

Determinación de fábricas mediante la anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM) en rocas con diferente grado de deformación. Ejemplo de materiales eocenos de la cuenca de Ainsa (Pirineo Central)

Fabric estimates using ASM in rocks with different strain magnitude. Example on Eocene rocks from the Ainsa Basin (Central Pyrenees)

J. Dinarès (*) y J. M. Parés (**)

(*) Departament de Geologia Dinàmica, Gf. i Pal., Universitat de Barcelona, 08071- Barcelona

(**) Institut de Ciències de la Terra, CSIC, Martí i Franqués s/n, 08028- Barcelona.

ABSTRACT

The anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) has been used to establish the petrofabric of some Eocene grey marls from the southern Pyrenees. The rocks are affected by increasing deformation conditions from weakly to non-deformed rocks to the south, to the cleaved ones to the north, where a N-S axial plane cleavage is observed. It can be seen that there is a change on both the directional data and the shape of the anisotropy changes first from the flattening field to the constriction field and finally back again to the flattening one. Thus the AMS is revealed as a powerful method in structural geology for estimating preferred alignments of mineral fabrics.

Geogaceta, 12 (1992), 22-25.

ISSN: 0213683X

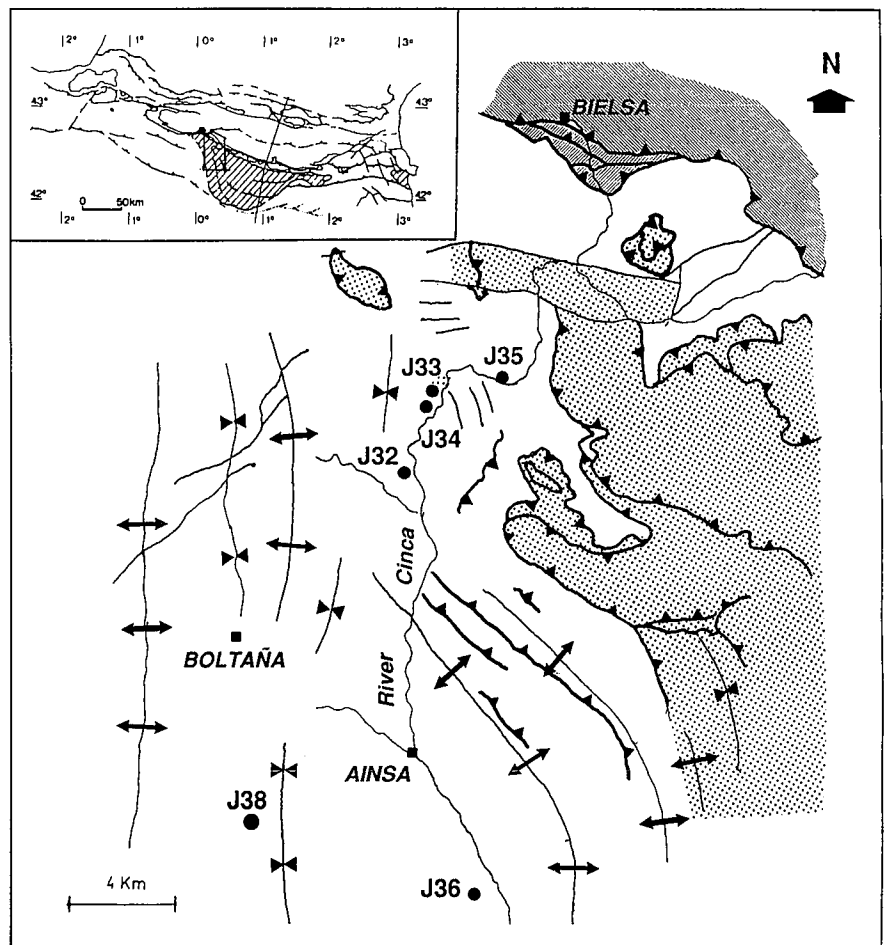
Anisotropía de la susceptibilidad magnética de las rocas

La determinación de la deformación en rocas depende de la presencia de marcadores adecuados que proporcionen la información suficiente para establecer las componentes de la deformación. Esto, evidentemente, es sólo posible en casos limitados ya que los métodos clásicos de determinación de la deformación se basan en unos pocos marcadores: De un lado se utilizan los objetos que inicialmente son esféricos o elipsoidales (cantos en conglomerados, vesículas en lavas, manchas de reducción, oolitos, radiolarios, etc.). De otro lado, existen los marcadores de forma inicial no esférica conocida, como por ejemplo algunos braquiópodos.

