

PLAN DE INVESTIGACION Y MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE LAS TASAS DE DENUDACION EN LA MONTAÑA DE MONTSERRAT

María Sala
Ewan Anderson

Introducción

La montaña de Montserrat está situada en la mitad septentrional de las Cadenas Costeras Catalanas y ocupa una superficie de 10 km. de largo por 5 km. de ancho (figura 1). Su porte aislado dentro del conjunto de la Cadena Prelitoral y su característico modelado en grandes pináculos o monolitos han hecho de esta montaña un lugar extraordinariamente relevante, no sólo desde el punto de vista geográfico y geomorfológico sino que también, por su forma aparentemente aserrada, ha dado lugar a la exaltación de los sentimientos místicos y poéticos.

Si bien desde un punto de vista geológico los rasgos principales de Montserrat son bien conocidos (Almera 1880, Elías 1921, Llopis 1947-1952; Solé 1956), desde un punto de vista geomorfológico se presenta todavía como un enigma. A pesar de que su típico modelado en pináculos aparece claramente ligado a la red de diaclasas que entrecruzan esta masa montañosa, lo cierto es que no se ha llevado a cabo un estudio estrictamente geomorfológico en el que se incluyan datos cuantitativos del valor de las tasas de denudación actuales con las que se pueda discutir el alcance de las interpretaciones tradicionales.

El problema que se plantea pues para afrontar la geomorfología de la montaña de Montserrat desde una perspectiva dinámica y funcional es el de intentar determinar si la evolución de sus monolitos tiene una tendencia general progresiva o regresiva y cuáles son las características generales de la misma. Hay asimismo la posibilidad de que existan, de una forma sectorial, áreas con una evolución progresiva que se detiene al llegar a un cierto nivel de desarrollo del monolito, para tomar posteriormente un sesgo regresivo. Con ello tendríamos un modelado debido fundamentalmente al equilibrio dinámico.

Paralelamente al estudio de la evolución de los pináculos, es también del máximo interés geomorfológico el intentar determinar, de forma cuantitativa, cuál es el balance del material movilizado, desde la producción inicial por meteorización física y química hasta su evacuación en masa o por lavado superficial.

Así pues, junto al control puntual de la evolución de pináculos, el balance del material movilizado a lo largo de las laderas deben dar una idea bastante clara de la dinámica geomorfológica actual de este núcleo montañoso.

El interés de este estudio radica no sólo en el hecho de abordar la problemática geomorfológica de un área que ha sido poco estudiada desde este punto de vista, sino también en el hecho de que, por tratarse de un área con un relieve poco común, ha sido necesario plantear un enfoque teórico, de muestreo y de instrumentación específicos para resolver el conjunto de problemas que se plantean.

