

# Fábrica de rocas salinas en una zona de cizalla (anticlinal de Súria, Barcelona)

## Rock salt fabrics in a shear zone

L. Miralles (\*) y M. Sans (\*\*)

(\*) Laboratorio de Investigación de formaciones salinas (LIFS), Dept. Geoquímica, Petrología i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, Martí Franquès s/n, 08071 Barcelona.

(\*\*) Dept. Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, Martí Franquès s/n, 08071 Barcelona.

### ABSTRACT

The most external part of the Pyrenean fold and thrust belt is detached above a saline formation (Cardona salt). The internal structure of this detachment can be studied in the mines which drill the salt cored anticlines developed in the area. The shear zones and folds observed are coherent with a top to the south displacement in the detachment. The salt fabrics evolution related to the local shear zones developed in the overturned stretched limbs of the anticlines have been characterised by a morphometric study. This shows an elongation of the grains and a preferred orientation of their long axis. This orientation changes with respect to the stratification whereas it is subparallel to the shear zone.

**Key words:** fabrics, rock-salt, shear-zone, detachment horizon, Pyrenees.

Geogaceta, 20 (4) (1996), 763-766

ISSN: 0213683X

### Introducción

Las láminas de cabalgamiento se emplazan frecuentemente con poca deformación interna utilizando materiales evaporíticos como niveles de despegue en los que se concentra la deformación (Jordan & Nüesch, 1989; Malavielle & Ritz, 1989; and Marcoux *et al.*, 1987). Asimismo, las secuencias de materiales evaporíticos son las responsables de la transmisión de la deformación hacia el antepaís en numerosos orógenos (Davis & Engelder, 1985). Aunque existen varios trabajos sobre la estructura interna de los diapiros y namakiers (Kupfer 1968; Talbot 1979; Woods 1979; Richter & Bernburg 1980; Talbot & Jackson 1987) hasta ahora existe poca información sobre la estructura interna de los niveles salinos de despegue.

Por otro lado, también se dispone de poca información sobre la fábrica de muestras deformadas por procesos naturales aunque existen bastantes trabajos sobre las propiedades reológicas y mecánicas de agregados policristalinos de grano pequeño (0.1 cm de diámetro aprox.) y muestras naturales de mayor tamaño de grano (1-5 cm de diámetro aprox.) deformadas en el laboratorio (Carter & Hansen, 1983). La complejidad en la interpretación de las fábricas salinas naturales preservadas es debida, entre otras razones (Clabaugh, 1963), a la dificultad en la identificación y determinación de la im-

