

Distribución de la deformación en granitoides sincinemáticos intruidos en condiciones transpresivas (Sanabria, Zona Centro-Ibérica, Macizo Ibérico)

Strain partition in synkinematic granitoids intruded in a transpressive setting (Sanabria, Central Iberian-Zone, Iberian Massif)

N. Vegas, J.M. Tubía, J.J. Esteban y J.Cuevas

Departamento de Geodinámica, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48080 Bilbao. nestor.vegas@ehu.es; jm.tubia@ehu.es; jj.esteban@ehu.es; julia.cuevas@ehu.es

ABSTRACT

The Sanabria Lake plutons, located in the Central Iberian Zone of the Iberian Massif, intruded in a dextral strike-slip fault bridge under transpressive conditions. The deformed zone underwent a strain partitioning process, so that large folded domains and narrow shear zones were developed coevally. The microstructural study of the granitoids shows that the shear zones concentrate a variable degree of solid state deformation at high and medium temperatures, whereas the folded areas preserve microstructural evidences of magmatic and submagmatic flow at high temperatures, too. The most common fabric in these folded areas is defined by two sets of conjugate planes, composed by aligned crystals of plagioclase and biotite, which are bisected by the flow foliation. These conjugate bands represent an incipient phase of the strain localization process that involves strain weakening, migration of the late-magmatic melts and enhancement of the shear zones.

Key words: strain partitioning, magma mush, melt migration, submagmatic flow, Sanabria

Geogaceta, 43 (2007), 23-26
ISSN: 0213683X

Introducción y contexto geológico

Los plutones del Lago de Sanabria, denominados en la literatura como granito de Ribadelago y granodiorita de Sotillo o de Quintana (Martínez-García, 1973; Vegas, 2004; Díez, 2006) están incluidos dentro de la Zona Centro-Ibérica del Macizo Ibérico (Fig. 1a). Estos granitoides intruyen principalmente en gneisses de la Formación Ollo de Sapo y, en menor medida, en materiales de la Serie de Viana y esquistos ordovícicos (Fig. 1b).

Esta región, se vio afectada por una deformación transpresiva, provocando una distribución de la deformación debido a la cual, de forma cotánea, se desarrollaron grandes dominios plegados alternando con estrechas bandas de cizalla (Vegas *et al.*, 2001). Los plutones del Lago de Sanabria se emplazaron en la zona de relevo entre dos zonas de cizalla de carácter dextro (Fig. 1b). Tal y como predicen los modelos numéricos, dentro de una zona de relevo, si rota hasta paralelizarse con las zonas de cizalla limitantes (Nemčok *et al.*, 2002).

Semejante campo de esfuerzos es consistente con el emplazamiento sincinemático de los plutones del Lago de Sanabria, que están formados mayoritariamente por intrusiones paralelas a las zonas de cizalla (Vegas, 2004).

Dentro de los granitoides también se observa una distribución de la deformación entre grandes zonas donde la foliación dibuja pliegues rectos y abiertos, con planos axiales de dirección ESE y ejes subhorizontales, y estrechas bandas cizalladas que siguen la misma dirección ESE y que tienen foliaciones subverticales (Fig. 2).

Cabe reseñar, el amplio rango de litologías que componen estos granitoides, desde granitos hasta dioritas, y que en ocasiones forman intrusiones coetáneas de magmas máficos e intermedios que dan lugar a extensas zonas de mezcla. A la citada variedad litológica hay que añadir la presencia de un domo migmatítico dentro de la zona de relevo de las zonas de cizalla donde intruyen los plutones (Fig. 1b).

Registro microestructural y evolución de la fábrica en los granitoides.

Las microestructuras predominantes en las bandas cizalladas muestran reducción mecánica del tamaño de grano, recristalización generalizada del cuarzo y formación de bandas anastomosadas compuestas por biotitas cizalladas, acompañadas por pequeños cristales de cuarzo en cintas y fragmentos de feldespatos. Predomina el desarrollo de estructuras CS, en ocasiones producidas a alta temperatura, como atestigua la presencia de deslizamientos intracristalinos a favor del eje *c* en el cuarzo.

