

# Características geomorfológicas y procesos de vertiente asociados a cuencas diferentes: el ejemplo de Mallorca.

*Geomorphological characteristics and slope processes associated to different basins: the exemple of Mallorca*

B. Gelabert <sup>(1)</sup> y J.J. Fornós <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. 07071.

## ABSTRACT

*This paper compares the different geomorphological processes occurring during Pliocene-Quaternary times on two very similar slopes in Mallorca, one located in the Tramuntana Range and the other in the Llevant Ranges. Both slopes have the same geological structure and lithological and stratigraphical levels, the same altitude, orientation, vegetation and average temperature and precipitation. The different slope processes are caused by the relationship between accommodation rate and the sedimentation rate in the adjacent basins. This relationship is bigger at the basin associated to the Tramuntana Range and give rise to major landslides on the Tramuntana slope, whereas the Llevant Ranges slope is dominated by the presence of alluvial fans and debris screes.*

**Key words:** slope processes, accommodation rate, sedimentation rate, landslides, alluvial fans

Geogaceta, 32 (2002), 219-122  
ISSN:0213683X

## Introducción

La isla de Mallorca está constituida por un conjunto de horsts y grabens limitados por fallas normales de edad Mioceno superior-Cuaternario. Los horsts se corresponden con las sierras, las cuales constituyen segmentos de un cinturón de pliegues y cabalgamientos del Mioceno inferior. De SE a NO se distinguen las Serres de Llevant, las Serres Centrales y la Serra de Tramuntana. Los grabens se corresponden con las cuencas, que están rellenas de materiales del Mioceno superior y Cuaternario (Fallot, 1922; Alvaro y Del Olmo, 1984; Gelabert, 1998).

El objetivo de este artículo es comparar los diferentes procesos que ocurren simultáneamente en vertientes similares de la isla: comparamos la dinámica de dos vertientes, una localizada al N de Mallorca en la Serra de Tramuntana y la otra en las Serres de Llevant. Ambas vertientes presentan una misma altitud, estructura geológica y secuencia litológica, orientación y vegetación. La única diferencia reside en la relación entre tasa de sedimentación-tasa de acomodación en la Bahía de Alcúdia (una cuenca adyacente a las

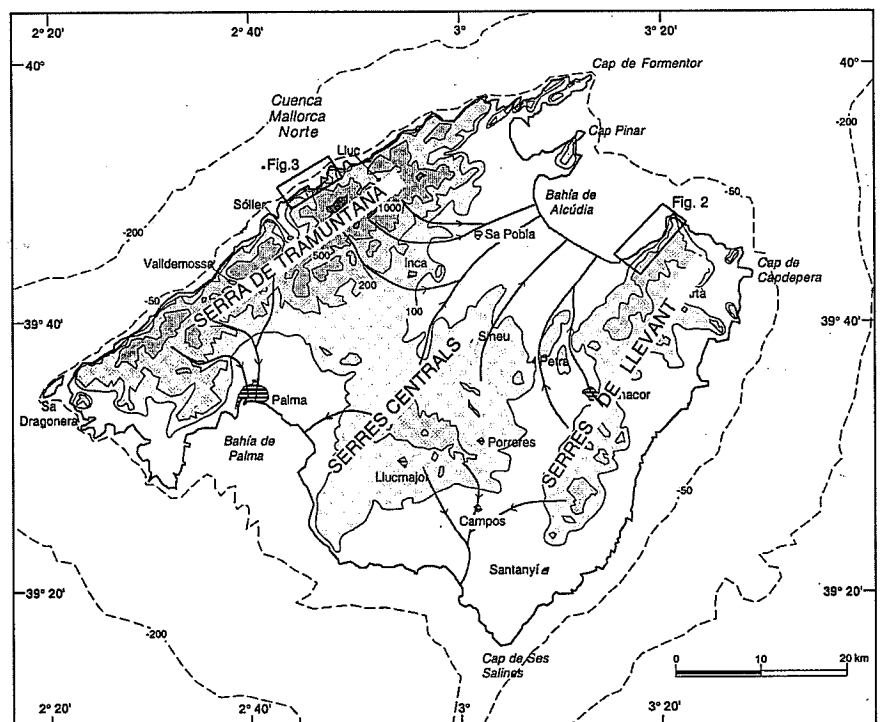


Fig. 1.- Mapa topográfico de la isla de Mallorca, indicando los principales torrentes y la localización de las vertientes estudiadas.

