (1978, 1979) en Estrasburgo y por Moran (1978) y por Dollfus (1979) en París. No hay que olvidar, no obstante, que estudios de tipo cuantitativo sobre los efectos de la erosión en determinados paisajes fueron llevados a cabo bien tempranamente en Francia por Rougerie (1960) y por Tricart (1958).

Por lo que respecta a España, el interés por los estudios renovados de paisaje se suscita por los años setenta a través de los trabajos de Bertrand, es decir, y como ya es usual en todos los ámbitos de la geografía española, bajo los auspicios de la escuela francesa. También, como se ha dicho anteriormente, es muy importante la influencia previa ejercida por Tricart a través de la geomorfología climática. Por lo que respecta a Bertrand, se dio la particularidad de que su trabajo más relevante lo desarrolló precisamente al estudiar unos paisajes de la Península Ibérica, concretamente una parte de las montañas Cantábricas, lo cual hizo posiblemente más interesante y asequible este tipo de estudios entre nosotros; no hay que olvidar tampoco que la lengua científica empleada, el francés, es también el vehículo por el que suelen llegar, para los geógrafos españoles, muchas de las corrientes científicas. Los primeros estudios de paisaje se produjeron en la escuela de Barcelona, en el seno del grupo de biogeografía dirigido por Bolòs (Panareda, 1973; EQUIP, 1975; Sala, 1975), en los que tuvieron una influencia personal y directa el mismo Bertrand y sus colaboradores. En la actualidad, mientras EQUIP, como grupo (1980) o por medio de algunos de sus componentes (Bolòs, 1980; Sabí, 1981; García, 1982), sigue trabajando en la línea global, otros, tal como señala Grau (1980), han evolucionado hacia investigaciones más específicas, dedicadas básicamente al estudio del factor dinámico de uno solo de los elementos del paisaje, el biogeográfico en unos casos (Panareda, 1980) y el geomorfológico en otros (Sala, 1980). La introducción de algunas

de las técnicas cuantitativas y experimentales procedentes de la geomorfología (Sala y Salvador, 1980; Sala, 1982) ha permitido, posteriormente, aplicar la información así obtenida a un estudio de paisaje que puede considerarse enmarcado en la línea de la propuesta geoecológica moderna de la escuela germana. Presentamos, pues, a continuación un estudio de paisaje en el que los datos cuantitativos sobre la dinámica erosiva han sido obtenidos mediante la realización de investigaciones dentro del campo de la geomorfología dinámica, funcional o de los procesos, pero que, sin embargo, resultan ser muy adecuados para una mejor definición de la dinámica de los paisajes.

2. Objetivos del estudio geoecológico del paisaje

En geoecología del paisaje, como señala concretamente Leser (1976), conviene realizar observaciones cuantitativas y experimentales puntuales en áreas muestra que permitan de alguna manera deducir, a partir de los procesos en ellas observados, la dinámica general de conjuntos mucho más amplios, a la manera como en la Década Hidrológica Internacional se potenció el estudio de cuencas representativas y experimentales, a partir de las cuales deducir posteriormente el comportamiento hidrológico de grandes áreas climáticas o litológicas. Es decir, en la terminología de la escuela alemana, se trataría, en los estudios de paisaje, de realizar un trabajo de investigación centrado en el geocofactor erosión en dimensión topológica, a través de mediciones cuantitativas en puntos representativos de las unidades superiores o geocofacias, para llegar a una valoración cuantitativa de toda el área de cada una de las facies que la unidad topológica representa. Sólo en la dimensión topológica es posible, partiendo de criterios de homogeneidad bien definidos (Neef, 1963), transferir los datos obtenidos en los lugares puntuales al amplia área circundante.

En el caso del trabajo que aquí presentamos, si bien a largo plazo nuestro objetivo es el de establecer una tipología de los paisajes naturales de las Cadenas Costeras Catalanas, en base a su dinámica erosiva, este propósito conlleva la realización de un estudio previo de carácter puntual, cuantitativo y experimental, para discernir los tipos y el valor de los procesos de erosión característicos de los diferentes paisajes. Para ello es necesario empezar por llevar a cabo una delimitación estratificada de unidades espaciales, de las mayores a las más pequeñas, hasta llegar a la unidad mínima que permita el estudio experimental. Una vez conseguidos los datos suficientes de los diferentes puntos significativos, podrá seguir una generalización de los resultados obtenidos en estas unidades topológicas a las unidades corológicas sucesivas a las que puedan atribuirse procesos o patrones de erosión similares.

Los criterios a utilizar para la delimitación de unidades dentro del paisaje natural son de índole geomorfológica: basados en la estructura, es decir, en la tectónica y en la litología, para las unidades superiores; y basados en los procesos del modelado, es decir, en las formas y formaciones superficiales, para las unidades inferiores (Sala, 1980).

Aplicando estos criterios, las Cadenas Costeras Catalanas pueden dividirse sucesivamente de la siguiente manera. En cuanto a las unidades superiores, y en base a la estructura tectónica, se reconocen cuatro grandes conjuntos: una cordillera prelitoral, una depresión intermedia, una cordillera litoral y una llanura costera. A continuación pueden deslindarse varias unidades dentro de estos grandes conjuntos, esta vez en base a la tectónica y a la litología, como, por ejemplo, dentro de la cordillera litoral, entre el macizo del Montnegre, horst cristalino, y el bloque de Garraf, unidad calcárea.

La delimitación de las unidades de los órdenes siguientes está ya relacionada con la acción de los agentes del modelado sobre las estructuras fundamentales y, a nuestro entender, precisamente con los procesos que llevan a la configuración y establecen la dinámica de una cuenca fluvial.

La cuenca fluvial es no solamente una unidad geomorfológica bien definida, sino que, además, posee las características de un sistema (Chorley, 1969), concretamente de un sistema abierto (Chorley y Kennedy, 1971), lo cual es uno de los objetivos que se proponen determinar los estudios de paisaje, de ahí la palabra geosistema o geocosistema. Además, una de las ventajas de utilizar como unidad de base la cuenca fluvial estriba en la posibilidad de establecer una clara jerarquización entre cuencas basada en los criterios objetivos establecidos por Horton (1945) y Strahler (1964), en los cuales se hace patente, entre otras, la relación que existe entre la red de drenaje y el tamaño de la cuenca. En el caso de los estudios de paisaje, puesto que se trata de establecer una unidad de tercer o cuarto orden, según los casos, creemos que el tamaño de las cuencas conveniente para esta investigación debería oscilar entre los 10 y los 100 km², según sea la superficie de la unidad superior. Por ejemplo, en el caso de un macizo como el del Montseny, puede ser considerada unidad significativa una cuenca de 88 km² (Tordera alto), mientras que en el caso de un macizo como el Montnegre la adecuada puede ser una cuenca de 15 km² (Fuirosos) (Sala, 1978, 1980).

Dentro del sistema cuenca de drenaje es posible a su vez establecer una clara división entre sus dos subsistemas, el formado por las vertientes y el formado por el fondo de valle, verdaderos sistemas ambos, es decir, con interrelaciones funcionales internas, como las que se establecen a lo largo de las vertientes y del curso fluvial en relación con la circulación de agua y sedimento a través de ellos. Esta interrelación interna nos proporciona el otro nivel de diferenciación, el de las facies, al permitirnos establecer diferencias de funcionamiento geomorfológico entre sectores de vertiente (King, 1962; Young, 1972; Dalrymple y cols., 1968) y entre sectores de curso fluvial (Schumm, 1977; Leopold y cols., 1964). Pero además de la diferenciación geomorfológica, existe frecuentemente en este nivel una diferenciación debida a la acción humana, como en el caso de los sectores de vertiente y de fondos aluviales marcados por su utilización agrícola o forestal, así como una diferenciación debida a la colonización por la vegetación, si bien ambas, aunque en mayor medida la vegetal, es frecuente que tengan una explicación geomorfológica (diferencias en la formación superficial, en el grado de la pendiente, etc.; Sala, 1978-79) o climática (diferencias en la incidencia de los rayos solares, en altitud, etc.). Dentro de las facies es preciso seleccionar áreas puntuales o topos en los que llevar a cabo el trabajo experimental, el cual debe proporcionar información sobre el tipo y valor de la dinámica erosiva. Con los datos obtenidos de esta observación topológica puede establecerse una clasificación de unidades en función de esta dinámica y proceder seguidamente a una agrupación progresiva de las mismas hasta ver si es posible llegar a una sistemática que englobe todo el conjunto, en nuestro caso el de las Cadenas Costeras Catalanas.

Un primer ensayo, dedicado a estudiar los paisajes de un área de las Cadenas Costeras Catalanas bajo el punto de vista que acabamos de desarrollar, se ha llevado a cabo en la cuenca de la riera de Fuirosos, situada en el macizo del Montnegre. Se ha tomado esta área como ejemplo porque en ella han venido realizándose desde 1977 varios estudios y mediciones de la dinámica erosiva (Sala y Salvador, 1980; Sala, 1981 y 1982) y por tanto se dispone de cierta información sobre los valores de la erosión en diferentes parcelas.

3. El área de estudio

El lugar elegido para llevar a cabo un primer estudio de los paisajes naturales desde la perspectiva de su dinámica erosiva ha sido la cuenca de la riera de Fuirosas. Se trata de una cuenca de 16,5 km² de superficie, situada en la vertiente norte del macizo del Montnegre, en la mitad septentrional de la Cordillera Litoral.

