



## *Fábricas sin-metamórficas, mecanismos y régimen de la deformación en las granulitas de alta presión de Cabo Ortegal (NO de España): Comentario*

(Geogaceta, 45: 15-18 / 2008)

Francisco J. Fernández

Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, C/ Jesús Arias de Velasco s/n 33005 Oviedo.  
brojos@geol.uniovi.es

En este trabajo Puelles y Ábalos (2008) han presentado los resultados analíticos de seis fábricas de *orientación* cristalográfica preferente (OCP) obtenidos en la Universidad del País Vasco por la técnica de difracción de electrones retro-dispersados (EBSD). Durante la lectura detallada del artículo he apreciado una serie de imprecisiones, errores y algunas contradicciones, que a mi juicio invalidan este trabajo; por lo que a continuación se detallan al objeto de que puedan ser aclarados por los autores. Además, de acuerdo con los datos aportados por los autores, se propone una interpretación alternativa para la fábrica de estas rocas.

Para centrar la discusión de este trabajo en sus problemas básicos, se pasará por alto el problema metodológico de la interpretación correcta de la orientación preferente de minerales complejos como el anfíbol y las plagioclasas a partir del indexado automático de las bandas de difracción obtenidas por EBSD (i.e: Prior *et al.*, 1999; Lapworth *et al.*, 2001); y algunas incorrecciones en la utilización de citas, como cuando se atribuye a Martínez Catalán *et al.* (1997), el carácter alóctono de los Complejos del NO peninsular, en lugar de referenciar a Ries y Shackleton (1971).

### Imprecisiones y errores

Respecto a la presentación de los datos no se ha especificado si se han tomado una o varias muestras, tampoco de dónde se han cogido, ni las direcciones principales que se utilizan para cortar las mismas y sus orientaciones espaciales geo-referenciadas. Únicamente se indica que se han cogido en zonas de cizalla próximas a los contactos entre la Formación Bacariza y las rocas ultramáficas y eclogíticas, pero en el mapa de la figura 1 tampoco aparecen representadas estas zonas de cizalla. De los datos aportados se puede suponer que, al menos, se han cogido dos muestras: una en el contacto superior y otra en el inferior; pero tampoco se especifica que fábricas de minerales se han medido en cada una de estas muestras o si se han proyectado los datos de todas las muestras agrupados por fases minerales. Con esta falta de datos resulta muy difícil valorar la validez de la interpretación cinemática que los autores hacen de las fábricas (desplazamiento de techo hacia el NE). Más si se tiene en cuenta que a la vez que se indica que esta dirección es congruente con las observaciones cartográficas y petrográficas descritas en otros estudios (Abalos *et al.*, 2003), donde se proponen otras direcciones (hacia el N y

hacia el NNE); sólo se presentan dos orientaciones preferentes cristalográficas (OCPs) con asimetrías bien definidas: la del cuarzo y la del anfíbol que indican sentidos distintos (respectivamente techo hacia el NNE y hacia el WNW).

De la descripción de los datos microestructurales se deduce la presencia de granates con formas prismáticas elongadas, pero sin evidencias de deformación plástica; y cuarzos, anfíboles y clinopiroxenos con extinción ondulante y abundancia de cristales recrystalizados. Desde el punto de vista micro-estructural lo más sorprendente de estos datos es la deformación plástica del anfíbol, ya que es un mineral extremadamente resistente por lo que generalmente tiende a fracturarse a lo largo de los planos de clivaje, pero casi siempre presenta una alta resistencia a la deformación plástica intracristalina. De hecho, la orientación preferente cristalográfica que se observa en la figura 3 es la típica que manifiestan cuando su orientación es debida al crecimiento cristalográfico orientado de acuerdo con su hábito planar, y no por deformación plástica intracristalina (i.e: Díaz-Azpiroz *et al.*, 2007). Es por ello que en la figura 2 se echa en falta alguna prueba gráfica de este importante hallazgo.

