

# Significado de los enclaves ricos en biotita en el plutón de Mora-Gálvez (Toledo)

*Significance of the biotite-rich enclaves in the Mora-Gálvez pluton (Toledo).*

P. Andonaegui

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

## ABSTRACT

*Biotite-rich enclaves are conspicuous in the peraluminous granites. They had been interpreted as either melting restites or trapped xenoliths at different crustal levels. This work studies the biotite chemical composition in two mica-rich enclaves from Mora-Gálvez pluton (Toledo). Based on these data, these mica-rich enclaves are interpreted as metamorphic xenoliths trapped at mid-crustal levels and variably reequilibrated with the host granite magma. Thus, a restite origin is ruled out.*

**Key words:** metamorphic xenoliths, peraluminous granites, Central Hercynian Iberian Zone.

*Geogaceta*, 15 (1994), 153-156  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La mayoría de los tratados sobre enclaves en rocas graníticas (Didier, 1973; Didier y Barbarin, 1991), están dedicados fundamentalmente al estudio de los enclaves microgranulares, prestando menor atención a otros tipos de enclaves.

Sin embargo, en granitos peraluminicos, son frecuentemente descritos enclaves ricos en micas, denominados enclaves surmicáceos (Didier, 1973; Price, 1983; Chen *et al.*, 1989; Montel *et al.*, 1991), cuyo significado y origen es controvertido.

Didier (1973) acepta la definición de Lacroix (1933) de enclave surmicáceo, como aquel que es muy rico en biotita, y cuyo contenido en micas debe ser superior al 50 % del volumen total del enclave. Propone que estos enclaves son restitas de fusión, ya que además de biotita presentan otra serie de minerales refractarios (sillimanita, cordierita, granate, espinela, andalucita), planteando que estas restitas pueden proceder de xenolitos profundos, de la zona de generación del magma, que han sido arrastrados por este a niveles más superficiales, o bien que sean restitas de fusión local de xenolitos incorporados en el magma durante su emplazamiento, siendo prácticamente imposible distinguir un tipo del otro. En trabajos más recientes Didier y Barbarin (1991), interpretan los enclaves surmicáceos fundamentalmente como restitas del área de fusión.

En general los enclaves surmicáceos podrían originarse como:

1.- Residuos de fusión: minerales refractarios del área fuente de donde se forma el granito huésped (Montel *et al.*, 1991; Price, 1983; Chen *et al.*, 1989)

2.- Material xenolítico muy transformado procedente de zonas profundas que ha sido atrapado por el magma y

asimilado en mayor o menor grado, pero siempre reequilibrado a condiciones equivalentes de las del magma (Montel *et al.*, 1991; White *et al.*, 1991)

3.- Xenolitos procedentes del encajante, y que también han sufrido una asimilación parcial (White *et al.*, 1991).

4.- Acumulaciones de biotita primaria. Esta última posibilidad es menos factible ya que en la mayoría de estos enclaves la biotita esta asociada a otros minerales ricos en Al y de carácter refractario, y también porque muchos de ellos conservan foliación interna, lo cual no concuerda con un origen por acumulación cristalina.

En este trabajo utilizaremos la terminología de enclaves ricos en micas, para referirnos a todos aquellos enclaves en los que más del 50% del mismo es biotita. Preferimos este término, en lugar de enclave surmicáceo, ya que este último, aparte de su difícil traducción del francés, según ha sido definido recientemente (Didier y Barbarin, 1991), tiene connotaciones genéticas.

En este trabajo se estudian los enclaves ricos en biotita del plutón Mora-Gálvez, haciendo especial hincapié en la química mineral de las fases aluminicas que los constituyen y comparándola con la del granito que los contiene, con el propósito de determinar el posible origen de los mismos.

## Encuadre geológico

El plutón peraluminico de Mora-Gálvez (Andonaegui, 1990), aflora al

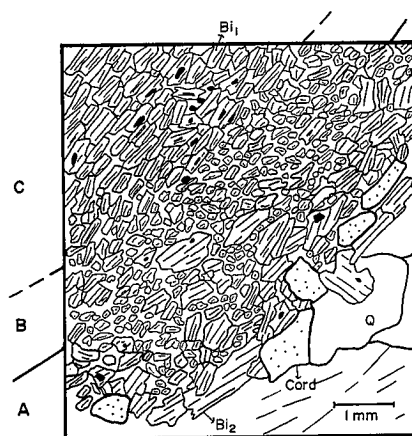


Fig. 1.— Esquema de las relaciones texturales del enclave 77052 A: Zona de aureola de contacto enclave-granito en la que aparecen cristales de cordierita (mineral punteado) y biotita 2. B: Zona intermedia de pequeños cristales de biotita. C: Zona interna de biotitas 1 con orientación.