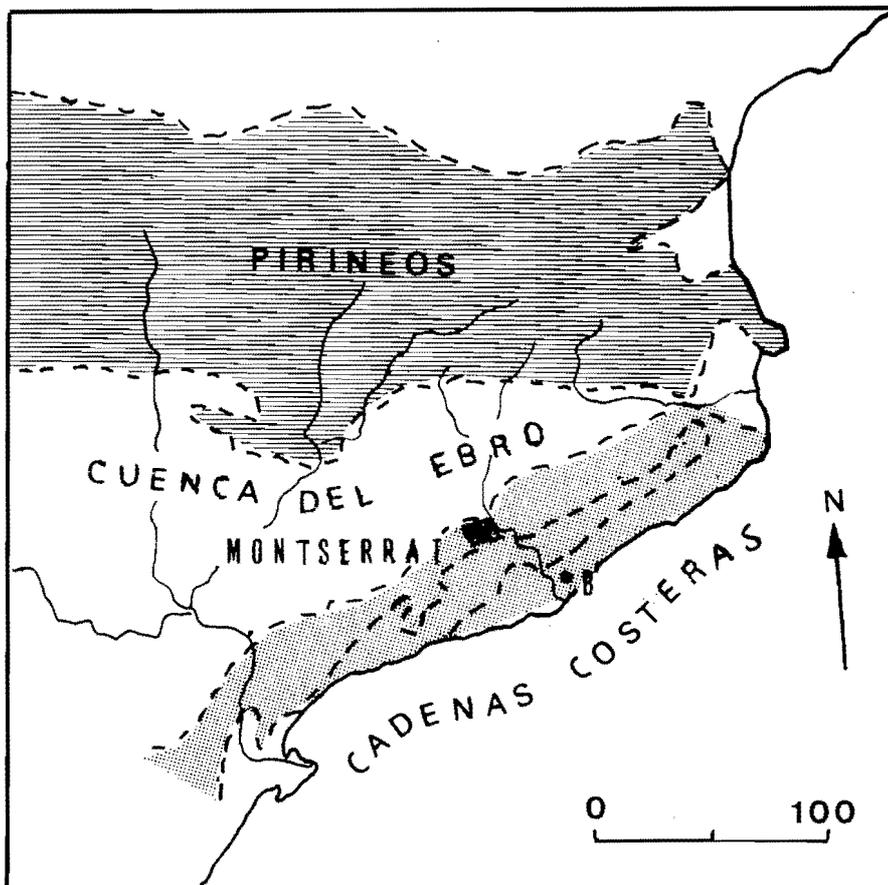


Figura 1
Situación del área de estudio.

El modelo de evolución geomorfológica de Montserrat

Una observación detallada de las características generales de la montaña de Montserrat, así como la información que hasta el momento se posee sobre su particular modelado, permiten llegar a establecer un primer esbozo del modelo teórico que puede ser aplicado a su estudio.

Por tratarse de una montaña aislada es fácil deducir los factores de su evolución sin tener que preocuparse de ningún tipo de ingerencias producidas en su entorno. Clima y sustrato serán en este caso las variables independientes que habrá que manejar.

Por lo que se refiere al clima, los parámetros que van a condicionar la evolución del modelado de Montserrat serán, por un lado las precipitaciones, tanto en lo que se refiere al total anual como a su distribución e intensidad, y por el otro lado la insolación y los valores extremos de sus temperaturas.

En cuanto al sustrato, el bloque de Montserrat está constituido por una masa prácticamente homogénea de conglomerados del Eoceno. Se trata de sedimentos detríticos gruesos en una matriz roja entre los que predomina el elemento carbonatado, tanto en el cemento como en los fragmentos, si bien abundan también el cuarzo y los esquistos.

En relación a la estructura, Montserrat aparece surcada por una notable red de diaclasas ortogonales entre las que sobresalen, no obstante, las grandes fisuraciones verticales. El diaclasado se hace más nítido si cabe gracias a la colonización de que es objeto por parte de la vegetación, la cual explota de manera exhaustiva estas limitadas zonas de producción de suelo.

A partir de las variables independientes que hemos enunciado más arriba puede establecerse el modelo funcional que reproduce la figura 2. La incidencia de las precipitaciones en la roca calcárea tienden a producir, en mayor o en menor grado, una disolución del sustrato. Por otro lado, esta misma precipitación, junto con la insolación, va a desencadenar en la roca subyacente unos procesos de fragmentación, o bien simplemente de disgregación, con la consiguiente acumulación de derrubios alrededor de los núcleos rocosos. Estos derrubios pueden posteriormente ser movilizados a lo largo de las vertientes o bien proseguir su proceso de meteorización hasta transformarse paulatinamente en un suelo con el concurso de la vegetación. Este suelo podrá ser movilizado bien en masa bien por lavado superficial o subsuperficial. El balance entre todos estos procesos y el material que son capaces de movilizar vendrá determinado por la suma de la materia perdida por disolución, la materia perdida por remoción en masa y la materia perdida por los procesos de lavado de vertientes.

