

# Fábricas constrictivas de ejes-c de cuarzo en arcosas deformadas por disolución por presión

F.J. Fernández<sup>1</sup>, D. Brown<sup>2</sup>, J. Álvarez-Marrón<sup>2</sup>, A. Pérez-Estaún<sup>2</sup> y R. Menéndez-Duarte<sup>3</sup>

1 Dpto. de Geología, Universidad de Oviedo, c/ Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo. brojos@geol.uniovi.es

2 Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" (CSIC), c/ Llúís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona.

3 INDUROT, Universidad de Oviedo, Campus de Mieres, 33600 Mieres.

## ABSTRACT

*Arkosic sandstone interlayered within calcite mylonites at the base of the southern Urals accretionary prism preserves their original sedimentary microstructure and presents only a weak shape and crystallographic preferred orientation (SPO and CPO, respectively). SPOs of XZ-sections show fabrics mainly formed by pressure solution, where quartz and feldspar grains have a characteristic bimodal shape and the mean axial ratio of the finite strain is c. 2. The unusual pattern described by the quartz c-axes fabrics formed during the acquisition of their SPOs is characterised by girdles normal to Y. At the light of our results, and accordingly with the deformation conditions of the calcite mylonites, the quartz c-axis preferred orientation may be formed by pressure solution under constrictional strain, and not as usually occurs by intracrystalline plasticity.*

**Key words:** constrictional c-axis fabrics, arkose, pressure solution, microstructure.

## INTRODUCCIÓN

El orógeno de los Urales, en su parte meridional, presenta un complejo acrecional, ligado a una colisión arco de isla-continente (antiguo margen del cratón del Este de Europa y arco isla de Magnitogorsk), incluyendo un cinturón de rocas de alta presión, rocas ofiolíticas y un prisma de acreción. Este complejo se emplazó sobre el margen Europeo durante el Devónico Superior y Carbonífero Inferior. En la base del complejo, base del duplex de Timirovo, se desarrolla una importante zona de cizalla de 300-500 m de potencia (Álvarez-Marrón *et al.*, 2000), que produjo una intensa deformación plástica en las calizas arrecifales Devónicas, desarrollando milonitas calcáreas.

Localmente, cerca de la localidad de Timirovo (Fig. 1), las milonitas calcáreas están intercaladas con areniscas arcóscicas. Estas capas de arcosas fueron muestreadas con el objeto de analizar las fábricas de ejes-c de cuarzo y las fábricas de la forma de los cristales (SPOs) de cuarzo y feldespato. La caracterización de la deformación en las arcosas ha permitido además interpretar el significado de las fábricas de ejes-c de cuarzo.

## MICROESTRUCTURAS DE LAS ARCOSAS

Las fábricas de las arcosas conservan su empaquetado detrítico original sólo ligeramente deformado. El desarrollo de una débil fábrica con orientación preferente de la forma de los cuarzos y feldespatos está acompañada por una serie de microestructuras (Fig. 2) como son (i) la presencia de

granos detríticos truncados de cuarzo y feldespato, (ii) contactos con bordes de indentación y (iii) superficies de estilonitos. Estas microestructuras evidencian la importante actuación de la disolución por presión como principal mecanismo para la formación de la fábrica de las arcosas. La presencia de fluidos durante la deformación se constata por la sausrutización de los bordes deformados de feldespato, y por el desarrollo de grietas de extensión y otras estructuras frágiles sobre las milonitas calcáreas. A pesar de esta deformación no se encontraron evidencias importantes de deformación plástica, únicamente algunos cuarzos con extinción ondulante, y ausencia completa de recristalización dinámica.

## ANÁLISIS DE SPO

El análisis cuantitativo de las formas y tamaños de los cuarzos y feldespatos que definen la fábrica de las arcosas fue realizado sobre mosaicos fotográficos de microscopía óptica utilizando nicoles cruzados y con la ayuda de la lámina auxiliar de yeso. Dichos bordes fueron dibujados a mano, posteriormente digitalizados y analizados con un software específicamente desarrollado para el análisis de fábricas utilizando como soporte informático un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para operar con el SIG, se diferenciaron los feldespatos de los cuarzos. Las macros desarrolladas para adaptar el SIG al análisis de SPOs fueron escritas en lenguaje aml y están cargadas en el dominio público <http://www.indurot.uniovi.es/docdisp/doc.html>. Estos programas permiten conocer la forma media del grano con el análisis ASPAS y la deformación mediante un