La aplicación del estudio de la anisotropía de la susceptibilidad magnética

Fig. 1.—Mapa de localización de las estaciones en la cuenca de Ainsa. En negro y gris claro se han diferenciado respectivamente los materiales de la zona axial y los de la unidad Montsec-Gavarnie.

Fig. 1.—Location map of the sites in the Ainsa Basin. Black —axial zone, grey— Montsec-Gavarnie Unit.



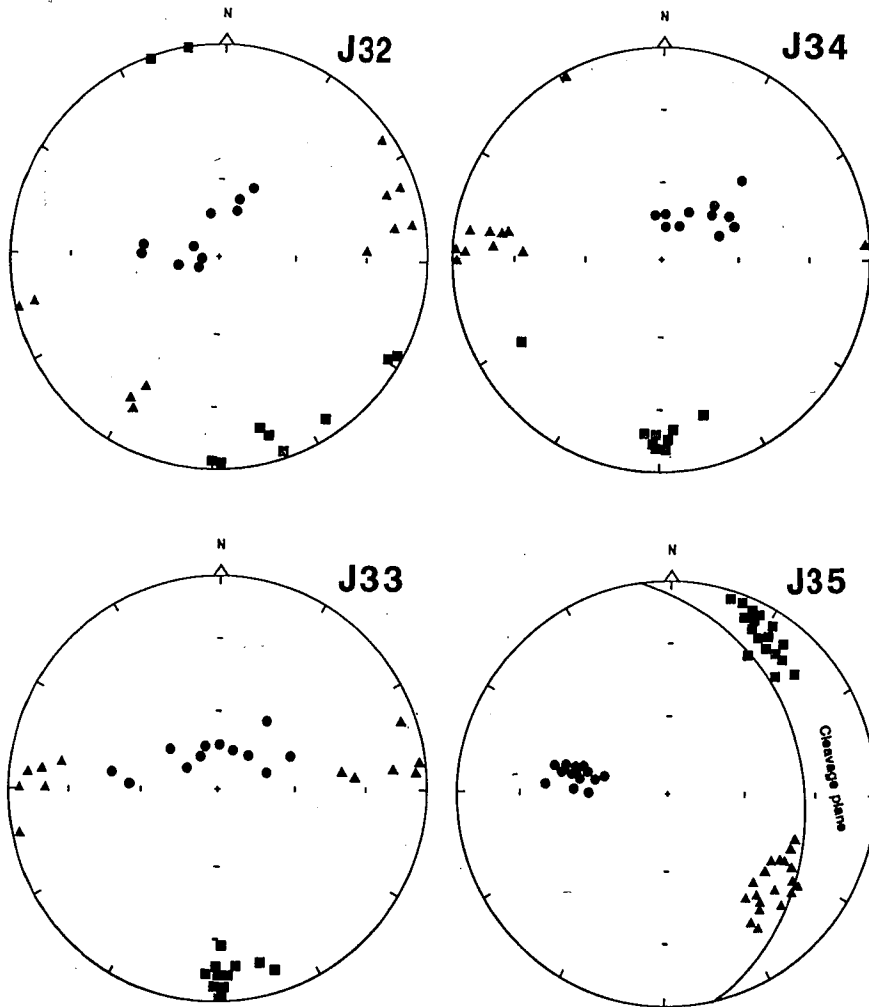


Fig. 2.—Ejes principales de la susceptibilidad magnética máxima (K1, cuadrados), media (K2, triangulos) y mínima (K3, círculos).

Fig. 2.—Principal magnetic susceptibility axes: Maximum (K1, squares), intermediate (K2, triangles) and minimum (K3, dots).

tica (de ahora en adelante ASM) al análisis de la deformación presenta una doble vertiente de interés: Al ser una propiedad física de los minerales, es aplicable a una amplia gama de litologías. En segundo lugar, la ASM constituye un marcador que en algunos casos, es muy sensible a la deformación, por lo que es posible establecer los elipsoides de la misma en rocas que no ofrecen ningún otro marcador que sea de momento medible. De la literatura sobre el tema (ver Hrouda, 1982; Borradaile, 1988) se desprende que en rocas con fábricas tectónicas bien desarrolladas, las direcciones principales de susceptibilidad magnética (K1, K2, K3) son paralelas a las direcciones estructurales prominentes (p.e. Kligfield *et al.*, 1977; Owens y Bamford, 1976; Dinarès *et al.*, 1991). Así, el eje de susceptibilidad mínima