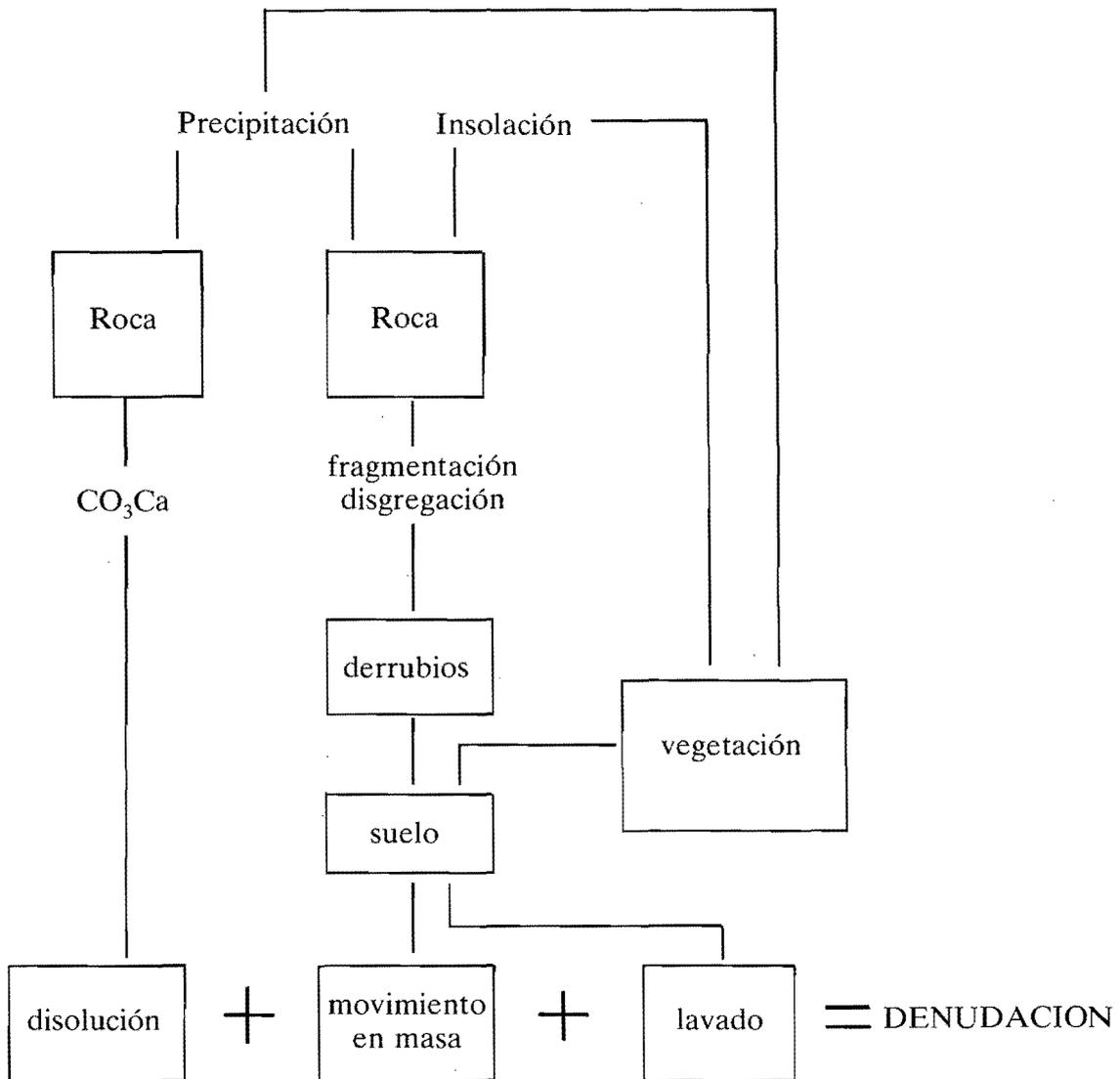


Figura 2.
Modelo de la evolución compleja meteorización/erosión.

PLAN PARA ESTUDIO DE TASAS DE DENUDACION

Plan de muestreo

Las mediciones en el campo de la denudación exigen un plan de muestreo que cubra, en lo posible, la valoración de todos los procesos activos en el área de estudio.

Puesto que, dentro del conjunto de Montserrat, el modelado que se trata esencialmente de controlar es el de la evolución de los pináculos, se ha buscado una zona en la que éstos se hallasen en lo que parecen ser varios estadios de desarrollo de los mismos y fuesen, además, fácilmente asequibles.

Después de un estudio detallado de la fotografía aérea así como del terreno, se eligió como área de estudio el interfluvio que se extiende entre la ermita de Sant Joan y la de Sant Geroni (figura 3). En este estrecho interfluvio pueden encontrarse todas las unidades que en un principio parece adecuado estudiar, como son: pináculos en distinto grado de desarrollo, desde los que sólo se adivinan por pequeñas incisiones o por estar ubicados entre dos cabeceras de torrentes hasta los bien desarrollados con varios metros de protuberancia. En estos pináculos bien formados se halla claramente definida una aureola de derrubios procedentes de la desintegración del conglomerado. También aparecen en este sector lentes de arenisca interstratificadas en el conglomerado y que parecen tener un papel importante en la evolución de los pináculos. Además de estos pináculos puede asimismo estudiarse desde estas cumbres con relativa facilidad la evolución de una vertiente de solana y de una vertiente de umbría, con sus consiguientes diferencias en suelo y en vegetación. Otra unidad que incluye este sector es la de pequeños caminos de montaña en los que puede ser posible estimar el valor de la acción antrópica.

