

(2) Las microfracturas F en diaclasas puramente tensionales pueden explicarse mecánicamente si a la tracción se añade una ligera componente rotacional. Es ésta la que induciría una cizalla aparente con sentidos contrarios a un lado y otro del centro de propagación de la fractura.

Queda por dilucidar la causa de dicha componente rotacional. Es evidente que el mecanismo cinemático mediante el cual ésta se ha aplicado en nuestros experimentos no es del todo realista. En condiciones de deformación habituales, esa hipotética componente rotacional parece necesitar de un cierto desplazamiento vertical (aunque éste pueda ser prácticamente imperceptible) a lo largo del plano de diaclasa. Así, una fractura tensional casi pura con una ligera componente normal produciría ese efecto de torsión en tijera en torno a los extremos hasta los que en cada momento se ha propagado (la figura 2.E puede considerarse un esquema representativo, aunque muy exagerado, de dicho proceso). La continuidad en la propagación de la diaclasa permitiría un desarrollo longitudinal de la estructura plumosa y de las franjas de microfracturas F. Según este modelo, la observación combinada del sentido de la pluma y del sentido del escalonamiento de microfracturas F a techo o muro del estrato permitiría detectar el carácter de «bloque hundido» y «bloque levantado» de uno y otro labio de la discontinuidad (figura 3). Tal información podría ser útil, a su vez, en virtud de su posible vinculación con el dispositivo macroestructural.

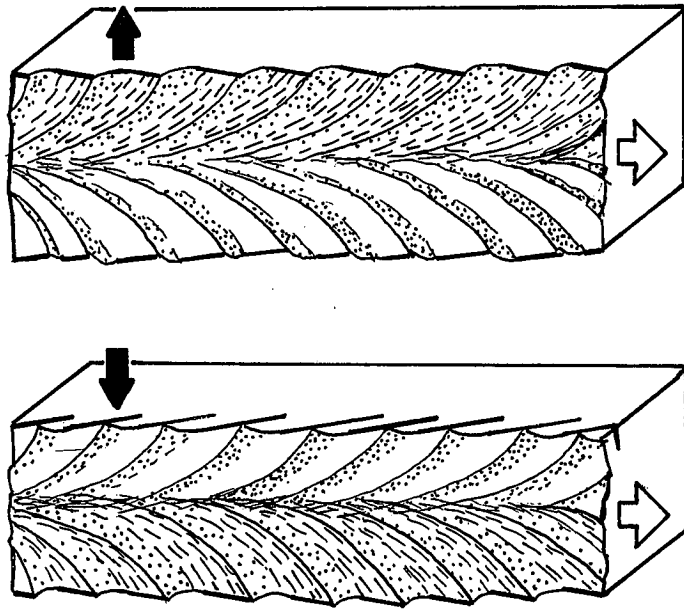


Figura 3.—Esquemas de relación entre el sentido de la pluma y del escalonamiento de microfracturas F, el sentido de propagación de la fractura (flecha blanca) y el de la componente vertical de los labios de la fractura (flecha negra).

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con cargo al proyecto CICYT nº GEO91-0924.

#### Bibliografía

- Bergerat, F; Angelier, J. y Bouroz, C. (1991): *C. R. Acad. Sc. Paris*, II, 312: 309-316.
- Hancock, P. L. (1985): *J. Struct. Geol.*, 7(3/4): 437-457.
- Hancock, P. L. y Engelder, T. (1989): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101(10): 1197-1208.
- Hodgson, R. A. (1961): *Am. Jour. Sci.*, 259: 493-502.
- Pollard, D. D. y Aydin, A. (1988): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 100: 1181-1204.
- Price, N. J. y Cosgrove (1990): *Analysis of geological structures*, Cambridge Press.
- Ramsay, J. G. y Huber, M. I. (1987): *The techniques of Modern Structural Geology*, vol.2, Academic Press.
- Roberts, J. C. (1961): *Am. Jour. Sci.* 259: 481-492.
- Syme-Gash, P. (1971): *Tectonophysics*, 12: 349-391.
- Woodworth, J. B. (1896): *Boston Soc. Nat. Hist. Proceed.*, 27: 163-183.