Estructura. El Montnegre es uno de los muchos bloques que se individualizan dentro de la Cordillera Litoral a causa de las muchas fallas transversales que surcan esta alineación montañosa. El conjunto de las Cadenas Costeras está formado por un macizo herciniano arrasado, parcialmente recubierto por sedimentos mesozoicos en su mitad meridional, posteriormente reelevado a causa de fenómenos de compresión relacionados con la tectónica alpina y finalmente fallado en muchos puntos, así como hundida su bóveda central como consecuencia de los movimientos de distensión posteriores a la crisis alpina (Solé Sabarís y Llopis Lladó, 1952).

El Montnegre está constituido en su mayor parte por rocas de la familia de los granitos, si bien en su área somital está formado por una banda de rocas metamórficas. La cuenca de Fuirosas contiene esta misma distribución litológica, es decir, está formada en su mayor parte por granito, pero en su cabecera aparecen filitas nodulosas. Ambos materiales se presentan meteorizados y han estado sometidos a la acción de varios procesos geomórficos durante el Cuaternario (Sala, 1978-79). El resultado de ello es la existencia en las vertientes de un manto más o menos espeso y discontinuo de formaciones superficiales con una granulometría que varía de acuerdo con la roca madre de la cual provienen.

Clima. Esta área se caracteriza por temperaturas medias anuales que oscilan con la altitud entre 12 °C y 15,5 °C. En la parte baja de la cuenca, las temperaturas medias tienen una variación estacional que va desde los 7° en enero a los 24 °C en julio. En invierno las temperaturas absolutas pueden descender por debajo de los 0 °C.

La precipitación media anual varía con la altitud desde 775 mm en la parte baja hasta 1.000 mm en la cumbre. El verano es siempre una estación seca, lo que se hace especialmente notable en las vertientes de solana. Los períodos húmedos son primavera y otoño, siendo octubre el mes más lluvioso, aunque puedan aparecer fuertes chubascos aislados en enero, noviembre, septiembre y mayo, y producir notables crecidas fluviales y numerosos pequeños movimientos en masa rápidos en las vertientes. La mayor parte del agua proviene de precipitaciones abundantes, pero de corta duración, por lo cual, aunque el total anual de precipitación pueda parecer alto, hay que tener presente que se recoge en pocos días del año y durante pocas horas de estos días. Desgraciadamente, los datos que se poseen de intensidades de precipitación son sólo en base a 24 horas. Los valores medios en esta área para la intensidad más alta en 24 horas en un período de recurrencia de tres años es de 81,7 mm, en cinco años es de 95,9 mm, en diez años de 113,7 mm y en 25 años de 136,3 mm (Martín Vide, 1982). En Sant Celoni se registraron las siguientes cantidades de lluvia: en enero de 1977, 87 mm; en mayo de 1977, 35,3 mm; en enero de 1979, 66 mm. Como puede comprobarse, sólo el volumen de enero de 1977 tiene el valor de un período de recurrencia de 3 años, siendo los demás valores normales para esta área.

Hidrología. Puesto que no existe una estación de aforos en la riera de Fuirosas, se han estudiado los datos de la estación del Tordera en Sant Celoni con el fin de determinar en qué períodos ocurrieron las crecidas más importantes en los ríos de este sector y cuál fue su valor relativo. Ello permite conocer los períodos geomorfológicamente activos en la riera de Fuirosas, o en cualquier otra riera de estas cer-

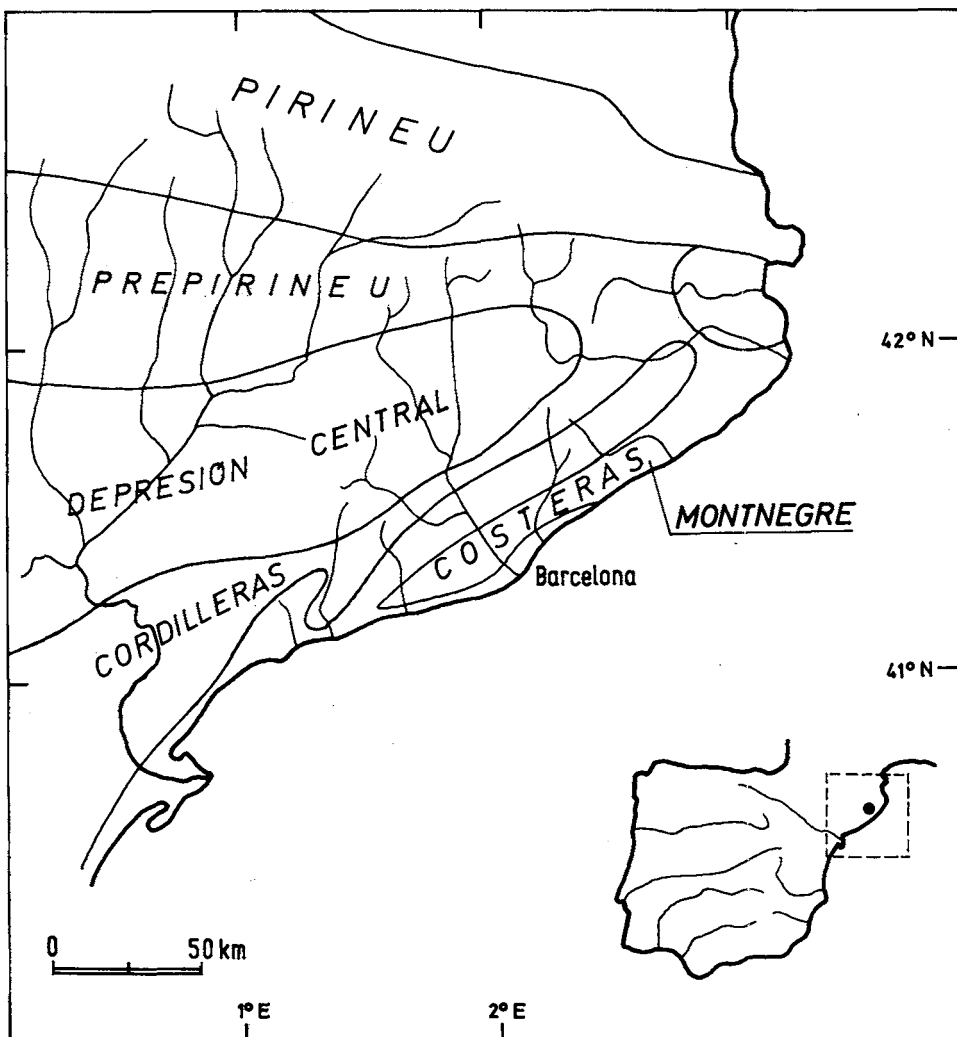


Figura 1. Situación del área de estudio.

cañas. En cuanto al caudal de Fuirosos, ha sido evaluado por medio de la ecuación de Manning y su aplicación a los perfiles trazados en el campo en sucesivas etapas.

Los registros anuales procedentes del limnógrafo de Sant Celoni muestran la existencia de dos crecidas importantes en 1977, una en enero ($71 \text{ m}^3/\text{s}$), es decir, antes de que empezaran nuestras observaciones en Fuirosos, y otra en mayo ($47 \text{ m}^3/\text{s}$), ésta ya con una influencia directa en nuestras observaciones. En 1978 no se registraron crecidas, pero en enero de 1979 hubo una con un máximo similar al primero de 1977 ($61 \text{ m}^3/\text{s}$). En 1980 y en 1981 no hubo crecidas en Sant Celoni, habiendo sido este último año extremadamente seco. No obstante, en la pequeña cuenca de Fuirosos sí debió de producirse una crecida en 1981, seguramente a causa de una precipitación muy localizada, puesto que se detectaron cambios notables en su cauce en