(K3) es normalmente perpendicular a la esquistosidad y el de susceptibilidad máxima (K1) es paralelo a la dirección de extensión. La relación entre la magnitud del elipsoide de susceptibilidad y la intensidad de la fábrica tectónica es más compleja que la relación entre las direcciones. Algunos autores han propuesto correlaciones del tipo $K1/K2=(X/Y)n$, que quizás dentro de una misma región, con uniformidad litológica y mecanismos limitados de deformación, sean aplicables. En cualquier caso, si bien la utilización de la ASM para determinar la orientación y forma del elipsoide está bien extendida, no ocurre lo mismo por lo que se refiere a la correlación entre la deformación y la ASM: La deformación puede crecer indefinidamente, pero la ASM tiene un límite superior que no puede ser mayor que el mineral más

anisotrópico de la roca cuando todos los granos de este mineral están perfectamente alineados. Alternativamente puede ocurrir que bajo valores pequeños de esfuerzo, la ASM esté primordialmente influenciada por la recristalización dando lugar a una lineación perfecta de clorita o mica. Parece ser que es dentro de la ventana comprendida entre el 20 y el 75 % de acortamiento en cizalla pura que se puede esperar razonablemente una correlación entre los radios de la deformación y los radios principales de la susceptibilidad.

Discusión de los resultados

El área objeto de estudio se halla en la cuenca de Ainsa (Fig. 1), en la región NW de la Unidad Central Surpirenaica. En las margas eocenas subhorizontales estudiadas se observa una mayor deformación hacia el norte de la cuenca, donde existe una esquistosidad de plano axial.

En las estaciones más meridionales de la sección (J37, J38, J32) las direcciones del elipsoide magnético definen una fábrica típicamente sedimentaria, con el eje K3 perpendicular al plano de estratificación y por lo tanto subvertical y los ejes K1 y K2 contenidos en éste (Fig. 2). Los elipsoides determinados para estas estaciones se sitúan en el campo del aplastamiento del diagrama anisotrópico (Fig. 3).

En la estación J34, los ejes K1 son subhorizontales y paralelos a la dirección N-S, mientras que los ejes K3 son subverticales y por tanto normales a la estratificación (Fig. 2). No obstante, los elipsoides de estas muestras presentan valores negativos de T, con lo cual están en el campo de la constricción (Fig. 3). Siguiendo más al norte, la estación J33 presenta unas características distintas. La dirección de K1 permanece como en la anterior estación, es decir según la dirección N-S, pero por lo que se refiere a los ejes K2 y K3 estos describen una guirnalda subvertical según la dirección E-W (Fig. 2). Este afloramiento presenta pues evidencias de una fábrica no sedimentaria. El aspecto de campo de los materiales correspondientes a esta estación, no presenta ninguna diferencia apreciable respecto a las anteriores localidades, con fábricas sedimentarias bien definidas. Esta distribución de los ejes de

la fábrica magnética muestra que el primer efecto de la deformación es alinear K1 perpendicularmente a la dirección de compresión y distribuir los ejes K2 y K3 según una guirnalda paralela a la misma. Los elipsoides magnéticos de esta estación están en el campo de la constricción y presentan valores de T más altos que en la anterior localidad.

En la estación más septentrional muestreada (J35), existe una esquistosidad desarrollada en las margas eocenas. La proyección estereográfica muestra que los ejes K3 son perpendiculares a los planos de esquistosidad, los cuales a su vez vienen definidos por los ejes K2 y K3 (Fig. 2). Es importante remarcar que los elipsoides magnéticos de esta localidad son aplastados ($T > 0$) (Fig. 3).

Así pues, a lo largo de la sección estudiada, se observa un cambio no solo en las direcciones de la fábrica magnética, sino que también en la forma del elipsoide. De S a N, el elipsoide magnético en el diagrama P' -T refleja el aumento de deformación de S a N, de otro lado coherente con la aparición de esquistosidad en los afloramientos más septentrionales. Por lo que se refiere a las orientaciones de los ejes principales de la ASM, éstos indican una dirección de acortamiento según E-W a lo largo de la sección muestreada. Otro punto importante, es que la ASM ha permitido establecer fábricas tectónicas en materiales aparentemente no deformados.

La rapidez, sensibilidad y el hecho de que la ASM proporcione una medida integrada de la fábrica, la configuran como un método ideal en geología estructural para la determinación de alineaciones de fábricas minerales. Además, las direcciones principales de ASM se corresponden con las direcciones de deformación. Este hecho, por sí solo, justifica el extenso papel que puede tener la ASM en estudios tectónicos.