Recibido el 1 de octubre de 1991  
Aceptado el 25 de octubre de 1991

## Caracterización geoquímica de los granitoides de Mora Gálvez (Toledo)

P. Andonaegui

Dpto. Petrología y Geoquímica. Fac. C.C. Geológicas Universidad Complutense. 28040 Madrid.

#### ABSTRACT

*In the plutonic complex of Mora-Gálvez (south Toledo) we have distinguished three types of granitoids: coarse grained granites, porphyritic granites and cordierite nodules leucogranites. All of them are biotite-bearing and they usually have minor cordierite. Geochemically are peraluminous and their origin could be from melting of crustal rocks.*

**Key words:** Geochemistry, peraluminous granites, Iberian Hercynian belt.

*Geogaceta*, 11 (1992), 97-100.  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El complejo plutónico de Mora - Gálvez, situado al sur de la provincia de Toledo, forma parte de la zona Centro-Ibérica del Macizo Hespérico, y constituye el extremo oriental de la alineación batolítica Navalморal de la Mata - Madrideojos (Andonaegui, 1990).

Estos granitoides intruyen en el núcleo de una estructura anticlinal, cuya edad sería según Díez Balda *et al.* (1990) de fase 1, definida por metasedimentos de edad Cámbrico-Ordovícico, afectados por metamorfismo regional de bajo grado, al que se superpone el metamorfismo térmico inducido por el emplazamiento de los granitoides y que alcanza las facies de las corneanas piroxénicas en las zonas más próximas al contacto (fig. 1). La edad de intrusión ha sido determinada, mediante el método de isocrona Rb-Sr en roca total, siendo de  $320 \pm 8$  Ma. (Andonaegui e Ibarrola, 1987).

Dentro del complejo plutónico de Mora - Gálvez se han distinguido los siguientes tipos de granitoides:

— *Granitos de grano grueso* (tipo Mora - Las Ventas): Es la facies granítica de mayor extensión y está constituida por granodioritas y monzogranitos biotíticos, con fenocristales idiomorfos de feldespato potásico, cuya distribución es heterogénea, por lo que hay sectores con textura porfídica. Estos fenocristales pueden presentar flujo ígneo según direcciones de  $70^\circ - 75^\circ$  y  $155^\circ - 160^\circ$ .

— *Granitos porfídicos* (tipo Gálvez): se sitúan al oeste de la población de Gálvez, son también granodioritas y monzogranitos biotíticos con grandes fenocristales de feldespato potásico dentro de una matriz de grano grueso. El carácter porfídico es más acusado en el sector norte del afloramiento. Los fenocristales están orientados con dirección  $110^\circ$  en la parte septentrional, y direcciones de  $65^\circ$  y  $15^\circ$  en la meridional. El contacto con los granitoides anteriores es fundamentalmente por fractura en la zona oriental y de tipo transicional en los contactos sur y occidental.

Estos dos tipos de granitos contienen enclaves de otras rocas ígneas (tonalitas, granodioritas porfídicas, granitos biotíticos y microgranulares), xenolitos metamórficos y enclaves micáceos.

