

# Análisis de la fracturación de los materiales calcáreos neógenos de la costa sudoriental de Mallorca

*Analysis of the fractures on Neogene calcarenites at the southeastern coast of Mallorca*

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

<sup>(1)</sup> Dept. Ciències de la Terra, UIB. Crta. Valldemossa, km. 7.5 Palma de Mallorca, 07071. E-Mail: [vdctjgg0@clust.uib.es](mailto:vdctjgg0@clust.uib.es)

## ABSTRACT

*The Upper Miocene calcarenites of the southeastern Mallorca are divided in two stratigraphic units, limited by a paleokarst surface. The lower unit exhibits a high penetrative fracturation associated with a shear stress. On the other hand, the fractures affecting the upper unit must be related to a dilatation stress. The analysis of the fracture orientation indicates the absence of homogeneity. Nevertheless, NE-SW, NW-SE and W-E directions are the most abundant. The fact that drainage network and coastline directions coincide with the fracture directions demonstrates the relationship between the Neogene fracturation and the present day morphology.*

**Key words:** Mallorca, Fracture analysis, Upper Miocene.

*Geogaceta, 31 (2002), 127-130*  
ISSN:0213683X

## Introducción

El principal objetivo de este trabajo es analizar la fracturación que afecta a los materiales neógenos de la costa sur oriental de la isla de Mallorca con el fin de determinar su origen y establecer si existe una relación entre las principales direcciones de fracturación, el campo de esfuerzos neógeno y la configuración de la línea de costa y de los torrentes.

El área de estudio se sitúa en la parte sur de la costa oriental de la isla de Mallorca, entre Cala S'Almunia y Cala Mondragó dentro del término municipal de Santanyí (figura 1).

La costa oriental de Mallorca puede ser subdividida en dos zonas en función de los materiales que en ella afloran: un sector septentrional, caracterizado por afloramientos mesozoicos pertenecientes a las Serres de Llevant (estructuradas en la compresión alpina), y un sector meridional donde afloran sedimentos del Neógeno y Cuaternario en discordancia sobre los materiales plegados en la orogenia alpina. Esta disposición se relaciona con un basculamiento de esta área de Mallorca hacia el sur, que, como ha sido puesto de manifiesto gracias al estudio y datación

de espeleotemas, ha sido activo en tiempos cuaternarios (Fornós *et al.*, 2001).

El área estudiada está ocupada casi en su totalidad por depósitos calcareníticos post-orogénicos subhorizontales pertenecientes al Mioceno superior (Pomar *et al.*, 1990). Dentro de esta formación carbonatada se diferencian dos unidades. La inferior, Unidad Arrecifal, está formada por calizas masivas con estratificación poco marcada, muy cementadas y parcialmente dolomitizadas con textura rudstone. Esta unidad corresponde a la progradación arrecifal de la plataforma carbonatada adosada a las Serres de Llevant.

Sobre esta unidad y marcada por una superficie de carstificación en la que destaca la presencia de colapsos cársticos (Fornós, 1999) se dispone la Unidad Calizas de Santanyí atribuida al Mesiniense. Esta unidad presenta una marcada estratificación de orden decimétrico en la base formada por la alternancia de calcarenitas y margocalizas, sobre las que se dispone un paquete masivo de orden decamétrico formado por calizas oolíticas con estromatolitos.

El Plioceno no está presente en la zona, y, a techo de los depósitos Mioceños, aunque con afloramientos localiza-

dos, se encuentran eolianitas correspondientes a dunas de cordones litorales del Pleistoceno inferior, y dunas adosadas a los paleoacantilados pertenecientes al Pleistoceno superior (Clemmensen *et al.*, 1997). Por otra parte, los fondos de los barrancos de algunos de los torrentes han sido rellenados durante la transgresión Holocena por depósitos, con potencias decamétricas, de albufera y restinga con influencias aluvionares.

## Análisis de la fracturación miocena

Los materiales neógenos analizados se ven afectados por fracturas, que, en ciertos casos, presentan pequeños desplazamientos normales. La fracturación se distribuye de manera no homogénea. En ciertos afloramientos las fracturas son muy penetrativas y presentan una dirección muy dominante. En estos casos la separación entre fracturas es de 5 o 10 cm, la continuidad puede ser superior a los 30 metros de longitud, y pueden afectar a más de 20 metros de amplitud.