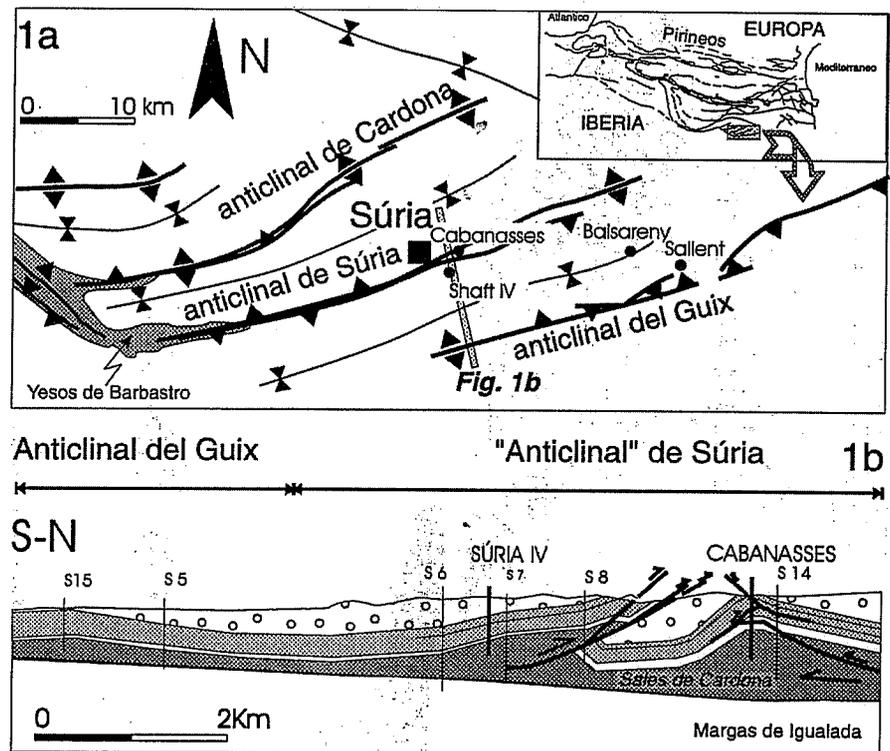


Fig. 1.- Situación de la zona de estudio dentro del marco macroestructural de la cuenca deformada del Ebro. 1a) El anticlinal de Súria es uno de los anticlinales frontales desarrollados sobre la formación sales de Cardona. 1b) La zona de cizalla estudiada se halla en el flanco sur del anticlinal de Cabanasses, en el anticlinal doble de Súria.

Fig. 1.- The deformed Pyrenees foreland is characterised by folds and thrusts detached over a saline formation. 1a) The Súria anticline is one of the most external structures of the fold-belt and characterised by a double vergence structure. 1b) The Súria anticline shows a north-directed thrust in the south and a south-directed fold in the north. The study shear zone is located in the southern limb of the latter

los cuales borran las fábricas previas.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la determinación de las fábricas que se forman en una zona de cizalla asociada a los flancos estirados de los pliegues desarrollados dentro de un nivel de despegue evaporítico. Las muestras tienen un tamaño de grano promedio de 0,5 mm por lo que son comparables a las muestras deformadas experimentalmente. Las fábricas muestran una relación geométrica y espacial con la zona de cizalla lo que las permite relacionar genéticamente.

**Marco geológico**

En el antepaís deformado del Pirineo suroriental el despegue basal describe una geometría de rellanos y rampas (Vergés *et al.*), situándose los rellanos en las formaciones evaporíticas del antepaís y las rampas en los límites de éstas. Las formaciones evaporíticas que funcionan como despegue basal son, de norte a sur y de inferior a superior, las formaciones Beuda, Cardona y Barbastro. El ejemplo estudiado en este trabajo se halla en la formación sales de Cardona que es la que presenta una mayor extensión y potencia de sales. La extensión en subsuelo de la formación sales de Cardona coincide en superficie con la zona de pliegues NW-SE (Fig.1a).

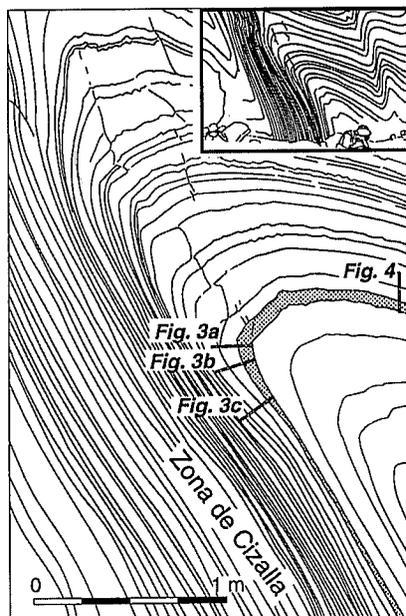


Fig. 2.- Esquema del afloramiento estudiado. La zona de cizalla corresponde al flanco estirado de un pliegue vergente hacia el sur. Las muestras estudiadas pertenecen a la capa sombreada.

Fig. 2.- The study shear zone developed in the stretched limb of a south-facing fold. Samples correspond to the shaded bed.

La formación de sales de Cardona tiene una potencia sedimentaria de 300 m en el centro de la cuenca (Pueyo, 1975). Se pueden distinguir dos miembros: el miembro inferior de hasta 200 m de potencia y de origen marino y el

superior de 50-100 m de potencia y de origen continental (Pueyo, 1975; Ayora *et al.*, 1995). Este último incluye las sales potásicas explotadas actualmente en las minas subterráneas de las empresas Súrria K y Potasas de Llobregat. Súrria K explota el anticlinal doble de Súrria mientras que Potasas del Llobregat explota el flanco norte del anticlinal del Guix. Estos dos anticlinales son las estructuras más meridionales del antepaís deformado (Fig.1b).

Las estructuras que se observan en el núcleo salino de estos anticlinales son pliegues de diversos órdenes de magnitud, zonas de cizalla y boudins (Sans *et al.*, 1996). Las zonas de cizalla se sitúan en los flancos invertidos y estirados de los pliegues o bien en los límites litológicos entre la carnalita y las intercalaciones de halita, arcilla y silvinita. En el caso estudiado, la zona de cizalla pertenece a un flanco estirado de un anticlinal de la mina de Cabanasses.