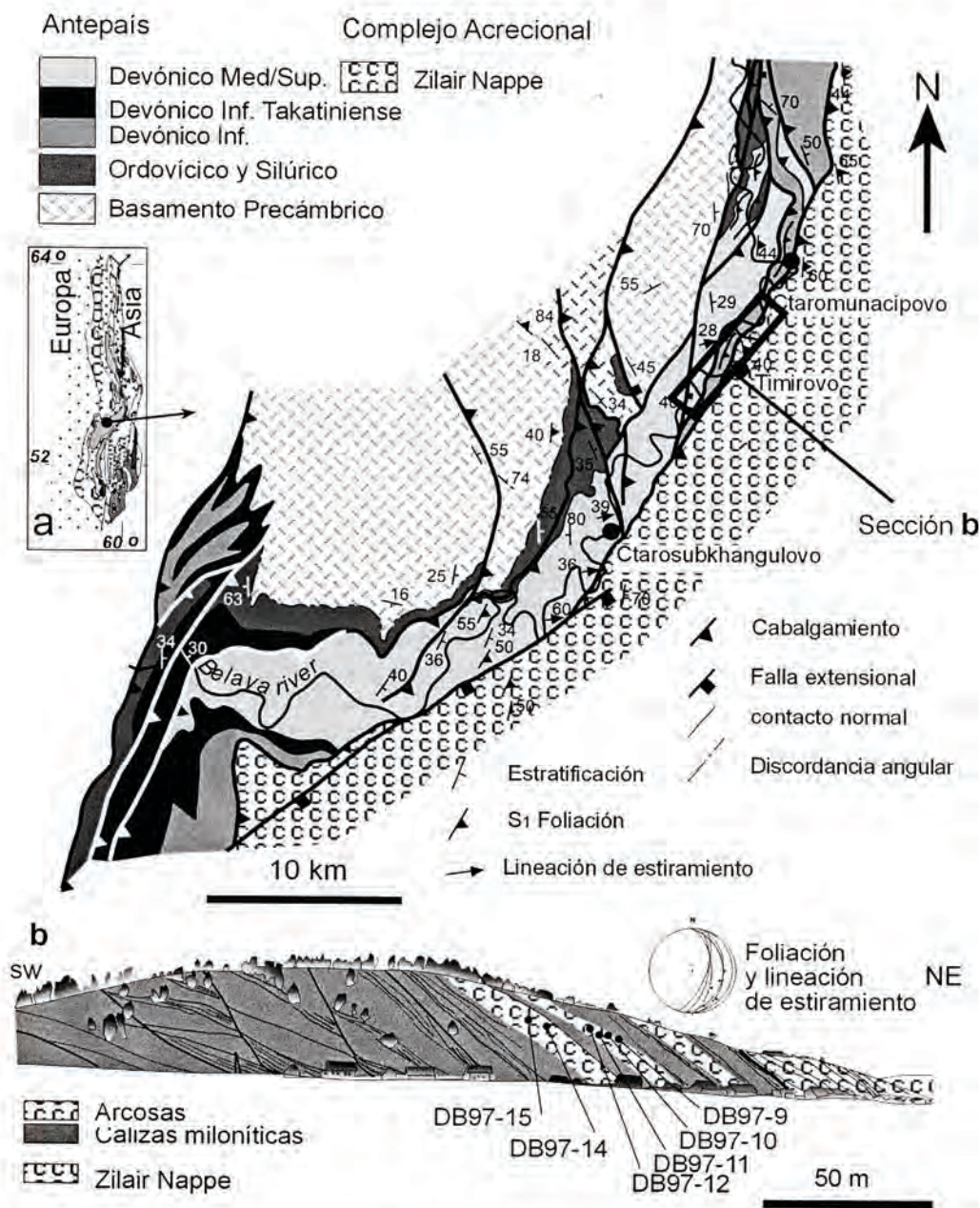


FIGURA 1. Mapa geológico del área donde se muestrearon las arcosas. (a) Esquema de situación general. (b) Sección geológica panorámica desde los alrededores de Timirovo, en donde se indica la localización exacta de las muestras y se proyecta la foliación y lineación.