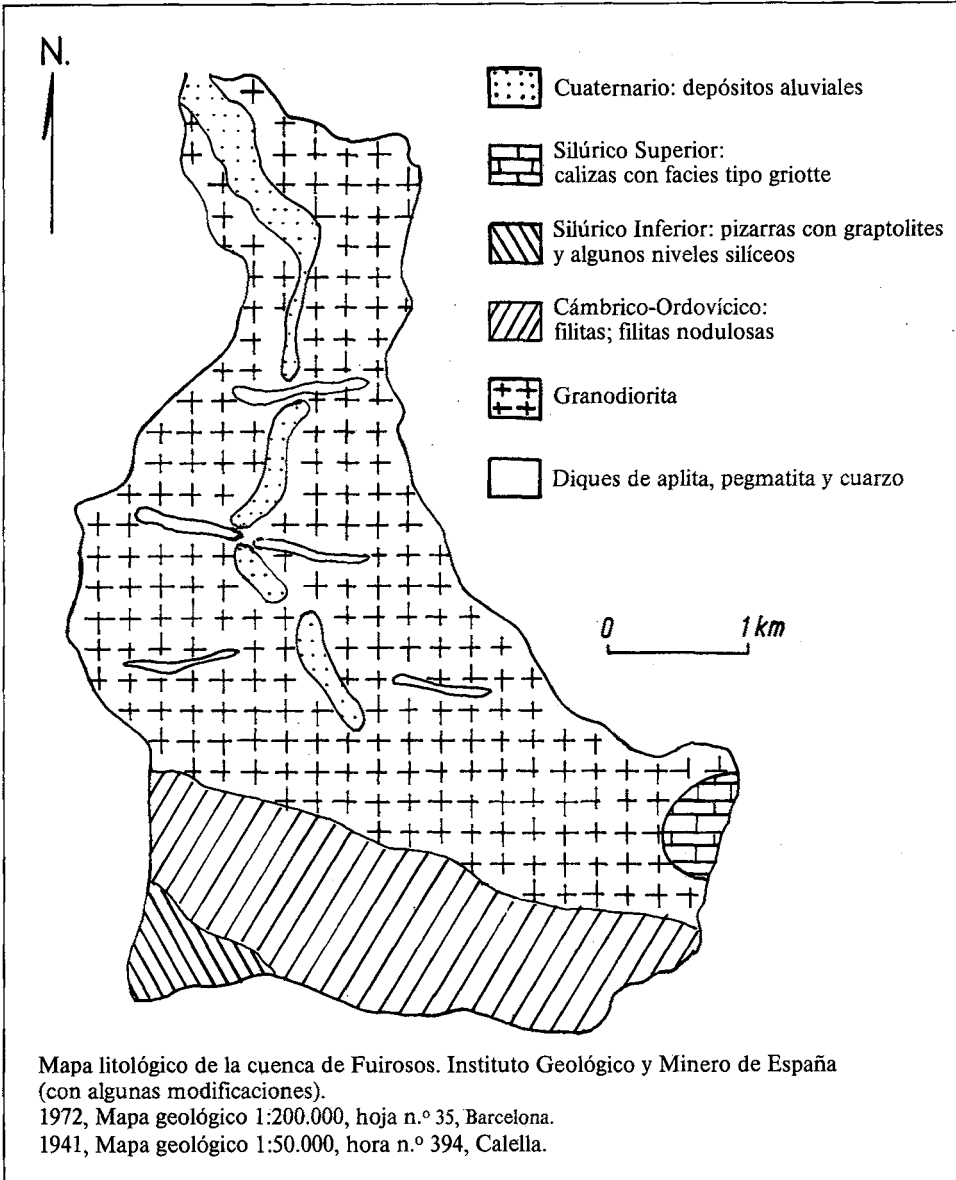


Figura 2. Mapa litológico de la cuenca de Fuirosos.

los dos perfiles llevados a cabo en septiembre de 1981. El tiempo de retardo entre el máximo de la precipitación y el máximo de la crecida fue, para 1977, de 8 horas. De la comparación entre las condiciones hidrológicas y las meteorológicas se desprende que sólo las condiciones de enero de 1977 alcanzaron valores con un período de recurrencia de tres años, mientras que para los demás eventos las condiciones han de considerarse normales, probablemente alcanzando el estado *bankfull*, es decir, el

nivel medio que puede esperarse cada 1,5 años (Dunne y Leopold, 1978). Por geometría hidráulica el nivel *bankfull* en Fuirosos ha sido calculado en 11,83 m³/s.

Relieve y drenaje. La cuenca tiene un desnivel que va desde los 80 hasta los 750 metros sobre el nivel del mar y una longitud de 12.000 metros, lo que le confiere una energía de escurrimiento elevada. El relieve interno está esencialmente determinado por las formas de disección debidas a las aguas de escurrimiento, es decir, por la abundancia de valles y de vertientes. Las vertientes de la cabecera varían en longitud de 800 a 1.000 m y en pendiente de 27° a 30°. Las vertientes de valle son múltiples y en ellas la incisión fluvial alcanza a menudo muy cerca a la divisoria de aguas, por lo que los interfluvios son estrechos, si bien de forma convexa; estas vertientes tienen longitudes que oscilan entre los 300 y los 500 m, y pendientes que van desde 23° a 27°.

Existe una marcada diferencia entre red de drenaje permanente y red de incisión, lo cual puede achacarse tanto a la torrencialidad actual como a la que debió de existir durante el Cuaternario. Sólo existen dos cursos de drenaje permanente afluentes al eje principal, y de este modo la densidad de drenaje es de 0,59 km/km². Por el contrario, si observamos la red de disección encontramos que Fuirosos es una cuenca de 5.º orden, con 548 valles de primer orden y una densidad de drenaje de 25 km/km². En realidad, la circulación permanente se mantiene con aguas muy bajas, especialmente en verano, y en algunos años puede llegar a desaparecer desde mediados de agosto hasta las primeras lluvias de septiembre.

Vegetación y suelos. La comunidad vegetal más extendida es el bosque perennifolio de alcornoques (*Quercus suber*) y pinos (*Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*), en el que se encuentran dos pisos bien desarrollados de arbustos y lianas, comunidad que se desarrolla en las vertientes graníticas y soleadas. La otra comunidad vegetal es un bosque de caducifolios compuesto por castaños (*Castanea sativa*), avellanos (*Corylus avellana*) y robles (*Quercus pubescens*), que crece en la cabecera de la cuenca y en las umbrías.

En la primera comunidad mencionada los árboles no son muy altos y la densidad que sus hojas ofrecen no es muy notable, debido a su estrechez, pero esto se compensa en parte por la existencia de abundantes arbustos en los estratos más bajos. El estrato muscinal y de hojarasca tampoco es muy denso y las hojas no se descomponen con facilidad. En el bosque de las vertientes de cabecera el estrato arbóreo es más denso por la amplitud de sus hojas y también es más denso el estrato muscinal y de hojarasca, mientras que arbustos y lianas son más escasos. Las comunidades de pinos y alcornoques se ven a veces afectadas por incendios forestales, por lo que el paisaje de esta zona siempre presenta algunos manchones de matorral más o menos abierto y que obviamente dan lugar a sectores de vertiente frente a los procesos de erosión por el agua de escurrimiento superficial. En todas las comunidades descritas, la escasez de un nivel herbáceo es factor común que hay que tener en cuenta en relación a la protección del suelo.

Los suelos están poco desarrollados, probablemente a causa del predominio de pendientes fuertes, de la sequía estival y de la torrencialidad de las lluvias. En el bosque de alcornoques y pinos el carácter de la hojarasca, estrecha, ácida y coriácea, y la relativa frecuencia de incendios son también factores restrictivos, mientras que en las vertientes de cabecera la mayor proporción de lluvia y la orientación septentrional de las mismas permite el desarrollo de un bosque caducifolio bajo el cual el suelo puede llegar a tener un horizonte A neto de aproximadamente 5 cm de espesor cubierto por una capa de mantillo.

Utilización del suelo. El uso tradicional del suelo consiste básicamente en la extracción periódica de la corteza de los alcornoques, acompañada de una tala parcial

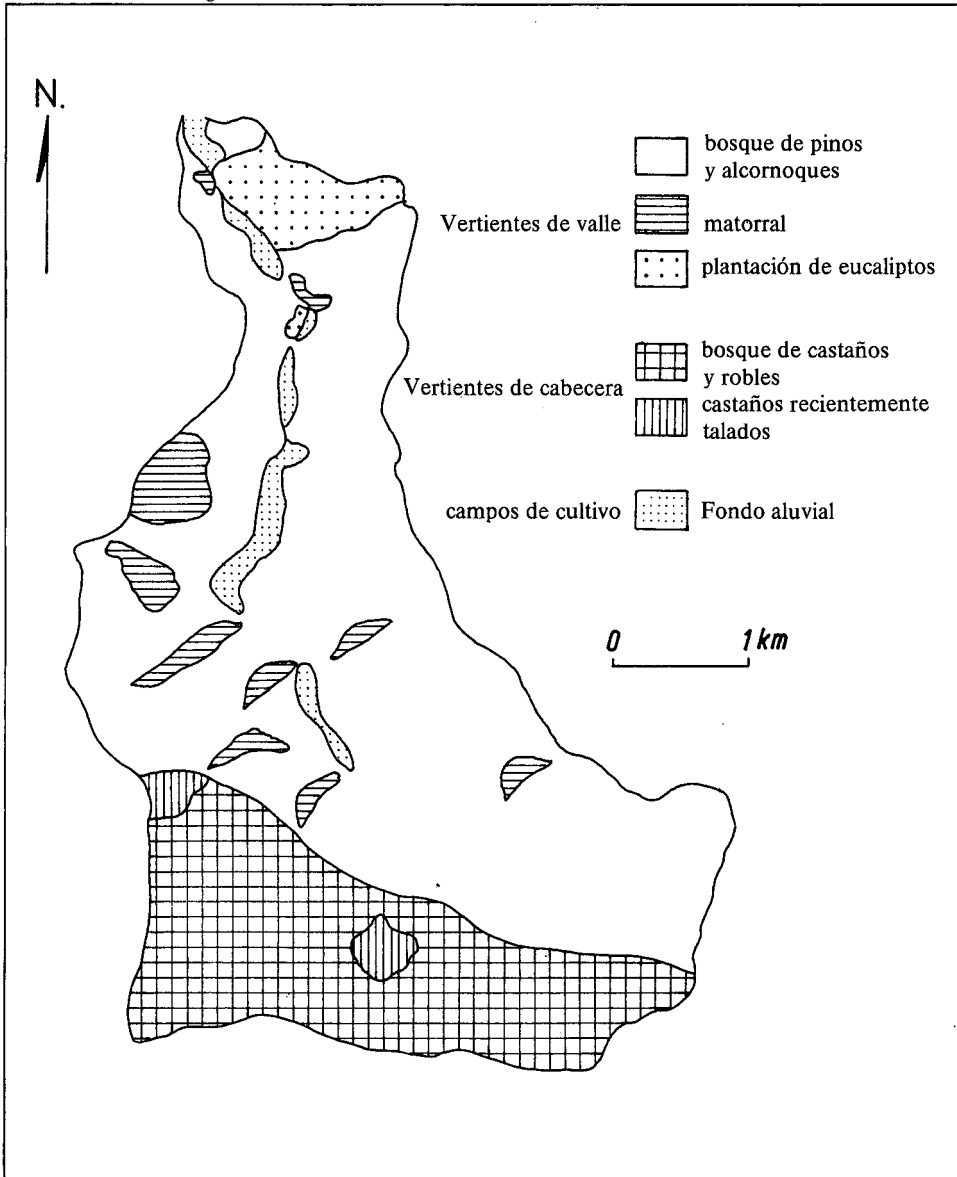


Figura 3. Cuenca de Fuirosos. Utilización del suelo.