A fin de establecer de manera adecuada la ubicación de las unidades de estudio se llevó a cabo una cartografía del área partiendo del punto fijo que proporciona la existencia de un mirador y de la alineación de un camino cerca de la cresta. Desde esta línea de base se midieron distancias y ángulos y se cartografió la posición de cuatro unidades de muestreo, en las cuales se instalaron posteriormente instrumentos y marcas para la medición de los varios procesos de denudación (figura 3).

La parcela 1 contiene un pináculo incipiente con su correspondiente protuberancia de roca desnuda rodeada de derrubios que se expanden ladera abajo. La parcela 2 está situada en la vertiente norte y comprende áreas de roca desnuda con derrubios y áreas de suelo colonizado por vegetación. La parcela 3 está situada en la vertiente sur y también incluye un saliente rocoso con formación de derrubios por disgregación del conglomerado y un área de suelo con vegetación, si bien en este caso ambos tienen un menor desarrollo. Para medir los cambios en un pináculo bien desarrollado se eligió el área que corresponde a la parcela 4.

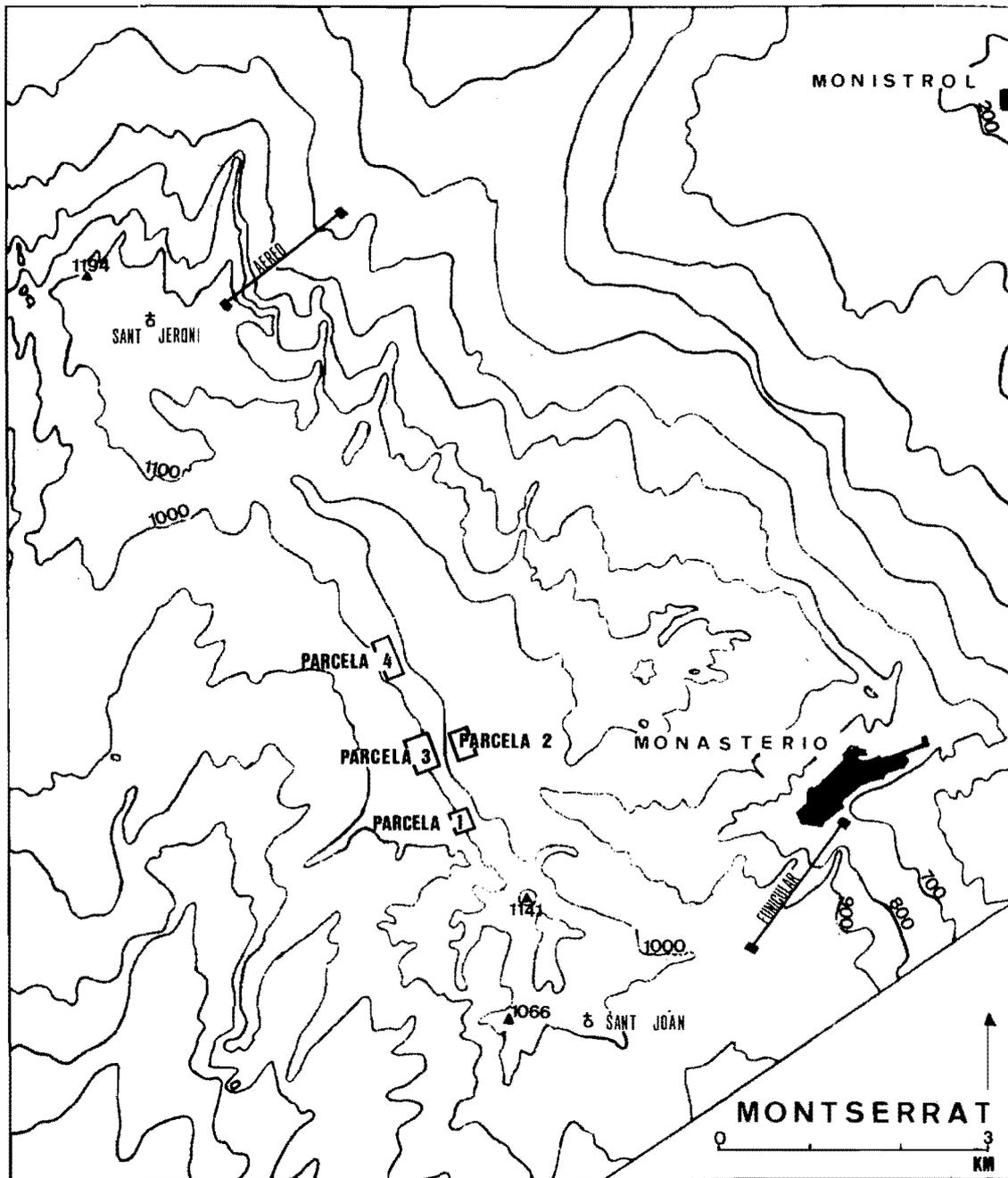


Figura 3
Mapa de la montaña de Montserrat y situación de las parcelas experimentales.

PLAN PARA ESTUDIO DE TASAS DE DENUDACION

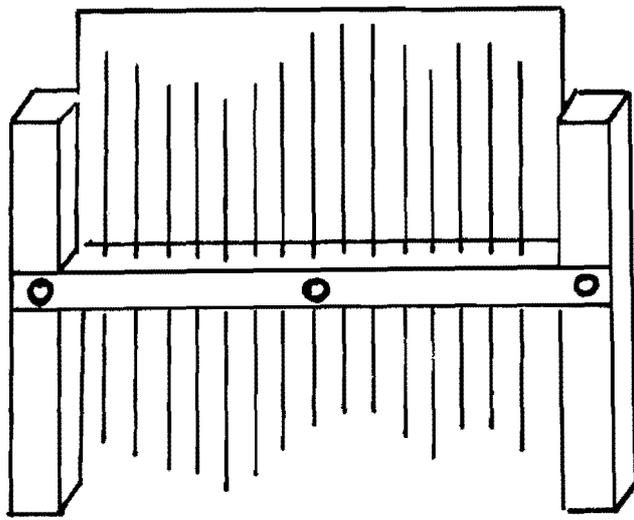
Instrumentos y técnicas de medición

Mientras que para establecer el plan general de muestreo, y por tratarse de un área extensa, las unidades debieron ser elegidas en base a criterios subjetivos, en el caso de la instalación de instrumentos y marcas de medición en las diferentes parcelas pudo ser utilizada, en muchos casos, una selección de tipo aleatorio.

