



Criterios del sentido de la inyección en diques

Indicators of the sense of intrusion in dikes

DOBLAS, M.; UBANELL, A. G.; GOMEZ MAYOR, J.

En este trabajo se establecen una serie de criterios que permite deducir el sentido de la inyección en los diques. Estos criterios son de dos tipos: A) Criterios basados en indicadores cinemáticos de la deformación, que se observan a meso y microescala en los contactos dique-roca de caja, y B) Criterios basados en la observación cartográfica de ciertas variaciones geométricas, texturales, composicionales y de la deformación a lo largo de la dirección de flujo dentro del dique.

A su vez, los primeros se subdividen en:

- 1) Estructuras de flujo magmático.
- 2) Estructuras miloníticas dúctiles a dúctiles-frágiles.
- 3) Estructuras frágiles.

La deducción del sentido de la intrusión en los diques tiene gran importancia, tanto para los esquemas tectónicos regionales, como para el estudio de los flujos magmáticos.

Palabras clave: diques, sentidos de inyección, dirección de flujo.

In this paper we study some criteria that are useful as indicators of the sense of intrusion in dikes. There are two types of criteria: A) Criteria based on kinematic indicators, which are observable on the meso and microscale, on the dike/host-rock interfaces; B) Criteria based on the cartographical observation of certain geometrical, textural, compositional, and deformational variations along the direction of intrusion of the dikes.

The meso and microscale indicators might be subdivided into three main types of structures: 1) Structures of magmatic flow; 2) Ductile to ductile-brittle mylonitic structures); 3) Brittle structures.

The deduction of the sense of intrusion in dikes is very important, both for the establishment of regional tectonic schemes, and for the study of magmatic flow patterns.

Key words: dikes, sense of intrusion, flow direction.

DOBLAS, M.; UBANELL, A. G.; GOMEZ MAYOR, J.

(Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid)

INTRODUCCION

Los clásicos estudios de diques se suelen centrar en aspectos de su petrología-geoquímica, su comportamiento reológico, y su deformación de origen tectónico. Sin embargo, no contemplan generalmente los problemas de sentido y dirección de la inyección del material magmático que lo constituye. Esto es debido a que se tiende a obviar este aspecto, pensando que la intrusión filoniana se efectúa desde abajo hacia arriba, subverticalmente. Esto, aunque válido en general puede ser falso en particular, ya que, como se viene demostrando en ciertos trabajos, ocasionalmente hay intrusiones subhorizontales (UBANELL, A. G., *et al.*, 1987; DOBLAS, M., *et al.*, 1987; BLANCHARD, J. P., *et al.*, 1979); e incluso inyecciones de arriba a abajo (como en el caso de los diques que parten de sills subhorizontales). Algunos trabajos han abordado esta problemática (BLANCHARD, J. P., *et al.*, 1979; BLUMENFELD, P., 1983; CHOWN, E. H., *et al.*, 1987; BAER, G. *et al.*, 1987; DOBLAS, M., *et al.*, 1987; UBANELL, A. G., *et al.*, 1987).

Indudablemente, el estudio del sentido de la inyección en los diques tiene una gran importancia, porque nos puede indicar el régimen de flujo magmático regional y las áreas fuente de los materiales filonianos (DOBLAS, M., *et al.*, 1987) y, como afirman BLANCHARD, J. P., *et al.*, (1979) «el sentido de emplazamiento de un magma en una caja filoniana aporta informaciones importantes sobre todo en el campo de la Geodinámica». La deducción y representación del sentido de la inyección en un dique, tiene una importancia similar a la representación del sentido de movimiento en una falla (no nos limitamos a reconocer y pintar una falla, sino que también indicamos cómo se movió).

El reconocimiento de fábricas de la deformación en materiales graníticos, tanto de origen tectónico, como de origen intrusivo, no es nada nuevo. En concreto, las miloni-

tas no se restringen únicamente a ambientes tectónicos de falla como indican WISE, D. U., *et al.*, 1984.

Existe una larga lista de autores que han descrito procesos miloníticos, con desarrollo de fábricas planares en granitos y que se relacionan con el propio empuje del magma al intruir (BALK, R., 1937; LOPEZ PLAZA, M., 1980; LOPEZ PLAZA, M., *et al.*, 1980; BOUCHEZ, J. L., *et al.*, 1981; FRANCO, P., *et al.*, 1983; CASTRO, A., 1983; LOPEZ PLAZA, M., 1983; DOBLAS, M., *et al.*, 1983). Del mismo modo, numerosos autores han descrito foliaciones en diques, que pueden relacionarse tanto con deformaciones tectónicas coetáneas con el emplazamiento (BERGER, A. R., 1971; TALBOT, C. J., 1982; BORRADAILLE, G. J., 1986), con deformaciones tectónicas posteriores al emplazamiento (HAGESKOV, B., 1985; RICE, A. H. N., 1986; CASAS, J. M., 1986), o bien, con deformaciones debidas al propio magma al intruir (BALK, R., 1937; UBANELL, A. G., *et al.*, 1987; DOBLAS, M., *et al.*, 1987; BAER, G., *et al.*, 1987). Algunos autores han observado diques con una deformación tan acusada, que incluso los consideran originados por procesos cataclásticos en vez de magmáticos (GARCIA DE FIGUEROLA, L. C., 1956; SAN MIGUEL, A., *et al.*, 1959).

En este trabajo se describe un grupo de criterios que permite deducir el sentido de la inyección del material magmático de los diques. Al intruir el magma, los esfuerzos del mismo contra sus paredes, crean una serie de estructuras, las cuales, en su mayoría, no indican el sentido de la intrusión (laminación de borde, autobrechas, pliegues reamórficos, bordes enfriados, etc.).

Sin embargo, hay otra serie de estructuras que hasta ahora no se habían reconocido, que necesitan de un estudio minucioso en los contactos dique-roca de caja a escala mesoscópica y microscópica y que sí son indicadores cinemáticos del sentido de la inyección en los diques. Estos indicadores que pueden aparecer tanto en el borde del di-

que como en los márgenes de la roca de caja, son de tres tipos: estructuras de flujo, estructuras dúctiles a dúctiles/frágiles y estructuras frágiles. Este sentido de la inyección se puede inferir también de la observación de ciertas variaciones a escala macroscópica a lo largo de la dirección del flujo en un dique.