— *Leucogranitos con nódulos de*

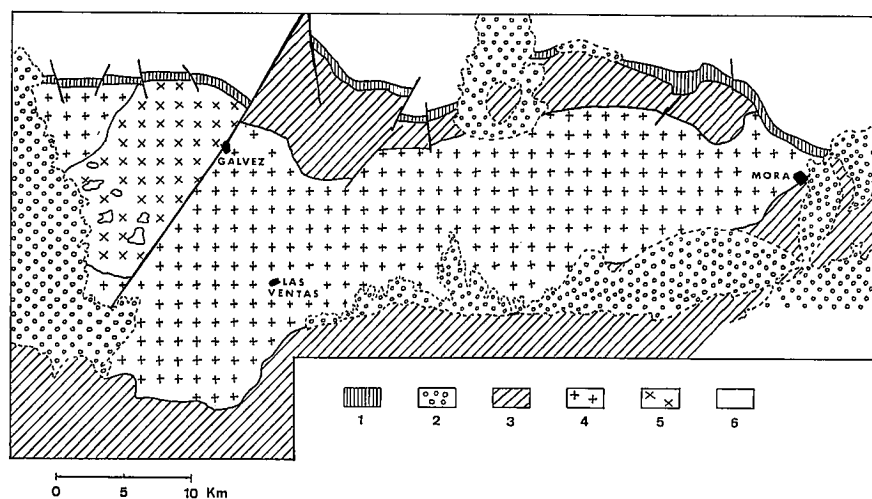


Fig. 1.—Esquema cartográfico de los granitoides de Mora-Gálvez (Toledo). 1. Banda milónica. 2. Arcosas y arcillas terciarias. 3. Metasedimentos Cámbrico - Ordovícico. 4. Granitos de grano grueso (tipo Mora-Las Ventas). 5. Granitos porfídicos (tipo Gálvez). 6. Leucogranitos (tipo Torcón).

Fig. 1.—Geological sketch of the Mora-Gálvez granitoids. 1. Listric fault. 2. Tertiary arkoses and clays. 3. Low-grade metasedimentary rocks (Cambrian-Ordovician). 4. Coarse grained granites (Mora-Las Ventas type). 5. Porphyritic granites (Gálvez type). 6. Leucogranites (Torcón type).

*cordierita* (tipo Torcón): se encuentran fundamentalmente asociados a los granitos porfídicos (tipo Gálvez), en su sector meridional. Son rocas de grano fino con escasa biotita, que forman pequeños macizos constituidos por aplitas con nódulos de cordierita, aplitas con schlieren micáceos y pegmatitas, lo cual les confiere un aspecto bandeado y heterogéneo. La facies que presenta mayor volumen es la de aplitas con nódulos de cordierita, de forma redondeada y rodeados por una aureola cuarzo-feldespática.

### Características petrográficas

Estos tres tipos de granitos están constituidos por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita (fig. 2), con cantidades accesorias de cordierita, apatito, circón, ilmenita y turmalina, y granate que se encuentra en los tipos de Mora y Gálvez, en todos ellos se encuentran moscovita, clorita y sericita como minerales secundarios, aunque en las variedades pegmatíticas de los tipos Torcón, la moscovita parece tardimagmática.

Las plagioclasas de los granitos de Mora y Gálvez presentan zonados oscilatorios complejos, variando la composición de la plagioclasa de  $An_{55}$  a  $An_{20}$ , y todas ellas presentan

un borde de  $An_{10} - An_{12}$ . Las plagioclasas de los leucogranitos son albitas con composiciones que no superan  $An_{10}$ .

Las biotitas son ricas en aluminio, aumentando éste a medida que la roca es más evolucionada. Los contenidos en  $TiO_2$  son de moderados a altos (1,17%-4,15%).

La cordierita aparece como mineral accesorio disperso en los granitos de grano grueso y porfídicos, mientras que en los leucogranitos aparece frecuentemente concentrada en nódulos que forman crecimientos de tipo micropegmatítico con cuarzo. Las principales características composicionales de unas y otras cordieritas son: las de Mora y Gálvez tienen una relación  $FM = 0,50$ , con bajos contenidos en  $MnO$  y  $Na_2O$  mientras que las de los leucogranitos presentan una relación  $FM = 0,85$ , con mayores contenidos en  $MnO$  y  $Na_2O$  y relativamente bajos en  $MgO$ .

Los granates que se encuentran en los granitos de Mora y Gálvez puede que en parte sean de origen restítico o xenolítico, ya que se han encontrado cristales alotriomorfos, fragmentados y rodeados de micas verdes y espinelas. La composición de los granates es siempre almandino con pequeñas proporciones de piropo y espesartina ( $Al_{73-67}; Py_{18-12}; Sp_{3-11}$ ).

