

$R^i - 1/C^i$ , ya que éstas empezarán en o muy cerca de dicho componente. Las composiciones isotópicas del citado componente, también se pueden deducir de las curvas de los diagramas  $R^i - R^j$ . Por el contrario, la composición del componente minoritario, se encontrará en la prolongación de la línea de proyección en la mezcla simple, y fuera de ella en la asimilación, por lo que generalmente hay que asumir su composición.

#### Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Pro-

yecto de Investigación PB87-0372 «Variación de los elementos traza, de los isótopos de Sr-Nd-Pb-O y control tectónico en los procesos magmáticos y metalogénicos. Aplicación al vulcanismo neógeno-cuaternario y yacimientos asociados de la península ibérica», financiado por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica.

#### Referencias

Benito García, R. y López Ruiz, J. (1989): *Estudios Geol.*, 45, 21-25.

Cebriá Gómez, J. M. y López Ruiz, J. (1989): *III Congr. Geoquím. España*, 1, 115-123.  
Hanson, G. N. (1978): *Earth. Planet. Sci. Letters*, 38, 26-43.  
López Ruiz, J. y Rodríguez Badiola, E. (1985): *Estudios Geol.*, 41, 105-126.  
López Ruiz, J. y Cebriá Gómez, J. M. (1990): *Geoquímica de los procesos magmáticos*. Editorial Rueda, Madrid.  
Shaw, D. M. (1970): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 34, 237-243.  
Taylor, H. P. (1980): *Earth. Planet. Sci. Letters*, 47, 243-254.

Recibido el 1 de febrero de 1990  
Aceptado el 23 de febrero de 1990

## Implicaciones de los enclaves máficos microgranulares en la petrogénesis de los granitoides calcoalcalinos hercínicos

A. Castro (\*) (\*\*), I. Moreno-Ventas (\*) y J. D. de la Rosa (\*)

(\*) Departamento de Geología y Minería. U. de Sevilla. 21819 La Rábida. Huelva.

(\*\*) Dirección actual: Geology Division. U. of St. Andrews. Purdie Building. KY169ST. St. Andrews. Scotland.

#### ABSTRACT

*Hercynian calc-alkaline granitoids are characterized by the presence of microgranular magmatic enclaves of tonalitic to diorite composition. Recent studies of these enclaves and host granitoids reveal that they were generated from disruption of synplutonic dikes of hybrid tonalites. Two stages of hybridization can be distinguished: (1) Injection mixing giving to a hybrid tonalite from a mafic magma, and (2) convective mixing, giving rise to homogeneous hybrid rocks of calc-alkaline composition.*

**Key words:** microgranular enclave, magma mixing, hybridization, texture, xenocrysts, granitoid, Hercynian belt.

*Geogaceta*, 8 (1990), 13-16.

#### Introducción

Uno de los rasgos más relevantes de los granitoides hercínicos calcoalcalinos de la península ibérica, es la presencia de enclaves máficos microgranulares de composición diorítica a tonalítica. Recientemente, este tipo de enclaves ha sido objeto de numerosos estudios en todo el mundo, haciendo especial énfasis en las implicaciones petrogenéticas de las rocas que los incluyen (Vernon, 1983; 1984; Cantagrel *et al.*, 1984; Didier, 1987; Frost & Mahood, 1987; Vernon *et al.*, 1987; Zorpi, 1988).

El origen magmático de dichos enclaves y su procedencia mantélica por fraccionación de tholeitas, son

hechos relevantes constatados en muchos casos por estudios geoquímicos e isotópicos (e. g. Holden *et al.*, 1986). Si tales enclaves son o no testigos de procesos de hibridación entre material mantélico y fundidos corticales, sólo puede ser determinado mediante estudios detallados texturales y composicionales, que permitan conocer el mecanismo, o mecanismos, de generación. Los primeros resultados de dicho estudio se presentan de forma resumida en esta nota.

#### Rasgos mesoscópicos y ocurrencia de los enclaves

La mayoría de los enclaves microgranulares son de forma redondeada

a irregular y poseen un tamaño de grano más fino que el granitoide encajante. Los contactos con éste pueden ser transicionales y/o netos. Otra característica importante es la no existencia de borde frío, englobando el enclave a megacristales de feldespatos potásico (fig. 1a).