La mayor parte de estos criterios se han observado tanto en campo como en laboratorio (muestras pulidas o láminas delgadas), en las investigaciones que venimos realizando desde hace años, en el Sistema Central Español, sobre los diques ácidos y básicos, fundamentalmente de edad tardihercínica. Algunos otros están tomados de la bibliografía.

INDICADORES DEL SENTIDO DE LA INYECCION (MESO Y MICROESCALA)

Los contactos dique-rocas de caja, son zonas donde se concentran los esfuerzos relacionados con el empuje del magma que intruye (auténticas bandas de cizalla marginales según BLANCHARD, J. P., *et al.*, 1979; BEST, M. G., 1982; BLUMENFELD, P., 1983; UBANELL, A. G., *et al.*, 1987; DOBLAS, M., *et al.*, 1987). En estos contactos pueden aplicarse los conceptos de movimientos absolutos descritos por DOBLAS, M., *et al.*, 1987, ya que el dique constituye el bloque activo en movimiento, mientras que las paredes son los bloques pasivos.

Hay algunos autores, como KOMAR, P. D., 1972; BLANCHARD, J. P., *et al.*, 1979; COWARD, M. P., 1980; BEST, M. G., 1982, que estudian, según secciones transversales, una serie de aspectos en los diques, tales como el gradiente de temperatura, velocidad de flujo del magma, grado de deformación y cantidad de fenocristales (Fig. 1A). En particular, así como el centro del dique se inyecta en estado líquido, y las rocas de caja están en estado sólido, los bordes del dique se encuentran en un estado

sólido-líquido y en ellos, por un proceso de «thermal feedback» (SHAW, H. R., 1969), se favorece la deformación continua. Como resultado de todo ello, en los cuatro contactos dique-roca de caja, se establecen unas zonas peculiares donde se generan procesos de cizalla, con diversos tipos de fábricas de la deformación que están relacionadas con los esfuerzos intrusivos (cataclasitas, milonitas, fábricas planares simples o compuestas, lineaciones de estiramiento, estrías de fricción, deformaciones frágiles).

Algunas de estas fábricas de la deformación pueden ser utilizadas como indicadores cinemáticos del sentido de la inyección filoniana, siempre y cuando cumplan los dos requisitos siguientes (Fig. 1B):

- 1) Que por su oblicuidad y asimetría con respecto al borde del dique, indiquen un sentido de cizallamiento.
- 2) Que puedan observarse en los dos bordes del dique (estando, en general, el centro del mismo desprovisto de deformación) y que indiquen sentidos de cizalla opuestos en ambos.

El primer paso que se debe seguir en el estudio de la cinemática de la intrusión dentro de una caja filoniana, es reconocer cual fue la dirección de la intrusión (Fig. 1C). Esta, vendrá indicada por lineaciones de estiramiento o estrías de fricción (L) que aparecerán en planos paralelos a los bordes de los diques, cerca de sus contactos con las rocas de caja. Una vez conocida la dirección de la intrusión, se puede efectuar el estudio del sentido de la misma, en secciones perpendiculares a los contactos dique-roca de caja, y paralelamente a las lineaciones L (en un sólo caso, que veremos más adelante, se utilizará el mismo plano de contacto dique-roca de caja).

Se reconocen tres tipos de criterios cinemáticos, a meso y microescala aplicados a diques (DOBLAS, M., *et al.*, 1987):

- A) Estructuras de flujo.

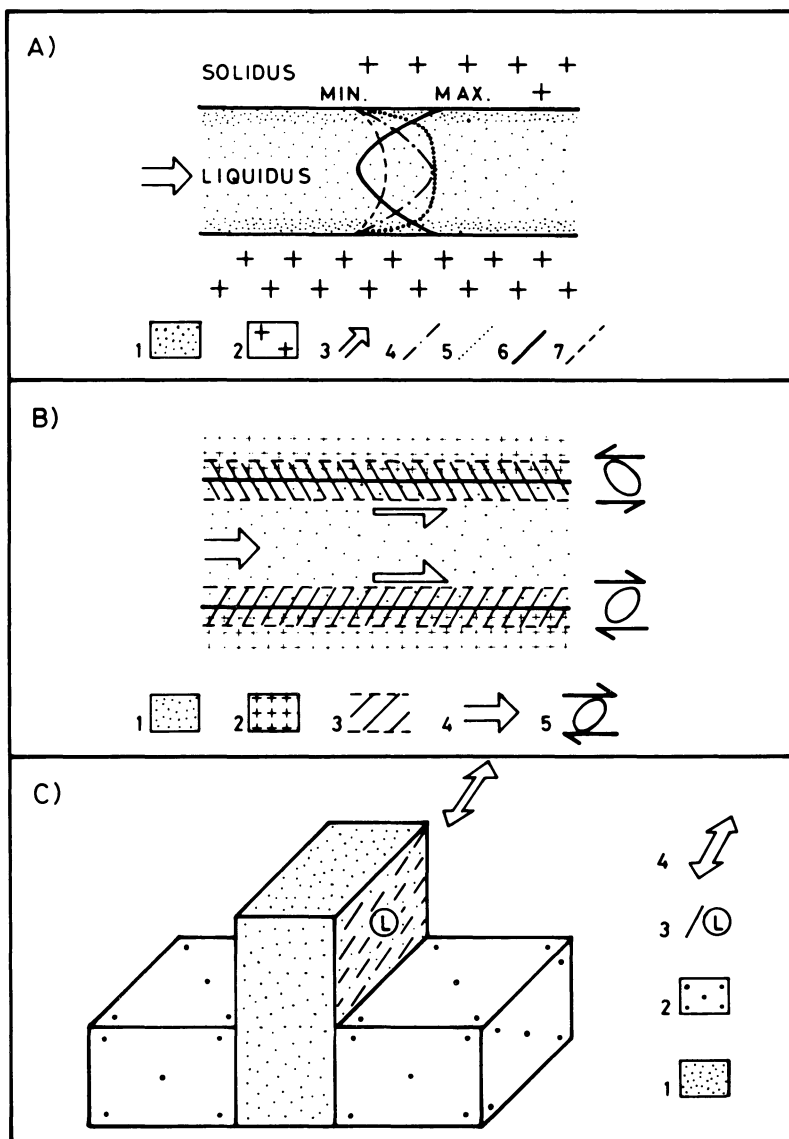


Fig. 1. Algunas características generales de los diques.