método propio del GIS denominado RFRY, basado en el mejorado de Fry (Erlev and Ge, 1990). El análisis de las secciones-XZ (perpendicular al plano de foliación y paralela a la lineación de orientación mineral) indica un progresivo aumento del tamaño de grano de las arcosas desde el E hacia el O (Figs. 1b y 3a). Sin embargo los parámetros de forma y los valores de la deformación muestran sólo variaciones menores. Así los cuarzos y feldespatos presentan formas medias bimodales (con dos ejes mayores) y elipticidades variables (entre 1,6 y 3,4). Las orientaciones de los ejes mayores que se pueden trazar dentro de los cristales respecto al plano de foliación son oblicuas. Aunque generalmente, la oblicuidad de los cuarzos es en sentido

opuesto a la que presenta la forma media de los feldespatos (Gráficos ASPAS de la figura 3b). Puesto que el cuarzo y el feldespato presentan distinto comportamiento reológico para las condiciones de deformación, ésta se midió por separado en cada población (Gráficos RFRY de la figura 3b). Los valores de la relación  $\sqrt{\frac{L}{W}}$  varían entre 1,7 y 2,3, e indican que la deformación fue aproximadamente homogénea en todas las capas de arcosas intercaladas entre las milonitas, aunque generalmente los cuarzos se deformaron más que los feldespatos. Teniendo en cuenta la similitud entre los resultados de cuarzos y feldespatos, y la población de datos más representativa se ha seleccionado el valor medio de la muestra DB97-10 que es 2.

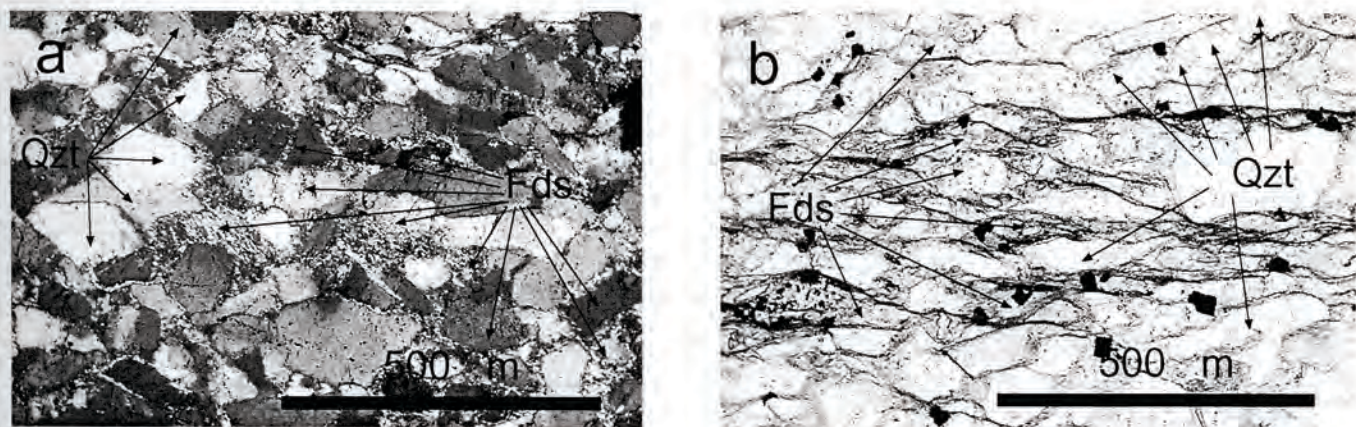


FIGURA 2. Fotografías de microscopía óptica de las arcosas. La orientación de las fotografías corresponde a las de las secciones XZ de las muestras de la figura 3. a) Muestra DB97-12; destaca el empaquetamiento sedimentario de los cuarzos y feldespatos. Nícoles cruzados y lamina auxiliar de yeso insertada. b) Muestra DB97-10; destaca la disolución por presión de las arcosas. Luz con polarización paralela.