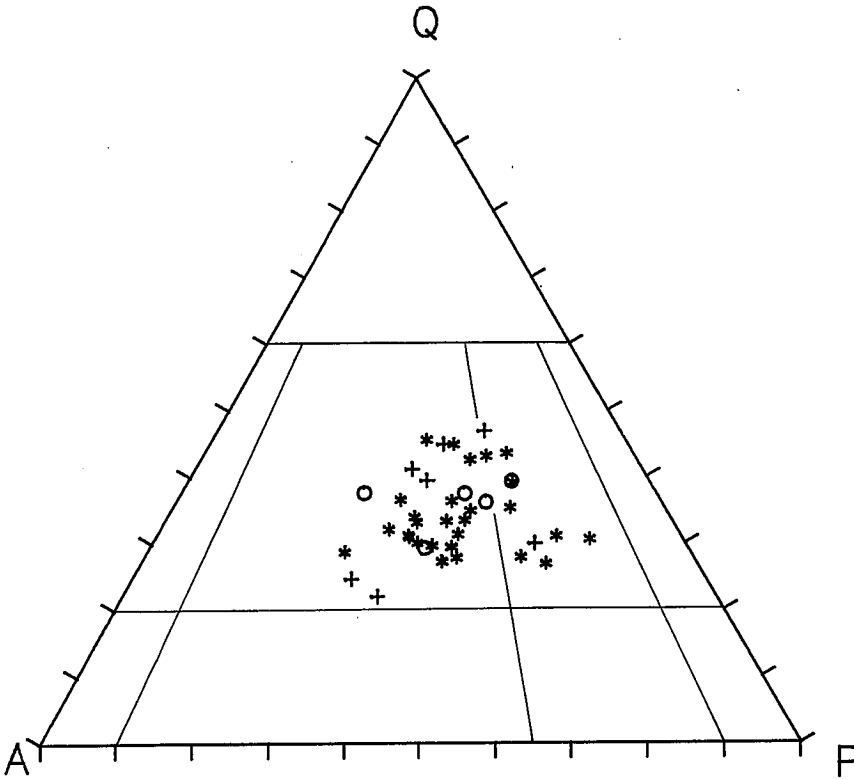


Fig. 2.—Diagrama Q - A - P de los granitoides del plutón Mora-Gálvez. \* = granitoides tipo Mora-Las Ventas; + = granitoides tipo Gálvez; o = leucogranitos tipo Torcón.

Fig. 2.—Q - A - P diagram of the Mora-Gálvez plutonic complex. \* = granitoids Mora-Las Ventas type; + = granitoides Gálvez type; o = leucogranites Torcón type.

Tanto las características texturales como las de composición de estos dos minerales aluminicos, son típicas de granitos peraluminicos (Clarke, 1981) y coinciden con los datos de los grandes plutones monzograníticos cordieríticos de la Sierra del Guadarrama (Brandebouger, 1984; Casillas, 1989).

#### Caracterización geoquímica

Todos estos granitoides se caracterizan por la presencia de corindón normativo, indicando así un exceso de  $Al_2O_3$ . El valor medio de corindón normativo para los granitos de Mora y Gálvez es de 1,99, mientras que para los leucogranitos es de 2,45. Por eso, al proyectar los análisis de estas rocas en el diagrama de minerales característicos de Debon y Le Fort (1983) (fig. 3), todas ellas quedan dentro del dominio peraluminico, en los campos II y III, que corresponden a rocas en las que la biotita predomina sobre la moscovita o que sólo contienen biotita, respectivamente.

Cuatro muestras de los tipos de Gálvez quedan separadas del resto, con valores más altos del parámetro B, y corresponden a la zona más septentrional del afloramiento de estos granitos, pudiéndose observar en ellos una variación composicional de términos intermedios a más ácidos en sentidos N-S.

Aunque no definen una clara asociación, pues los análisis quedan un poco dispersos, sí podríamos incluir a todas estas rocas dentro de las asociaciones aluminico-cafémicas, definidas por estos autores.

Los leucogranitos quedan proyectados en el sector de rocas leucocráticas con valores del índice de peraluminicidad (parámetro A), algo más altos que los del resto de los granitos que constituyen este complejo plutónico, dentro del campo de las asociaciones aluminicas.

Geoquímicamente todos ellos son semejantes a las facies plutónicas de tipo Hoyo de Pinares en la Sierra del Guadarrama (Casillas, 1989) o de tipo Gueret en el Macizo Central Francés

(La Roche *et al.*, 1980), quedando incluidos en el grupo de granitoides intrusivos peraluminicos (granitos  $C_{cl}$ ) recientemente definidos por Barbarin (1990), que difieren de los plutones S australianos, en el sentido de que podría existir cierta influencia de magmas básicos metaaluminicos, bien induciendo la fusión, bien mezclándose muy localmente como enclaves microgranulares.