Referencias

Borradaile, G. J. (1988): *Tectonophysics*, 156: 1-20.
 Dinarès-Turell, J.; McClland, E. y Santanach, P. (1991): *Rev. Soc. Geol. España*, 4, 179-186.
 Hrouda, F. (1982): *Geophys. Surv.*, 5: 37-82.
 Kligfield, R., Lowrie, W. y Piffner, O. A. (1977): *Tectonophysics*, 40: 287-308.

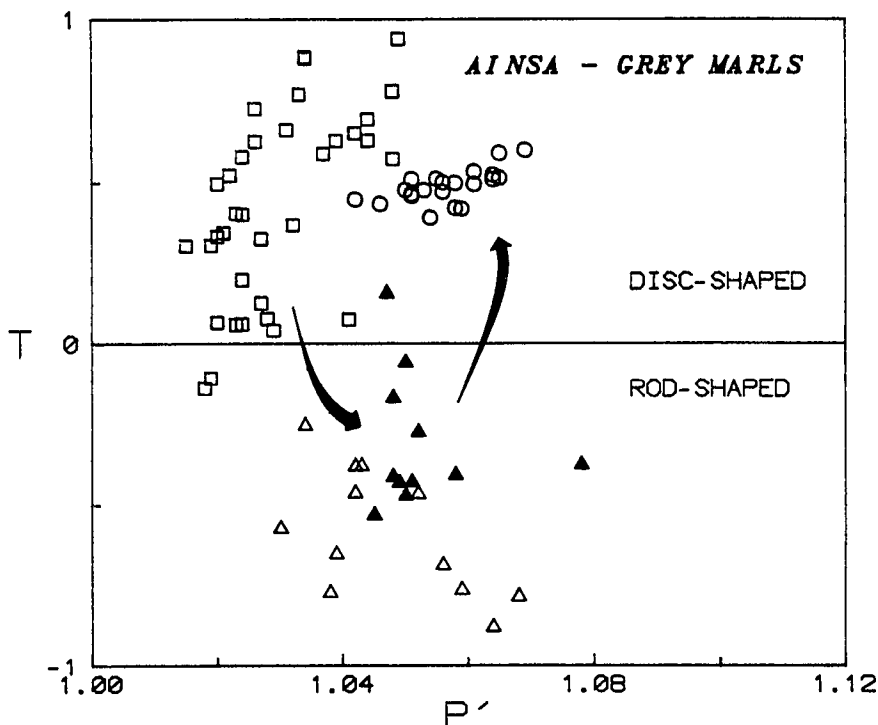


Fig. 3.—Diagrama de anisotropía de Hrouda-Jelinek de las localidades estudiadas: J32 (cuadrados), J33 (triángulos), J34 (triángulos llenos) y J35 (círculos). T-Simetría de la forma del elipsoide, P' -excentricidad del elipsoide.

Fig. 3.—Hrouda-Jelinek anisotropy plot for the studied localities: J32 (square), J33 (triangles), J34 (full triangles) and J35 (circles), T-Symmetry of shape, P' -eccentricity of the susceptibility ellipsoid.

Owens, W. H. y Bamford, D. (1976): *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 283: 55-68.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado bajo la aportación económica de la C.I.R.I.T. (convocatoria 1989 «d'ajuts a projectes de recerca d'investigadors joves»).

Cuestión planteada por Pablo Guimiel:

¿Hasta qué punto puede ser fiable la determinación de una fábrica, mediante anisotropía, con alto grado de metamorfismo y que ha sufrido varias etapas de reactivación? ¿No hay que apoyar este método con otros métodos?

Respuesta de los autores:

El método es evidentemente fiable en cuanto a la determinación de la fábrica de la ASM. Ahora bien, al igual que en otros métodos de determinación en geología estructural, utilizando la ASM obtenemos un elipsoide de deformación finita. La asignación del elipsoide determi-

nado a una fase u otra de deformación o bien el atribuirla a la suma de varias contribuciones, es más complicado. La separación de diferentes elipsoides magnéticos en una roca se basa normalmente en que éstos responden a diferentes fases minerales (con propiedades magnéticas determinadas.) De esta forma es posible diferenciar, por ejemplo, el elipsoide de la fracción paramagnética de los filosilicatos, del elipsoide de los ferromagnéticos (p. e. Jackson *et al.*, 1989). La separación de la contribución de las distintas fases magnéticas conlleva la combinación de la utilización de la susceptibilidad de campo baja (el utilizado en nuestro trabajo) con la magnetización anhistrérica remanente natural (McCabe *et al.*, 1985)

Referencias

Jackson, M., Sproul, D. y Ellwood, B. (1989): *Geophys. Res. Lett.*, 16:1063-1066.
 McCabe, C.; Jackson, M y Ellwood, B. (1985): *Geophys. Res. Lett.*, 12: 333-336.