A) Variación de algunos parámetros de los diques en función del sentido de inyección: 1.—dique; 2.—roca de caja; 3.—sentido de la inyección magmática; 4.—perfil de la velocidad del magma según BLANCHARD, J. P., *et al.* (1979); 5.—perfil de la temperatura del magma según BEST, M. G. (1982); 6.—perfil del grado de deformación en elementos del dique según COWARD, M. P. (1980); 7.—perfil de la cantidad de fenocristales según KOMAR, P. D. (1972).

B) Algunas características de las deformaciones en los diques que pueden ser utilizadas como indicadores cinemáticos del sentido de la inyección filoniana: 1.—dique; 2.—roca de caja; 3.—zonas de cizalla/deformación marginales donde aparecen los indicadores cinemáticos; 4.—sentido de la inyección magmática; 5.—elipsoide de esfuerzo en las zonas marginales.

C) Dirección de la intrusión filoniana: 1.—dique; 2.—roca de caja; 3.—lineaciones de estiramiento o estrías de fricción; 4.—dirección de la intrusión filoniana.

- B) Estructuras miloníticas dúctiles a dúctiles-frágiles.
- C) Estructuras frágiles.

A) Estructuras de flujo

Ciertas estructuras de flujo que se observan a menudo en los bordes de los diques, indican el sentido de la intrusión del magma. Este es el caso de los pliegues asimétricos de arrastre, que revelan el movimiento por la vergencia que presentan (Fig. 2), y el de los «fingers» o «grooves», que indican el movimiento por la dirección en que apuntan (BAER, *et al.*, 1987).

B) Estructuras miloníticas dúctiles a dúctiles-frágiles

Las estructuras miloníticas dúctiles a dúctiles-frágiles que son indicadores válidos del sentido de la inyección, se dividen en dos grupos: I) Fábricas planares simples o compuestas (Fig. 3); II) Deformaciones asimétricas de fenocristales (Fig. 4).

I) Fábricas planares

Las fábricas planares pueden estar constituidas por una única foliación oblicua S (Fig. 3a); por un juego compuesto de estructuras S-C (Fig. 3b); e incluso por la combinación de planos S-C y planos de crenulaciones extensionales C' (Fig. 3c). Estos tres tipos pueden encontrarse tanto en el borde del dique (1 cm a 3 m) como en el borde de la roca de caja. Ocasionalmente puede observarse el tránsito gradual de la deformación, desde el borde del dique hacia su interior, desde estructuras de flujo, a una única foliación oblicua S, e incluso un juego de planos S-C (Fig. 3d).

II) Deformaciones asimétricas de fenocristales

Las deformaciones asimétricas de fenocristales pueden ser de tres tipos (Fig. 4):

Fenocristales no rotados, que presentan colas de arrastre congruentes con el sentido del movimiento (Fig. 4a); fenocristales rotados, con sombras de presión incongruentes con el sentido del movimiento (Fig. 4b); y fenocristales con cizallas escalonadas (o «shear-steps»), que se rompen a favor de microfracturas con movimiento antitético con respecto al sentido de la cizalla, y que se inclinan a favor del mismo (Fig. 4c). Este último criterio es el denominado de «pincement des minéraux aux épontes» por BLANCHARD, J. P., *et al.*, 1979 y BLUMENFELD, P., 1983.

C) Estructuras frágiles

Algunas estructuras frágiles son también utilizables como indicadores cinemáticos del sentido de la inyección en una caja filoniana (Fig. 5). A veces se observan venillas cataclásticas en las rocas de caja en contacto con el dique, cuya inclinación suele corresponder a fracturas R de Riedel sintéticas (Fig. 5a).

CHOWN, E. H., *et al.*, 1987, describen por primera vez unas grietas de tensión, rellenas de material silíceo, presentes en el borde del dique, que indican el sentido del emplazamiento por su inclinación contraria al movimiento (Fig. 5b). Existe un único caso en el que se puede deducir el sentido de la inyección en el dique, en un plano paralelo al borde dique-roca de caja (Fig. 5c); se trata de las estructuras en espejos de fricción que con frecuencia aparecen en estos bordes, y que son buenas indicadoras del movimiento (DOBLAS, M., 1987).

OTROS INDICADORES DEL SENTIDO DE LA INYECCION (Macroescala)

Ciertas variaciones en algunas características de los diques, observadas a macroescala a lo largo de la dirección de flujo de los mismos, pueden ser también criterios válidos