### FÁBRICAS DE EJES-C DE CUARZOS

Fueron medidos manualmente 200 ejes ópticos en cada muestra analizada, utilizando una platina universal tipo Zeiss. El modelo de orientación cristalográfica preferente obtenido es similar en todas las muestras analizadas y se caracteriza porque los ejes-c muestran una orientación que forma una guirnalda centrada sobre la dirección Y (Fig. 3c). El muestreo alejado de las superficies de contacto entre arcosas y milonitas reduce el posible efecto de deformaciones locales consecuencia del contraste de competencias entre milonitas calcáreas y arcosas.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La deformación finita media  $\sqrt{\epsilon_1/\epsilon_2}$  próxima a 2 de las arcosas se produjo fundamentalmente por disolución por presión. Además, las arcosas desarrollaron una CPO a la vez que sus SPOs. La CPO se caracteriza por una rara orientación preferente de ejes-c de cuarzo, que describe una guirnalda centrada sobre la dirección Y (Fig. 3). La baja deformación y temperatura bajo las que se formaron las CPOs de las arcosas, junto con sus características microestructurales sugieren interpretar estas extrañas fábricas de ejes-c por mecanismos no habituales. Así, los modelos de fábricas de cuarzo con orientación preferente de ejes-c están generalmente descritos para fábricas adquiridas por deformación plástica intracrystalina del cuarzo que, en función fundamentalmente de la temperatura, desarrollan orientaciones preferentes condicionadas por el tipo o los tipos dominantes de sistemas de deslizamiento (p. ej. Fernández *et al.*, 2003, y citas en dicho trabajo). Aunque independientemente del mecanismo que las origine, la geometría de las fábricas cristalográficas también está condicionada por el tipo tridimensional de la

deformación finita que actuó (March, 1932). Por lo tanto, el tipo tridimensional de deformación finita (constrictional, aplastamiento o intermedio) condiciona el resultado de la orientación de los ejes-c, puesto que estos se proyectan reverenciándolos a la superficie de foliación y la lineación de estiramiento de las muestras. Como generalmente las fábricas de ejes-c se analizan en tectonitas intensamente deformadas por plasticidad intracrystalina, este factor suele tener menor importancia en el resultado final de la fábrica cristalográfica que el sistema dominante de deslizamiento. Sin embargo, la orientación preferente de ejes-c de las arcosas, indica una extensión en la dirección Y, que de acuerdo con los modelos numéricos de March (1932), indicarían un régimen constrictivo de la deformación. Por lo tanto en el desarrollo de estas fábricas ha influido fundamentalmente el tipo tridimensional de deformación y de forma subordinada el mecanismo.

Por otra parte, la deformación de las milonitas calcáreas es mucho más intensa y heterogénea (en algunos casos > 600% de estiramiento) y también de tipo constrictivo, aunque indicando extensión sobre la dirección X (Fernández *et al.*, 2004). La dirección de máxima extensión de las arcosas y milonitas calcáreas es en apariencia perpendicular. Sin embargo no es así. Al observar en detalle la lineación de estiramiento de las arcosas, se comprueba que es variable desde E-O de la muestra cerca del contacto con las milonitas calcáreas hasta N-S en las más alejadas (Fig. 1b), en donde la dirección Y de las arcosas coincide con la X de las milonitas calcáreas. Tanto las variaciones de la orientación de la dirección de máximo estiramiento como los bajos valores de deformación finita son el resultado del fuerte contraste de competencia existente entre las arcosas y las milonitas calcáreas. Además se ha podido comprobar que también existe un cierto contraste reológico entre los cuarzos y el feldespatos que configuran las fábricas de las arcosas.