Fig. 1.— Sketch of the textural relations from enclave 77052. A: Aureole between enclave-granite with cordierite crystals (spotted mineral) and biotite 2. B: Intermediate zone of biotite small crystals. C: Inner zone of oriented biotite.

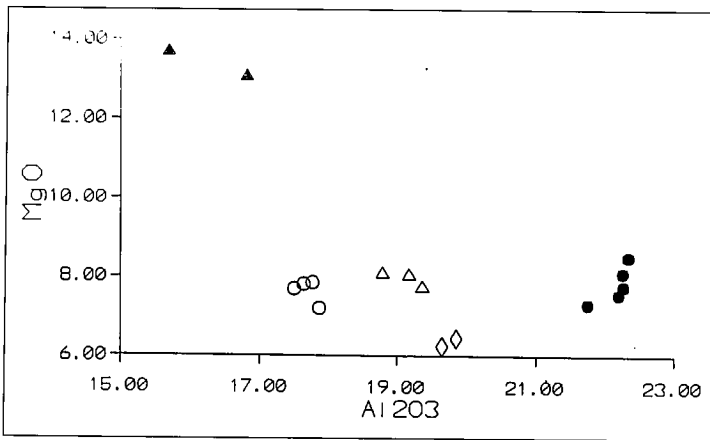


Fig. 2.— Diagrama MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de las biotitas. Enclave 77052 ▲ = biotitas 1 interior del enclave; △ = biotitas 2 exterior del enclave; ◇ = biotitas del granito; enclave 79024 ● = biotitas del enclave; ○ = biotitas del granito.

Fig. 2.— MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram biotites: Enclave 77052 ▲ = biotites 1 inner part of enclave; △ = biotites 2 outer part of enclave; ◇ = granite biotites; enclave 79024 ● = enclave biotites; ○ = granite biotites.

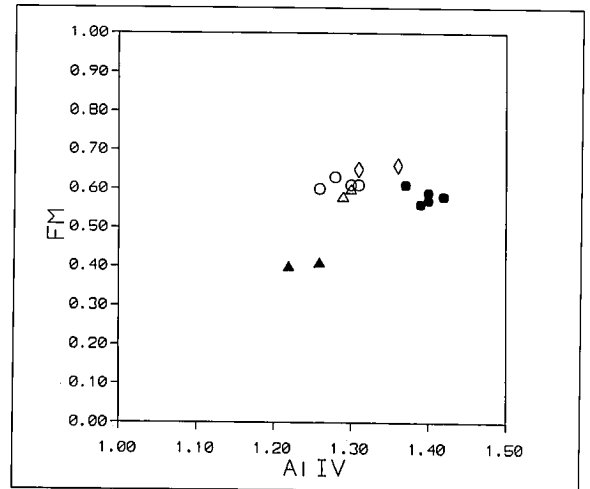


Fig. 3.— Diagrama de clasificación de biotitas. Misma simbología que en la figura 2.

Fig. 3.— Biotite classification diagram. Same symbols as figure 2.

sur de la banda milonítica de Toledo, intruyendo en materiales Cámbrico-Ordovícicos, a los que provoca metamorfismo de contacto. Está constituido por las siguientes facies: granodioritas y monzogranitos biotíticos de grano grueso, que pueden presentar megacristales de feldespato potásico dispersos y que constituyen el tipo Mora-Las Ventas. Granodioritas y monzogranitos porfídicos de grandes fenocristales de feldespato potásico (tipo Gálvez). Monzogranitos de grano fino, tipo San Pablo. Granodioritas biotíticas, tipo San Martín. Leucogranitos con nódulos de cordierita (tipo Torcón-Mazarambroz) y leucogranitos de grano fino (tipo Jumela-Orgaz). Todos ellos presentan cordierita accesoria y en los leucogranitos además puede aparecer andalucita, (Villaseca *et al.*, 1993).

