

# Estudio petrológico del batolito de Santa Eulalia - Monforte (Alto Alentejo, Portugal)

*Petrological study of the Santa Eulalia – Monforte batholith (Alto Alentejo, Portugal)*

L. González Menéndez <sup>(1)</sup>, A. Azor <sup>(2)</sup> y A. Acosta <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Silices La Cuesta S.L. C/Príncipe de Asturias nº5, Salinas 33400 Asturias luisgm16@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Dpto. de Geodinámica, Universidad de Granada, 18002 Granada. azor@ugr.es

<sup>(3)</sup> School of Geology and Geophysics, University of Oklahoma, Norman, OK, USA.acosta@sggmail.gcn.ou.edu

## ABSTRACT

We present the results of a preliminary study on the Santa Eulalia batholith (Alto Alentejo, Portugal). This batholith is made up of two granitic facies, several stocks of basic rocks concentrically disposed and some metasedimentary mega-enclaves. From a geochemical point of view, both granitic facies are peraluminous but difficult to characterize, showing similarities with S- A- and I-granite types. The two granites seem to represent independent magmatic pulses with different source material. The comparison with other granites from the Central Iberian Zone with S-type features, reveals several mineralogical and geochemical differences.

**Key words:** S-, I-, A-type granites, Basic rocks, Geochemistry, Protolith composition, Central-Iberian granites.

Geogaceta, 32 (2002), 147-150

ISSN:0213683X

## Introducción

El batolito de Santa Eulalia se encuentra situado en la provincia portuguesa del Alto Alentejo, unos 20 km al NW de Badajoz (Fig. 1) Es un cuerpo intrusivo, aproximadamente equidimensional y ocupa un área de ~ 400 Km<sup>2</sup>. Este batolito intruye entre la zona de Ossa-Morena y la banda de cizalla de Badajoz-Córdoba (Burg et al., 1981; Azor et al., 1994) y corta la foliación regional. La datación Rb-Sr muestra una edad de 280 Ma (Pinto, 1984), por lo que puede decirse que este cuerpo forma parte del plutonismo tardivarisco del Macizo Ibérico.

El batolito de Santa Eulalia - Monforte está formado por dos facies graníticas: (1) Granito externo (~ 25% del batolito) y (2) Granito central, y por (3) un conjunto de rocas básicas dispuestas anularmente (Fig. 1).

(1) El granito externo es un sienogranito de grano grueso, con textura equigranular, a veces algo porfídico y de color rosado. Es un granito biotítico en el que de forma accesoria aparecen anfíbol, apatito, allanita y esfena. Es frecuente encontrar megaenclaves de dimensiones muy variables -desde escasos metros a kilométricos- de diferente composición (metapelitas, rocas calcosilicatadas, skarns y rocas básicas anfibolitizadas) in-

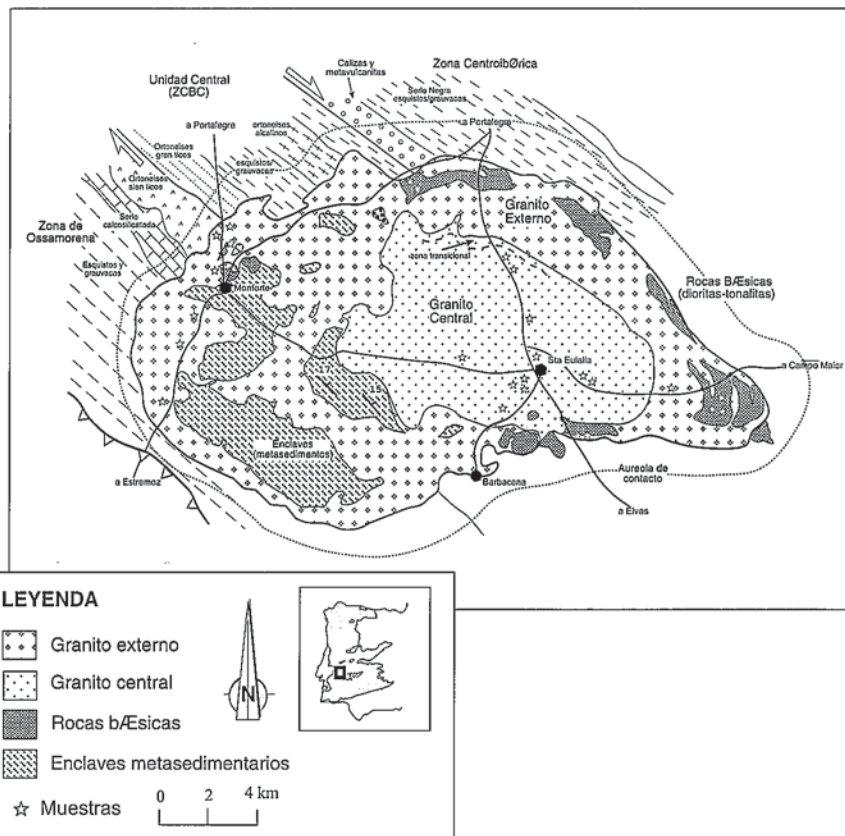


Fig. 1.- Mapa geológico del batolito de Santa Eulalia – Monforte y su encajante. Tomado en base a Gonçalves, 1971.

