

Referencias

Brunsdon, D. (1973): *Geologica Applicata e Idrologica. Univ. Bari*, 8, 1, pp. 185-207.

Chacón, J.; Irigaray, C.; López Galindo, A.; Rodríguez Moreno, I. y Romero Cordon, E. (1988): *II Congreso Geológico de España*, Granadada, Guía de Excursión B-5.

Irigaray, C. (1990). Tesis de Licenciatura. *Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada*. (Inédita).

Recibido el 25 de enero de 1991
Aceptado el 1 de marzo de 1991

Criterios del sentido del movimiento e historia deformativa en fallas a partir de la Petrografía de espejos de fricción: Aplicación a fallas alpinas del Sistema Central

Shear-sense indicators and deformation history in faults as deduced from slickenside Petrography: Application to alpine faults in the Spanish Central System

M. Doblas

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

ABSTRACT

The analysis of thin-sections using slickenside petrography (Lee & Means, 1990) allows the deduction of a series of shear-sense indicators in brittle faults, such as: SC-type structures, asymmetric microfolds, stylolitized and recrystallized steps, R and R' Riedel microfractures, tension gashes, deformed phenocrysts, oblique stylolites, oblique preferred mineral orientations, and drag-effects. Additionally, we present a number of criteria to recognize the polyphasic character of some faults. These findings are applied to some Alpine faults in the Spanish Central System.

Key words: Slickenside petrography, brittle faults, shear-sense indicators.

Geogaceta, 10 (1991), 106-109.

Introducción

Los espejos de fricción se utilizan para deducir la dirección y el sentido del movimiento en fallas frágiles. Este análisis se suele hacer a la escala de visu, tanto en el plano de falla, como perpendicularmente al mismo (Petit *et al.*, 1983; Doblas, 1988), y ocasionalmente se recurre al microscopio óptico o electrónico (Friedman & Logan, 1970; Engelder, 1974; Doblas, 1988). Lee & Means (1990) han sugerido que mediante la denominada «petrografía de espejos de fricción» («slickenside