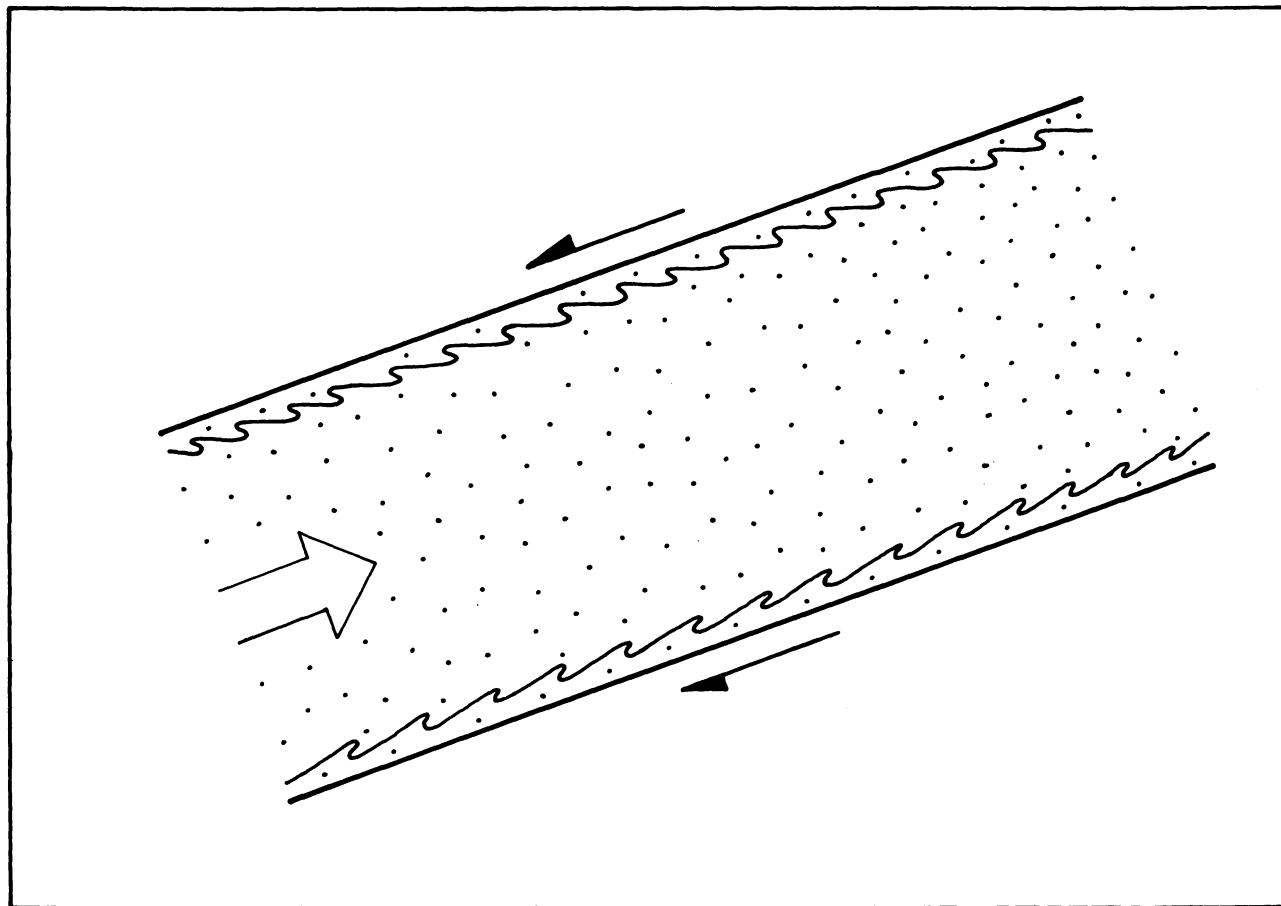


Fig. 2. Estructuras de flujo indicadoras del sentido de la inyección filoniana (Dique en punteado; Flechas gordas: sentido de la inyección; Flechas pequeñas; efecto de cizalla).

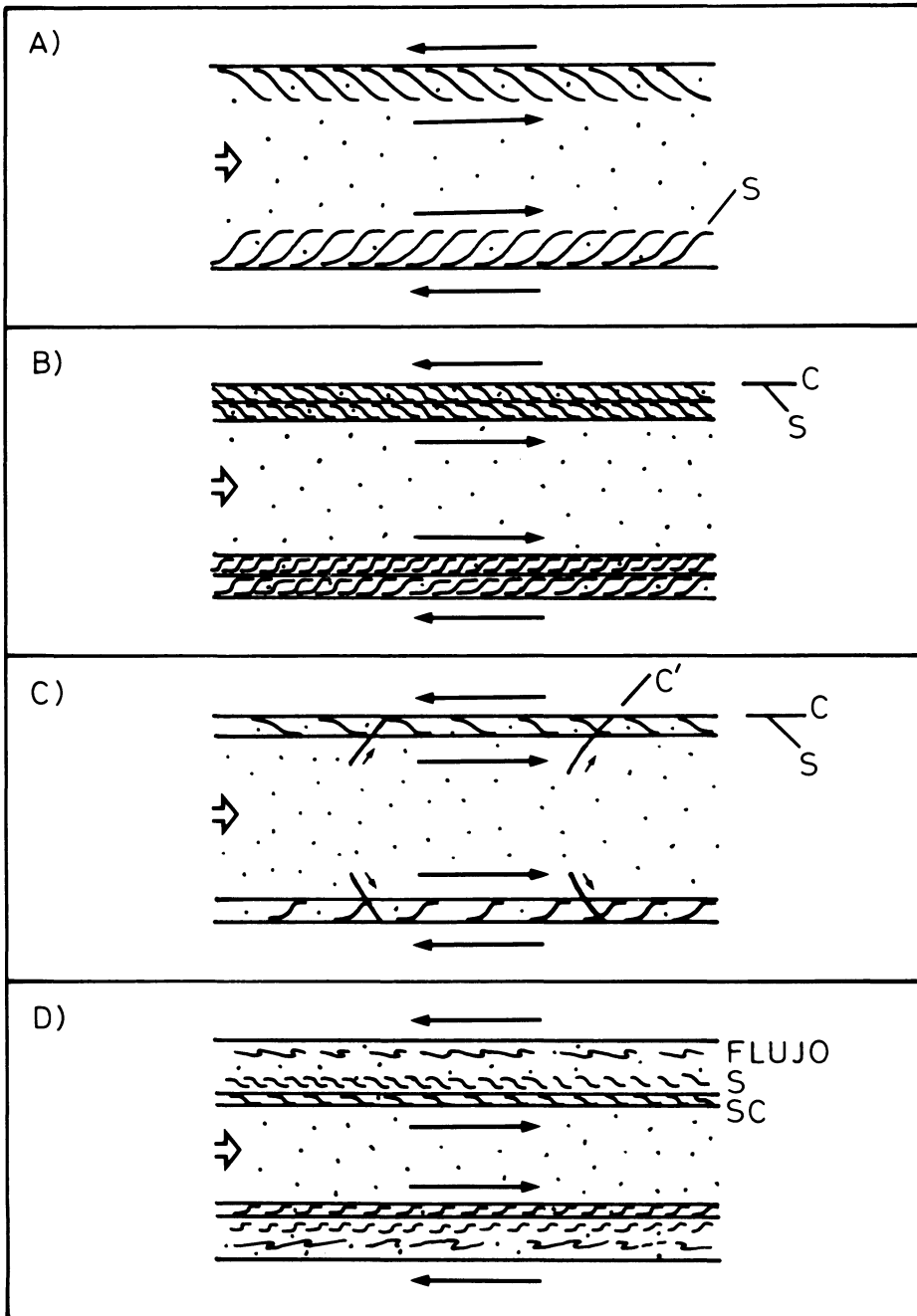


Fig. 3. Estructuras planares miloníticas dúctiles a dúctiles/frágiles indicadoras del sentido de la inyección filoniana (Dique en punteado; flechas gordas: sentido de la inyección; flechas pequeñas: efecto de cizalla marginal). A) Foliación oblicua S; B) Estructuras SC; C) Estructuras SCC'; D) Tránsito gradual de estructuras de flujo, a una foliación oblicua S, hasta estructuras SC.