Por otro lado, en otros afloramientos la fracturación es mucho menos penetrativa y poco continua. En todos los casos siempre se pueden distinguir al menos

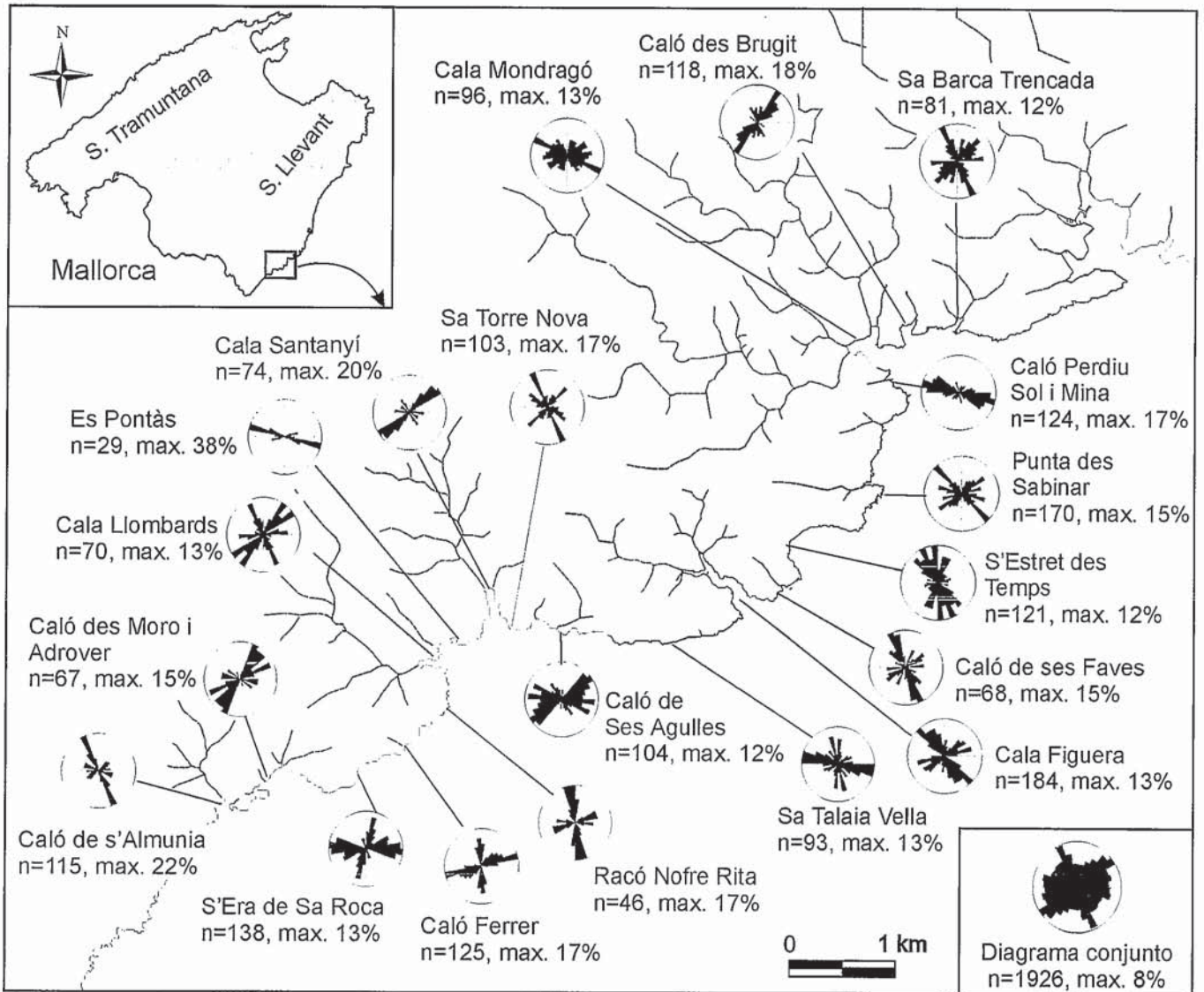


Fig. 1.- Localización de las estaciones estudiadas sobre un esquema del área. Para cada localidad se indica el número de fracturas (n) y el valor en tanto por ciento del máximo del diagrama.

Fig. 1.- Situation of analyzed fracture stations. A rose diagram showing fracture directions is plotted for each locality. Number of fractures (n) and value in % of the maximum are also indicated. On the right down corner the conjunct diagram is shown.

dos direcciones dominantes y, en ciertos casos y gracias a criterios de campo, es posible determinar la cronología de la fracturación.