**Método**

La zona de cizalla estudiada coincide en dirección, buzamiento y características geométricas con las demás zonas de cizalla asociadas a los flancos invertidos y estirados de los pliegues (Sans *et al.*, 1996) y por lo tanto se ha considerado representativa de todas ellas. En las estructuras mesoscópicas, la estratificación se ha revelado como un buen marcador que registra los procesos tectónicos a que se ha visto sometida la formación Cardona (Sans *et al.*, 1996). Por este motivo se ha tomado la estratificación como nivel de referencia para el estudio a microescala.

Se ha partido del conocimiento del marco regional apoyado en la cartografía de los anticlinales de Súrria, el Guix y Sanauja, y del estudio de las mesoestructuras salinas observadas en mina. El trabajo de mina se ha basado en cortes 1:100 cada 25 m en las minas Cabanasses y Pozo IV (Súrria K), a partir de los cuales se ha realizado un mapa de trazas de anticlinales y el análisis de envolventes de los pliegues. Además las observaciones *in situ* en estas dos minas se han comparado con las de Sallent y Balsareny (Potasas del Llobregat) (Sans *et al.*, 1996).

A partir del estudio mesoestructural de los niveles salinos se ha escogido una zona de cizalla situada en el miembro superior (mina de Cabanasses) para el estudio de las fábricas salinas asociadas. Primero se obtuvieron

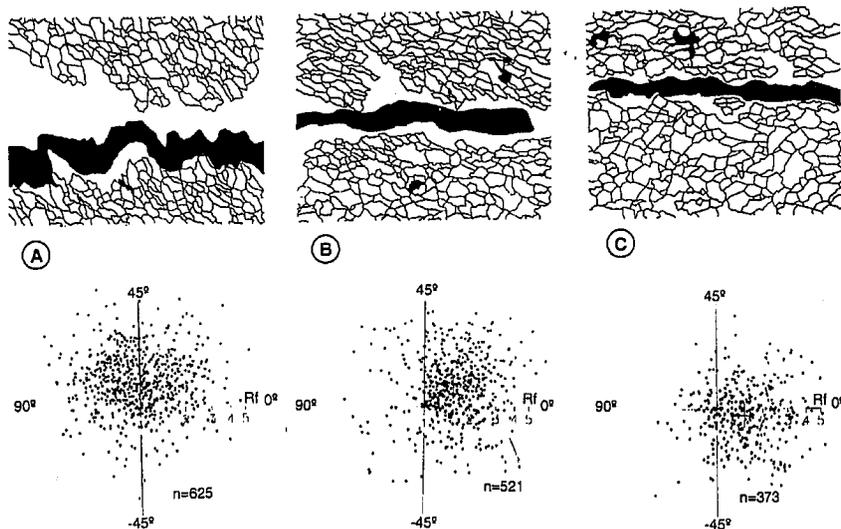


Fig. 3.- Esquema de la morfología de los granos de las muestras 3a, 3b y 3c y su diagrama Rf/phi correspondiente. La situación de las muestras se encuentra en la figura 2 y los resultados numéricos en la tabla 1. La nube de puntos de los diagramas se desplaza desde el cuarto cuadrante (3a) hasta el segundo (3c) pasando por el primero (3b). En la figura 3c la elongación de los granos deja de ser evidente.

Fig. 3.-Morphology and Rf/phi diagrams of samples shown in figure 2. See numerical results in table 1. Phi angle changes from the fourth quadrant (3a) to the second (3c) passing through the first one (3b). Grain elongation increases from 3a to 3b whereas in 3c the elongation decreases and is less evident.

muestras de mano orientadas para confeccionar láminas delgadas y realizar su estudio petrográfico y morfométrico cuantitativo. Para este último se ha trabajado sobre la sección AC que es perpendicular a la estratificación y paralela a la dirección de buzamiento de las capas. Además, es en esta sección donde la morfología de los granos es más variable. En segundo lugar se han identificado los bordes de grano y posteriormente mediante un análisis de imagen se han medido las siguientes variables: área, perímetro, eje largo, eje corto y el ángulo phi que es el que forma el eje largo con la estratificación. Finalmente, a partir de estos resultados se han realizado los diagramas polares Rf / phi (siendo Rf = eje largo/eje corto) siguiendo el método de proyección de Elliot 1970.