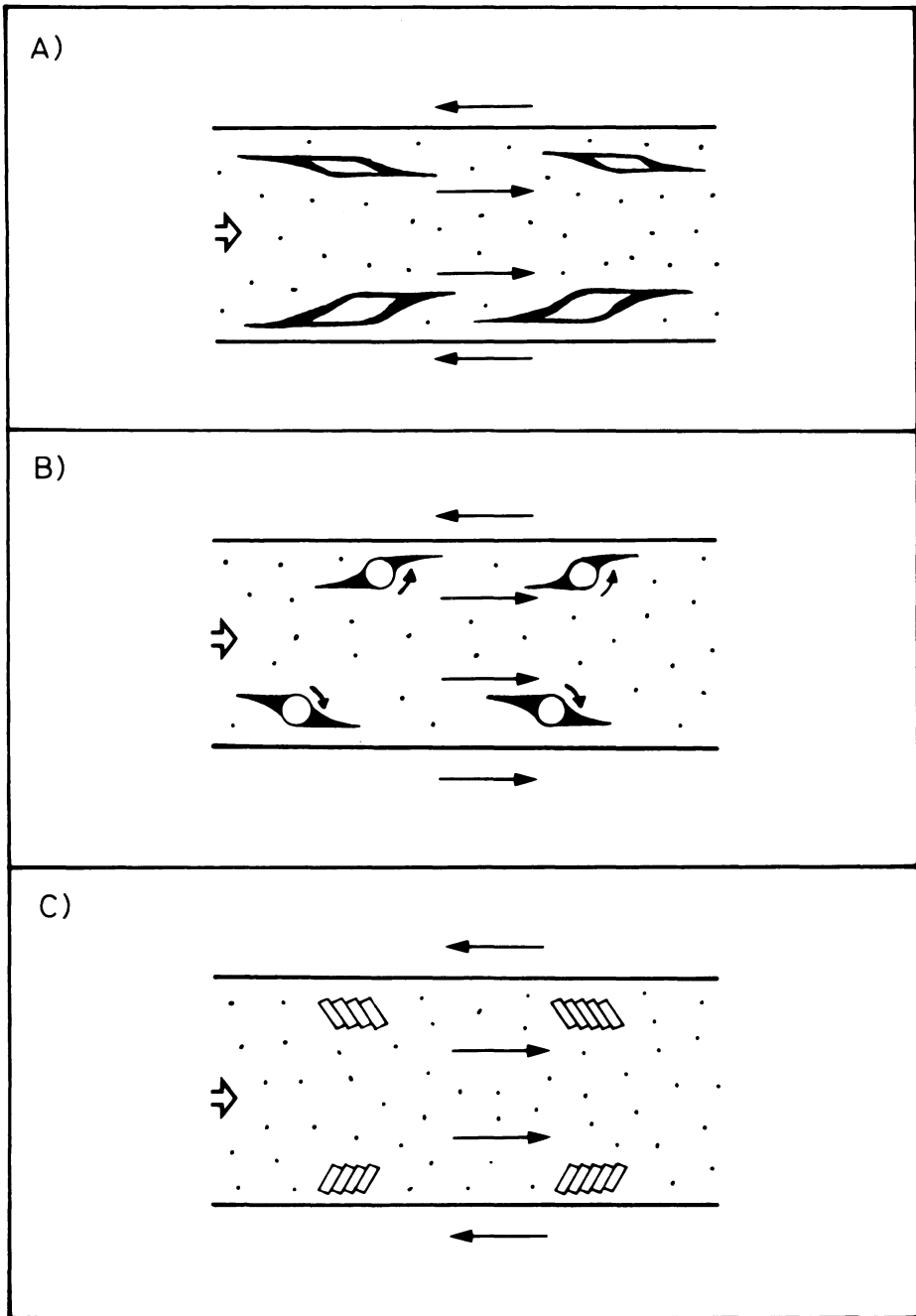


Fig. 4. Deformaciones miloníticas asimétricas de fenocristales, dúctiles a dúctiles/frágiles, indicadoras del sentido de la inyección filoniana (Dique en punteado; flechas gordas: sentido de la inyección; flechas pequeñas: efecto de cizalla marginal).
A) Fenocristales no rotados con colas de arrastre; B) Fenocristales rotados con sombras de presión;
C) «Shear-steps» o cizallas escalonadas.