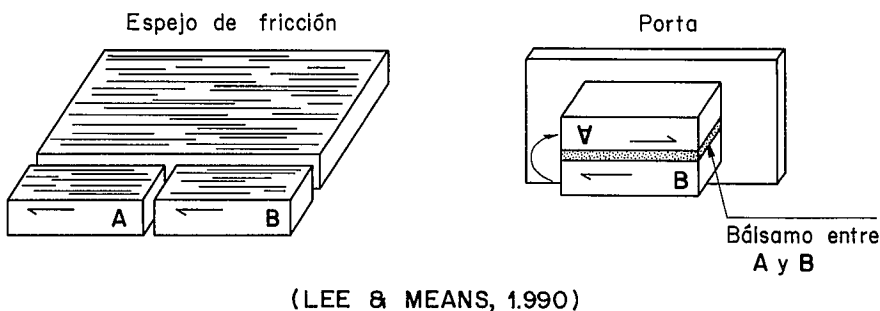
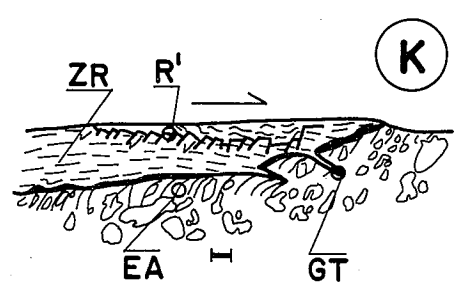
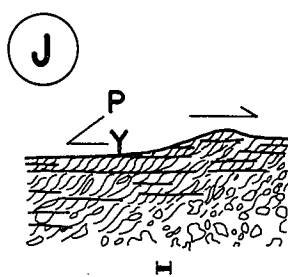
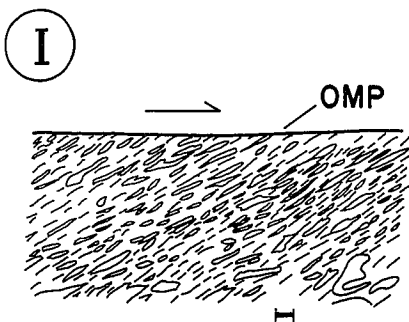
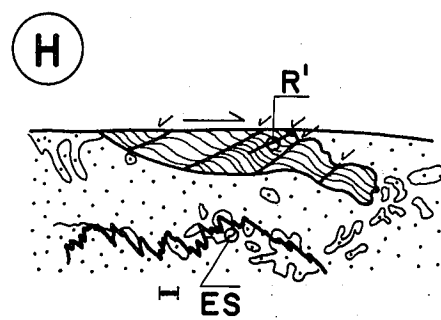
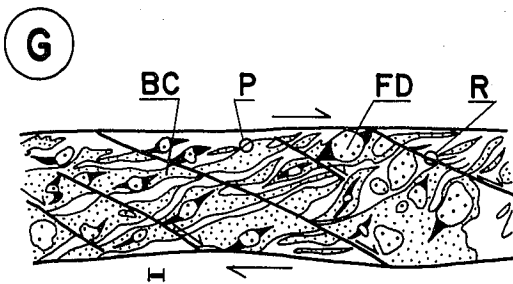
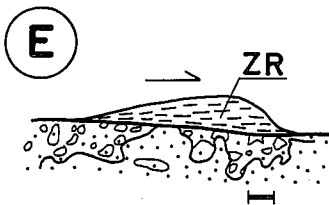
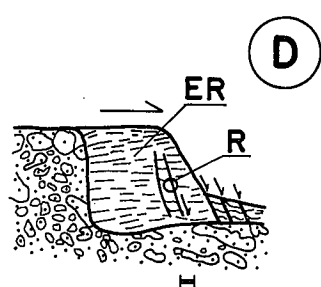
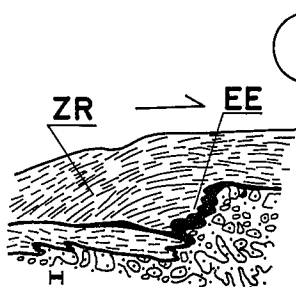
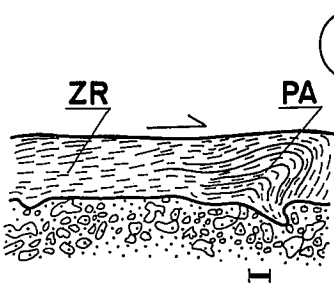
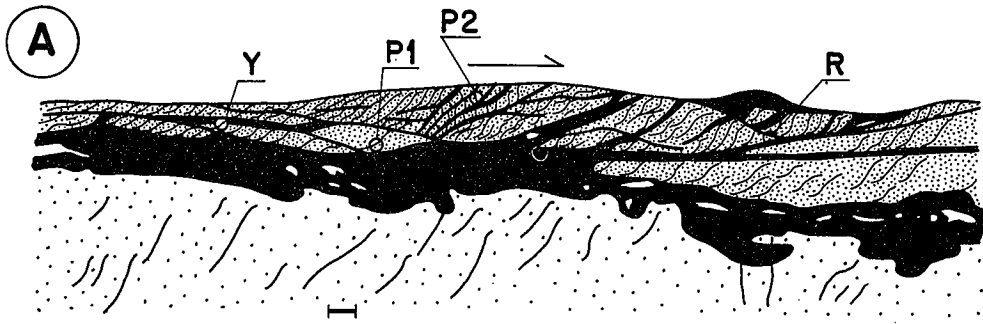


Fig. 1.—Realización de las láminas delgadas especiales para la petrografía de espejos de fricción (Lee & Means, 1990).

Fig. 1.—Special thin sections used for slickenside petrography (Lee & Means, 1990).

Fig. 2.—Criterios del sentido del movimiento observados en espejos de fricción bajo el microscopio. BC: Bandeado composicional; EA: Efecto de arrastre; EE: Escalón estilolitizado; ER: Escalón con recristalización; ES: Estilolitos; FD: Fenocrystal deformado; GT: Grieta de tensión; OMP: Orientación mineral preferente; PA: Pliegue asimétrico; ZR: Zona de recristalización. Planos con significado cinemático según la nomenclatura frágil: P1, P2, R, R', y Y. Escalas: 0,5 mm. Ver texto para explicaciones más detalladas.