Los elementos traza que presentan comportamiento medianamente compatible en estos granitoides son Ba y Sr, pues su disminución con el aumento de acidez debe estar condicionada por la cristalización de biotita y plagioclasa respectivamente. El Rb presenta características de elemento medianamente incompatible y lo suponemos controlado por la cristalización más tardía de feldespato potásico.

En diagramas de tipo Ba/Rb (fig. 4) los análisis definen líneas de pendiente negativa, lo cual se interpreta como que ha podido existir un proceso de cristalización fraccionada, desde los términos de tipo intermedio (granitos porfídicos del sector septentrional) hacia los de tipos más ácidos, que están fuertemente empobrecidos en Ba, Sr y Eu (Andonaegui, 1990) como es común en líquidos residuales graníticos, tras un proceso importante de separación de plagioclasa y biotita (Plant *et al.*, 1990).

#### Conclusiones

A partir de los datos geoquímicos, así como por su relación isotópica inicial de Sr (Andonaegui, Ibarrola, 1987), se pone de manifiesto que los granitos del complejo plutónico Mora-Gálvez, deben proceder de la fusión de niveles corticales. Estos fundidos de carácter intermedio han sufrido un proceso de cristalización fraccionada en el que han participado, en distintas proporciones, plagioclasa, biotita, feldespato potásico y cuarzo. Algunos de los grandes megacristales que contienen estos granitos han podido ser arrastrados de la cámara magmática.

Los leucogranitos procederían de líquidos residuales enriquecidos en  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$ , emplazándose algo más tarde, en forma de láminas subhorizontales que permean a los granitos encajantes.

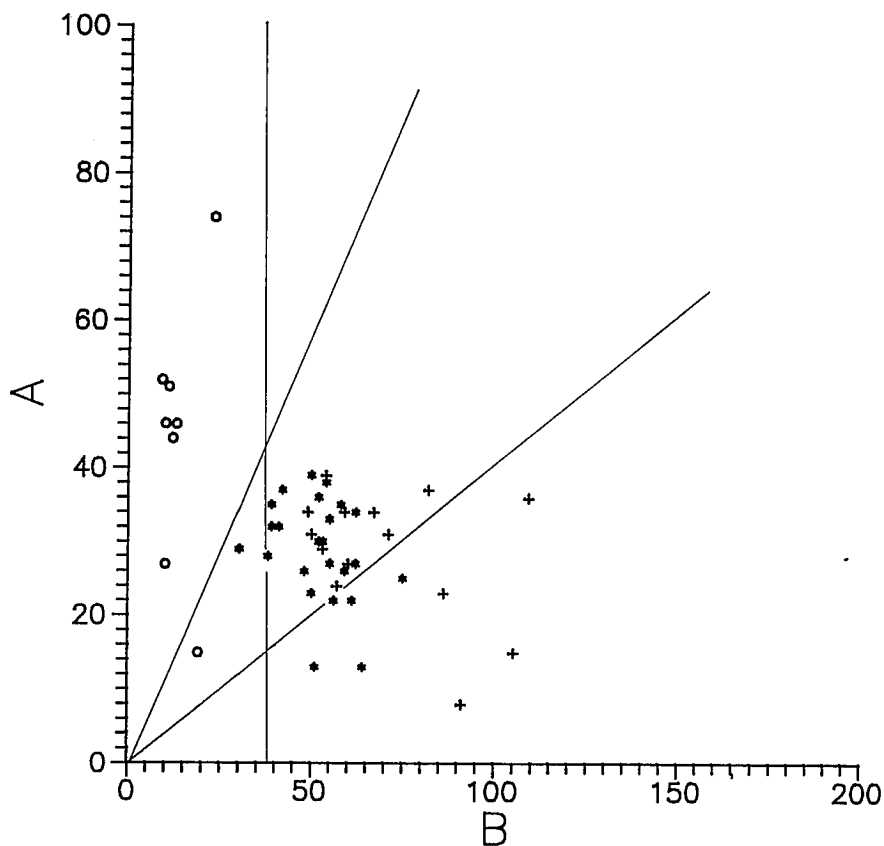


Fig. 3.—Diagrama A - B de minerales característicos de Debon y Le Fort (1983).  
Misma simbología que en figura 2.