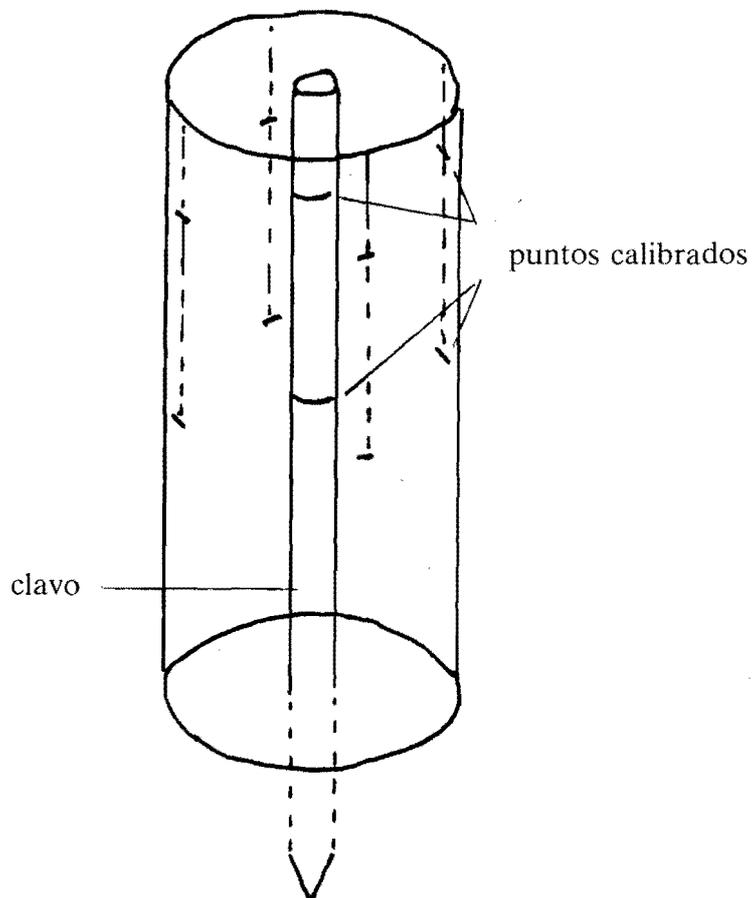
Para medir la reducción en superficie de los núcleos rocosos o pináculos se ha diseñado un sencillo trazador de perfiles de 0,5 metros de longitud. El instrumento consiste en tres listones en forma de H en el que las patas, que están perforadas, se fijan en el suelo mediante tachones de metal insertos y soldados en la roca previamente taladrada. Una vez en posición, las 15 agujas que han sido colocadas en la barra transversal se aflojan y ponen en contacto con la superficie rocosa. Con la ayuda de una plancha móvil inserta en la parte superior del instrumento se dibuja el perfil topográfico que las agujas reproducen desde su base en contacto con el sustrato (figura 4). Todos los afloramientos rocosos llevan insertos estos tachones de metal cubriendo diferentes posiciones a fin de que puedan dibujarse perfiles que permitan controlar la parte somital de los pináculos así como de sus lados. También se han instalado tachones para poder trazar perfiles de las rupturas de pendiente, de las cabeceras de valle y de secciones significativas del conglomerado; por ejemplo, en el caso de que la roca incluya fragmentos sobresalientes de cuarzo o contenga lentejones de arenisca. En total se han instalado hasta el momento 15 pares de tachones. La erosión de la roca se controla también mediante la inserción de clavos y la pintura de los fragmentos individuales que componen el conglomerado y que tienden, particularmente en algunos puntos, a desprenderse del mismo.

Para medir el movimiento de los derrubios alrededor de los núcleos rocosos se han pintado ocho alineaciones transversales: dos en la parcela 1, tres en la parcela 2 y tres en la parcela 3. Para controlar específicamente la evolución de los fragmentos individuales se han instalado dos pares de trampas de un metro de longitud cada una en los lugares en que el volumen de material en posible movimiento parece mayor. Estas trampas consisten en tiras de cordel tensada y sujetas a tachones colocadas a dos centímetros a ras de suelo. En los canchales de las parcelas 2 y 3 se han colocado rectángulos de malla fijados a la superficie rocosa a fin de recoger los derrubios que se vayan desplazando. Finalmente se han establecido una serie de puntos fijos desde los que se puede completar el estudio mediante control fotográfico del movimiento de derrubios.

Para la medición del movimiento en masa del suelo, que en el caso que nos ocupa puede asumirse que será por reptación, se han determinado una serie de puntos en cada parcela mediante la utilización de líneas base en las que se fueron situando una serie de puntos con la ayuda de tablas de núme-



Trazador de perfiles



Tubo de Anderson

Figura 4.
Algunos de los instrumentos de medición.

PLAN PARA ESTUDIO DE TASAS DE DENUDACION

ros aleatorios, tanto a lo largo de la línea de base como vertiente abajo de la misma. En cada caso se ha controlado el ángulo de la pendiente, la profundidad del suelo y las características de la vegetación; donde la profundidad del suelo ha sido suficiente se han colocado instrumentos para medir la reptación tales como pilares enterrados, tubos de Anderson y hoyos de Young. Los tubos de Anderson (Anderson y Finlayson, 1975), a diferencia de los hoyos de Young (1960) en los que los instrumentos de medición han de permanecer enterrados durante un cierto lapso de tiempo (Sala y Salvador, 1980), presentan la ventaja de permitir un control continuo del movimiento del suelo, tanto el global como el angular. El instrumento se basa en el principio de que un clavo inserto profundamente en la roca que conforma el sustrato, pero libre de la presión del suelo a su alrededor, puede actuar como punto fijo con respecto a un tubo que sí está en contacto con el suelo en todo su entorno. Tubo y clavo tienen puntos calibrados a distancias convenientes, los cuales se dejan coincidentes entre ambos instrumentos en el momento de la inserción. Las lecturas periódicas de las variaciones en la relación de los puntos calibrados entre clavo fijo y tubo móvil son los que dan el valor del movimiento del suelo (figura 4).