**Tipología de enclaves**

Todas las facies, salvo las de carácter leucocrático, presentan tres grupos diferentes de enclaves; en orden decreciente de abundancia:

1.— Enclaves microgranulares, de formas redondeadas y tamaños variables (de hasta 50 cm), aunque lo más frecuente es que sean de unos 20 cm, con una aureola cuarzo feldespática. Su composición oscila entre tonalitas y granodioritas, presentan textura microporfídica siendo los fenocristales de plagioclasa, fundamentalmente, aunque también se han encontrado de cuarzo y biotita. Como accesorio es frecuente la cordierita. Algunos de ellos pueden in-

cluir otros enclaves también de tipo microgranular, pero mucho más ricos en biotita, o xenolitos metamórficos.

2.— Xenolitos, con formas angulosas o elipsoidales, en general de menor tamaño que los anteriores (≈ 15 cm) y de diversa naturaleza. Así hay enclaves de pizarras, cuarcitas y rocas de silicatos cálcicos, que corresponden a rocas del encajante; pero también se han encontrado esquistos y neises que podrían proceder de rocas localizadas a mayor profundidad, ya que no afloran en el encajante. Presentan contactos netos con el granito, pudiendo este penetrar a favor de los planos de esquistosidad.

3.— Enclaves ricos en micas: son los de menor tamaño, ya que solo alcanzan 3 o 4 cm, presentándose la mayoría de las veces como nidos de biotita. Siempre tienen contactos netos con el granito, pudiendo desarrollar en algunos casos aureolas de biotita. Estos enclaves micáceos se encuentran distribuidos aparentemente de manera homogénea en todo el plutón, presentando una ligera tendencia a ser más frecuentes hacia los sectores de Las Ventas con Peña-Aguilera y San Pablo de los Montes, coincidiendo con la zona donde las rocas graníticas de este plutón presentan contenidos en SiO<sub>2</sub> relativamente más bajos (70 % - 69 %).

**Petrografía y química mineral de los enclaves ricos en micas**

Para este trabajo se han estudiado dos de estos enclaves. El primero es el enclave 77052 que está constituido por

biotita en más de un 70 %, con cantidades menores de cuarzo, ilmenita y apatito. Hay cordierita en el reborde del enclave formando una cierta banda de reacción alrededor del mismo de granulometría incluso mayor que la zona del núcleo, mucho más biotítica y de grano fino (Fig. 1).

Desde el punto de vista petrográfico se pueden distinguir tres tipos de biotitas desde la zona de contacto del enclave con el granito, hacia el interior del mismo (Fig. 1)

– Las biotitas más externas que están en contacto con el granito, son las de mayor tamaño, de tendencia tabular y disposición orientada, formando un borde de aproximadamente 1 mm de extensión. Junto a estas biotitas aparecen pequeños cristales de cordierita, de carácter idiomorfo-subidiomorfo, ligeramente transformados a micas blancas y pinnita. (Zona A fig. 1)

– A continuación aparecen una serie de biotitas de menor tamaño, alotriomorfas y sin ninguna orientación. (Zona B fig. 1)

– Por último en la parte más interna del enclave, las biotitas son de hábito tabular, con orientación pero de menor tamaño que las que están en la parte más externa. (Zona C fig. 1).

En la tabla 1 se encuentran los análisis químicos de las biotitas del enclave y las del granito huésped, entre las que hay una marcada diferencia composicional. Las biotitas del interior del enclave destacan por el alto contenido en MgO (Fig. 2) y menor contenido en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que el resto, proyectándose pró-

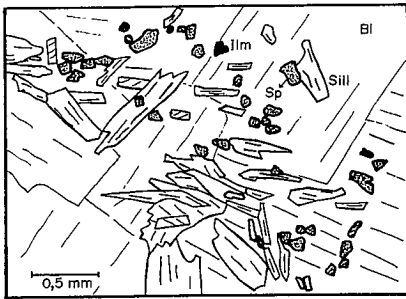


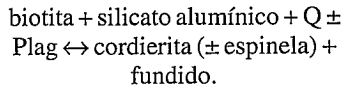
Fig. 4.— Esquema de las relaciones texturales entre espinela (Sp), sillimanita (Sill) y biotita (Bi) en el enclave 79024.