Las fracturas subverticales pueden formarse por dos mecanismos. En primer lugar, por extensión en el plano horizontal. En estos casos las diaclasas se disponen en un plano subvertical y perpendicular el eje de máxima tensión. Por otro lado, las fracturas pueden formarse por una cizalla debida a una presión subvertical. Con estas condiciones se pueden formar dos familias de fracturas con buzamientos cercanos a los 70°, de manera que el plano bisector del ángulo agudo entre familias contendrá el eje de presión y el de extensión estará en la bisectriz del ángulo obtuso (Price y Cosgrove, 1990).

En la zona estudiada, en aquellos lugares dónde la fracturación es penetrativa el buzamiento de las fracturas es cercano a 70°, mientras que allí dónde no se observa fracturación penetrativa, el buzamiento es subvertical. Por lo tanto, las zonas con fracturación penetrativa están asociadas a esfuerzos de cizalla, mientras que las subverticales, pueden asociarse a dilatación. Como en las zonas con fracturación penetrativa no se observan estructuras de presión en los planos, sino que en muchos casos presentan rellenos, estas fracturas deben ser consideradas como híbridas, es decir, producidas por extensión y bajo cierta componente de cizalla.

Para llevar a cabo el análisis de las fracturas se han realizado 60 estaciones que se han agrupado en 19 localidades.

En la figura 1 se han representado los diagramas de direcciones para cada una, indicando la localidad, el número de fracturas analizadas y el valor en tanto por ciento del máximo del diagrama. Además, en la parte inferior derecha se representa el diagrama conjunto de todas las estaciones, en el que se observa una gran dispersión. Aún así, las direcciones NE-SW y NW-SE conforman los dos máximos de este diagrama conjunto.

Cada grupo de afloramientos se ha analizado por separado con el fin de determinar las principales direcciones medias. La tabla 1 contiene las direcciones medias de cada localidad ordenadas de NE a SW. En ésta también se indica el número de fracturas (n), el paralelismo en tanto por ciento de las direcciones medias, y si es posible, la cronología de las

fracturas. Además, se indica cuales de las direcciones presentan una penetratividad marcada y, en este caso, cual es la longitud máxima de las fracturas. Cabe destacar que, con el fin de asegurar que la dirección media obtenida sea estadísticamente significativa, solamente se han aceptado valores de paralelismo para cada familia del 90% o superiores.

Analizando la tabla 1 y la figura 1 se observa que existe una variabilidad de direcciones medias. Aún así, se pueden destacar una serie de puntos. La dirección que aparece en más localidades es la NE-SW (18), seguida por la E-W (14), quedando 11 para cada una de las restantes (NW-SE y N-S). Pero si tenemos en cuenta el número de fracturas asociadas a cada dirección observamos que el 33% se dispone en dirección NE-SW, el 26% según E-W, el 24% según NW-SE y solamente el 17% presenta dirección N-S.

En cuanto a la cronología de las estructuras, la dirección E-W es la primera en 6 de las diecinueve localidades y la NW-SE lo es en 5, las restantes (N-S y NE-SW) son la primera generación en 4 localidades cada una.

Respecto a la penetratividad de las estructuras y su longitud, cabe destacar que las direcciones E-W y NW-SE son las más importantes, pudiendo ser seguidas del orden de los 30 m en ciertos afloramientos (Caló Perdiu, Punta Sabinar, Cala Figuera, Sa Torre Nova y Caló de s'Almunia). Por otra parte, la dirección N-S es la que aparece en menos ocasiones como asociada a fracturas penetrativas, siendo las direcciones E-W y NE-SW las que aparecen en más ocasiones.

## Discusión

Las causas de la fracturación pueden ser tres. En primer lugar, los colapsos cársticos que afectan a los materiales Neógenos son responsables de una gran parte de la fracturación observada. En los colapsos se pueden distinguir dos niveles, el inferior, que pertenece generalmente a la Unidad Arrecifal, es el que sufre una disolución importante, y el superior, que suele ser la Unidad de Calizas de Santanyí, es el que rellena el hueco. En los niveles inferiores se observa una fracturación muy penetrativa, continua, con homogeneidad en la dirección y con buzamientos del orden de los 70° hacia el centro del colapso, por tanto esta fracturación debe haberse formado bajo un esfuerzo de cizalla. Por contra en los niveles superiores existe una mayor dispersión, tanto en la dirección de las frac-