El lavado superficial del suelo se controla mediante la inserción de clavos, así como con la instalación de canales Gerlach (1962) para la interceptación del sedimento (Sala 1982). La ubicación de estos instrumentos se lleva a cabo con la misma pauta que para la medición anterior.

La posible erosión antrópica a lo largo del camino se intenta controlar mediante el trazado de pequeños perfiles topográficos con la misma técnica que para el control de los salientes rocosos.

Para un análisis completo de los procesos de denudación es necesario también evaluar las tasas de disolución del material, tanto superficial como subsuperficial, que afectan a esta área. Para ello se procederá, en relación con la ocurrencia de precipitaciones, al muestreo del agua que circule por el sector: agua de precipitación, de escurrimiento superficial por los afloramientos rocosos, derrubios y suelos, y de escurrimiento subsuperficial. La valoración se completará con pruebas de la humedad del suelo.

A fin de tener una idea aproximada de la resistencia del material se ha llevado a cabo, a título provisional, una prueba consistente en el control del impacto producido por pesos diferentes (120 gr., 240 gr. y 480 gr.) dejados caer desde diferentes alturas (100, 200 y 300 mm.) sobre la superficie de la roca. Tal como era de esperar, el material de cementación es el que resulta ser más débil a los impactos de las pesas. La evaluación final de este parámetro se llevará a cabo más adelante con la ayuda de un martillo de Smith.

Recapitulación

En base a una simple observación de las condiciones del relieve de la montaña, parece poder deducirse que el paisaje geomorfológico de Montserrat constituye un medio claramente activo, incluyendo en ello la evolución de sus típicos pináculos. Esta dinámica geomorfológica constituye en realidad un todo complejo de procesos de meteorización y erosión interrelacionados, el análisis de los cuales nos proponemos abordar mediante el plan de muestreo y de instrumentación de campo que se ha ideado para tal fin.

El relieve de Montserrat ha sido considerado tradicionalmente como un paisaje relictivo, formado bajo otro clima, posiblemente tropical. No obstante nunca se han llevado a cabo mediciones directas de su denudación. Lo cierto es que la totalidad de la montaña ofrece un paisaje único para ángeles con sierras o para geomorfólogos dinámicos.

Bibliografía

- ALMERA, J., 1880. Estudio geológico sobre la constitución, origen, antigüedad y devenir de la montaña de Montserrat. Imprenta y Librería de R. Anglada, 1-47, Barcelona.
- ELIAS, J. 1921. Tectónica de Montserrat. Coll. Artículos Científicos. Imprenta Mulleros & Torrent, 1-44, Tarrasa.
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, 1975. Mapa Geológico de España. E: 1/50.000. Explicación de la Hoja n.º 391 de Igualada.
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, 1975. Mapa Geológico de España E: 1/50.000. Explicación de la Hoja n.º 392 de Sabadell.
- LLOPIS, N., 1947. Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides. Publ. Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C., Madrid.
- LLOPIS, N., 1952. Las Cordilleras Costeras Catalanas. En L. Solé Sabarís & N. Llopis, Geografía física: el relieve, en Terán M. de (ed). La Península Ibérica. Muntaner y Simón, Barcelona, 376-400.
- SOLE SABARIS, L., 1956. Geografía de Catalunya. Vol. I, Geografía física, Aedos, Barcelona.
- ANDERSON, E. & FINLAYSON, B., 1975. Instruments for measuring soil creep. B.G.R.G. Technical Bulletin, n.º 16.
- GERLACH, T., 1967. Hillslope troughs for measuring sediment movement. Rev. Geomorph. Dyn., 17, 4, 173-74.
- SALA, M., 1982. Metodología para el estudio y medición de los procesos de erosión actuales. Notes de Geografía Física, 8, 39-56.
- SALA, M. & SALVADOR, F., 1980. Mediciones de reptación y lavado superficial en la cuenca de la riera de Fuirosos (Montnegre, Macizo Litoral Catalán). Métodos y resultados. Revista de Geografía, XIV, 17-25.
- YOUNG, A., 1960. Soil movement by denudational processes on slopes. Nature, London, 188, 120-122.