Fig. 2.—Shear sense criteria deduced from slickenside petrography. Thin sections have been prepared as shown in fig. 1. BC: Compositional banding; EA: Drag-effect; EE: Stylolitized step; ER: Recrystallized step; ES: Stylolites; FD: Deformed phenocryst; GT: Tension gash; OMP: Preferred mineral orientation; PA: Asymmetric fold; ZR: Recrystallized area. Planes with a kinematic meaning according to the terminology of brittle faults: P1, P2, R, R', and Y. Scaled bars: 0,5 mm. See text for detailed explanations.



petrography»), se pueden indentificar bajo el microscopio un cierto número de criterios cinemáticos. Proponen que se realicen láminas delgadas de los espejos de fricción según se ilustra en la figura 1 (perpendicularmente al plano de falla y paralelamente a la lineación).

En este trabajo, se investigan las posibilidades de este nuevo método, obteniéndose numerosos criterios del sentido del movimiento, así como una serie de datos que revelan historias deformativas polifásicas en algunas fallas.

Petrografía de espejos de fricción: su aplicación

En la figura 2 se representan y clasifican los criterios del sentido del movimiento que hemos observado bajo el microscopio utilizando la petrografía de espejos de fricción.

Uno de los casos más notables ha sido el encontrar láminas de cloritas con estructuras SC muy marcadas (planos P, Y, y R según la terminología frágil; Vialon *et al.*, 1976) formando pátinas irregulares en ciertos espejos de fricción. En estas cloritas fuertemente estructuradas, se observan tres tipos de criterios del sentido del movimiento (fig. 2A): planos de cizalla Y, planos sintéticos de Riedel R, y dos tipos de planos P de aplastamiento (uno primario P1, y otro secundario P2). Hemos podido observar micropliegues asimétricos que tienen un significado cinemático obvio, como el que se esquematiza en la figura 2B afectando a una zona de recristalización en un plano de falla. Los escalones, que son estructuras comunes en los espejos de fricción, son de dos tipos (Doblas, 1988): mirando en contra de la dirección del movimiento (como el escalón estilolitizado de la figura 2C), o mirando a favor de la dirección del movimiento (como el escalón recristalizado de la figura 2D). Este último escalón presenta unas fracturas sintéticas de Riedel R que confirman esta cinemática. Bajo el microscopio, se pueden observar montículos cuya asimetría marca claramente el sentido del movimiento (fig. 2E).

Existen estructuras que, aún no perteneciendo al espejo de fricción, forman alineaciones paralelas al plano de falla en los labios de la misma, y tie-

nen un significado cinemático. En la figura 2F se representa unas venas de calcita que indican el sentido del movimiento por su geometría de grietas de tensión escalonadas. En una caliza se pudo observar una banda subparalela al plano de falla, con estructuras de flujo cataclástico y un bandeo composicional (fig. 1G). Presenta varios criterios cinemáticos tales como sigmoides P, microfracturas sintéticas de Riedel R, y fenocristales deformados (algunos de ellos de tipo σ y δ ; Passchier & Simpson, 1986). Este ejemplo es atípico de un régimen frágil (suele caracterizar a las deformaciones dúctiles). Sin embargo, es probable que en la deformación intervinieran fluidos dentro de un esquema de «anatectics tectonics» (Hollister & Crawford, 1986). Finalmente, hemos observado estilolitos oblicuos en los labios de ciertas fallas, lo cual constituye un excelente criterio cinemático (fig. 2H).

Otro de los criterios del sentido del movimiento viene dado por la deformación de elementos previos a la falla. En la figura 2H se observan una fracturas antitéticas de Riedel R' deformando a modo de sigmoides a un elemento pizarroso en el borde de un espejo de fricción. Otro criterio puede observarse en la figura 2I donde existe una orientación preferente de cristales de calcita, cuya oblicuidad indica el sentido del movimiento (fig. 1I; Simpson & Schmid, 1983). En un estadio mayor de la deformación (fig. 1J), se generan auténticos planos de tipo SC en la roca (planos P e Y).

Uno de los criterios cinemáticos más abundantes es el efecto de arrastre en los bordes de los espejos de fricción (fig. 1K). En esta figura se pueden observar dos criterios adicionales: una «tectónica de dominó» a favor de microfracturas R' en una zona de recristalización; y, un escalón enfrentado al movimiento con grietas de tensión desgarrándolo.