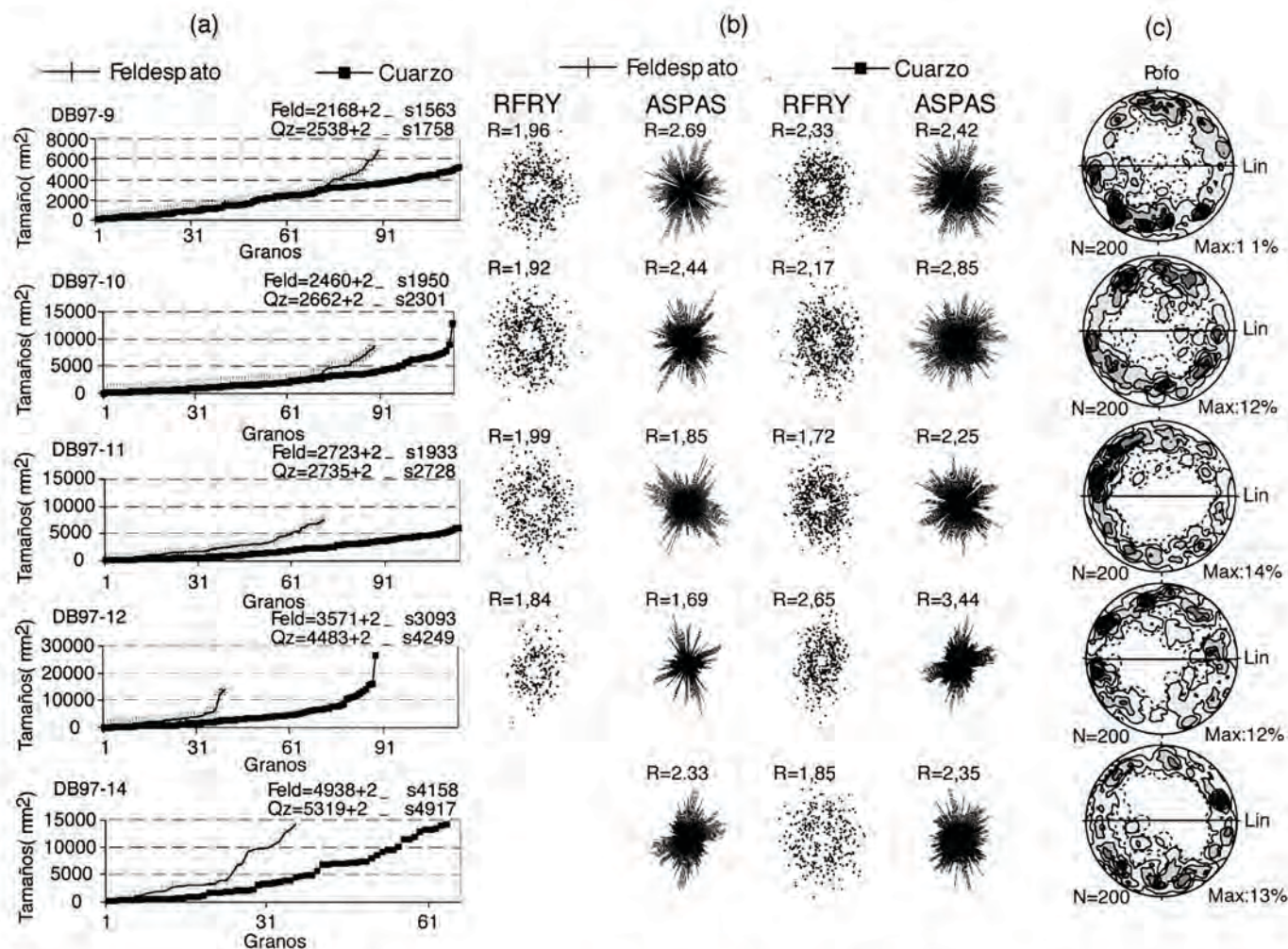


FIGURA 3. Análisis de las fábricas de las arcorsas (Localización de las muestras en figura 1b). a) Diagramas de tamaños de grano de cuarzo y feldespato. b) Análisis de la forma característica de los granos (ASPAS) y de la deformación finita (RFRY), donde R es la relación de la elipse mejor ajustada por el método de los mínimos cuadrados. c) Fábricas de ejes-c-axes de cuarzo. Las estereográficas son proyecciones del hemisferio inferior equiareales en las que la lineación es E-O y el polo de la foliación es paralelo a la proyección del plano. Los contornos de densidad se calcularon utilizando el 1% de área en una distribución uniforme, donde cada punto representa el 0.5%, el contorno inferior es 0.5%, y el contorno más alto es el Max. El intervalo de contorno es el 2%.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación BTE 2002-00187 y ERC FMRXCT 960009.

## REFERENCIAS

Álvarez-Marrón, J., Brown, D., Pérez-Estaún, A., Puchkov, V. y Gorozhanina, Y. (2000): Accretionary complex structure and kinematics during Paleozoic arc-continent collision in the southern Urals. *Tectonophysics*, 325: 175-191.

Erslev, E.A. y Ge, H. (1990): Least-squares center-to-center and mean object ellipse fabric analysis. *Journal of Structural Geology*, 12: 1047-1059.

Fernández, F. J., Chaminé, H. I., Fonseca, P. E., Munhá, J. M., Ribeiro, A., Aller, J., Fuertes-Fuente, M. y Borges, F. S. (2003): HT-fabrics in a garnet-bearing quartzite from Western Portugal: geodynamic implications for the Iberian Variscan Belt. *Terra Nova*, 15: 96-103.

Fernández, F. J., Brown, D., Álvarez-Marrón, J., Prior, D. J. y Pérez-Estaún, A. (2004): Microstructure and lattice preferred orientation of calcite mylonites at the base of the southern Urals accretionary prism. *Journal of the Geological Society, London*, 161: 67-79.

March, A. (1932): Mathematische Theorie der Regelung nach der Korngestalt. *Zeitschrift für Kristallographie*, 81: 285-297.