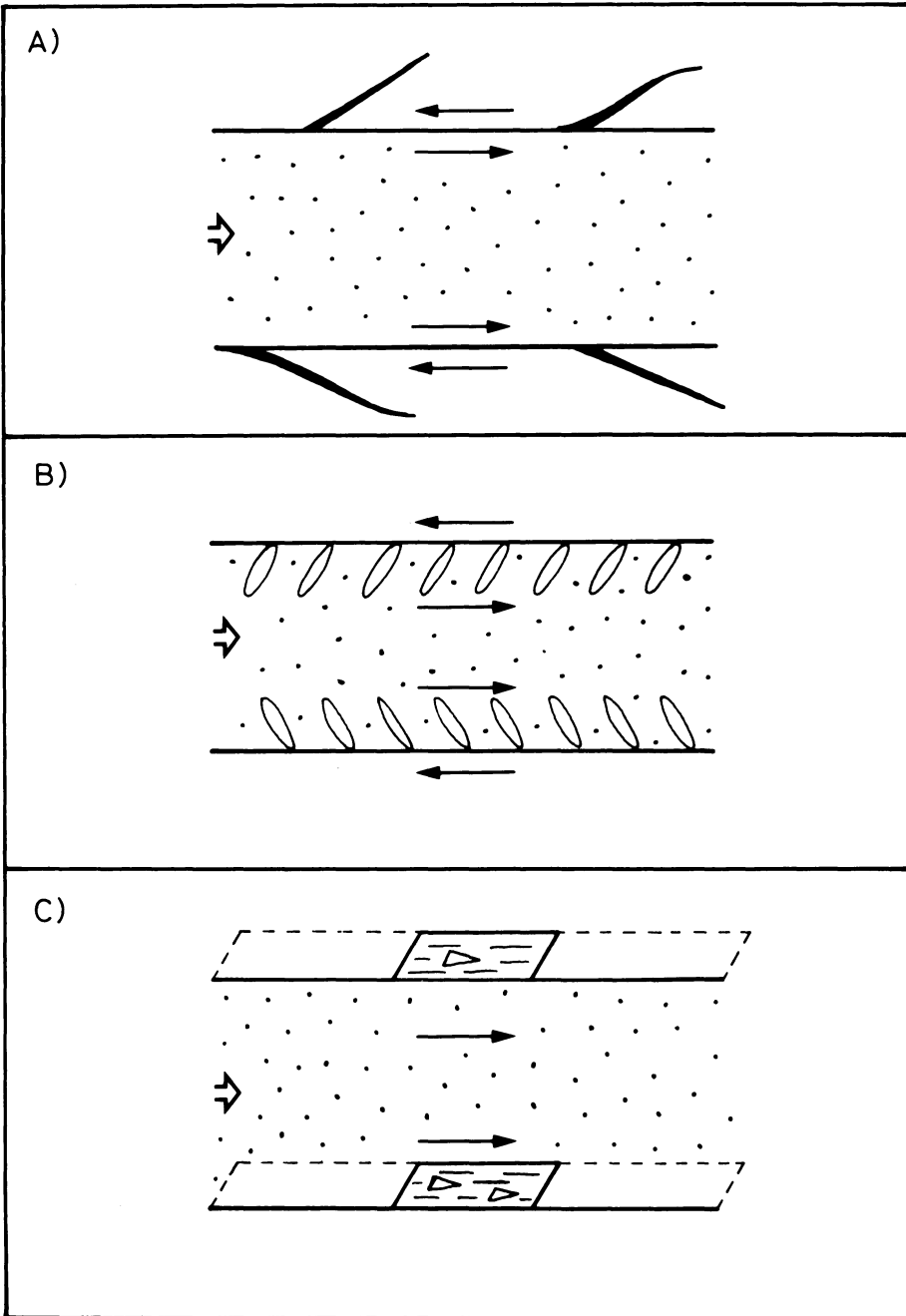


Fig. 5. Deformaciones frágiles indicadoras del sentido de la inyección filoniana (Dique en punteado); flechas gordas: sentido de la inyección; flechas pequeñas: efecto de cizalla marginal). A) Venillas cataclásticas en la roca de caja con orientación oblicua de tipo R de Riedel. B) Grietas de tensión oblicuas rellenas de material silíceo. C) Estructuras con espejos de fricción marginales.

para deducir el sentido de la inyección. Para ello, y como en el apartado anterior, se debe conocer, en primer lugar, la dirección de inyección del material magmático. Una vez conocida ésta, y en particular, en el caso de que sea subhorizontal, se pueden llegar a observar ciertas variaciones en los diques, en la dirección en que se alejan del área fuente (Fig. 6). En la Figura 6a, se representan tres de estas variaciones en relación a características geométricas, texturales y composicionales. Generalmente, el dique va disminuyendo de anchura progresivamente en el sentido del flujo magmático, llegando incluso a acuñarse. Además, en esa misma dirección, va a ir perdiendo progresivamente el carácter porfídico que suele presentar en su zona central, hasta llegar a ser un material afanítico en la zona terminal (ROSS, R. E., 1986), existiendo una disminución gradual del tamaño del grano. En esta segunda característica, va también implícito el hecho de que hacia zonas más lejanas del área fuente, la composición del dique se va haciendo progresivamente más rica en volátiles, y por ello, en la zona de acuñamiento final, a veces sólo subsistirá un material de aspecto vítreo. Estas tres variaciones hacen que un mismo dique pueda cambiar totalmente de aspecto en la dirección del flujo, con lo cual, puede llegar a confundirse con un filón de distinta naturaleza.

También es posible observar variaciones en el grado y tipo de las deformaciones que afectan al dique a lo largo del sentido del flujo en el material filoniano (Fig. 6b). Se llega a observar una evolución desde zonas cercanas al área fuente hacia las más alejadas; desde deformaciones ultramiloníticas dúctiles de borde (zona 1), pasando por deformaciones planares S-C dúctiles-frágiles (zona 2), a una simple deformación frágil (zona 3), hasta llegar al estado indeformado (zona 4) (UBANELL, A. G., *et al.*, 1987). Asimismo, el tipo de deformación pasa de cizalla pura/simple (zona 1), a predominantemente simple (zonas 2 y 3).

DISCUSION

De los criterios expuestos para deducir el sentido de la inyección en los diques, los que son indicadores cinemáticos, son los más útiles e interesantes. Sin embargo, para utilizarlos en la práctica, primero se debe demostrar que las deformaciones de borde que se observan, responden a esfuerzos de origen intrusivo, es decir, que deben de cumplir los dos requisitos expuestos anteriormente (Fig. 1b). Esto ha de ser así, por cuanto debemos recordar que son muy numerosos los diques que presentan estructuras de deformación de origen tectónico.

Un problema que existe a la hora de aplicar estos criterios con rapidez y eficacia, es que suelen aparecer de forma muy heterogénea, no siendo continuos a lo largo del dique, faltando a menudo en alguno de los bordes, o incluso apareciendo indistintamente en el borde del dique o en la roca de caja.

Además, en la mayoría de los casos de diques que se encuentren en el campo (en afloramientos horizontales reducidos y que respondan a una inyección subvertical), no será posible observar estos criterios cinemáticos, salvo en zonas muy reducidas o en muestras de mano.