Los enclaves aparecen en cinco situaciones distintas: complejos «net-veined», diques compuestos, distribuidos homogéneamente en el granitoide, pasillos de enclaves y zonas de mezcla. De estas situaciones, las más importantes relacionadas con los procesos de hibridación son las tres últimas (Castro *et al.*, 1990a).

En general, aunque los enclaves y la roca encajante poseen unas caracte-

terísticas comunes en todo el Macizo, existen algunos rasgos distintivos en función de los dominios. Así por ejemplo, las facies granodioríticas ricas en enclaves de los dominios mesozonales son en general, más biotíticas y anfibólicas que aquellas que no los tienen. Las facies más ricas en enclaves a su vez se encuentran alrededor de cuerpos kilométricos de rocas ultrabásicas y básicas (e. g. Sierra de Gredos). Las características mesoscópicas de los enclaves de dominios profundos son muy parecidas a las de los dominios epizonales, sin embargo en estos últimos no se ha observado una asociación directa con rocas básicas (e. g. Batolito de los Pedroches).

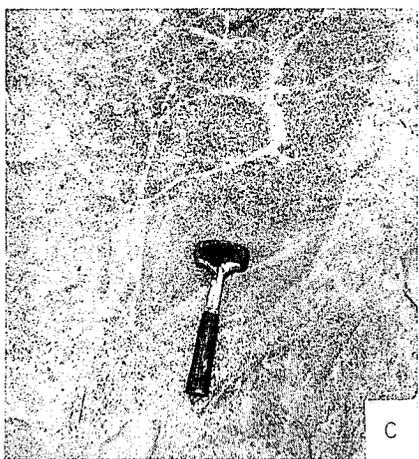
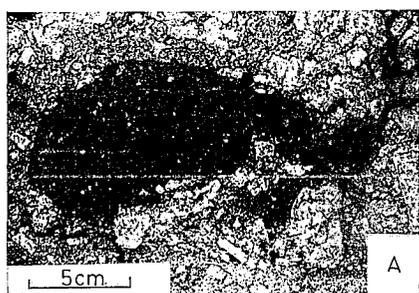


Fig. 1.—a) Enclave microgranular tonalítico con contactos irregulares englobando a megacristales de feldespato potásico del granito encajante. b) Dique simplutónico fragmentado. c) Masa híbrida fragmentada formando enclaves. a): Sierra de Gredos. b) y c) Macizo de Gerena.

En los dominios más epizonales del Macizo (Zona Surportuguesa) hay que resaltar la existencia de frecuentes zonas de mezcla en los contactos de bandas kilométricas de composición alternante granítica y básica (e.g. Macizo de Gerena). Las Fig. 1b y 1c muestran diferentes relaciones entre enclaves y diques simplutónicos de la zona de interacción del Macizo de Gerena.

**La textura porfiroide de los enclaves**

Usualmente, los enclaves presentan una textura porfiroide que se manifiesta en la presencia de fenocristales y xenocristales que destacan sobre la matriz, la cual tiene un tamaño de grano inferior al de los granitoides encajantes. Por otra parte, en dominios subvolcánicos es frecuente la presencia de ocelos graníticos.

La mineralogía asociada a este rasgo textural consiste en plagioclasa, cuarzo, agregados de anfíbol y/o biotita y feldespato potásico:

**Plagioclasa.**—Hemos distinguido tres tipos de plagioclasa en grandes cristales: 1) Plagioclasa con núcleos reabsorbidos, 2) Plagioclasa con núcleos cálcicos, y 3) Plagioclasa con núcleos dendríticos.

En el primer caso, el núcleo está limitado por una superficie de reabsorción que trunca el zonado oscilatorio previo. Sobre esta superficie recrece una plagioclasa dendrítica más cálcica que pasa a la plagioclasa más albitica del anillo (fig. 2a).

El núcleo reabsorbido de estas plagioclasas ha sido interpretado como un xenocristal proveniente del magma félsico. Es uno de los elementos texturales más relevantes relacionados con la hibridación magmática.

Las plagioclasas con núcleo cálcico son muy raras en enclaves tonalíticos aunque relativamente abundantes en diques simplutónicos. El núcleo es idiomórfico, no zonado, con un % An (Mol) de 60-70%. Está recrecido por un anillo zonado que oscila de 40-20% An (Mol). Estas características han conducido a la interpretación de estas plagioclasas como fenocristales provenientes de un magma básico, apoyando así la hipótesis del carácter fraccionado de las tonalitas.