de pinos y de matorral, lo que tiene lugar cada 10-12 años y afecta a una o dos áreas de 0,3 a 0,5 km² cada vez. En la cabecera de la cuenca, la tala de castaños en áreas de 0,08 a 0,17 km² tiene lugar cada 7-10 años. Para estos trabajos, la mecanización es mínima y afecta solamente a las vías de acceso a las parcelas.

En el estrecho y discontinuo fondo de valle y en las escasas rupturas de pendiente de las vertientes es usual la explotación agrícola.

Sin embargo, la explotación de la producción biológica ha decrecido en su conjunto, si bien en algunos casos, y después de haberse producido incendios, se ha llevado a cabo la sustitución de la comunidad natural de alcornoques por plantaciones de eucalipto, un árbol exótico cuya producción parece más provechosa debido al incremento de la demanda de celulosa.

4. Métodos de estudio

4.1. Delimitación de unidades. La tipología que hemos establecido, siguiendo las pautas explicitadas al comienzo de este trabajo, es la siguiente:

a) En base a criterios geomorfológicos, el sistema cuenca de Fuirosos puede considerarse dividido en tres unidades principales o subsistemas: 1) las vertientes de cabecera, 2) las vertientes de valle y 3) el fondo aluvial. Son éstas las unidades que ofrecen un contraste máximo dentro de la cuenca, puesto que varían en diferentes grados en cuanto a la precipitación que reciben, en la naturaleza del sustrato y en el grado de pendiente, todo lo cual repercute en su comportamiento hidrológico y con él en su potencial erosivo.

b) Si añadimos a las anteriores consideraciones las relacionadas con la colonización vegetal y con la explotación antrópica, los subsistemas de vertientes pueden a su vez dividirse en unidades más pequeñas o facies. Tendremos así que en las vertientes de cabecera pueden distinguirse dos facies: 1) el bosque caducifolio en condiciones naturales y 2) el mismo bosque en condiciones de talado reciente. En las vertientes de valle las unidades que pueden tomarse en consideración son: 1) el bosque perennifolio en condiciones naturales, 2) el mismo bosque en condiciones de descorche y limpieza del sotobosque, 3) el matorral más o menos abierto que crece en los interfluvios, en los campos abandonados o en las áreas recientemente sometidas a incendio y 4) las plantaciones de eucaliptos. El caso 2 no ha podido ser observado durante nuestro período de estudio. En el fondo de valle podemos distinguir entre 1) terrazas con campos de cultivo y 2) llanura de inundación.

La extensión de las diferentes facies varía considerablemente, pero creemos que tanto su tipo como su composición en porcentaje es bastante similar a la que puede hallarse en muchas otras áreas de las Cadenas Costeras Catalanas, especialmente en su mitad norte.

4.2. Técnicas de medición de la dinámica erosiva. Hemos establecido un plan de muestreo en unidades topológicas que intenta recoger información cuantitativa y cualitativa de las diferentes fuentes potenciales de sedimento contenidas en la cuenca.

Se han llevado a cabo mediciones de los procesos de reptación y de lavado superficial, con la ayuda de instrumentos de campo sencillos, en tres segmentos de vertiente: uno en las vertientes de cabecera, con dos estaciones de observación, a 640 y 580 m de altitud, y dos en segmentos de vertientes de valle opuestas, situadas en la parte baja de la cuenca, uno con una plantación de eucaliptos y matorral claro de reconstrucción postincendio con dos estaciones a 150 y 105 m de altitud, y otro con un bosque de alcornoques y pinos con un total de tres estaciones distribuidas desde el interfluvio hasta la parte baja de la vertiente.

La técnica de medición para la reptación se basa en los hoyos Young (1960), según la modificación propuesta por Emmett y Leopold (1967) y que ha sido explicada en detalle en otro lugar (Sala y Salvador, 1980). La medición del lavado superficial se ha hecho por medio de clavos con arandelas, según Leopold y cols. (1966) y Dun-

ne (1977), como ha sido asimismo explicado en detalle por Sala y Salvador (1980). Las estaciones se instalaron en 1977 y fueron revisadas varias veces en 1977, 1978 y 1979. El volumen y la frecuencia de algunos deslizamientos o caídas de materiales a lo largo de caminos forestales, así como los pequeños abanicos aluviales que se depositan en los caminos que cortan pequeños torrentes, han sido medidos en la vertiente estimada.

Para el control de la erosión fluvial se ha elegido un sector de la parte baja del valle, precisamente el que se encuentra entre las dos vertientes muestra en el estudio de la reptación y lavado superficial. La técnica empleada consiste en la realización periódica de perfiles transversales en dos sectores geomórficamente diferenciados, a saber, un sector rectilíneo y un sector meandriforme. Los perfiles se han realizado a intervalos anuales desde 1977, así como en algunos casos antes y después de una crecida.

También se ha llevado a cabo la evaluación de la composición granulométrica del sustrato de las diferentes unidades de muestreo por medio de tamices para la fracción gruesa y mediante la decantación y muestreo con pipeta en el caso de materiales finos. Para los materiales gruesos de la terraza y del lecho fluvial se ha medido el eje *b* de los cantos de 100 muestras extraídas de una retícula de un metro cuadrado.

5. Las vertientes de cabecera

El sector de cabecera de valle con un sustrato de filitas colonizado por el bosque caducifolio ocupa dentro de la cuenca un área de 4 km², lo cual representa un 24 % de la superficie total de la misma. Las características del sustrato consisten en la existencia de un nivel edáfico permeable (horizonte A) de 10 a 20 cm de espesor sobre una formación superficial de 20 a 50 cm de potencia. Esta formación superficial es en parte permeable a causa de la abundancia de fragmentos rocosos, pero es asimismo parcialmente impermeable y retenedora de agua debido a su matriz arcillosa. Finalmente, en la base de esta formación se halla el sustrato impermeable de las filitas. Estas características del sustrato dan lugar a que exista en estas vertientes un almacenamiento de agua comparativamente mayor que en el resto de la cuenca, así como una actividad biológica también más intensa. A pesar de todo, los salientes rocosos no son escasos, especialmente en las convexidades del terreno.

5.1. En las vertientes boscosas el resultado de la medición a lo largo de dos años de la *reptación* muestra un evidente movimiento vertiente abajo del suelo que alcanza los 8 mm en los 5 cm superiores, es decir, de 4 mm/año. Entre los 5 y los 22 cm de profundidad se observan ligeros desplazamientos laterales y en profundidad en relación a la posición vertical inicial de la línea de referencia inicial. La tasa media de reptación para esta vertiente es por tanto de 4 mm/año y el movimiento volumétrico es de 1,7 cm³/cm/año.

El valor máximo de *erosión superficial* registrado es de 12,5 mm/año, si bien en algunos puntos se ha observado una acumulación de hasta 5 mm/año. Pero la movilización de material parece muchas veces ocasionada más por el lavado subsuperficial y por la actividad biológica que por una erosión superficial. También se ha observado que una parte del material lavado es de carácter orgánico, con lo que su pérdida no implica una reducción de la vertiente y una movilización de sedimento hacia el canal fluvial, sino que es más bien el reflejo de los procesos edafogénicos, hecho similar al observado por Imeson (1974). Si estas observaciones son correctas, el valor

medio de 7,5 mm/año de reducción de vertiente no puede interpretarse como una tasa de erosión superficial real, tal como se asumió en un informe previo (Sala y Salvador, 1980).

Pequeños deslizamientos o caídas de tierras a lo largo de los caminos y en las cabeceras de los torrentes son comunes después de lluvias torrenciales, como pudo observarse en mayo de 1977. El volumen de material removido en cada deslizamiento oscila entre 0,5 y 1,3 m³ y su número en el sector de vertiente observada fue de tres. Su ocurrencia se considera relacionada con el nivel impermeable entre la formación superficial y la roca *in situ*.

También se han observado los pequeños *abanicos aluviales* debidos a los materiales acarreados por los torrentes y depositados en las rupturas de pendiente producidas por los caminos que los cortan. Estos abanicos tienen un volumen que oscila entre los 2 y los 3 m³, de los que fueron observados 3 en el área muestra.