Fig. 3.—A - B diagram from Debon y Lefort (1983). Same legend as fig. 2.

### Agradecimientos

Agradezco al Dr. C. Villaseca la revisión crítica del manuscrito. Este trabajo se incluye en los objetivos del Proyecto de la CICYT PB88 - 0117.

### Bibliografía

- Andonaegui, P. (1990): Tesis Doctoral Univ. Complutense Madrid.  
 Andonaegui, P.; Ibarrola, E. (1987): *II Cong. Geoquím. España*.  
 Barbarin, B. (1990): *Geol. Jour.* vol. 25.  
 Branderbourger, E. (1984): Tesis Doctoral. Univ. Lorraine.  
 Casillas, R. (1989): Tesis Doctoral. Univ. Complutense Madrid.  
 Clarke, D. B. (1981): *Canadian Miner.* Vol. 19.  
 Debon, F.; Le Fort, P. (1983): *Trans. Royal Soc. Edinburgh E. Sci.* vol. 73.  
 Díez Balda, M. A.; Vegas, R.; González Lodeiro, F. (1990): *Pre-Mesozoic geology of Iberia*. Springer-Verlag.  
 La Roche, H.; Stussi, J. M.; Chauris, L. (1980): *Sci. de la Terre*, vol. 24.  
 Plant, J. A.; Henney, P. J.; Simpson, P. R. (1990): *Geol. Jour.*, vol. 25.

Recibido el 17 de septiembre de 1991  
 Aceptado el 23 de octubre de 1991

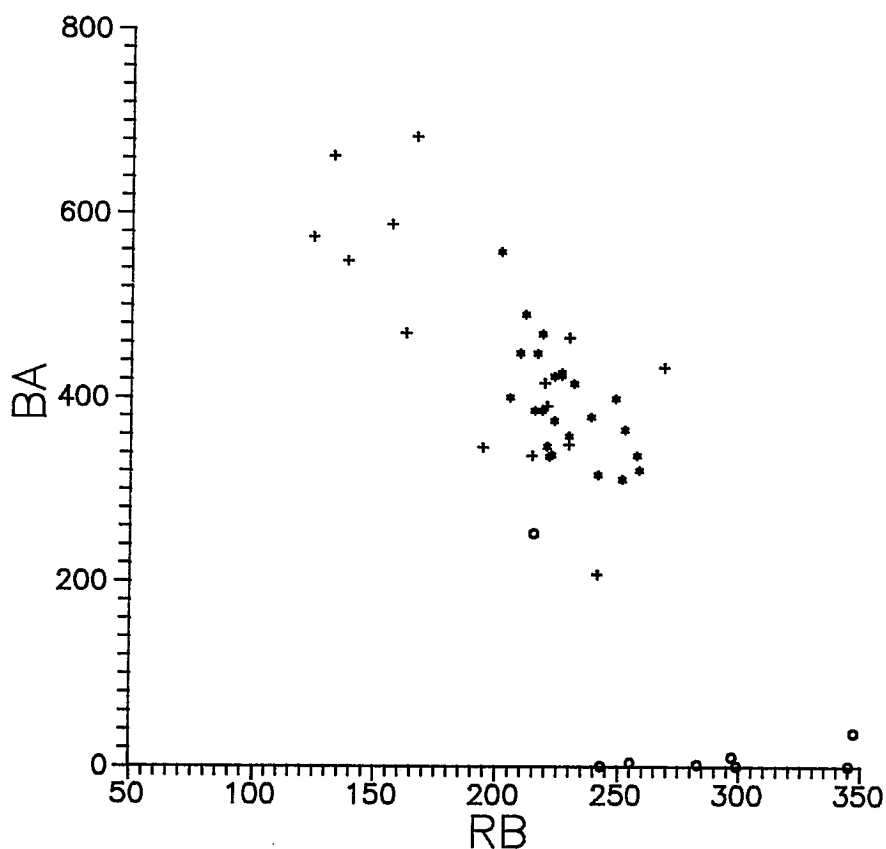


Fig. 4.—Diagrama Ba/Rb de los granitoides del complejo plutónico Mora-Gálvez.  
Misma simbología que en figura 2.

Fig. 4.—Ba/Rb plot of Mora-Gálvez granitoids plutonic complex. Same legend as fig. 2.