Las plagioclasas con núcleos dendríticos son características de algunos enclaves y rocas máficas que aparecen como diques simplutónicos. El

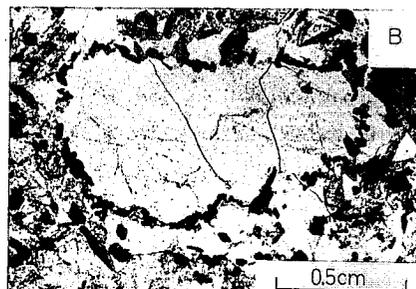


Fig. 2.—a) Plagioclasa con zonado oscilatorio truncado por una zona de reabsorción cerca del borde. b) Xenocristal de cuarzo rodeado por una corona de anfíbol de tamaño de grano fino. c) Cuarzo poiquilítico de un enclave microgranular. a) y c): Macizo de Gerena. b) Sierra de Gredos.

carácter celular de los pequeños cristales que forman el núcleo dendrítico es el resultado de un rápido enfriamiento (Hibbard, 1981). Las dendritas del núcleo tienen una composición similar al de los núcleos de las plagioclasas de la matriz. El espacio interdendrítico está relleno por una plagioclasa de composición ligeramente más albitica y de inclusiones redondeadas de biotita y anfíbol.

**Agregados de anfíbol y biotita.**—Son un componente textural habitual en muchos enclaves y rocas híbridas. Tienen formas prismáticas y textura granular de tipo cristalooblástico. Han sido interpretados como pseudomorfo de piroxeno (Zorpi, 1988; Dorais et al., 1989).

**Xenocristales de cuarzo.**—Son típicos de muchos enclaves y rocas híbridas (fig. 2b). Los hemos interpretados como xenocristales, provenientes

de un magma félsico, cuya superficie habrá servido para la nucleación de la biotita y anfíbol de la matriz en unas condiciones de sobreenfriamiento. De manera similar han sido interpretados los cristales redondeados de feldespato potásico.

### La cristalización multietapa

Los enclaves microgranulares estudiados presentan una textura secuencial que apoya la hipótesis de su origen magmático. Además su tamaño de grano es inferior al del granitoide encajante, apoyando así la idea del origen magmático de los mismos (Vernon, 1983; 1984); esta característica ha sido interpretada como resultado del sobreenfriamiento de un magma híbrido en un medio plutónico (Vernon, 1984). Esta visión de los enclaves como resultado de la cristalización de glóbulos de magma híbrido permite una interpretación más coherente de sus características texturales.

El estudio de la textura de los enclaves revela la existencia de tres etapas de cristalización: una etapa inicial lenta, seguida de una etapa rápida y concluyendo en una etapa final lenta (Castro *et al.*, 1990b).

La existencia de fenocristales indica un estadio inicial de cristalización magmática en un régimen de pérdida de temperatura lento y que seguiría las pautas habituales, en estas condiciones, con una tasa de nucleación baja y una tasa de crecimiento alta.

Posteriormente, en respuesta a la alta tasa de sobreenfriamiento se producirían unas condiciones de alta densidad de nucleación que darían lugar al desarrollo de gran parte de los cristales de la matriz (apatito, hornblenda, biotita y núcleos cálcicos de la plagioclasa de la matriz). La biotita, hornblenda y el núcleo de las plagioclasas de la matriz tienen valores de  $n$  ( $n$  = densidad de nucleación/moda) comprendidos entre 50 y 600, lo que sugiere que existieron unas condiciones de sobreenfriamiento similares para todos ellos.

Finalmente, los cristales de cuarzo (fig. 2c) y feldespato potásico cristalizaron en un régimen lento de pérdida de temperatura, que explica su baja densidad de nucleación y relativamente mayor tamaño (mayor tasa de crecimiento). Esta etapa final de cris-

talización, posterior al sobreenfriamiento, ocurriría a una temperatura de equilibrio entre los magmas máfico y félsico.