Por otra parte en el pie de la figura 3, se indica que se proyectan los polos de los planos cristalográficos, incluyendo por omisión al eje óptico [0001] como plano y no como eje. Además, en la proyección de los polos de los planos cristalográficos únicamente se han considerado las cristalografías específicas del cuarzo y del granate. Del resto de minerales se han proyectado la orientación de los polos de los planos pinacoidales {001}, {010} y {100}. Sin embargo, en ausencia de figuras de proyección inversa para todas las fases minerales analizadas, estas proyecciones polares sólo ofrecen una idea parcial de la orientación completa cristalográfica para las fases clinopiroxeno y biotita e insuficiente para el caso de la plagioclasa. Este mineral de gran complejidad estructural, presenta una simetría triclinica y además del propio eje *c* y los otros dos polos de planos pinacoidales ({010} y {100}), se deben proyectar la posición de los polos del plano de macla *e* y la de los polos correspondientes a los planos de clivaje  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_3$ . También para el anfíbol se echa en falta la proyección de los polos del plano {-101}, que define el principal sistema de deslizamiento en la dirección <-10-1> (Rooney *et al.*, 1975).

En mi opinión, los datos de las OCPs presentados indican ausencia de orientación preferente en los granates, pobre y errática orientación en la plagioclasa (tal vez debida a los proble-

mas de proyección anteriormente aludidos) y marcadas orientaciones en piroxeno, anfíbol y biotita. Desde el punto de vista cinemático, la asimetría de las fábricas es de tipo triclínico, lo que no permite hacer una interpretación inmediata de las direcciones y sentidos del flujo de deformación.

### Contradicciones

*Primera contradicción.*- Se indica que las fábricas son sin-metamórficas pero se reconoce que las distintas unidades tienen diferente grado metamórfico (Gil Ibarguchi *et al.*, 1990). Incluso es muy probable que las rocas hayan sufrido varios eventos tectónicos (Fernández Suárez *et al.*, 2002) y que por lo tanto puedan registrar varios eventos tectono-metamórficos con un metamorfismo Varisco y otro, u otros, Eo y Pre- Variscos. Si las unidades con distinto grado metamórfico están en contacto con estas cizallas discretas (zonas de alta deformación) ¿Qué significado concreto tiene el término sin-metamórfico? Si se quiere indicar con ello que son fábricas desarrolladas en condiciones de granulitas G2 ¿Son los mismos minerales y las mismas muestras con los que Puelles *et al.* (2005) reconstruyen los PTts de estas muestras, los que luego se analizan con el EBSD?; y si esto es así ¿en qué zona de cizalla discreta, la que pone en contacto las granulitas con las ultramáficas, o las eclogitas con las granulitas, o tal vez en ambas? Creo que esta aclaración es importante para fijar los datos e interpretar los resultados.

*Segunda Contradicción.*- En cualquier caso el problema básico que observo en este trabajo es cuando en el *abstract* se escribe: "Dislocation creep and recovery were the main deformation mechanisms in garnet during peak metamorphism, followed by porphyroblast rigid rotation"; mientras que en las conclusiones refiriéndose a los granates, escriben: "la ausencia de OCP y de granos y subgranos recristalizados dinámicamente podría indicar que su deformación interna no fue acomodada mediante flujo de dislocaciones sino por procesos de difusión de masa (Wollbrecht *et al.*, 2006) y eventualmente por rotación rígida." Puesto que los datos indican o sugieren una cosa u otra pero no las dos.

La presencia en terrenos de alto grado es frecuente la presencia de granates de geometrías elongadas (Ji y Martignole, 1994; Prior *et al.*, 2000; Mainprice *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2004), pero estas formas elongadas raramente se han podido relacionar con evidencias microestructurales que indiquen deformación plástica, salvo en eclogitas de alta temperatura (Mainprice *et al.*, 2004). Además, también es difícil explicar estas geometrías elongadas por transferencia de masa por difusión, pues las leyes constitutivas de flujo que rigen este mecanismo de deformación son altamente dependientes del tamaño de grano e ineficaces en cristales de 3,5 mm de eje mayor. Por lo tanto, y de acuerdo con los datos aportados por los autores, los granates de formas elongadas no presentan evidencias ni de deformación plástica intracristalina (*creep* de dislocaciones), ni de flujo de transferencia de masa por difusión.