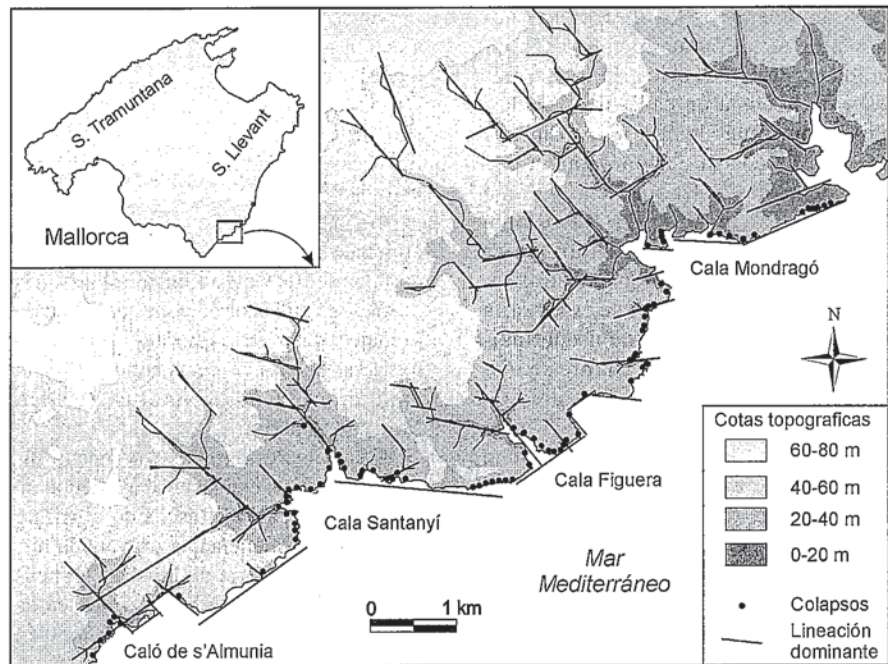


Fig. 2.- Principales colapsos cársticos y líneas que determinan la forma de la costa y de la red de drenaje.

Fig. 2.- Main karstic collapses (dots) and lineations that determine the drainage network and coast shape.

turas como en su buzamiento. Aún así en estos niveles se observa que las fracturas casi siempre son perpendiculares a la estratificación, lo cual indica que se trata de una fracturación por dilatación.

En segundo lugar, la fracturación puede ser debida a fallas que afectan a la plataforma continental o a fallas que afectarían al basamento. Se ha determinado que la presencia de zonas con una alta densidad de fracturación puede asociarse a fallas que no afloran (Peacock, 2001). En el caso que nos ocupa estas fallas serían de edad Mioceno Superior y su movimiento podría extenderse hasta la actualidad (Fornós *et al.*, 2001).

En tercer lugar la fracturación podría estar asociada al campo de esfuerzos neotectónico. Diversos estudios de diaclasas concluyen que éstas se orientan según los ejes de deformación horizontales del campo de esfuerzos neotectónico, siendo común la formación de dos familias dispuestas en ángulo recto. (Hancock, 1991; Scheidegger, 1993; 2001; Eyal, *et al.*, 2001).

Para determinar la relación de la fracturación con la geomorfología del área, se ha analizado la distribución de los principales colapsos cársticos, la red de drenaje y la línea de costa. En la figura 2 se han dispuesto, sobre una base topográfica, los principales colapsos y se han marcado las direcciones que determinan la distribución de los torrentes y la costa.

Un primer aspecto a destacar es la incisión que los torrentes han causado en la plataforma miocena, que, partiendo de una zona con una red de drenaje casi inexistente situada alrededor de los 50 m de altitud, se encajan rápidamente en los materiales neógenos. La mayoría de los torrentes tiene una dirección general de NW-SE, es decir, perpendicular a la línea de costa y paralela a la máxima pendiente. Pero muchos de los torrentes realizan quiebras que no pueden ser explicados por la dinámica fluvial o torrencial, y algunos de ellos se disponen paralelos a la línea de costa. Así gran parte de los torrentes ve modificada su dirección disponiéndose según las direcciones NE-SW y WNW-ESE. Esta circunstancia provoca que la red tenga una morfología reticular según las tres direcciones NE-SW, NW-SE y WNW-ESE.

La línea de costa es escarpada con acantilados del orden de los 40 m y con tramos muy rectos. De hecho, las tres direcciones que conforman la red torrencial (NW-SE, NE-SW y WNW-ESE) también dominan en la configuración de la costa.