### Mecanismos de generación de enclaves

De manera general, los rasgos texturales de los enclaves estudiados pueden resumirse en la (1) presencia de xenocristales félsicos (cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico) y (2) en la cristalización multietapa de los minerales de la matriz. El primero indicaría inyección simplutónica del magma máfico dentro de una cámara magmática félsica. El segundo indicaría cristalización en un medio simplutónico, de forma que la temperatura de equilibrio es mayor a la del solidus del magma máfico. Dos mecanismos de generación diferentes pueden explicar tales rasgos: (1) arrastre de glóbulos de magma de la lámina máfica en una cámara magmática compuesta (Vernon, 1983; 1984) y (2) fragmentación de diques simplutónicos no totalmente consolidados (Pitcher &

Bussell, 1985). Las relaciones observadas en una zona de generación de enclaves (zona de interacción del Macizo de Gerena, fig. 1b y 1c) junto con la ausencia de «bordes fríos» en la mayoría de los enclaves estudiados, sugieren que el mecanismo generador está en relación con la fragmentación y disgregación de diques simplutónicos, en estado magmático, por efecto de flujo convectivo dentro de la cámara magmática félsica en la que intruye.

### Discusión

El mecanismo de generación de enclaves por rotura y disgregación de diques simplutónicos, apoyado por las relaciones texturales y mesoscópicas de los enclaves y zonas de mezcla de magmas (De la Rosa y Castro, 1989; Castro, 1990; Castro *et al.*, 1990a; Castro *et al.*, 1990b), implica la existencia de dos etapas de hibridación durante la formación de tales enclaves. La primera se produciría por captura de xenocristales durante la inyección simplutónica del magma

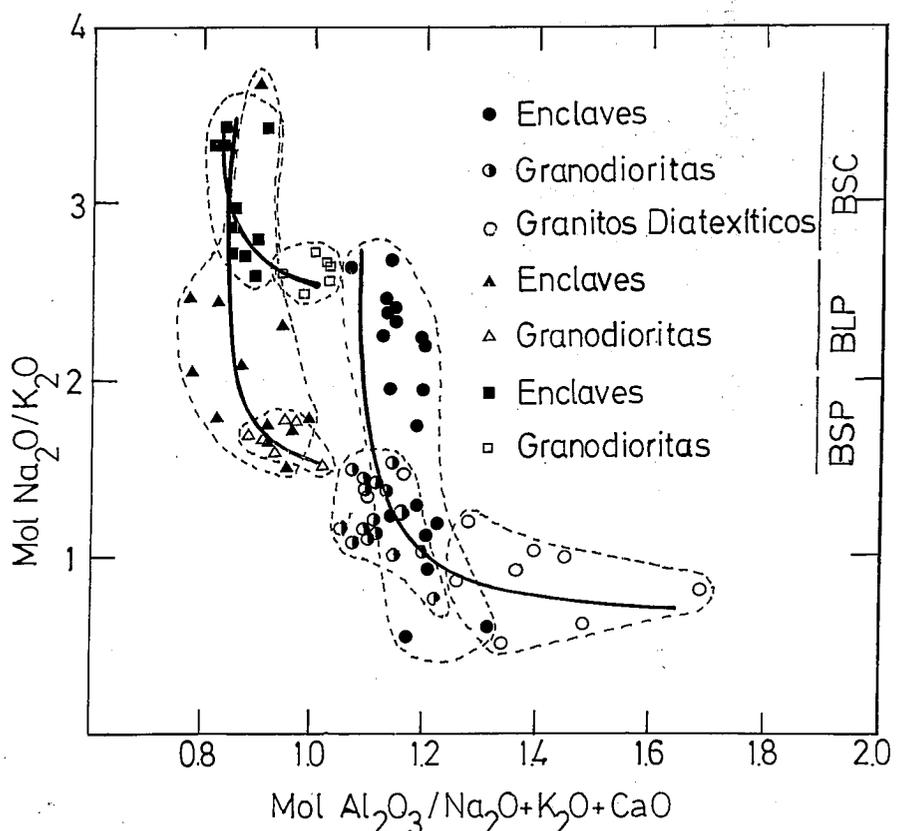


Fig. 3.—Diagrama Mol ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  frente a Mol ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ ) de enclaves y granitoides de Sierra de Gredos (BSC), Batolito de los Pedroches (BLP) y Batolito de la Zona Surportuguesa (BSP). Para cada zona se observa la existencia de un patrón hiperbólico muy similar a patrones de mezcla teóricos (Castro *et al.*, 1990a).

máfico. La denominamos mezcla inyectiva (injection mixing; Castro *et al.*, 1990a) y contribuiría a modificar ligeramente la composición del magma máfico, que puede ser transformado en una tonalita. La segunda etapa se produce durante la fracturación y disgregación de los diques simplutónicos debido a convección en la cámara magmática (o zona de anatexia). La denominamos mezcla convectiva (convective mixing; Castro *et al.*, 1990a), se produciría en equilibrio térmico y contribuiría de forma efectiva a la hibridación del magma félsico encajante, que puede transformarse en un granitoide (granodiorita a tonalita) calcoalcalino partiendo de un fundido anatético original. Es de resaltar la correlación existente entre granitoides y sus enclaves de diferentes batolitos estudiados como se muestra en el diagrama de la fig. 3.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto PS87-0125 de la DGICYT y ayudas a la investigación de la Junta de Andalucía (P.A.I.).