5.2. En el área recientemente talada, aunque los trabajos no habían sido completamente terminados en el momento de realizar nuestra observación (los árboles habían sido cortados, pero no retirados todavía de la parcela), no se observaron cambios en la condición de la superficie del suelo. En esta región la tala es un trabajo manual en lo que se refiere al interior del bosque y la mayor alteración tiene lugar en los caminos de acceso, ya que por lo general éstos son agrandados, extendidos o abiertos y apisonados por el paso de los camiones, ofreciendo así un lugar privilegiado a los procesos de erosión superficial. En el interior del bosque, en cambio, la hojarasca y la evolución edáfica protegen el suelo, el cual en este estadio de los trabajos de tala no muestra signos de erosión ni de impermeabilización. Falta por observar, no obstante, si la falta de hojarasca que tendrá lugar hasta que aparezca la nueva producción de hojas por los rebrotes dejará por un tiempo el suelo sin protección, o si el ciclo será lo suficientemente rápido para mantener las condiciones generales con sólo un ligero cambio. Si se confirma que los caminos son la principal fuente de alteración del equilibrio, por ser causa de deslizamientos y de erosión superficial, la tala, aunque no afecte mucho al lavado superficial general de la vertiente, es, no obstante, una fuente de incremento o aceleración de la erosión. Hay que hacer notar, sin embargo, que los caminos, una vez dejados en desuso, son recolonizados por la vegetación aproximadamente al mismo ritmo que lo son las áreas quemadas o los campos abandonados.

6. Las vertientes de valle

Éste es el paisaje más extendido de la cuenca, en la que ocupa una superficie de 10,54 km², es decir, un 63,4 % del total de la cuenca. Es también el paisaje que más abunda en el conjunto de las Cadenas Costeras Catalanas con un sustrato granítico. El sustrato de estas vertientes es predominantemente arenoso, bien por la meteorización *in situ* de la roca, bien por la acumulación de sedimento por lavado superficial. Hay una proporción de limo y arcilla, así como la presencia de algún fragmento de roca. Se trata, en conjunto, de una formación superficial cohesiva pero permeable, con un nivel edáfico poco desarrollado y que no supera los 10 cm de espesor. Está colonizada por un bosque de alcornoques y pinos. Pero dentro de esta unidad hay varias pequeñas áreas dispersas con matorral, resultado de quemadas o de cultivos abandonados. Otras áreas con un recubrimiento vegetal pobre son las que han sido aclaradas de sotobosque para facilitar el descorche de los alcornoques. Estas áreas de vegetación baja y más o menos clara constituyen el 5 % del total de la cuen-

ca y un 7,8 % del total de las vertientes de valle, con una superficie de 0,83 km². Otra área bien diferenciada dentro del ámbito de las vertientes de valle es una plantación de eucaliptos de 0,60 km² de superficie, esto es, el 3,6 % del área de la cuenca y el 5,6 % de las vertientes de valle.

6.1. En las **vertientes con bosque** las mediciones de *reptación* han arrojado valores medios de 2 mm/año para los 5 cm superiores del suelo en tres años de observación. El desplazamiento del suelo es gradual desde la superficie hasta los 5 cm, produciéndose a partir de aquí un ángulo agudo, es decir, una disminución brusca del movimiento; no se ha registrado ningún otro signo de movimiento en los 40 cm subyacentes.

El valor de la *erosión superficial* es de 5 mm/año y, contrariamente a lo que ocurre en las vertientes de cabecera, en este caso el material lavado es en su casi totalidad de naturaleza inorgánica. Las hojas muertas de pino y de alcornoque no forman una cubierta continua sobre el suelo ni se hallan integradas al sistema edáfico, debido a que no se descomponen con rapidez; el agua de lluvia se filtra a través de ellas y lava el material subyacente. Cuando este material es arena fina, hemos observado que se moviliza aproximadamente a una distancia de un metro vertiente abajo de los troncos de los árboles. También se ha observado en esta área la movilización de fragmentos de 5-20 mm.

El *lavado subsuperficial* o hipodérmico no es tan aparente como en las vertientes de cabecera. Dos son las razones principales que pueden explicarlo: 1) la falta de un horizonte A bien desarrollado en el suelo, y 2) la poca diferencia en permeabilidad entre la formación superficial compacta y el granito meteorizado subyacente, por lo cual no existe un nivel claro a lo largo del cual se dé un cambio en la dinámica del agua y sea el motor de los deslizamientos.

6.2. En el **área de matorral** la *reptación* registrada tiene un valor medio de 1,3 mm/año cerca de la superficie y este valor se reduce de forma gradual hasta aproximadamente los 10 cm de profundidad. En este caso no aparece un límite claro en el movimiento, lo cual es evidentemente debido a la falta de desarrollo de este suelo a causa de un incendio reciente y de la subsiguiente erosión.

El *lavado superficial* registrado es, por el contrario, más alto que el hallado en las vertientes con bosque, con 8,3 mm/año de denudación media, si bien en algunos puntos se ha registrado una acumulación de 0,7 mm. En todo caso, estos valores son inferiores a los esperados; la localización de esta estación en la parte alta de la vertiente quizás explique esta cantidad relativamente baja para un área con vegetación clara, al mismo tiempo que explica la escasez de abarrancamientos.

6.3. La **plantación de eucaliptos** se ha llevado a cabo por medio de la construcción de bancales en el sentido de las curvas de nivel. Desgraciadamente, los clavos que se instalaron en este lugar quedaron en una posición visible a causa de ser ésta un área sin matorral y con los arbolitos regularmente espaciados, por lo que muchos de ellos se han perdido. Pero la erosión alrededor de los troncos y los pequeños pilares de arena conservados bajo la protección de fragmentos de roca indican tasas de erosión muy altas comparadas con las observadas en las demás unidades.

Un abarrancamiento de aproximadamente un metro que cruza la parcela llegó a construir en su desembocadura junto al camino principal un abanico aluvial de 3 m³ de arenas durante el chubasco de mayo de 1977. El abanico aluvial de un segundo barranco fue barrido por las aguas de la riera o dispersado por el camino.

Comparado con la vertiente opuesta colonizada por el bosque, se hace notar aquí una diferencia importante, y es la de que en la vertiente con eucaliptos el sedimento de la parte alta de la vertiente llega al curso principal después de cada tormenta a través de los abarrancamientos, mientras que el sedimento que se moviliza en las vertientes con vegetación natural lo hace sólo en manchones de aproximadamente un metro, como se ha podido observar por el material removido alrededor de los troncos de árboles o de los clavos instalados a este fin. También hay que hacer notar que en caso de que no existiera un camino a lo largo del fondo de valle, la vertiente de eucaliptos correspondería a una vertiente socavada en su base por el curso fluvial, lo que evidentemente incrementaría su potencial erosivo.

7. La llanura aluvial

Este paisaje ocupa, dentro de la cuenca, una superficie de 0,4 km², y corresponde a un 2,4 % de la superficie total de la misma. La llanura aluvial aparece con carácter discontinuo a lo largo del eje fluvial, es decir, que en muchos sectores, prácticamente la mayoría, excepto en el curso bajo, el trabajo de las aguas es esencialmente de transporte y erosión en el lecho rocoso. En los lugares del curso bajo donde hay acumulaciones de depósitos fluviales, aparecen casi siempre los restos de uno o dos antiguos niveles o terrazas, en los que se encaja el lecho aluvial actual. La anchura máxima del fondo de valle cubierto por depósitos fluviales es de 200 m, si bien en el trozo estudiado la anchura alcanza sólo los 120 m, de los que 63 pertenecen a la llanura aluvial actual. Los materiales de este lecho son en su mayor parte guijarros, mientras que el banco de la terraza tiene una estructura mixta, con los 20-30 cm de la parte superior compuestos por materiales finos areno-limosos y la parte inferior con materiales gruesos similares a los del lecho por entre los cuales la matriz es escasa y arenosa. Esta estructura comporta una resistencia a la erosión que es diferente en cada uno de los niveles del banco; una parte inferior bastante suelta y poco compactada, fácilmente erosionable, y una parte superior bien cohesionada que resiste mejor la fuerza erosiva de las aguas. Así pues, desde el punto de vista sedimentológico se dan los elementos necesarios para que se produzca sin dificultad un socavamiento basal del margen aluvial y el posterior hundimiento del mismo.

7.1. Sector rectilíneo. La sección de canal estudiada tiene una anchura de 13,5 m en la parte superior del banco y una profundidad máxima de 1,7 m. La forma del canal es convexa en la margen derecha y cóncava en la margen izquierda, por lo que hay que esperar que se produzca erosión en la segunda y acumulación en la primera; también existe una pequeña barra arenosa central. La evolución de la sección se correlaciona bien con el ritmo de precipitaciones y de crecidas hidrológicas. Así, encontramos que en 1977, a raíz de la crecida del mes de mayo, que fue del tipo *bank-full*, alcanzó el nivel superior del canal, la erosión del banco fue de 0,5 m, además de producirse 0,6 m de socavamiento basal, es decir, en total una erosión de 1,1 m. La siguiente crecida (1979), que alcanzó niveles más bajos que la de 1977, produjo una erosión de 0,2 m y un socavamiento de 0,7 m. La revisión del perfil llevada a cabo en septiembre de 1981 muestra una erosión de 0,2 m en el banco y un socavamiento de 0,7 m. Así pues, el balance erosivo de esta sección es de 0,2 m año para el banco y de 0,3 m año de socavamiento; este socavamiento es el que producirá, en un momento determinado, un retroceso notable del banco. Por otro lado, la comparación de perfiles muestra que, si bien la margen izquierda sufre una erosión progresiva, al mismo tiempo se produce una acumulación en la base de la margen derecha,

y que el valor de ambas se equilibra aproximadamente. Tenemos por tanto un caso claro de equilibrio dinámico en el que se mantienen las características del canal al mismo tiempo que se produce un desplazamiento del mismo. Ésta es precisamente la forma en que se construyen las llanuras aluviales, con una dinámica en la que intervienen la erosión, la acumulación y la movilidad del canal por entre los aluviones, los cuales son transportados y redistribuidos por un determinado trecho en cada crecida.