Finalmente, la comprensión de estas deformaciones de origen intrusivo, necesitaría de un estudio cuantitativo de dinámica de fluidos, ya que la presencia o no, y la heterogeneidad de estas deformaciones de borde, parece depender de las características de los materiales filonianos (viscosidad, temperatura, composición, porcentaje de fenocristales, tipo de flujo, etc.), como apuntan CURRIE, K. L., *et al.*, 1970 y DOBLAS, M., *et al.*, 1987. Así, por ejemplo, es notorio que estas estructuras de borde, sólo las hemos observado en diques ácidos, y no así en diques básicos, probablemente debido a que éstos últimos intruyen con más temperatura y fluidez que los primeros.

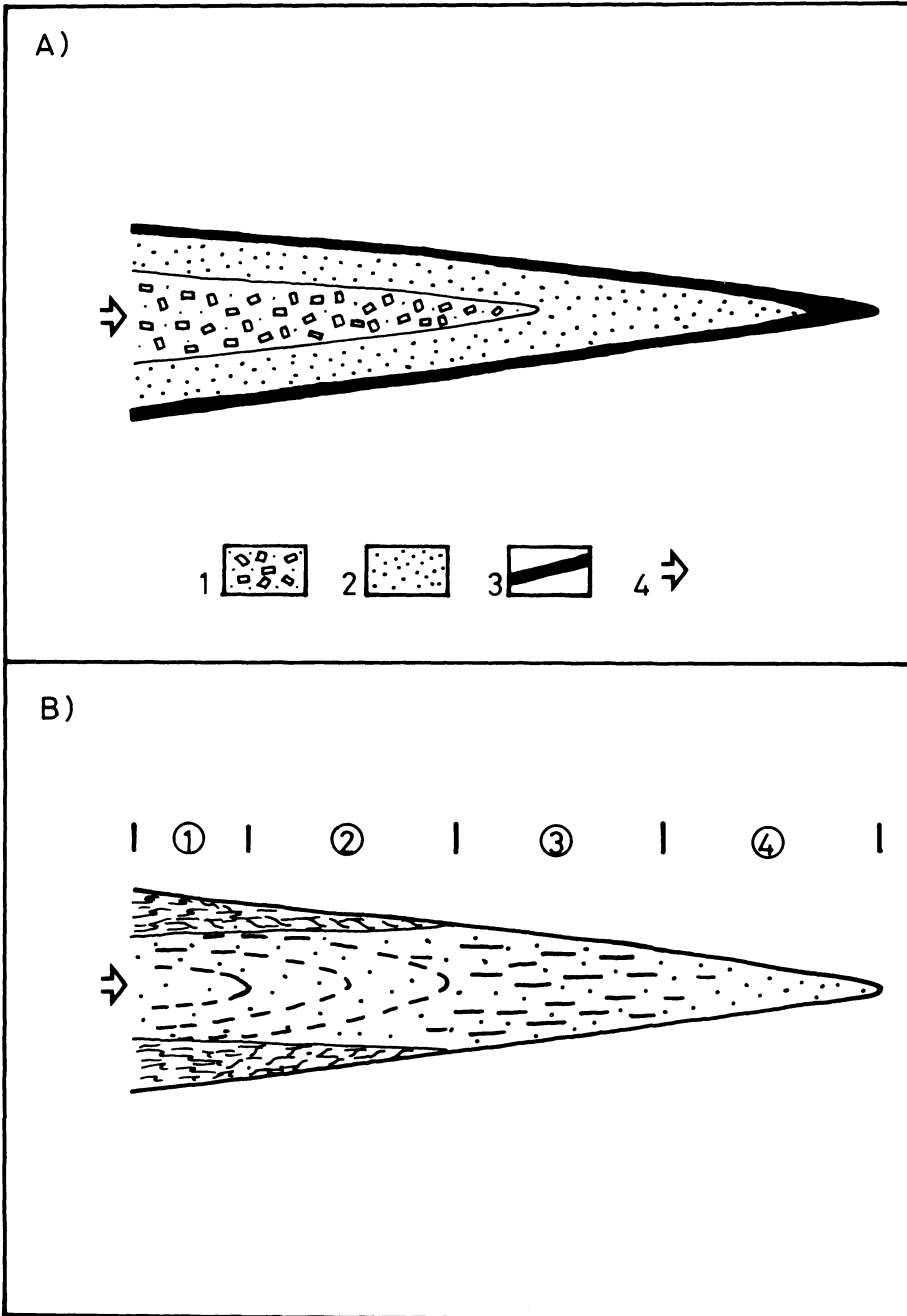


Fig. 6. Criterios del sentido de la inyección filoniana observables a la macroescala. A) Variaciones, texturales y composicionales a lo largo del dique. 1: Zona del dique enriquecida en fenocristales; 2: Zona del dique con un contenido pequeño en fenocristales; 3: Zona afanítica del dique. B) Variaciones en el grado y tipo de las deformaciones a lo largo del dique (explicaciones en el texto).

CONCLUSION

Con este trabajo pretendemos poner de manifiesto la importancia que tiene el deducir el sentido de la inyección en cajas filonianas. Este sería un claro ejemplo de la utilidad de aplicar técnicas de geología estructural a materiales que tradicionalmente han sido considerados ante todo desde el punto de vista petrológico.

El sentido de la inyección en diques, cuestión hasta ahora abordada por muy pocos autores, puede deducirse con relativa facilidad mediante criterios cinemáticos visibles en los contactos dique-roca de caja, o mediante observaciones macroscópicas sobre variaciones de diversos tipos que ocurren en los diques a lo largo de su dirección de flujo.

Algunas cuestiones quedan pendientes, sobre todo en lo que se refiere a la comprensión de los mecanismos generadores de las deformaciones de borde, con las heterogeneidades que comportan, cuestión que sólo podría abordarse con estudios cuantitativos de dinámica de fluidos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los comentarios de C. Villaseca, así como la labor fotográfica y de realización de láminas delgadas de J. S. Corral, y la mecanografía de Teresa G. del Alamo.