Cuestión planteada por R. Campos:

¿En la medición de la susceptibilidad magnética de muestras orientadas, hasta qué punto puede influir en la variación de este parámetro, la magnetización remanente de la roca?

Respuesta de los autores:

Los métodos de medición de susceptibilidad magnética basadas en la aplicación de campos alternos como es el caso que nos ocupa, tienen precisamente la ventaja de la independencia de la magnetización remanente de las muestras: El instrumento

utilizado es un Kappabridge KLY-2 (Geofyzika Brno) y su operación se basa en la medición de cambios de inductividad en una bobina debidos a la muestra. Este aparato opera a una frecuencia de 920 Hz y las muestras se miden en un campo de 300 A/m (es decir, unas siete veces el valor del campo magnético terrestre).

Variación del patrón de diaclasas a lo largo de la serie neógena de la Sierra de Sigena (Huesca): Posible relación con el campo de esfuerzos y su perturbación

Variation in the joint pattern along the neogene series of the Sierra de Sigena (Huesca): Possible relationships with the stress field and its deflection

L. E. Arlegui Crespo

Area de Geodinámica, Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza. E-50009, Zaragoza

ABSTRACT

Neotectonic joints in the Ebro basin strike uniformly NNW-SSE, perpendicular or near-perpendicular to the direction of σ_3 in the moment it developed. Within the Sierra de Sigena there are joints with anomalous strikes. They show a vertical evolution becoming more similar to the regional fracture pattern as higher in the slope they appear. In the middle portion of the slope this set coexists with the regional-striking joints. We interpret this joint distribution as a consequence of stress deflection caused by major faults in the basement, which shows possible attenuation upwards.

Key words: joints, stress field, deflection, Huesca, Ebro basin, Alpine tectonics.

Geogaceta, 12 (1992), 25-28.
ISSN: 0213683X

Metodología y descripción del fenómeno

Las estructuras más extendidas en el sector central de la Cuenca del Ebro son las diaclasas. Estas alcanzan un desarrollo óptimo en aquellas zonas en que la serie sedimentaria es predominantemente calcárea, como en Los Monegros (Sierras de Alcuabierre y Sigena), Las Bardenas, Montes de Castejón, etc. Es en estas áreas donde mejor se pueden estudiar las características del diaclasado.

Resultaría demasiado extenso incluir aquí una descripción completa de la metodología que se ha seguido en la investigación del diaclasado en los Monegros; no obstante debemos incluir un resumen de la misma. Consiste básicamente en la definición de estaciones de toma de datos (afloramientos espacialmente restringidos que se consideran homogé-

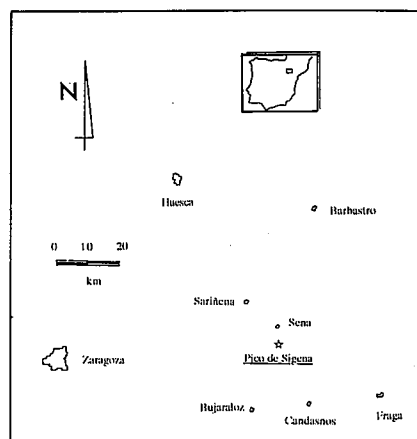


Fig. 1.

neos desde el punto de vista estructural) en los que se mide la orientación de las diaclasas y se anotan características propias de ellas como las relaciones de corte o estilos arquitectónicos (Hancock, 1985), pre-

sencia de marcas plumosas, escalonados (pequeñas fracturas en echelon análogas a fracturas de Riedel), grado de lisura de los planos, etc. Todo ello nos permitirá entre otras cosas deducir qué familia de diaclasas es primaria y cual es una familia secundaria o de «crossjoints». Los datos direccionales se procesan trazando histogramas suavizados, cuya técnica de elaboración describen Wise y McCrory (1982). Esta técnica permite eliminar el ruido estadístico introducido por el muestreo.

Esta metodología, junto a la elaboración de mapas de detalle de afloramientos selectos nos ha llevado a la caracterización del patrón regional de diaclasado. Este patrón consiste, a grandes rasgos, en una familia de diaclasas verticales muy sistemáticas de dirección NNW contra la que se corta de forma aproximadamente perpendicular otra familia menos sistemática