En las áreas plegadas, las microestructuras muestran foliaciones de flujo marcadas por la orientación de los cristales euédricos de plagioclasa, biotita y anfíbol, que no presentan deformación en estado sólido. También se observan ejemplos de tramas de minerales de cristalización temprana, como plagioclasa o biotita, cuyas zonas intersticiales están rellenas con minerales de cristalización tardía, principalmente cuarzo y feldespato potásico (Fig. 3a).

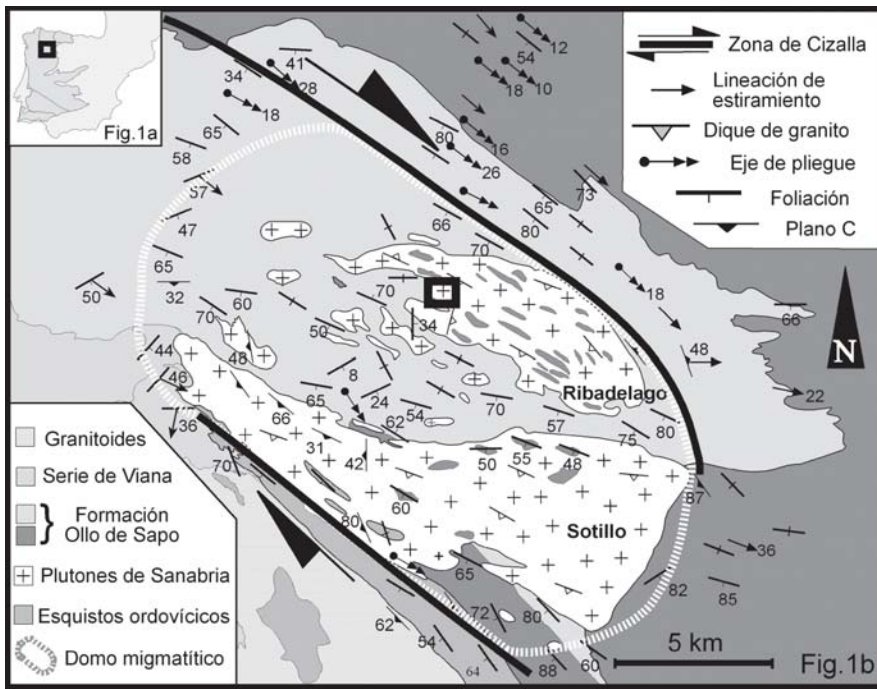


Fig. 1.- a) Localización de los plutones del Lago de Sanabria en el Macizo Ibérico. b) Mapa geológico simplificado mostrando los plutones intruidos en la zona de relevamiento entre dos zonas de cizalla dextral. Las medidas estructurales corresponden a las rocas encajantes y los xenolitos de dichas rocas presentes en los granitoides. El recuadro negro indica la posición de la figura 2.

Fig. 1.- a) Location of the Sanabria lake plutons in the Iberian Massif. b) Simplified geological map showing the plutons intruded in a dextral strike-slip fault bridge. The structural measures correspond to the country rocks and xenoliths included into the granitoids. Black square indicates the figure 2 position.

Así mismo, son habituales los casos de plagioclasas fracturadas, que presentan cuarzo o feldespato potásico rellenando esas fracturas y que están en continuidad óptica con cristales anexos de estos mismos minerales (Fig. 3b). La presencia de maclas de deformación en plagioclasas y de micropertitas de tipo llama o “flame” en cristales de feldespato potásico, indican la existencia de deformación interna. La abundancia de cuarzos, con textura en damero y con deslizamiento intracristalino siguiendo los ejes *c* del cuarzo, apunta a que la deformación registrada en estas zonas tuvo lugar a altas temperaturas (Fig. 3c).

El análisis de las microestructuras de los granitoides indica que las zonas de cizalla registran una fuerte deformación en estado sólido, mientras que en las zonas plegadas dominan las estructuras de flujo generadas en estado magmático y submagmático, ligeramente afectadas por una deformación en estado sólido.