#### Referencias

- Cantagrel, J. M.; Didier, J. and Gourgaud, A. (1984): *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 35, 63-76.  
 Castro, A. (1990): *Revista de la Sociedad Geológica de España* (in press).  
 Castro, A.; Moreno-Ventas, I. and de la Rosa, J. D. (1990a): *Wally Pitcher Conference. Univ. of Liverpool. January 1990* (sometido a *Geological Journal*).  
 Castro, A.; Moreno-Ventas, I. and de la Rosa, J. D. (1990b): *Geol. Rundschau* (en revisión).  
 De la Rosa, J. D. and Castro, A. (1989): *Boletín Geológico y Minero* (in press).

- Didier, J. (1987): *Geologische Rundschau*, 76/1, 41-50.  
 Dorais, M. J.; Whitney, J. A. and Roden, M. F. (1989): *Journal of Petrology* (in press).  
 Frost, T. P. and Mahood, G. A. (1987): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 99, 272-291.  
 Hibbard, M. J. (1981): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 76: 158-170.  
 Holden, P.; Halliday, A. N. and Stephens, W. E. (1987): *Nature*, 330, 53-56.  
 Pitcher, W. S. and Bussell, M. A. (1985): *Magmatism at a Plate Edge* Blackie Halsted Press. 102-107.  
 Vernon, R. H. (1983): *Royal Society of New South Wales*, 116, 77-103.  
 Vernon, R. H. (1984): *Nature* 309, 438-439.  
 Vernon, R. H. Etheridge, M. A. and Wall, V. J. (1988): *Lithos*, 22, 1-11.  
 Zorpi, M. J. (1988): *These. Un. d'Aix-Marseille*, 258 pp (unpubl).

Recibido el 1 de febrero de 1990  
 Aceptado el 23 de febrero de 1990

## Estructuras de devitrificación en lavas ácidas del Paleozoico medio-superior del Sarrabus (SE de la isla de Cerdeña. Italia)

D. Gimeno Torrente

Dpto. de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Fac. de Geología, Univ. de Barcelona, 08028 Barcelona.

#### ABSTRACT

*This note describes the presence of fine devitrification structures within the acid calc-alkaline lavas of Sarrabus region, SE Sardinia, Italy (Silurian-Devonian). Devitrification ranges from micropoikilitic to spherulitic stages; spherulites grew both on phenocrysts and on mesostase. Devitrification structures comparable to the present ones evidences preservation of acid lavas within a quiet environment, isolated from tectonic activity and without important superficial leaching.*

**Key words:** devitrification structures, acid laos, sardinia, Italy.

*Geogaceta*, 8 (1990), 16-18.

#### Introducción

La región del Sarrabus (SE de la isla de Cerdeña, Italia) ofrece un extenso afloramiento de materiales siliciclásticos paleozoicos marinos de cerca de un millar de metros de potencia, con frecuentes intercalaciones volcánicas y epiclásticas, y en menor medida carbonáticas (Ordovícico medio-superior/Devónico superior). El volcanismo predominante es calcoalcalino, y se caracteriza principalmente por haberse mani-

festado en forma de domos ácidos de dimensiones kilométricas.

Los domos ácidos se emplazaron en niveles superficiales de los materiales siliciclásticos (inconsolidados) marinos paleozoicos, y llegaron a crecer directamente sobre el fondo marino en algunos casos, generando abombamientos e irregularidades locales en éste. Sin embargo, en los sectores marginales de los domos y en microcuencas aisladas entre éstos se ha podido reconocer la existencia de

importantes intercalaciones de materiales riolíticos y riolodácicos en los sedimentos, en forma de coladas (algunos metros o decenas de metros de potencia) y diques.

Estas intercalaciones aparecen acompañadas localmente de intercalaciones epiclásticas de granulometría gruesa y entre las rocas sedimentarias es notable su estrecha asociación espacial con liditas, dispuestas en numerosos niveles dentro de la secuencia siliciclástica y atribuibles a precipitación