**Resultados**

La zona de cizalla estudiada corresponde al flanco invertido y estirado de un pliegue de orden métrico (Fig 2). Este pliegue presenta flancos rectos y charnela estrecha y redondeada, es vergente hacia el sur y asimétrico. Su eje tiene una dirección N075E y es subhorizontal coincidiendo con la orientación generalizada de los pliegues de este orden de magnitud y mayores (Sans *et al.*, 1996). La zona de cizalla presenta una orientación N068E, es decir, paralela a la superficie axial del pliegue y un buzamiento de 64° hacia el N. Esta dirección coincide con las de las cizallas estudiadas tanto en esta misma mina como en la de Súrria (Pozo IV) y Balsareny-Sallent y es congruente con un sentido de cizalla inverso dentro del nivel de despegue. La anchura de la banda de cizalla es de 1.8 m y representa un adelgazamiento del 65% respecto al flanco norte del anticlinal y que se considera apenas deformado por cizalla. Su salto es inverso y de unos 7 m.

Las muestras estudiadas consisten en ciclos de halita limitados a techo y base por finas capas ricas en sulfatos y minerales de la arcilla. El mineral accesorio que se encuentra en el tramo central halítico es la polihalita, aunque éste se encuentre en un porcentaje <1%. Estos tramos halíticos son muy puros y la mayor parte de los contactos entre granos son de halita-halita. En estas muestras no se observaron estructuras primarias como cristales *hopper* o *chevron* al contrario que en zonas menos deformadas del mismo paquete estratigráfico (Pueyo, 1975). La potencia de la capa muestreada varía en cada una de las distintas posiciones y pasa de 5.5 cm (3a) hasta 4.8 cm (3b) y 3

cm en la 3c, lo que representa un adelgazamiento del 54%.

El análisis morfométrico de los resultados promedio obtenidos se encuentran en la tabla 1. Sin embargo, sólo se presentan en forma de figura los resultados de cuatro de ellas (Fig. 3 (a,b y c) y Fig. 4). Las figuras 3a,b y c corresponden a muestras extraídas desde la zona de charnela hasta la zona de máximo adelgazamiento del flanco cizallado, todas de la misma capa. La cuarta corresponde a la misma capa que las anteriores pero en el flanco norte a 1 m de la charnela del pliegue y fuera de la zona de cizalla. Según los resultados de la tabla 1 se observa que: 1) El factor de elongación promedio (Rf) aumenta desde la muestra 3a hasta la 3b y disminuye desde ésta hasta la 3c pasando por las muestras intermedias progresivamente. La muestra 4 presenta valores de Rf menores. 2) El ángulo phi varía progresivamente entre 39° y -6° desde la

Muestra	Angulo phi	Rf	Area (mm <sup>2</sup> )
4	68	1.28	0.52
3a	39	1.38	0.53
3b41	29	1.57	0.54
3b	17	1.71	0.44
b42	4	1.65	0.53
b43	-2	1.50	0.44
3c	-6	1.48	0.51

Tabla 1.- Resultados promedio del análisis morfométrico. El ángulo phi es el que forman el eje largo de la elongación y la estratificación.

Table 1.- Mean results of the morphometric analysis. Phi angle is between the long elongation axis and layering.

muestra 3a a la 3c. La muestra 4 tiene un valor de 69°. 3) El tamaño de grano promedio presenta un mínimo en la muestra 3b.

**Discusión y conclusiones**

El análisis morfométrico muestra que los granos de halita presentan una fábrica con granos elongados que se disponen según una orientación preferente respecto a la estratificación. Los diagramas Rf/phi presentan una nube de puntos aparentemente dispersa, sin embargo esto es debido a que en este tipo de diagrama no se tiene en cuenta el factor tamaño de grano. A pesar de esto la mayor parte de la población se puede reunir alrededor de un

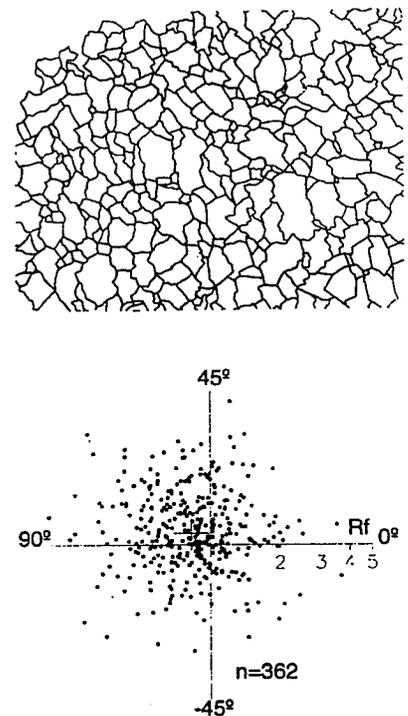


Fig. 4.- Morfología de los granos y diagrama Rf/phi de la muestra 4 que se encuentra fuera de la zona de cizalla (ver situación en la figura 2 y resultados numéricos en la tabla 1).