Así pues, es en estas zonas plegadas donde puede observarse la evolución de la fábrica a medida que el magma va cristalizando y es sometido a deformación. La secuencia de este proceso puede ordenarse en las siguientes tres etapas:

1º- Desarrollo de una foliación de flujo en estado magmático (flujo en suspensión). Esta será más acentuada en el caso de rocas que cuenten con minerales de cristalización temprana con una forma que favorezca su orientación preferente, como puede ser el caso de plagioclasas tabulares, biotitas o

anfíboles de hábito acicular. De hecho, los mejores ejemplos que se preservan de esta foliación aparecen en tonalitas y cuarzo-dioritas con anfíbol.

2º- Al ir aumentando el grado de cristalización del magma, se desarrolla una trama cristalina compuesta por los minerales de cristalización temprana capaz de transmitir los esfuerzos, en

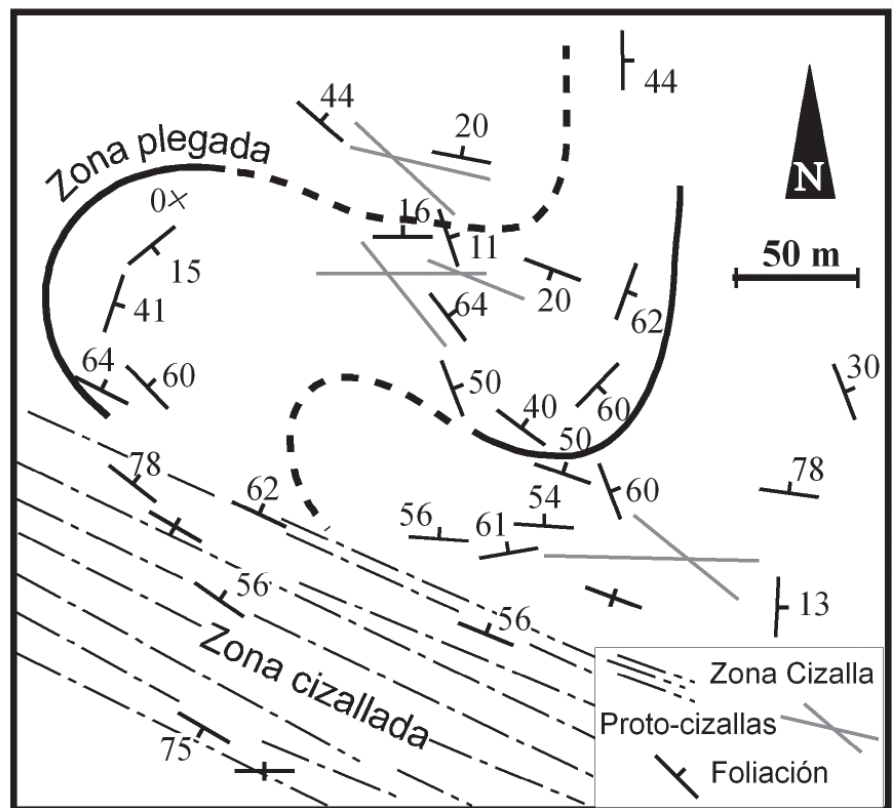


Fig. 2.- Mapa esquemático de un afloramiento mostrando la diferenciación en áreas plegadas y zonas cizalladas en los plutones.

Fig. 2.- Schematic map showing the distribution of folded areas and sheared zones in the plutons.