Sugerimos que mediante estos estudios al microscopio se puede detectar la existencia de historias polifásicas en ciertas fallas. Algunas de las estructuras que podrían indicar esta complejidad en los espejos de fricción son las siguientes: 1) Varias generaciones de cloritas estructuradas, montándose unas encima de otras; 2) Crenulaciones oblicuas en algunas de estas láminas de clorita; 3) Zonas de recristalización rotas por tectónica de

bloques; y, 4) Alternancia de láminas con cristales de calcita perpendiculares al plano de falla (indicando tensión), y láminas con cloritas estructuradas (indicando cizalla).

Por último, se han observado bajo el microscopio una serie de estructuras concoides en algunos espejos de fricción, que podrían ser indicativas de fracturas de carácter sísmico. Estructuras parecidas se dan en vidrios rotos, o en diaclasas (Hobbs, *et al.*, 1976).

Se han analizado dos familias de fallas de edad Alpina que son predominantes en las calizas Cretácicas de Torrelaguna en el NE del Sistema Central: N120° E y N160° E. El análisis de los espejos de fricción es el único criterio posible para conocer su movimiento. La familia N120° E presenta un carácter dextral, y tiene una historia polifásica. En la figura 3A se muestran varios criterios bajo el microscopio que indican que esta familia tuvo al menos tres fases de la deformación: 1) Una primera de cizalla generando fracturas oblicuas de tipo R (1); 2) Una segunda de tensión, produciendo cristales de calcita perpendiculares al borde (2); y, 3) una última de cizalla, generando una pátina estructurada irregular (3). De la figura 3B se puede deducir también una historia polifásica, aunque en este caso solo se detectan dos episodios: 1) Uno primero de cizalla generando una zona de recristalización (1); y, 2) uno segundo de tensión, produciendo la rotura de la zona anterior, y la cristalización de calcita en los huecos (2).

Por otra parte, el análisis de visu y bajo el microscopio de los espejos de fricción de la familia N160° E indica que se trata de fallas sinestrales. Sin embargo, en este caso no se han podido encontrar criterios que indiquen un carácter polifásico de la deformación.

Se puede hipotetizar sobre el significado que tienen los datos referentes a las fallas Alpinas observadas en Torrelaguna. La dirección de compresión concordante con estos dos sistemas conjugados es de 140° (cercana a la sugerida por Capote *et al.*, 1990). El hecho de que solo la familia N120° E presente un carácter polifásico podría explicarse si existieran variaciones en la dirección media de compresión 140°, fluctuando localmente entre 120° y 140°. De este modo se favorecería la existencia de fases alternantes