Fig. 4.— Sketch of the textural relations between spinel (Sp), sillimanite (Sill) and biotite (Bi) in the enclave 79024.

ximas al campo de las flogopitas (Fig. 3), composiciones estas similares a las que presentan biotitas de otros xenolitos pelíticos (Grapes, 1986). Las biotitas externas presentan mayores contenidos en FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y MnO, siendo su composición similar a las del granito huésped, con ligeras diferencias en menor contenido en TiO<sub>2</sub> y mayor en MgO que las del granito. Esta tendencia es contraria a la que cabría esperar si se tratara de biotitas procedentes de un residuo de fusión, ya que según Le Breton y Thompson (1988) las biotitas que

quedan en el residuo de fusión tienden a ser ricas en Ti, ya que la entrada de este elemento aumenta la estabilidad de la biotita a altas temperaturas en presencia de fases saturadas en TiO<sub>2</sub> como ilmenita o rutilo.

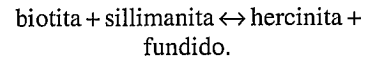
Esta similitud composicional entre las biotitas externas del enclave y las del granito, nos lleva a pensar en la existencia de un cierto equilibrio químico entre el granito y el enclave. Este equilibrio podría haberse alcanzado mediante una reacción que involucre la formación de cordierita:



La composición de la cordierita que hay en el borde del enclave es prácticamente igual a la que presentan las cordieritas del granito (tabla 2). El reequilibrio del enclave con el magma granítico también justificaría el mayor contenido en Al y Ti de las biotitas del exterior del enclave ya que las biotitas que cristalizan en condiciones próximas al liquidus son más ricas en estos dos elementos (Clemens y Wall, 1981).

El enclave 79024 está constituido por biotita, sillimanita, espinela, ilmenita y sulfuros, no presentando ninguna orientación, aparecen también micas verdes y blancas como producto secundario.

Los componentes mayoritarios son biotita y sillimanita, esta última aparece en cristales aciculares, y en su entorno se encuentran pequeños cristales de espinela de composición hercínica (Fig. 4). Esta paragénesis se encuentra en algunos xenolitos aluminicos, citados por Montel *et al.*, (1986), siendo la espinela el resultado de la reacción:



Esta reacción se produce a altas temperaturas y en ella la espinela es el producto de desestabilización de la asociación biotita-sillimanita, en ausencia de cuarzo y presencia de fundido (Montel *et al.*, 1986).

Las composiciones de la biotita (Tabla 1) difieren en un mayor contenido en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y menor en TiO<sub>2</sub> y FeO que las del granito. (Fig. 2). De nuevo parece poco probable que las biotitas sean un residuo de fusión, por su bajo contenido en TiO<sub>2</sub> en comparación con las del granito huésped. Los altos contenidos en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de las biotitas del enclave son típicos de rocas de carácter pelítico. Se analizaron también los contenidos en FeO, MgO, MnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de las espinelas, resultando ser estas de composición hercínica. Pensamos que pueden contener cantidades apreciables