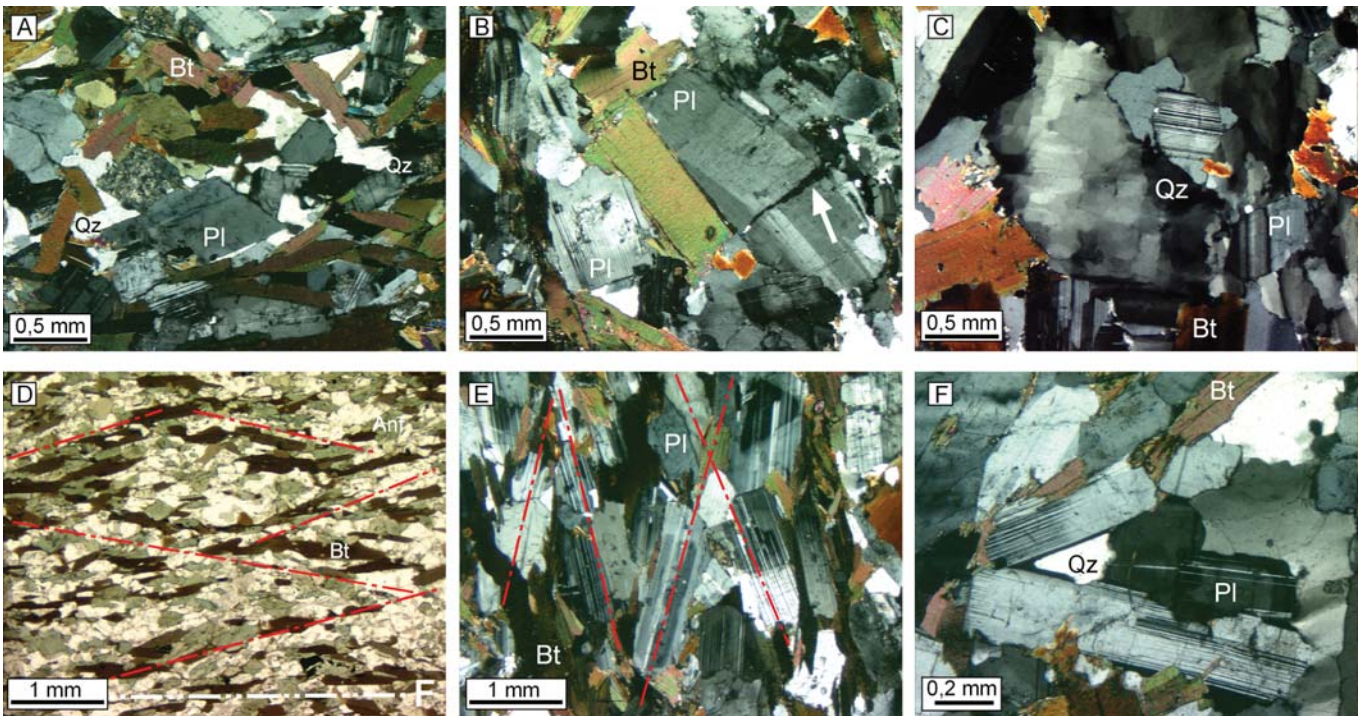


Fig. 3.- a) Huecos intersticiales en una trama cristalina rellenos por cuarzo. Nícoles cruzados. b) Microfractura en una plagioclasa rellena por cuarzo en continuidad óptica con el cristal de cuarzo del exterior. Está marcada por la flecha blanca. Nícoles cruzados. c) cuarzo con textura en damero y deslizamiento según el eje c del cuarzo. Nícoles cruzados. d) Familia de planos conjugados (proto-cizallas, marcados en rojo) compuestos por cristales alineados de plagioclasa y biotita. La foliación de flujo (marcada como F) marca la bisectriz de dichos planos. Nícoles paralelos. e) Detalle de planos conjugados en una tonalita. Nícoles cruzados. f) La intersección de dos planos conjugados crea sombras de presión triangulares ocupadas por cuarzo intersticial. Nícoles cruzados. Qz: cuarzo; Pl: plagioclasa; Bt: biotita; Anf: anfíbol.