7.2. Sector meandriforme. Esta sección, situada aproximadamente en el eje de un meandro y con una barra central muy desarrollada, tiene una anchura máxima de 28,5 m. De los dos canales situados a ambos lados de la barra, sólo el derecho es realmente funcional, y mide 16,6 m de anchura y 0,7 m de profundidad máximas. La barra central está colonizada por vegetación, lo que prueba su estabilidad en relación a las crecidas normales. La crecida de 1977 produjo una erosión del banco derecho de aproximadamente 2,5 m. En 1981 el retroceso total del banco era de 4,2 m, mientras que la barra central presentaba un acrecentamiento vertical de 0,4 m y el canal lateral una acumulación de unos 0,3 m. Tenemos, por tanto, para esta sección de canal de meandro, una media anual de erosión de 1,0 m, es decir, el doble de la que se registra en el sector rectilíneo. También aquí parece existir un balance entre el material erosionado en la margen y acumulado en la barra y en el canal lateral, si bien también parece apreciarse un ligero incremento del área del canal. La socavación basal en el nivel aluvial con cantos rodados en matriz arenosa es asimismo muy notable en esta sección, aunque no se refleje en el perfil estudiado.

En conjunto, los datos obtenidos en Fuirosos se ajustan bien a los datos publicados por Hooke (1980) sobre erosión en bancos fluviales, aunque los valores de erosión para una sola crecida son altos en comparación a lo que ocurre en cursos de agua de zonas templado-húmedas.

8. Conclusiones

El estudio de la dinámica erosiva en las diversas unidades de paisaje de la cuenca de Fuirosos da una idea aproximada del tipo y del valor de la evolución que puede esperarse de este medio mediterráneo, al mismo tiempo que prueba la existencia de diferencias marcadas dentro del mismo, fundamentalmente a causa de las diferentes características de las formaciones superficiales y del uso del suelo por el hombre.

En los paisajes de las vertientes de cabecera, bajo condiciones naturales, predominan los movimientos en masa lentos y el escurrimiento subsuperficial. La intervención humana mediante la tala de bosque, pero especialmente por la construcción de caminos, provoca movimientos en masa rápidos a lo largo de las rupturas de pendiente. Durante las épocas de tala pueden tener lugar además procesos de escurrimiento superficial.

Los paisajes de las vertientes de ladera, en condiciones naturales, se caracterizan por los movimientos en masa lentos y por el escurrimiento superficial, aunque ambos de poca magnitud. La intervención humana provoca un incremento notable del escurrimiento superficial, tanto mayor cuanto más alto sea el grado de destrucción de la vegetación.

Por lo que se refiere a los paisajes aluviales, su dinámica natural consiste en la movilidad lateral del cauce y el desplazamiento aguas abajo del material aluvial. La intervención humana puede propiciar un ahondamiento del lecho si se trata de la extracción de áridos, y una disminución de la movilidad de los bancos laterales si se trata de la construcción de muros de contención naturales.

Las tasas de *reptación* (4 mm/año en el bosque caducifolio, 2 mm/año en el bosque perennifolio, y 1,3 mm/año en el matorral) y el tipo de movimiento (en los 5 cm superiores y sin paso gradual en profundidad) muestran la relación que existe en este caso entre este movimiento en masa y la dinámica del suelo. Las tasas registradas son similares a las observadas en otros medios semiáridos (Leopold y cols., 1966; Leopold y Emmett, 1972; Lewis, 1975) y en medios templados (Leopold y Emmett, 1972). No obstante, difieren de algunos de los datos obtenidos en otros medios mediterráneos, en los que se han registrado tasas de movimiento más altas (Young, 1974), siendo posible que en ello hayan influido factores locales. El tipo de movimiento vertiente abajo concuerda bien con la teoría sobre reptación del suelo (Kirkby, 1967).

Las mediciones de *lavado superficial* indican una reducción del sustrato, que varía entre 12,5 y 5,00 mm/año. Los valores más altos se han registrado en las vertientes de cabecera, pero por las características observadas en el suelo se atribuyen más a un lavado subsuperficial y al lavado de materia orgánica que a la erosión de materia mineral. Por tanto, donde el lavado resulta ser realmente más importante es en las áreas de matorral de las vertientes de valle (5 mm/año). La movilización de material tiene carácter discontinuo tanto en el tiempo como en el espacio.

La ocurrencia de *pequeños deslizamientos y caídas de materiales* aparece estrechamente relacionada con el escurrimiento subsuperficial y se da con mayor frecuencia en las vertientes de cabecera, en las que se da un notable contraste de permeabilidad entre el regolito y las filitas subyacentes; el contenido más elevado en limo y arcilla también influye positivamente en la ocurrencia de este movimiento, el cual está estrechamente relacionado con las rupturas de equilibrio producidas por el trazado de caminos o la erosión regresiva de la incisión fluvial.

La explotación del suelo mediante la plantación de eucaliptos es causa de una alteración notable de la dinámica de la vertiente, ya que incrementa en gran manera el escurrimiento superficial, tanto difuso como concentrado. Su incidencia en la producción total de sedimento de la cuenca es muy alta, no sólo por la cantidad de material erosionado, sino porque, a diferencia de lo que ocurre en el lavado superficial de las laderas con bosque y sotobosque, el material removido llega hasta el curso fluvial en el curso de cada tormenta en vez de avanzar unos pocos centímetros ladera abajo en cada evento.

En conjunto puede decirse que los principales procesos dinámicos que caracterizan a las diferentes unidades son el escurrimiento subsuperficial y los movimientos en masa en las vertientes de cabecera, y el lavado superficial en las laderas de valle. Esta diferencia se atribuye a la diferencia en la dinámica del agua por la vertiente. En la cabecera, la heterometría de la formación superficial favorece la permeabilidad y también la movilización subsuperficial, o sea por entre el suelo, de los materiales finos, un hecho similar al observado en otros medios (Hack y Goodlett, 1960; Slaymaker, 1972). En las vertientes de valle, la homometría y el pequeño calibre del material hacen que exista poca porosidad, que la formación superficial tenga un carácter compacto y que provoque por ello la circulación superficial por impermeabilidad. En la cabecera, un mayor grado de humedad hace que el recubrimiento vegetal sea más elevado, favoreciendo con ello no sólo la protección del suelo del impacto de las gotas de lluvia, sino una mayor permeabilidad por un horizonte edáfico mejor desarrollado. Las rupturas de pendiente, sean caminos, barrancos o terraplenes, tienden a incrementar la tasa de ocurrencia de cualquiera de los procesos dominantes.

Por lo que se refiere a la dinámica fluvial, se han encontrado tasas de erosión altas en los márgenes cóncavos de los bancos (0,5 cm/año en una sección recta y

1,0 cm/año en una sección meandriforme) y acumulación en los márgenes convexos o en barras centrales. Los valores de la erosión fluvial son de un orden de magnitud mucho más elevado que los de la erosión de vertientes. La dinámica fluvial consiste en la movilización valle abajo de los materiales acumulados en la llanura aluvial, si bien el canal fluvial mantiene aproximadamente igual el área de su sección, tal como de hecho corresponde a una corriente que está en equilibrio con las condiciones hidrológicas de su ambiente climático (Leopold, Wolman y Miller, 1964). Las diferencias de erosión entre áreas cercanas son también un hecho generalmente establecido (Lepold, 1973; Hooke, 1980). Puesto que la erosión observada corresponde a crecidas que ocurren aproximadamente cada dos años y no sobrepasan la capacidad del cauce (nivel *bankfull*), puede decirse que la dinámica observada en estos años es de una magnitud y frecuencia usual para esta área, o sea la que de hecho es responsable de los rasgos básicos de todo modelado (Wolman y Miller, 1960). Aquí el trabajo geomorfológico de las aguas fluviales ocurre menos a menudo, pero más intensamente que en medios templados (Hooke, 1980), pero también más a menudo y menos intensamente que en medios semiáridos (Thornes, 1976).

La discontinuidad en el tiempo y en el espacio de los procesos de erosión en general (Tricart, 1962) y de los procesos fluviales en particular (Tricart, 1958; Leopold, Wolman y Miller, 1964) se pone claramente de relieve en la cuenca de Fuirosos, no sólo a través de los datos de la dinámica de vertientes, sino también de las observaciones de la dinámica fluvial.