Fig. 1.- Topographic map of Mallorca island, showing the main streams and location of the studied slopes.

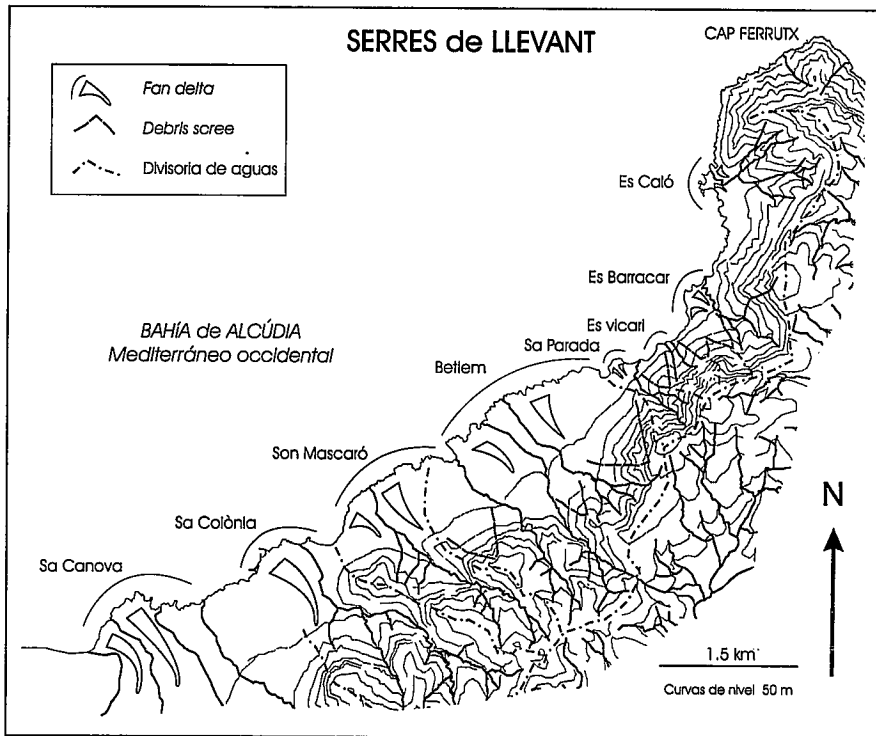


Fig. 2.- Mapa geomorfológico de la vertiente correspondiente de las Serres de Llevant.

Fig. 2.- Geomorphological map of the slope corresponding to the Llevant Ranges. The main geomorphological features are the alluvial fans and the talus scree.

Serres de Llevant) y en la cuenca Mallorca-Norte (cuenca al N de la Serra de Tramuntana).

**La vertiente de las Serres de Llevant**

La vertiente estudiada se localiza a lo largo de la costa oriental de la Bahía de Alcúdia, en el NE de Mallorca (Fig. 1). Sedimentos aluviales y dunas costeras del Cuaternario componen la zona de piedemonte. Los depósitos de piedemonte cuaternarios corresponden a complejos de abanico aluvial (Fig. 2), todos los cuales alcanzan el mar formando "fan" deltas, que presentan un gradiente del orden de 70-80 m/km. La erosión costera realiza una disposición vertical de tres secuencias, cada una de las cuales registra la progradación de un abanico aluvial. El relieve positivo que forman los "fan" deltas protegen áreas del oleaje más importante procedente de los temporales del N, dando lugar a acumulaciones de dunas parabólicas. Estas secuencias superpuestas de sedimentos fluviales, de playa, eólicos y suelos dan muestra de la compleja actividad sedimentaria durante un periodo que comprende los últimos 140 ka. (Rose et al., 1999).

Las cabeceras de las cuencas de drenaje presentan vertientes con elevadas pendientes y están compuestas por cali-

zas compactas del Jurásico inferior. No hay evidencias de actividad glacial o periglacial dentro de las cuencas de drenaje (Butzer, 1964). La vegetación natural consiste en bosques de encinas y pinos en las partes inferiores mientras que las zonas más llanas de la vertiente están cultivadas. Las partes superiores de la ver-

tiente, o bien presentan la roca desnuda, o bien contienen parches de arbustos o máquia.