Fig. 3.- a) Interstitial melt pocket in a crystal framework. Crossed polars. b) Microfracture in a plagioclase filled with quartz in optical continuity with the outer quartz crystal. It is pointed out with a white arrow. Crossed polars. c) c-slip in a quartz chessboard pattern. Crossed polars. d) two sets of conjugate planes (proto-shear planes, outlined in red), composed by aligned crystals of plagioclase and biotite, which are bisected by the flow foliation (F: flow foliation). Plane-polarized light. e) Detail of these two sets of planes in a tonalite. Crossed polars. f) The intersection of the two sets of proto-shear planes create lower-pressure triangular sites filled with interstitial quartz. Crossed polars. Qz: quartz; Pl: plagioclase; Bt: biotite; Anf: amphibole.

cuyos intersticios se acumulan los fundidos fini-magmáticos (estado submagmático). La acción de la deformación sobre esta masa parcialmente consolidada produce un flujo granular asistido por fundidos (Albertz, 2006) o flujo submagmático (Vernon, 2000). Es en esta situación cuando se desarrollan en el magma estructuras planares oblicuas a la foliación de flujo (Fig. 3d y 3e), concentración de fundidos en sombras de presión (Fig. 3f), estructuras de compactación, texturas de tipo cumulado y procesos de filtrado de fundidos residuales por presión.

3°- Por último, en las zonas próximas a las bandas de cizalla, la deformación en estado sólido aumenta y comienzan a desarrollarse planos de cizalla compuestos principalmente por biotitas deshilachadas y pequeños fragmentos de cuarzo recristalizado.

Durante la segunda etapa de esta secuencia la deformación del magma alta-

mente cristalizado va a producir la migración de los fundidos residuales y el reordenamiento de la trama cristalina. En este proceso de reajuste los fundidos residuales tenderán a concentrarse en sombras de presión, huecos intersticiales protegidos de la deformación, donde cristalizarán fases fini-magmáticas como el cuarzo o el feldespato potásico. Una de las microestructuras más llamativas de las presentes en las áreas plegadas de los plutones del Lago de Sanabria, es la presencia de dos familias de planos conjugados cuya bisectriz es la foliación de flujo (Fig. 3d y 3e). A favor de dichos planos se alinean de manera preferente biotitas, plagioclasas y anfíboles. La relación angular entre estos planos conjugados varía entre 30° y 50° con respecto a la foliación de flujo y no se observan relaciones de corte bien definidas entre ellos. Las diferencias en la forma y el tamaño de los minerales que constituyen la trama cristalina junto con las variaciones en la tasa de acortamiento experimentado por el mag-

ma son algunos de los factores que contribuyen a que se de esta variación angular.

Familias de planos similares a estos han sido interpretados como proto-zonas de cizalla formadas por deformación coaxial durante las etapas finales de cristalización de un fundido (Smith *et al.*, 1994).

En ocasiones el flujo submagmático es tan intenso que el fundido intersticial es expelido fuera de la trama cristalina en un proceso de filtrado por presión, migrando hacia otras áreas favorables para su acumulación o transporte.

Discusión

Considerando los datos previos, puede establecerse que los planos de proto-cizalla representan una fase inicial de un proceso de localización de la deformación en un magma altamente cristalizado.