	Enclave n° 77052					Enclave n° 79024												
	Enclave					Granito.		Enclave					Granito					
	Interior		Exterior															
SiO <sub>2</sub>	36.76	36.91	35.46	35.53	36.06	34.51	35.27	34.21	33.89	34.78	34.69	35.04	35.83	35.48	36.05	36.24		
TiO <sub>2</sub>	3.39	2.94	2.99	3.19	3.60	4.07	3.35	1.37	2.27	1.89	2.19	1.83	4.21	4.38	3.63	4.16		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.81	15.69	19.37	18.79	19.18	19.65	19.85	22.26	22.27	21.75	22.20	22.34	17.78	17.51	17.65	17.88		
FeO	16.49	16.24	20.88	20.30	21.33	21.76	21.38	19.34	18.94	20.33	19.36	18.90	21.71	21.36	20.91	21.66		
MnO	0.16	0.18	0.22	0.15	0.22	0.20	0.33	0.39	0.23	0.29	0.42	0.32	0.33	0.22	0.26	0.61		
MgO	13.10	13.72	7.77	8.12	8.08	6.25	6.45	8.11	7.77	7.31	7.56	8.52	7.85	7.69	7.81	7.20		
CaO	0.02	0.02	0.09	0.01	0.04								0.02			0.18		
Na <sub>2</sub> O	0.30	0.22	0.16	0.25	0.21	0.13	0.20	0.19	0.15	0.12	0.14	0.10	0.14	0.13	0.10	0.10		
K <sub>2</sub> O	8.58	8.90	7.74	9.04	7.98	9.28	8.89	9.57	9.77	10.17	10.19	9.88	9.22	10.26	9.99	9.76		
Total	95.61	94.82	94.68	95.38	96.70	95.85	95.72	95.44	95.29	96.64	96.75	96.93	97.09	97.03	96.40	97.79		
Si <sup>IV</sup>	5.48	5.56	5.41	5.42	5.40	5.29	5.38	5.20	5.16	5.21	5.26	5.22	5.41	5.39	5.49	5.45		
Al <sup>IV</sup>	2.52	2.44	2.59	2.58	2.60	2.71	2.62	2.80	2.84	2.79	2.74	2.77	2.59	2.61	2.51	2.55		
Al <sup>VI</sup>	0.43	0.34	0.90	0.79	0.79	0.83	0.94	1.19	1.15	1.15	1.13	1.15	0.58	0.53	0.65	0.62		
Ti <sup>VI</sup>	0.38	0.33	0.34	0.37	0.41	0.47	0.38	0.16	0.26	0.25	0.21	0.20	0.48	0.50	0.42	0.47		
Fe <sup>+2</sup>	2.06	2.05	2.67	2.59	2.67	2.79	2.73	2.46	2.41	2.43	2.57	2.35	2.74	2.72	2.66	2.73		
Mn	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.08		
Mg	2.91	3.08	1.77	1.85	1.80	1.43	1.47	1.84	1.76	1.69	1.65	1.89	1.77	1.74	1.77	1.61		
Na	0.09	0.06	0.05	0.07	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03		
K	1.63	1.71	1.51	1.76	1.53	1.81	1.73	1.86	1.90	1.95	1.96	1.88	1.78	1.99	1.94	1.87		
FM	0.41	0.40	0.60	0.58	0.60	0.66	0.65	0.57	0.58	0.59	0.61	0.56	0.61	0.61	0.60	0.63		
Oxig.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		

Tabla 1.— Composición de las biotitas de los enclaves y sus granitos encajantes.

Table 1.— Biotite compositions enclaves and host granites.

	Enclave			Granito	
SiO <sub>2</sub>	47.68	47.39	47.43	47.67	48.20
TiO <sub>2</sub>		0.05		0.04	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.77	32.68	33.07	33.00	32.93
FeO	10.07	10.64	10.63	11.21	10.85
MnO	0.51	0.48	0.64	0.57	0.50
MgO	5.90	5.74	5.82	5.82	5.99
CaO	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05
Na <sub>2</sub> O	0.98	0.65	0.60	0.59	0.59
K <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01
Total	97.95	97.66	98.21	98.95	99.16
Si	4.99	4.98	4.96	4.96	4.99
Al	4.04	4.05	4.08	4.05	4.02
Fe <sup>+2</sup>	0.88	0.94	0.93	0.98	0.94
Mn	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04
Mg	0.92	0.90	0.91	0.90	0.93
Na	0.20	0.13	0.17	0.12	0.12
FM	0.49	0.51	0.50	0.52	0.50
Oxigenos	18	18	18	18	18

Tabla 2.— Cordieritas del enclave 77052 y su granito encajante.

Table 2.— Enclaves and host granites cordierite compositions.

de ZnO (entre el 10 y el 14 % que sería lo que falta para tener una suma de óxidos próxima a 100), por similitud composicional con las analizadas por Montel *et al.*, (1986).

### Discusión

A partir de los datos expuestos de composición de las biotitas, pensamos que la que presentan las biotitas de los enclaves aquí estudiados no corresponden con las que deberían tener si fueran el residuo de fusión de estos magmas graníticos, por sus bajos contenidos en TiO<sub>2</sub>, puesto que como indican los trabajos de Le Breton y Thompson, (1988) a medida que se produce la fusión las biotitas van aumentando su contenido en Ti, Mg y Si. Los altos contenidos en MgO que presentan la biotitas del interior del enclave 77052, los interpretamos como originales de la biotita del enclave, puesto que las biotitas del granito son más bajas en este elemento y estos altos contenidos son más característicos de tipos pelíticos, y además son similares a la composición de otras biotitas de xenolitos pelíticos (Grapes, 1986; Holtz y Barbey, 1991)