El cauce actual de los torrentes es estrecho y se encaja en el fondo del valle. Actualmente la actividad fluvial corresponde a eventos torrenciales generados a partir de tormentas, capaces de transportar gravas con clastos individuales, incluso de tamaño "bloque". Rodríguez-Perea (1998), en un estudio de los principales parámetros morfológicos de los abanicos aluviales, enfatizó la importancia de las relaciones entre el área del abanico y el área de la cuenca de drenaje, y la importancia de la circularidad y amplitud de la cuenca, en el comportamiento de los abanicos aluviales.

La temperatura media anual de la región al nivel del mar es de 16°C, con una media en enero de 10°C y una media en julio en 24,5°C. Una tasa de 0,8°C por cada 100 m de altitud da temperaturas medias, para enero, de 4°C en las partes superiores de las cuencas. La precipitación media anual es del orden de 650 mm, de los cuales el 90% cae entre septiembre y mayo.

La batimetría de la Bahía de Alcúdia (Fig. 1), que corresponde a la cuenca adyacente a la vertiente estudiada, presenta una ligera pendiente hacia el NE, con un gradiente de 3,3 m/km, indicando que el espacio de acomodación es pequeño o bien el relleno sedimentario es grande; La tasa de sedimentación iguala la tasa de acomodación, de tal modo que no se genera relieve batimétrico (es una zona llana). Este tipo de batimetría condiciona el tipo de sedimentación, ya que permite

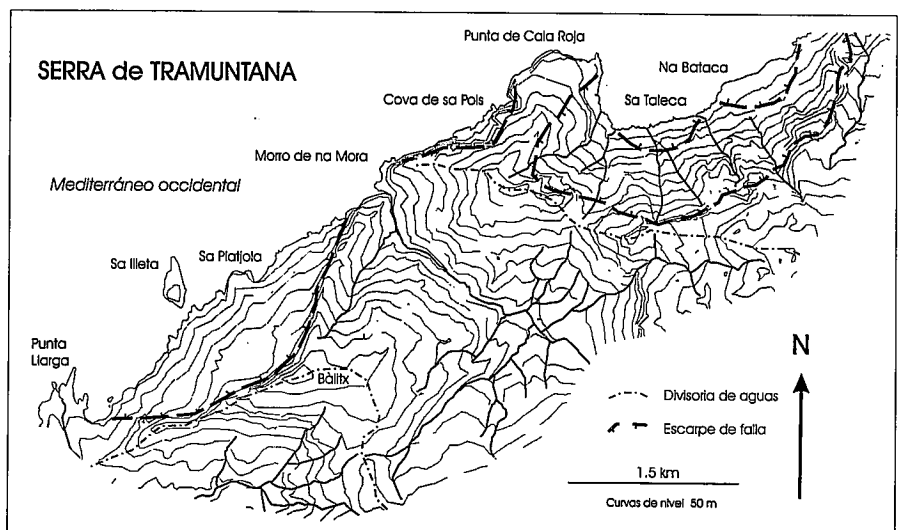


Fig. 3.- Mapa geomorfológico de la vertiente correspondiente a la Serra de Tramuntana.

Fig. 3.- Geomorphological map of the slope corresponding to the Tramuntana Range. The main geomorphological feature are the major landslides and sea cliffs.

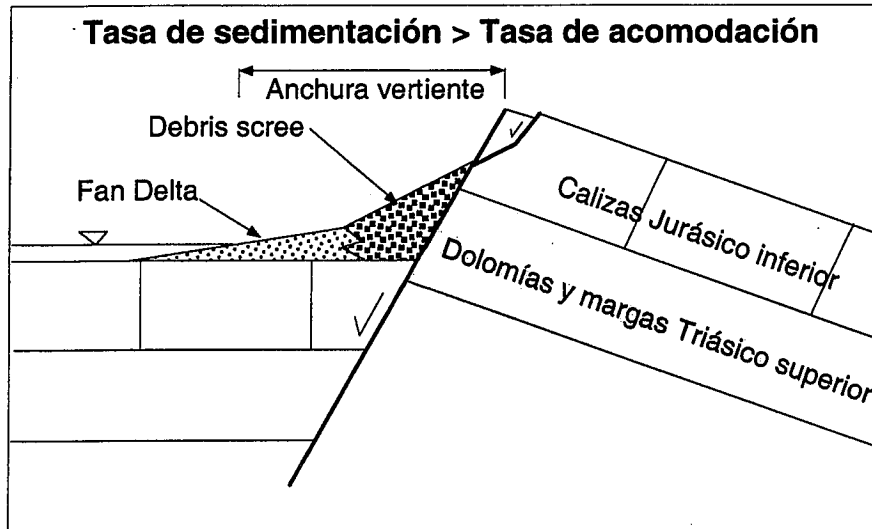


Fig. 4.- Esquema de los procesos geomorfológicos que se dan en la vertiente occidental de las Serres de Llevant, con igual tasa de acomodación y sedimentación en la cuenca de Alcúdia adyacente.