Por una parte, la generación de planos de orientación mineral oblicuos a la

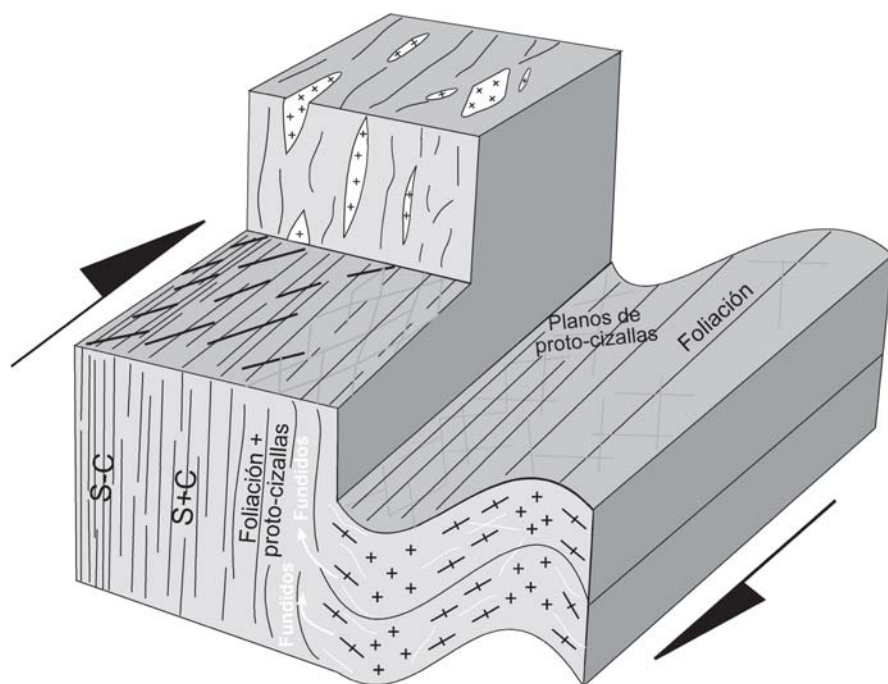


Fig. 4.- Esquema tridimensional sintetizando la transición entre las zonas plegadas y las zonas cizalladas en los plutones del Lago de Sanabria.

Fig. 4.- Three dimensional sketch providing a synoptic view of the transition between the folded and the sheared areas in the Sanabria Lake plutons.

foliación de flujo, y por tanto a sí, facilita el desarrollo posterior de planos de cizalla que canalizan la subsiguiente deformación. Un factor a tener en cuenta es que el desarrollo de estas familias de proto-cizallas favorece la interconexión de cristales de biotita a lo largo de estos planos, de modo que las biotitas actúan como una fase débil, sobre la que se concentra de manera preferente la deformación en estado sólido (Holyoke y Tullis, 2006). A su vez, estos planos de cizalla concentran los fundidos que escapan de las zonas plegadas de modo que la presencia de pequeñas cantidades de fundidos fini-magmáticos circulando a favor de

estos planos conducirá a una partición de la deformación a escala microscópica (Vernon *et al.*, 2004).

En resumen, se propone un modelo (Fig. 4) en el que se ilustra cómo la compactación de un magma con un alto grado de cristalización, en los dominios plegados de los plutones del Lago de Sanabria, indujo el escape de los fundidos residuales hacia las bandas en las que se localizan las zonas de cizalla. El flujo de fundidos hacia las zonas de cizalla favoreció la concentración de la deformación en estas áreas, potenciando el desarrollo de estas mismas cizallas y canalizando estos fundidos hacia niveles corticales superiores.

Este modelo apunta la existencia de una compleja interacción de procesos, relacionando la deformación continua de un magma en cristalización con el desarrollo de discontinuidades planares, la migración de fundidos residuales y la partición de la deformación.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del MEC (CGL2004-00701/BTE) y por el Programa de Formación de Investigadores del Gobierno Vasco.

Referencias

- Albertz M. (2006). *Journal of Structural Geology*, 28, 1422-1444.
- Díez A. (2006). *La geología del Dominio "Ollo de Sapo" en las comarcas de Sanabria y Terra do Bolo*. Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 496 p.
- Holyoke C.W. y Tullis J. (2006). *Journal of Structural Geology*, 28, 621-640.
- Martínez-García E. (1973). *Studia Geologica*, V, 7-106.
- Nemčok, M., Henk, A., Gayer, A., Vandycke, S. y Hathaway, T.M. (2002). *Journal of Structural Geology*, 24, 1885-1901.
- Smith, J.V., Yamauchi, S. y Miyake, Y. (1994). *Journal of Structural Geology*, 16, 315-322.
- Vegas, N., Aranguren, A. y Tubía, J.M. (2001). *Terra Nova*, 13, 180-187.
- Vegas, N. (2004). *Los plutones de Ribadellago y Sotillo (Sanabria, Zona Centro-Ibérica): Evolución estructural de granitoides emplazados por ascenso de diques*. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, Serie Nova Terra, 25, 252 p.
- Vernon, R.H. (2000). *Electronic Geosciences*, 5, 2.
- Vernon, R.H., Johnson, S.E. y Melis, E.A. (2004). *Journal of Structural Geology*, 26, 1867-1884.