Proponemos pues que estos enclaves ricos en micas procederían de xenolitos atrapados por el magma granítico y

reequilibrados en diverso grado con el mismo. En el enclave 77052 este reequilibrio queda patente a través de la composición de las micas del mismo, que en sus zonas marginales es prácticamente igual a la que presentan las micas del granito. La cordierita también tiene una composición igual a las del granito y ha debido equilibrarse y/o neoformarse en condiciones de relativa baja presión (Clemens y Wall, 1981).

Estos enclaves ricos en micas corresponderían a fragmentos de rocas metamórficas (uno de ellos conserva restos de foliación interna) atrapados en niveles intermedios durante el ascenso de la masa granítica. Su distribución no está cercana a los contactos, como cabría esperar si se trataran de fragmentos de las rocas metamórficas encajantes. Sí parece claro que cada uno de los enclaves aquí estudiados podría corresponder a dos tipos de litologías algo distintas, ya que las biotitas de uno y otro enclave presentan diferencias composicionales, unas son más ricas en MgO mientras que las otras son más ricas en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

En conclusión, estos enclaves ricos en micas podrían corresponder a material pelítico transformado, atrapado en zonas intermedias de la corteza (Suárez *et al.*, 1992). La composición que presentan actualmente los enclaves (sin

feldespatos y ausencia de silicatos aluminicos en uno de ellos) no es la idónea para extensos porcentajes de fusión parcial del xenolito (Patiño y Johnston, 1991), deteniéndose este proceso si lo hubo.

La composición actual enriquecida en minerales refractarios, sugiere que los componentes cuarzo feldespáticos originales han debido fundir, viéndose favorecida esta fusión por el H<sub>2</sub>O aportada por la deshidratación de las micas (Le Breton y Thompson, 1988), reequilibrándose el xenolito con el líquido en condiciones próximas al emplazamiento (la cordierita no tiene alto contenido en Mg) pero sin llegar a alcanzar una rehomogeneización completa.

### Agradecimientos

Agradezco a los Drs. C. Villaseca y L. Barbero, los comentarios críticos al manuscrito, que han mejorado el trabajo final. Este trabajo se encuadra en los objetivos del Proyecto CICYT PB 88/0117.

### Referencias

- Andonaegui, P. (1990) Tesis Doctoral. Ed. Univer. Complutense Madrid nº 23/92.
- Clemens, J.D. & Wall, V.J. (1981). *Can. Mineral.* vol. 19, 111-132.
- Chen, Y.D; Price, R.C. & White, A.J.R. (1989) *J. Petrol.* vol 30-5, 1181-1218.
- Didier, J. (1973) *Granites and their enclaves. The bearing of enclaves on the origin of granites.* Elsevier. 393 pp.
- Didier, J. & Barbarin, B. (1991) *Enclaves and granite petrology.* Elsevier. 625 pp.
- Grapes, R.H. (1986). *J. Petrol.* vol 27, 343-396.
- Le Breton, N. & Thompson, A.B. (1988). *Contrib. Mineral. Petrol.*, 99, 226-237.
- Montel, J.M; Weber, C. & Pichavant, M. (1986) *Bull. Mineral.*, 109, 555-573
- Montel, J.M.; Didier, J. & Pichavant, M. (1991) *En Enclaves and granite petrology.* Didier, J. & Barbarin, B. (ed), 509-528. Elsevier.
- Patiño, A. & Johnston, A. (1991) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 107, 202-218.
- Price, R.C. (1983) *Geochm. Cosmochm. Acta* vol. 47, 31-42.
- Suárez, O; Cuesta, A; Corretgé, G. & Fernández-Suárez, J. (1992). *Bull. Soc. Geol. France*, 5, 611-623.
- Villaseca, C.; Andonaegui, P. y Barbero, L. (1993) Mapa geológico escala 1:150.000 de la sierra de Guadarrama y Montes de Toledo. Servicio de Publicaciones del C.S.I.C.
- White, A.F.R.; Chapell, B.W. & Wyborn, D. (1991) *En Enclaves and granite petrology.* Didier, J. & Barbarin, B. (ed), 493-508. Elsevier.