Fig. 4.- Sketch of the geomorphological processes occurring at the Llevant Ranges slope, with equal accommodation and sedimentation rate.

la presencia en el suelo marino de grandes praderas de *Posidonia oceanica*, en profundidades que oscilan entre 1 y 35 m.

#### La vertiente de la Serra de Tramuntana

La principal diferencia entre la vertiente de la Bahía de Alcúdia y la de la Serra de Tramuntana es que ésta es más estrecha y presenta una mayor pendiente, aunque no hay grandes diferencias en otros aspectos como altitud (600 y 500 m, respectivamente), orientación (NE-SW, ambas), estructura geológica y secuencias litológicas (buzamiento hacia el SE de las dolomías y calizas del Triásico superior y Jurásico inferior).

La vertiente correspondiente a la Serra de Tramuntana (Fig. 1) presenta grandes acantilados (de 300 m, o más) con rocas caídas a sus pies. Los rasgos geomorfológicos más espectaculares de esta área son los grandes deslizamientos cartografiados en la figura 3. La superficie afectada por estos movimientos de tierra es de entre 1 y 2 km<sup>2</sup>. Los deslizamientos son de tipo rotacional con diversas superficies de fractura. Según Mateos (2000), la profundidad de la superficie del deslizamiento de Bálitx (el localizado más al SW de la figura 3) es de 170 m por debajo del nivel del mar y el volumen de material movilizado es de más de 200·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Las cuencas de drenaje en la vertiente de la Serra de Tramuntana son mucho mayores que las de la vertiente de las Sie-

rras de Levante: la cuenca de drenaje del torrente de Na Mora es de 26 km<sup>2</sup> y la del torrente de Sa Coma es de 25 km<sup>2</sup>. Ambos torrentes se encajan en las calizas del Jurásico inferior y sus cuencas de drenaje se caracterizan por el predominio de las morfologías y procesos kársticos. Estos torrentes forman, en su desembocadura al mar, fan deltas sumergidos.

Las partes superiores de las cuencas se componen de calizas del Jurásico inferior (que permiten pendientes elevadas de

las vertientes), mientras que las partes inferiores se componen de gravas litificadas y suelos parcialmente litificados del Cuaternario.

La vegetación actual es de parches arbustivos en las partes más altas de las cuencas y de bosque de pinos y encinas en las partes más inferiores.

La temperatura media anual de esta área es de 15°C y la precipitación media anual es de 700 mm, de los cuales el 90% caen entre septiembre y mayo.

Es de resaltar que las áreas marinas litorales con mayor acumulación de sedimento no consolidado se relacionan perfectamente con las zonas en que mayores deslizamientos han sido cartografiados (Mateos, 2000). El fondo del mar presenta un gradiente alto cerca de la costa (de 0 a 35 m, en 200 m de distancia horizontal) y presenta acumulación de grandes bloques debido a caída de rocas. Lejos de la costa, el gradiente del fondo marino es menor y presenta arenas, de gruesas a finas, con una proporción biogénica mayor que cerca de la costa.

La morfología acantilada de la costa sumergida, con saltos casi verticales hasta los 40 m de profundidad, está cubierta de praderas de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica*). Debido al alto gradiente cerca de la costa, la influencia terrígena en la zona de Tramuntana directamente se interdigita con los fondos de algas rojas que dominan la sedimentación en la plataforma continental de Mallorca. Las algas rojas ocupan zonas más profundas que las praderas de *Posidonia*.