Fig. 4.- Shape and Rf/phi diagram from sample 4 (see location in figure 2 and numerical results in table 1). This sample is outside the shear zone and the grains are less elongated than those which have suffered low values of shear but similar to those which have undergone greater deformation.

valor promedio. Esta fábrica se caracteriza porque existe una elongación y una orientación preferente del eje largo de los granos en cada muestra respecto a la estratificación. Los valores promedio de la elongación, orientación del eje largo y área de los granos varían a lo largo de las muestras estudiadas en relación a su posición con respecto a la zona de cizalla. La evolución de los dos primeros parámetros queda reflejada en la migración de la nube de puntos de los diagramas Rf/phi desde posiciones próximas al cuarto cuadrante a posiciones situadas en el segundo, pasando por el primero. Los valores de elongación aumentan desde el exterior de la zona de cizalla (muestra 4) hasta muestras con bajos valores de zona de cizalla (muestra 3b). Mientras que las muestras ya situadas en la zona de cizalla (muestra 3c) presentan un carácter progresivamente menos elongado llegando a valores similares a la muestra 4. La orientación del eje largo de los granos no está relacionada con la estratificación con la

cual presenta un ángulo decreciente a medida que se entra en la zona de cizalla. En cambio, esta dirección del eje largo es paralela a la dirección general de la cizalla. Además el promedio del área de los granos presenta un mínimo que coincide con el máximo elongamiento de los granos. La disminución de la elongación de los granos y su incremento areal a partir de un cierto umbral de deformación evidencian la existencia de procesos de recristalización.

#### Agradecimientos

A Súrria K S.A y Potasas del Llobregat por su colaboración tanto en el suministro de datos como por las facilidades para realizar el trabajo en mina. A David Durney por sus sugerencias sobre el análisis de la deformación. A Pere Santanach por su crítica sobre el trabajo realizado.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Commisionat per Uni-

versitats i recerca de la Generalitat de Catalunya, Grup de Qualitat GRQ94-1048.

#### Referencias

- Ayora,C.; Taberner,C.; Pierre,C. & Pueyo,J.J (1995): *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59 (8),1799-1808
- Clabaugh,P.S. (1962): *Science*, 136, 389-391
- Carter,N.L.& Hansen,F.D. (1983): *Tectonophysics*, 92, 275-333.
- Davis,D.M. & EngelderT. (1985): *Tectonophysics*, 119, 647-88.
- Elliot,D. (1970): *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81, 2221-2236
- Jordan,P. & Nüesch,R. (1989): *Ecllogae Geol. Helv*, 82, 429-454.
- Kupfer,D.H. (1968): *En: Braunstein,J. & Orien, G.D.(eds) Diapirism and Diapirs. AAPG, Memoir 8*, 79-80.
- Malavielle,J. & Ritz,J.F. (1989): *Journal of Structural Geology*, 151, 583-

- 590.
- Marcoux, .; Brun,J.P.; Burg, J.P. & Ricou,L.E. (1987): *Journal of Structural Geology*, 9, 583-590.
- Pueyo,J.J. (1975): Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 351 p.
- Richter-Bernburg,G. (1980): *Bull. Centres de Research Elf-Aquitaine*, 4, 373-393.
- S a n s , M . ; S a n c h e z , A . L . & Santanach,P.(1996): *En: Alsop,G.I.; Blundell,D.J. & Davison,I. (eds). Salt Tectonics*, 100, 65-77.
- Talbot,C.J. (1979): *Journal of Structural Geology*, 1, 5-18.
- Talbot,C.J. & Jackson,P.A. (1987): *AAPG Bull.*, 71, 1068-1093.
- Vergés,J.; Muñoz,J.A. & Martínez,A. (1992): *En: McClay,K.R.(ed). Thrust Tectonics. Chapman&Hall*, 255-264.
- Woods,P.J.E. (1979): *Economic Geology*, 74, 409-418.