El papel que la intervención humana desempeña en los procesos de erosión no consiste realmente en provocar un cambio de dirección de la dinámica natural del paisaje, sino que se trata más bien de provocar una aceleración del proceso o procesos que ya el medio y sus condiciones ecológicas predeterminan. De ahí el interés en conocer, de la manera más exhaustiva posible, los procesos geomorfológicos tal y como se producen de manera espontánea en un paisaje dado, para así poder predecir el comportamiento erosivo de la misma en función de una posible intervención humana.

Bibliografía

- BARSCH, D. y MAÜSBACHER, R.: *Geomorphological and Ecological Mapping*. «Geo Journal», 3, 4, 1979, pp. 361-370.
- BERTRAND, G.: *Pour une étude géographique de la végétation*. «R.G.P.S.O.», 37, 1966, pp. 129-135.
- BERTRAND, G.: *Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique*. «R.G.P.O.S.», 39, 1968, pp. 249-271.
- BERTRAND, G.: *Écologie de l'espace géographique*. «C.R. Soc. Biogéographique», 406, 1969, pp. 195-205.
- BERTRAND, G.: *Les structures naturelles de l'espace géographique. L'exemple des Montagnes Cantabriques centrales*. «R.G.P.S.O.», 43, 1972, pp. 175-206.
- BERUTCHACHVILI, N. y PANAREDA, J. M.: *La ciencia del paisaje en la Unión Soviética. El estudio de los geosistemas en la estación de Martkopi (Georgia)*. «Revista de Geografía», XI, 1977, pp. 23-36.
- BOLÒS, M. de: *Paisaje y ciencia geográfica*. «Estudios geográficos», XXXVI, 1975, pp. 138-139, 93-105.
- BOLÒS, M. de: *Los paisajes de La Conreria y Begues*. En 1.º Coloquio de Paisaje y Geosistema, Barcelona, 1980 (resúmenes de las comunicaciones).
- BOLÒS, M. de: *Problemática actual de los estudios de paisaje integrado*. «Revista de Geografía», XV, 1981, pp. 45-68.

- CARSON, M. A. y KIRKBY, M. J.: *Hillslope Form and Process*, Londres, Cambridge Univ. Press, 1972.
- CHORLEY, R. J.: *The drainage basin as the fundamental geomorphic unit*. En R. J. Chorley (dtor.), *Water, Earth and Man*, pp. 77-79.
- CHORLEY, R. J. y KENNEDY, B. A.: *Physical Geography. A systems approach*, Londres, Prentice Hall, 1971.
- DALRYMPLE, J. B., BLONG, R. J. y CONACHER, A. J.: *A hypothetical nine-unit landsurface model*. «Z. Geomorph.», 12, 1968, pp. 60-76.
- DOLLFUS, O. y KAISER, B.: *Experimentation de terrain et mesures climatiques associées dans les Alpes Françaises (Briançonnais, Chambéryron, Vanoise)*. «Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica», XIII, 1979, pp. 57-79.
- DUNNE, T.: *Evaluation of erosion conditions and trends*. En S. H. Kunkle (dtor.), *Guidelines for watershed management*, FAO Conservation Guide, 1, 1977, pp. 53-63.
- DUNNE, T. y LEOPOLD, L. B.: *Water in Environmental Planning*. San Francisco, Freeman, 1978.
- EMMETT, W. W. y LEOPOLD, L. B.: *On the observation of soil movement in excavated pits*. «Rev. Geomorph. Dyn.», 17 (4), pp. 157-158.
- E.Q.U.I.P.: *La acción humana en el paisaje: el caso de la Conreria (Cordillera Litoral Catalana)*, «Revista de Geografía», IX, 1975, pp. 5-34.
- E.Q.U.I.P.: *Las unidades de paisaje a escala 1:200.000 en el sector de Olot (La Garrotxa)*. En III Coloquio Ibérico de Geografía, Barcelona 1983 (Resúmenes de las comunicaciones), p. 14.
- FROELICH, W., KLIMEK, K. y STARKEL, L.: *The holocene formation of the Dunajec Valley floor within the Beskid Sadecki in the light of flood transport and sedimentation*. «Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica», VI, 1972.
- GARCÍA LANCETA, L.: *Els medis naturals dels Ports de Beseit*, «Notes de Geografia Física», 7, 1982, pp. 17-21.
- GERLACH, T.: *Evolutions actuelles des versants dans les Carpathes, d'après l'exemple d'observations fixes. L'evol. des versants*. Lieja, 1967, Slopes Comm. Report., 1967, pp. 129-138.
- GRAU, R.: *Historiografía y paisaje*. I Coloquio de Paisaje y Geosistema, Barcelona, 1980 (actas).
- GRAU, R. y SALA, M.: *Para un esquema histórico del pensamiento geomorfológico*. II Coloquio Ibérico de Geografía. Lisboa, 1980. Resumos das Comunicações, pp. 114-115.
- GRAU, R. y SALA, M.: *Evolución de las doctrinas geomorfológicas*, en III Coloquio Ibérico de Geografía, Barcelona, 1983. Resúmenes de las Comunicaciones, p. 5.
- HAASE, G.: *Zur Methodik grossmassstäbiger landschaftsökologischer und naturräumlicher Erkundung*, «Wiss. Abh. Geogr. Ges. d. DDR», 5, 1967.
- HACK, J. T. y GOODLETT, J. C.: *Geomorphology and forest ecology for a mountain region in the central Appalachians*. «U.S. Geol. Survey Prof. Paper», 347, 1980.
- HOOKE, J. M.: *Magnitude and distribution of rates of river bank erosion*. «Earth Surface Processes», 5, 1980, pp. 143-157.
- HORTON, R. E.: *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. «Geol. Soc. Amer. Bull.», 56, 1945, pp. 275-370.
- HUDSON, N. W.: *Soil conservation*. Londres, Batsofrd, 1971.
- IMESON, A. C.: *The origin of sediment in a moorland catchment with particular reference to the role of vegetation*. «Inst. British Geog.» Spec. Pub., 65, 1974, pp. 59-72.
- JANH, A.: *Importance of soil erosion for the evolution of slopes in Poland*. «Slope. Comm. Rep.», 3, 1963, pp. 229-238.
- KING, L.: *Morphology of the Earth*. Edimburgo, Oliver and Boyd, 1962.
- KIRKBY, M. J.: *Measurement and theory of soil creep*, «J. Geol.», 75, 1967, pp. 359-378.
- KLIMEK, K. y STARKEL, L.: *History and actual tendency of flood plain development at the border of the Polish Capatians*. Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math. Phys., III, 29, 1974, pp. 185-197.
- KONDRAKI: *Das Problem der Taxonomie der naturräumlichen Einheiten*. «Wiss. Veröff», N. F. 23-24, 1966, pp. 15-21.
- LEOPOLD, L. B.: *River channel change with time: an exemple*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 84, 1973, pp. 1.845-1.860.

- LEOPOLD, L. B., EMMETT, W. W. y MYRICK, R. W.: *Channel and hillslope processes in a semi-arid area, New Mexico*, «U.S. Geol. Survey Prof. Paper», 1966, p. 325-G.
- LEOPOLD, L. B. y EMMETT, W. W.: *Some rates of geomorphological processes*. «Geographia Polonica», 23, 1972, pp. 27-35.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. y MILLER, J. F.: *Fluvial processes in Geomorphology*. San Francisco, Freeman, 1964.
- LESER, H.: *Landschaftsökologie*. Ulmer, UTB, 1976.
- LESER, H.: *Quantifizierungsprobleme der Landschaft und der landschaftlichen Ökosysteme*, «Landschaft Stadt», 3, 1978, pp. 107-114.
- LEWIS, L. A.: *Slow slope movement in the dry tropics: La Paguera, Puerto Rico*. Z. Geomorph., 19, 1975, pp. 334-339.
- MARTÍN VIDE, J.: *Características climatológicas de la precipitación en la franja costera mediterránea de la Península Ibérica* (Tesis doctoral), Barcelona, Depto. de Geografía, Univ. de Barcelona, 1982.
- MOLDENHAUER, W. C. y FOSTER, G. R.: *Empirical studies of soil conservation techniques and design procedures*. En R. P. C. Morgan (ed.), *Soil Conservation. Problems and prospects*, Wiley, 1981, pp. 13-30.
- MORAN, F.: *Guide de l'excursion Saint-Cloud et Cessières (Aisne)*. Paris Symposium, International Geographical Union, Commission on Field Experiments in Geomorphology, París, 1978.
- NEEF, E.: *Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung*, «Peter. Geogr. Mitt.», 107, 1963, pp. 249-258.
- NEEF, E., RICHTER, H., BARSCH, H. y HAASE, G.: *Contribution à la mise au point terminologique relative a la recherche sur les paysages*. Traducción de J. CICCHINI, Lab. Intergeo, París, 1973-7.
- PANAREDA, J. M.: *Estructura y dinámica del paisaje del Montseny*. Tesis de licenciatura. Depto. Geogr. Univ. Barcelona, 1973.
- PANAREDA, J. M.: *Estudio de paisaje integrado: Ejemplo del Montseny*, «Revista de Geografía», VII, 1973, pp. 157-165.
- PANAREDA, J. M.: *Introducció a la Ciència del Paisatge*. «Documents d'estudi», 1, 1979, pp. 1-49.
- PANAREDA, J. M.: *La biogeografía y el estudio del paisaje*. I Coloquio de Paisaje y Geosistema. Barcelona, 1980. Resúmenes de las Comunicaciones.
- RICHTER, H.: *Naturräumliche Ordnung*. «Wiss. Abh. Geogr. Ges. der DDR», 1967, n.º 5.
- ROUGERIE, G.: *Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire Forestière*. Mém. I.F.A.N., 58, Dakar, 1960.
- ROUGERIE, G.: *Géographie des paysages*. P.U.F., París, 1969.
- SABI, J.: *Los geosistemas del Macizo de Sant Llorenç de Munt*, «Notes de Geografía Física», 6, 1981, pp. 11-20.
- SALA, M.: *La organización del espacio natural en Les Gavarres: un estudio de geografía física integrada*. Tesis de licenciatura. Depto. de Geogr., Univ. de Barcelona, 1977.
- SALA, M.: *Bases para el estudio de los procesos geomorfológicos actuales en una pequeña cuenca mediterránea*. Actas V Coloquio de Geografía, Granada, 1977, pp. 151-153.
- SALA, M.: *Depósitos periglaciares y explotación biológica en el macizo del Montnegre*, «Revista de Geografía», XII-XIII, 1978-79, pp. 45-48.
- SALA, M.: *La geomorfología y el estudio del paisaje*. I Coloquio de Paisaje y Geosistema, Barcelona, 1980. Resúmenes de las comunicaciones.
- SALA, M.: *Geomorphic processes in a small mediterranean drainage basin (Catalan Ranges)*, «Trans. Japanese Geomor. Union», 2, 1981, pp. 239-251.
- SALA, M.: *Datos cuantitativos de los procesos geomórficos fluviales actuales en la cuenca de la riera de Fuirosos (Montnegre, Macizo Litoral Catalán)*, «Cuadernos de Investigación Geográfica», VIII, 1982, pp. 51-68.
- SALA, M.: *Metodología para el estudio y medición de los procesos d erosión actuales*, «Notes de Geografía Física», 8, 1982, pp. 39-56.