En mi opinión, lo único que parece claro es que el desarrollo de las fábricas  $D_2$  de las granulitas de la Bacariza estuvo controlado por la deformación plástica del cuarzo y del clinopiroxeno, pues

son las dos fases minerales que presentan una OCP bien desarrollada, tal y como así lo corroboran sus respectivos índices texturales  $J$  (Bunge, 1982). Mientras que el resto de las fases minerales se encuentran subordinadas a estas dos fases. Finalmente, la clave para encontrar una respuesta científica al paradigma de los granates con formas elongadas tal vez se encuentre en los cuellos de los budines fracturados. Puesto que la fracturación reduciría el tamaño de grano inicial y haría viable los procesos de transferencia de masa por difusión. Además, el deslizamiento diferencial de borde de grano que se produciría en el resto del cristal, paralelo a la dirección de máxima extensión finita como consecuencia de la partición de la deformación entre la fase granate y las fases de la matriz, aceleraría los procesos de difusión asistidos por agua (disolución por presión) y permitiría acomodar la deformación de acuerdo a las fases minerales dominantes (cuarzo y piroxeno).

### Referencias

- Ábalos, B. Puelles, P. y Gil-Ibarguchi, J.I. (2003). *Tectonics*, 22 (2), 1-21.
- Bunge, H.J. (1982). *Texture analysis in material science*. Butterworths, London, 599 p.
- Díaz-Azpiroz, M., Lloyd, G. E. y Fernández, C. (2007). *Journal of Structural Geology*, 29, 629-645.
- Fernández Suárez, J., Corfu, F., Arenas, R., Marcos, A., Martínez-Catalán, J.R., Díaz-García, F., Abati, J. y Fernández, F.J. (2002). *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 143, 236-253.
- Fernández, F.J., Chaminé, H.I., Fonseca, P.E., Munhá, J.M. Ribeiro, A., Aller, J., Fuertes-Fuente, M. y Borges, F.S. (2003). *Terranova*, 15, 93-103.
- Gil Ibarguchi, J.L. Mendía, M., Girardeau, J. y Peucat, J.J., (1990). *Lithos*, 25, 133-162.
- Ji, S. y Martignole, J. (1994). *Journal of Structural Geology*, 16, 985-996.
- Lapworth, T., Wheeler, J. y Prior, D.J. (2002). *Journal of Structural Geology*, 24, 387-399.
- Mainprice, D. Bascou, J., Cordier, P. y Tommasi, A. (2004). *Journal of Structural Geology*, 26, 2089-2102.
- Martínez-Catalán, J. R., Arenas, R., Díaz-García, F. y Abati, J. (1997). *Geology*, 25, 1103-1106.
- Prior, D. J., Boyle, A. P., Brenker, F., Cheadle, M. C., Day, A. López, G., Peruzzo, L., Potts, G. J., Reddy, S., Spiess, R. Timms, N. E., Trimby, P., Wheeler, J. y Zetterström, L. (1999). *American Mineralogist*, 84, 1741-1759.
- Prior, D. J., Wheeler, J., Brenker, F., Harte, B. y Matthews, M. (2000). *Geology*, 28, 1003-1006.
- Puelles, P. Ábalos, B. y Gil Ibarguchi, J.I. (2005). *Lithos*, 84, 125-149.
- Puelles, P. y Ábalos, B. (2008). *Geogaceta*, 45, 15-18.
- Rooney, T.P., Riecker, R.E. y Gavasci, A.T. (1975). *Geology*, 3, 364-366.
- Ries, A. C. y Shackleton, R. M. (1971). *Nature Phys. Sc.*, 234, 65-68.
- Vollbrecht, A. Pawloski, J., Leiss, B. Heinrichs, T. Seidel, M. y Kronz, A. (2006). *Tectonophysics*, 427, 153-170