La distribución de los colapsos no obedece a una pauta tan clara como la de los torrentes y la costa, pero se observa que se concentran en ciertas áreas siguiendo las direcciones E-W y N-S. A una escala mayor, la distribución de estos colapsos parece estar relacionada con la distribución de facies debida a la progradación de la plataforma arrecifal (Robledo, 2001).

Si comparamos las direcciones dominantes de la fracturación en cada localidad, con la dirección de los torrentes y de la costa en cada una de ellas, observamos que siempre hay al menos una familia con dirección paralela a la línea de costa y otra paralela al curso torrencial. Además, en la mayoría de los casos, la dirección del torrente es paralela a la fracturación penetrativa. En los casos en que existe una fracturación penetrativa con continuidad elevada el torrente siempre se dispone subparalelo a esta fracturación (Caló Perdiu, Cala Figuera, Sa Torre Nova y Caló de s'Almunia). Este hecho no se cumple en la localidad de Punta des Sabinar, donde la dirección de fracturación penetrativa más importante no coincide ni con la dirección del torrente ni con la de la costa. Aún así, en este caso, si hay coincidencia entre la dirección penetrativa menor con la dirección del torrente.

### Conclusiones

La fracturación que afecta a los materiales neógenos del levante mallorquín está asociada a dos causas principales. Existe una fracturación debida a los colapsos cársticos que afecta a los niveles de relleno que no es muy continua, presenta una cierta dispersión y suele ser perpendicular a la estratificación, lo cual indica que se formó por dilatación debida al estiramiento que sufren los sedimentos al rellenar el colapso.

En segundo lugar la fracturación que afecta a los niveles inferiores de los colapsos cársticos presenta buzamientos de 70°, es muy penetrativa, continua y con una dirección muy marcada. Estas características indican que debe asociarse a una cizalla por presión vertical, y al no existir marcas de presión se puede concluir que son fracturas híbridas. La gran correlación que existe entre estas zonas de cizalla con las direcciones de la red de drenaje y de la costa revela que la morfología que se observa en la actualidad está condicionada por fracturas de edad Mioceno Superior.

Las Baleares durante el Mioceno superior se vieron expuestas a un campo de esfuerzos extensional asociado al rifting del surco de Valencia que provocó la formación de una serie de horsts y grabens limitados por fallas NE-SW. La línea de costa oriental de Mallorca está también determinada por esta dirección. Las zonas de cizalla que se observan en esta área deben relacionarse con fallas satélite de las que limitan la plataforma continental oriental de Mallorca. La diferente orientación de éstas sugiere que la extensión que tuvo lugar en el Mioceno Superior tenía un carácter radial, lo cual concuerda con los resultados de Céspedes et al. (2001). Ésta extensión radial explicaría también el hecho que las fracturas no penetrativas no se dispongan en dos direcciones perpendiculares claras, sino que adopten diversas orientaciones. La práctica ausencia de zonas de cizalla en la unidad superior, indica que la etapa en

la que se formó el paleocarst coincidió con una mayor actividad tectónica.

### Agradecimientos

Este trabajo es una aportación al proyecto financiado por la DGEIC, PB98-0132.

### Bibliografía

- Céspedes, A., Giménez, J. y Sàbat, F. 2001: *Geogaceta*, 30.
- Clemmensen, L. B., Fornós, J. J., Rodríguez-Perea, A., 1997: *Terra Nova*, 9, 251-254.
- Eyal, Y., Gross, M.R., Engelder, T y Becker, A. 2001: *Jour. Struct. Geol.*, 23, 279-296.
- Fornós, J.J. 1999: *Acta Geol. Hungarica*, 42, 237-250.
- Fornós, J.J., Gelabert, B., Ginés, A., Ginés J., Tuccimei, P. Y Vesica, P. 2001: *Geodinamica Acta* (en revisión).
- Hancock, P.L. 1991: *Phil. Trans. Roy. Ast. Soc. London.*, 337, 29-40.
- Peacock, D.C.P. 2001: *Jour. Struct. Geol.*, 23, 329-341.
- Pomar, L., Rodríguez-Perea, A., Sàbat, F. & Fornós, J.J. 1990: *Paleontol. i Evol. Mem. Espec.*, 2, 271-320.
- Price, N.J. y Cosgrove, J.W. 1990: *Analysis of Geological Structures*. Ed. Cambridge University Press, 502 pp.
- Robledo, P.A. 2001: Memoria Investigación, UIB, 128 pp.+1 mapa.
- Scheidegger, A.E. 1993: *Tectonophysics*, 219, 235-239.
- Scheidegger, A.E. 2001: *Geomorphology*, 38, 213-219.