- SALA, M. y SALVADOR, F.: *Mediciones de reptación y lavado superficial en la cuenta de la riera de Fuirosos (Montnegre, Macizo Litoral Catalán). Métodos y resultados*, «Revista de Geografía», XIV, 1980, pp. 17-25.
- SALA, M. y SALVADOR, F.: *Dos reuniones de la Comisión de la U.G.I. Experimentos de campo en geomorfología*, «Revista de Geografía», XIV, 1980, pp. 96-103.
- SCHUMM, S. A.: *The Fluvial System*, John Wiley, 1977.
- SEILER, W.: *Mebeinrichtungen zur quantitativen Bestimmung des Geoökofaktors Bodenerosion in der topologischen Dimension auf Ackerflächen im Jura (südöstlich Basel)*, «Catena», 7, 1980, pp. 233-250.
- SLAYMAKER, O.: *Patterns of present sub-aerial erosion and landforms in mid-Wales*, «Trans. Inst. British Geogr.», 55, 1972, pp. 47-68.
- SOLÉ SABARÍS, L. y LLOPIS LLADÓ, N.: *Geografía física: el relieve*, en M. de Terán (dtor.), *La Península Ibérica*, I, Muntaner y Simón, Barcelona, 1952.
- STRAHLER, A. N.: *Dynamic basis of geomorphology*, «Geol. Soc. Amer. Bull.», 63, 1952, pp. 923-938.
- STRAHLER, A. N.: *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel network*. En V.T. Chow (dtor.), *Handbook of Applied Hydrology*, 1964, pp. 4-39, 4-76.
- TORHNES, J.: *Semi-arid erosional systems: Case studies from Spain*. London School of Economics, Dept. of Geogr., Occ. Paper 7, 1976.
- TRICART, J.: *La géomorphologie et la pensée marxiste*. «La Pensée», 69, 1956, pp. 55-76.
- TRICART, J.: *Étude de la crue de la mi juin 1957 dans les vallées du Guil, de l'Ubaye et de la Cervette*. «Rev. Géogr. Alpine», 4, 1958, pp. 565-627.
- TRICART, J.: *Les discontinuités dans les phénomènes d'érosion*, «Bull. A.I.H.S.», 59, 1962, pp. 233-243.
- TRICART, J.: *Le modelé des régions seches*. París, 1969. S.E.D.E.S.
- TRICART, J.: *La géomorphologie dans les études intégrées d'aménagement du milieu naturel*, «Ann. Géogr.», 82, 1973, pp. 421-453.
- TRICART, J.: *Le modelé des régions chaudes*. París, 1974, S.E.D.E.S.
- TRICART, J.: *Paysage et Écologie*, «Rev. Geomor. Dyn», XXVIII, 1979, pp. 81-95.
- TRICART, J. y CAILLEUX, A.: *Le problème de la classification des faits géomorphologique*, «Ann. de Géogr.», LXV, 1956, pp. 162-186.
- TRICART, J. y CAILLEUX, A.: *Introduction à la géomorphologie climatique*. París, S.E.D.E.S.
- TRICART, J. y KILIAN, J.: *L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel*. París, 1979, Maspero.
- TROLL, C.: *Luftbildplan und ökologische Bodenforschung*, «Z. Ges. Erdk. Berl.», 1939, pp. 241-298.
- TROLL, C.: *Die geographische Landschaft und ihre Erforschung*, «Studium gen.», 3, 1950, pp. 163, 181.
- VOGT, H. (dtor.): *Erosion agricole des sols, Problèmes de méthode. Applications en Alsace*, «Recherches géographiques à Strasbourg», 9, 1978.
- VOGT, H. y VOGT, T. (dtors.): *Comptes-Rendus. Colloque sur l'érosion agricole des sols en milieu tempéré méditerranéen*. Strasbourg, Laboratoire de Géographie physique, 1979.
- WOLMAN, M. G. y MILLER, J. P.: *Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes*, «J. Geol.», 68, 1960, pp. 54-74.
- WRIGHT, R. L.: *An examination of the value of site analysis in field studies in Tropical Australia*, «Z. Geomorph.», 17, 1973, pp. 156-184.
- YOUNG, A.: *Soil movement by denudational processes on slopes*. «Nature», 188, 1960, pp. 120-122.
- YOUNG, A.: *Slopes*. Edimburgo, Oliver and Boyd, 1972.
- YOUNG, A.: *The rate of slope retreat*. «Inst. British Geog. Spec. Pub.», 7, 1974, pp. 65-78.

Résumé: Géocologie du paysage dans la Chaîne côtière catalane

Un bref regard sur les tendances suivies par les géographes actuels concernant les paysages naturels, confirme la coïncidence de certaines méthodes et techniques utilisées dans la ligne géo-écologique de l'école allemande et celles développées par la géomorphologie quantitative-expérimentale.

Ainsi, les études géo-écologiques montrent les observations et méditations des processus géomorphiques dans des aires déterminées et homogènes, dénommées unités topologiques, lesquelles sont considérées comme représentatives de plus amples ensembles ou géo-systèmes.

Le but de ces observations étant de déterminer la dynamique de ces unités, l'observation se centre sur le géo-facteur érosion, lequel est considéré comme étant le plus important pour démontrer le grade de stabilité du système, et comme étant également celui présentant intérêt plus immédiat.

Pour mieux illustrer l'étude géo-écologique d'un paysage, nous présentons l'exemple réalisé dans un secteur de la moitié nord de la Cordillère du Litoral Catalan. L'utilisation de concepts géomorphologiques pour la délimitation des unités plus spécialement en ce qui concerne le système du bassin fluvial, présente trois unités fondamentales: les haut-versants, les versants de la vallée et le fond alluvial.

Pour étudier la dynamique érosive de chaque unité, on utilise des techniques simples de mesure du terrain. Les observations quantitatives réalisées pendant quatre années, nous permettent de connaître les taux de chaque processus et d'établir ainsi pour chaque unité, les types et valeur de sa dynamique caractéristique.

À partir de ces données, nous pouvons déduire les caractéristiques dynamiques d'une grande partie des aires paléozoïques de la Cordillère du Littoral.

Abstract: Geology of landscape in the Catalan coastal range

A quick review of the main trends that geographers follow nowadays in the study of natural landscapes reveals the close relationship between some of the methods and techniques used by the geo-ecological line of the German school and those developed by modern quantitative-experimental geomorphology. So, in geo-ecological studies, observations and measurements of geomorphic processes in exact and homogeneous areas, known as topological units, which are considered representative of broader units or geo-systems, are carried out. Since the aim of these observations is to determine the dynamics of these units, the observation concentrates on the erosion geo-eco-factor, which is considered the most important in the degree of stability of the system and also the one that may have a more immediate interest for application. To illustrate the geo-ecological approach properly in a landscape study, an example carried out in an area of the northern half of the Catalan littoral mountain range is given. In the example the use of geo-morphological concepts in unit delimitation criteria, especially those related to the basin system, helps us distinguish three fundamental units: the headwater slopes, the valley slopes and the alluvial floor. Simple field measurement techniques are being used to study the erosive dynamics in each unit. The quantitative observations carried out for a period for four years allow us to assess the value of each one of the processes and allow us to establish the type and value of its most characteristic dynamics for this unit. Therefore, from there one can deduce the dynamic characteristics of most paleozoical areas of the littoral mountain range.