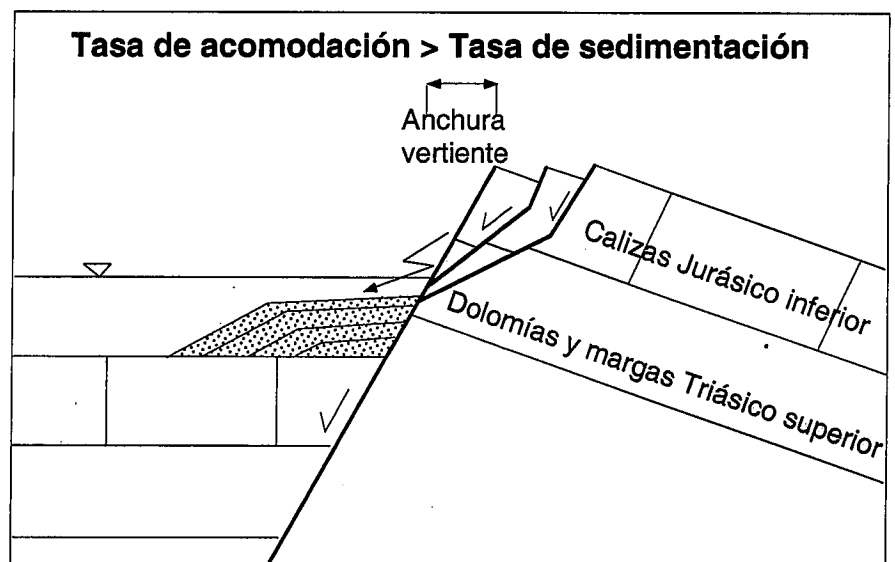


Fig. 5.- Esquema de los procesos geomorfológicos que se dan en la vertiente occidental de la Serra de Tramuntana, con una tasa de acomodación mayor que la tasa de sedimentación en la cuenca Nord Balear adyacente.

Fig. 5.- Sketch of the geomorphological processes occurring at the Tramuntana Range slope, with accommodation rate bigger than sedimentation rate.

### Discusión y conclusiones

Si la tasa de sedimentación iguala la tasa de acomodación (Fig. 4), como en la Bahía de Alcúdia, la cuenca marina es muy poco profunda y presenta una batimetría plana. Debido a la gran descarga de materiales terrígenos que entran en la Bahía de Alcúdia a partir de los torrentes que desde el centro de Mallorca desembocan en ella, la sedimentación actual comprende tanto material detrítico como sedimento carbonatado biogénico procedente de las praderas de fanerógamas marinas. Dado que la cuenca de Alcúdia está prácticamente llena de sedimentos, pequeños aportes laterales desde la vertiente estudiada no pueden ser acomodados y por ello se forman fan deltas al pie de la vertiente.

Si la tasa de acomodación es superior a la tasa de sedimentación (Fig. 5), como en la cuenca del Norte de Mallorca, los materiales que descargan los torrentes provenientes de la Serra de Tramuntana se acumulan

construyendo fan deltas sumergidos, con una geometría interna que muestra agradación y progradación. En las vertientes, debido a un gradiente inestable, se producen grandes deslizamientos. El material que proviene de dichos deslizamientos se acumula en el fondo del mar, al pie de los acantilados. Las superficies de deslizamiento se continúan por debajo del nivel del mar y alcanzan probablemente el fondo del mar. Los cuerpos submarinos se interdigitan con la sedimentación carbonatada más profunda producido principalmente de las algas rojas.

Hemos mostrado un ejemplo de interacción entre un fenómeno tectónico regional y un desarrollo de las vertientes de escala regional, en el cual la actividad tectónica afecta no tan sólo al desarrollo de las distintas facies sedimentarias, a través del control en la topografía, sino que también afecta las áreas circundantes a través del control en el nivel de base, el cual, en algunos casos no es el nivel del mar sino el fondo del mar.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de la DGEIC n° PB 98-0132.

### Referencias

- Alvaro, M. y Del Olmo, P. (1984): *I Congr. Geol. España, Segovia. Comunicaciones*, 3, 1-10.
- Butzer, K.W. (1964): *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8, 7-31.
- Fallot, P. (1922): *Libr. Polytechnique Ch. Béranger, Paris and Liège*, 480 pp.
- Fornós, J.J. y Ahr, W. (1997): *Journal of Sedimentary Research*, 67 (2), 364-373.
- Gelabert, B. (1998): *Memorias Instit. Tecn. Geom. de España. Colección 128* pp.
- Mateos, R.M. (2000): *Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid*, 299 pp.
- Rodríguez-Perea, A. (1998): En: *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears. Ed.: J. J. Fornós, 169-190.
- Rose, J., Meng, X. y Watson, C. (1999): *Journal of Geol. Society, London*. 150, 435-448.