Recibido, 27-VI-88
Admitido, 20-VIII-88

BIBLIOGRAFIA

- BAER, G. y RECHES, Z. (1987). Flow patterns of magma in dikes, Makhtesh Ramon, Israel. *Geology*, V. 15, p. 569-572.
- BALK, R. (1937). Structural behavior of igneous rocks. *Geol. Soc. Am., Memoir* 5, 177 p.
- BERGER, A. R. (1971). Dynamic analysis using dikes with oblique internal foliations. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, p. 781-786.
- BEST, M. G. (1982). Igneous and metamorphic petrology. *W. H. Freeman and Company*, New York, 630 p.
- BLANCHARD, J. P., BOYER, P. y GAGNY, C. (1979). Un nouveau critere de sens de mise en place dans une caisse filonienne: le «pincement» des minéraux aux épontes. *Tectonophysics*, 53, 1-25.
- BLUMENFELD, P. (1983). Le «Tuilage des mégacristaux», un critère d'écoulement rotationnel pour les fluidalités des roches magmatiques. Application au granite de Barbey-Séroux (Vosges, France). *Bull. Soc. Geol. France*, 7, t-XXV, n.º 3, 309-318.
- BORRADAILLE, G. J. (1986). The internal tectonic fabric of minor intrusions and their potential as regional palaeostress indicators. *Geol. Mag.*, 6, 665-671.
- BOUCHEZ, J. L., GUILLET, P. y CHEVALIER, F. (1981). Structures d'écoulement liées a la mise en place du granite de Guérande (Loire-Atlantique, France). *Bull. Soc. Geol. France*, 7, t. XXIII, n.º 4, 387-399.
- CASAS, J. M. (1986). Shear bands and related extensional structures in a mylonitized quartz dyke. *Jour. Struct. Geol.*, 8, n.º 6, 693-699.
- CASTRO, A. (1983). Emplacement fractures in granite plutons (Central Extremadura batholith, Spain). *Geol. Rund.*, 73 (3), p. 869-880.
- CHOWN, E. H. y ARCHAMBAULT, G. (1987). The Transition from dyke to sill in the Otish Mountains, Quebec; relations to host-rock characteristics. *Can Jour. Earth Scien.*, 24, p. 110-116.
- COWARD, M. P. (1980). The analysis of flow profiles in a basaltic dyke using strained vesicles. *Jour. Geol. Soc. London*, V. 137, p. 605-615.
- CURRIE, K. L. y FERGUSON, J. (1970). The mechanism of intrusion of lamprophyre dikes indicated by «offsetting» of dikes. *Tectonophysics*, 9, p. 525-535.
- DOBLAS, M., CAPOTE, R. y CASQUET, C. (1983). Fenómenos de cizalla dúctil en los granitoides de la

- Sierra de San Vicente (Sierra de Gredos). *Stud. Geol. Salman.*, T. XVIII, p. 27-38.
- DOBLAS, M. y RUBIO, J. (1987). Movimientos absolutos en fallas. *Bol. Geol. Min.*, T. XCVIII 4.º, p. 493-506.
- DOBLAS, M., UBANELL, A. G. y VILLASECA, C. (1987). Deformed porphyry dikes in the Spanish Central System. Abstracts with Programs, Conference «Granites and their surroundings», Ricerca Scientifica ed educazione permanente, Verbania (Italia), p. 91.
- DOBLAS, M., (1987). Criterios del sentido de movimiento en espejos de fricción. Clasificación y aplicación a los granitos cizallados de la Sierra de San Vicente (Sierra de Gredos). *Estudios Geológicos*, 43, p. 47-55.
- FRANCO, P. y CASTRO, A. (1983). Excursión del día 5 de Julio, en Guía de excursiones por el basamento de la Meseta Castellana, *VIII Reunión sobre Geología del W. Peninsular*, Univ. de Salamanca, p. 5-28.
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. (1956). Sobre los diques ácidos del Oeste de la Sierra de Guadarrama (España). *Congr. Geol. Inter.* 20.ª Sesión 11-A. 53-64.
- HAGESKOV, B. (1985). Constrictional deformation of the Koster dyke swarm in a ductile sinistral shear zone, Koster islands, SW. Sweden. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 34, p. 151-197.
- KOMAR, P. D. (1972). Mechanical interactions of phenocrystals and flow differentiation of igneous dikes and sills. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83, p. 973-988.
- LOPEZ PLAZA, M. (1980). Comportamiento reológico, fuerza ascensional y deformación en el material granítico. Aplicación al plutón de Ledesma (Salamanca). *Bol. Geol. Min.*, XCI-V, p. 649-660.
- LOPEZ PLAZA, M. (1983). Excursión del día 6 de Julio, en Guía de excursiones por el basamento de la Meseta Castellana. *VIII Reunión sobre Geología del W. Peninsular*, Univ. de Salamanca, p. 29-41.
- LOPEZ PLAZA, M. y CORRETGE, G. (1980). Cizallas en relación con movimientos ascensionales en el Domo del Tormes (Salamanca, España). *Mus. Lab. Min. Geol. Fac. CC. Porto*, CXI, p. 111-118.
- SAN MIGUEL ARRIBAS, A. y FERNANDEZ POLO (1959). Observaciones sobre la génesis de los pórfidos graníticos. *Estudios Geol.*, 15; 335-340.
- RICE, A. H. N. (1986). Structures associated with superimposed inhomogeneous shearing of basic dykes from Finnmark, Norway. *Tectonophysics*, 128, p. 61-75.
- ROSS, M. E. (1986). Flow differentiation, phenocryst alignment, and compositional trend within a dolerite dike at Rockport, Massachusetts. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 97, p. 232-240.
- SHAW, H. R. (1969). Rheology of basalt in the melting range. *Jour. Petrol.*, 10, p. 510-535.
- TALBOT, C. J. (1982). Obliquely foliated dikes as deformed incompetent single layers. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, p. 450-460.
- UBANELL, A. G. y DOBLAS, M. (1987). Los diques aplíticos deformados de Paredes Escalona-Navamorcuende (SW del Sistema Central Español). Su relación con la intrusión. Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico (*Libro homenaje a L. C. García de Figuerola*). Bea, F., Gonzalo, J. C., López Plaza, M., Rodríguez Alonso, M. D., editores. Editorial Rueda, Madrid, p. 393-403.
- WISE, D. U., DUN D. E., ENGELDER, J. T., GEISER, P. A., HATCHER, R. D., KISH, S. S., ODOM, A. L. y SCHAMEL, S. (1984). Fault-related rocks. Suggestions for terminology. *Geology*, 12, p. 391-394.