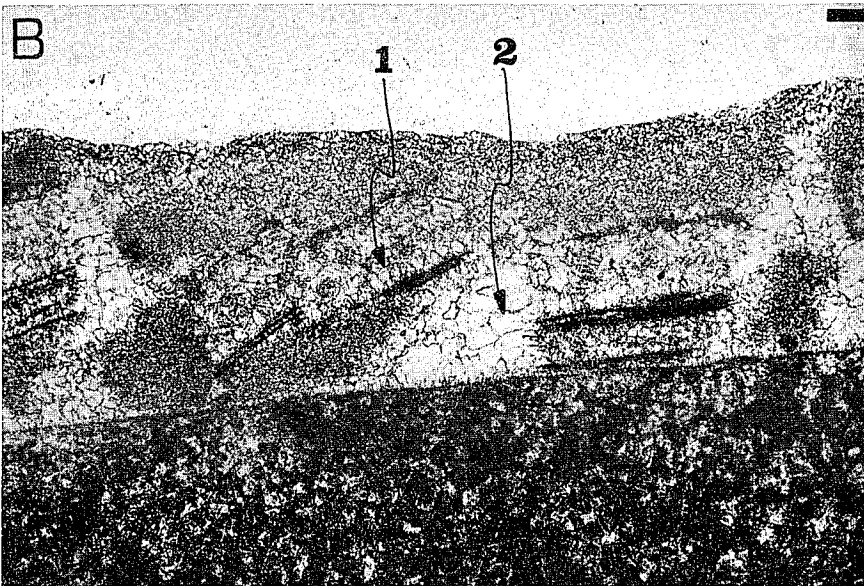
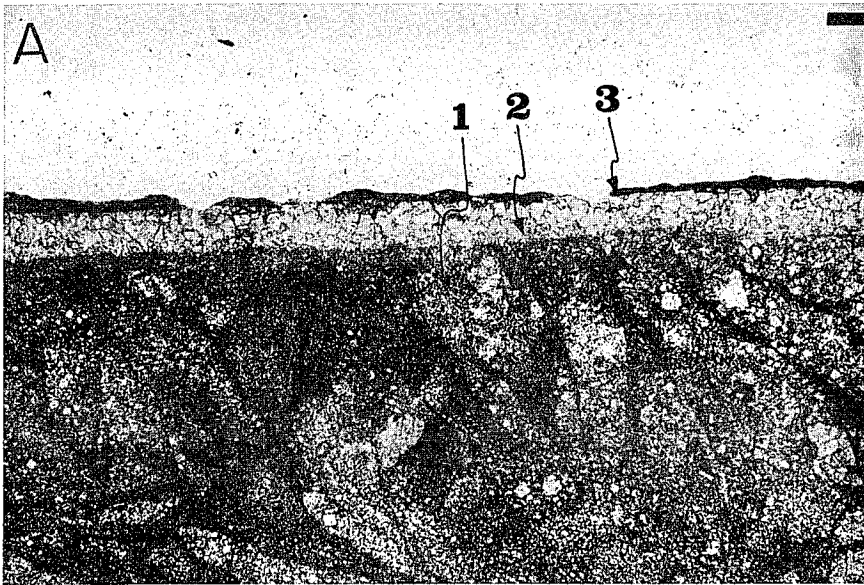


Fig. 3.—Ejemplos bajo el microscopio de espejos de fricción observados en la familia de fallas Alpinas N120° E del Sistema Central. Se resaltan los criterios que permiten detectar una historia polifásica en esta familia (3 en A, y 2 en B). Escalas: 0.5 mm. Ver texto para explicaciones más detalladas.

Fig. 3.—Examples of slickensides belonging to one of the sets of Alpine faults in the Spanish Central System (N120° E). The criteria allowing to recognize the polyphasic character of these faults are outlined (3 in A, and 2 in B). Scaled bars: 0.5 mm. See text for more details.

cizalla/tensión en la familia N120° E, así como el predominio de la cizalla en la familia N160° E. Esto podría venir corroborado por el hecho observado en el campo de que las lineaciones en los espejos de fricción son mucho más marcadas en esta última familia.

Agradecimientos

A Don Jesús Sánchez Corral y Don Sebastián Fernández, por la realización de las láminas delgadas especiales requeridas para este estudio.

Referencias

- Capote, R.; de Vicente, G., y González Casado, J. M. (1990): *Geogaceta*, 7, 20-22.
- Doblas, M. (1988): *Est. Geol.*, 43, 47-55.
- Engelder, J. T. (1974): *Jour Geoph. Res.*, 79, 4.387-4.392.
- Friedman, M.; y Logan, J. M. (1970): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 85, 1.515-1.522.
- Hobbs, B. E.; Means, W. D.; y Williams, P. F. (1976): *An outline of Structural Geology*, John Willey & Sons (Ed.), 571 pp.
- Hollister, L. S., y Crawford, M. L. (1986): *Geology*, 14, 558-561.
- Lee, Y. J., y Means, W. D. (1990), *Geol. Soc. Am. Abstracts with Programs*, Dallas, A182.
- Passchier, C. W. y Simpson, C. (1986): *Jour. Struct. Geol.*, 8 (8), 831-843.
- Petit, J. P.; Proust, F. y Tapponnier, P. (1983): *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 7 (4), 589-608.
- Simpson, C., y Schmid, S. M. (1983): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 1.281-1.288.
- Vialon, P.; Ruhland, M.; y Grolier, J. (1976): *Elements de Tectonique Analytique*. Masson (ed.), 118 pp.

Recibido el 31 de enero de 1991
Aceptado el 1 de marzo de 1991