Fig 1.- Geological map of the Santa Eulalia – Monforte batholith and its country rocks. Based on Gonçalves, 1971.

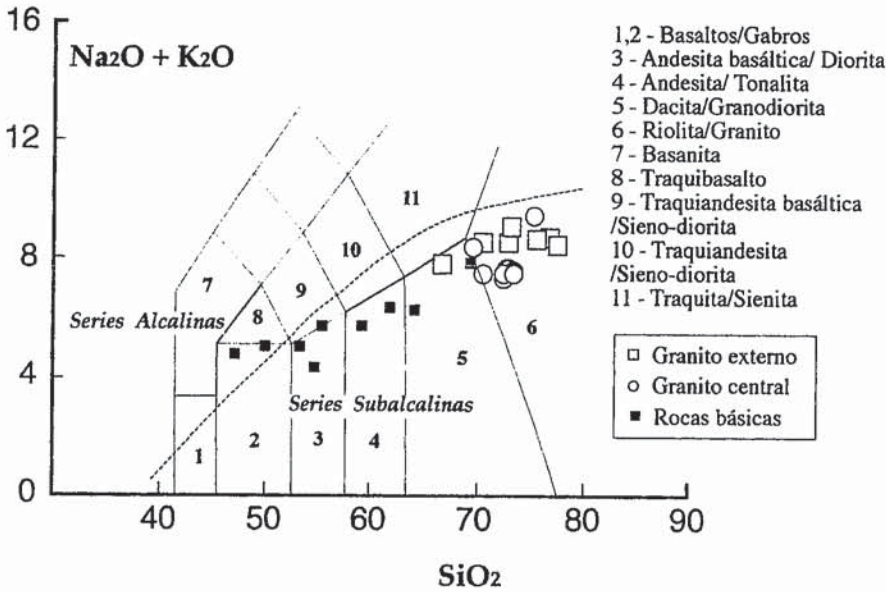


Fig. 2.- Clasificación y nomenclatura de rocas volcánicas/plutónicas usando los álcalis totales frente a la sílice (TAS). Le Maitre et al., (1989).

Fig. 2.- Classification and nomenclature of volcanic/plutonic rocks using the total alkalis versus silica (TAS) of Le Maitre et al., (1989).

cluidos en este granito externo. En algunas zonas existen evidencias de mezcla entre las rocas básicas y el granito externo y el contenido en anfíbol del granito parece aumentar hacia las zonas con cuerpos de rocas básicas. También se han ob-

servado diques de rocas básicas intruyendo al granito externo.

(2) El granito central es un granito de grano medio muy homogéneo y color gris. Es biotítico y presenta escasa moscovita. Hacia su interior parece volverse

más leucocrático. Los contactos con el granito externo no se observan bien debido a las condiciones de afloramiento; aparentemente son contactos transicionales, apreciándose un cambio textural del granito externo al aproximarse al contacto con el granito central. Existe en algunas zonas (al N-NW de Santa Eulalia) una franja de unos 50 – 100 m donde la roca transicional presenta un carácter porfídico. El granito central apenas presenta enclaves de metasedimentos o enclaves de rocas básicas.

(3) Las rocas básicas varían desde dioritas a tonalitas y están formadas por plagioclasa y anfíbol ± clinopiroxenos. Como accesorios pueden aparecer cuarzo, apatito, esfena y epidota. Como minerales secundarios predomina la clorita, que reemplaza parcial o totalmente a las fases ferromagnéticas.

**Metodología**

Los elementos mayores se han determinado mediante fluorescencia de rayos X en un espectrómetro modelo Philips PW 1404 del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada (Tabla 1). La precisión relativa de la medida instrumental es de ± 1 % para Si, Al, Fe, Ca, K, P. La precisión relativa para Na, Mn y Mg es de ± 3 %.

**Geoquímica**

El conjunto de facies del batolito abarcan un considerable espectro composicional que va desde dioritas/gabros, tonalitas, granodioritas y granitos (Fig.2). A continuación se estudia más detalladamente la problemática de las rocas graníticas.

**1-Relación entre las facies principales**

Aunque no se ha realizado un estudio completo sobre la geoquímica del batolito de Santa Eulalia, los datos disponibles indican que el granito externo presenta un quimismo más evolucionado que el granito central. El granito externo es menos peraluminoso que el granito central y algunos términos pueden llegar a ser ligeramente alcalinos (Carrilho Lopes et al, 1990). También es más rico en potasio, menos cálcico y menos máfico que el granito central. Estas diferencias geoquímicas hacen difícil suponer una relación genética entre ambos granitos y lo más probable es que representen pulsos magmáticos independientes.

**2- Clasificación**

La geoquímica del granito externo, pobre en Ca, Mg, P y rico en K, contrasta con la presencia dispersa de anfíbol y allanita. Una posibilidad es que se trate

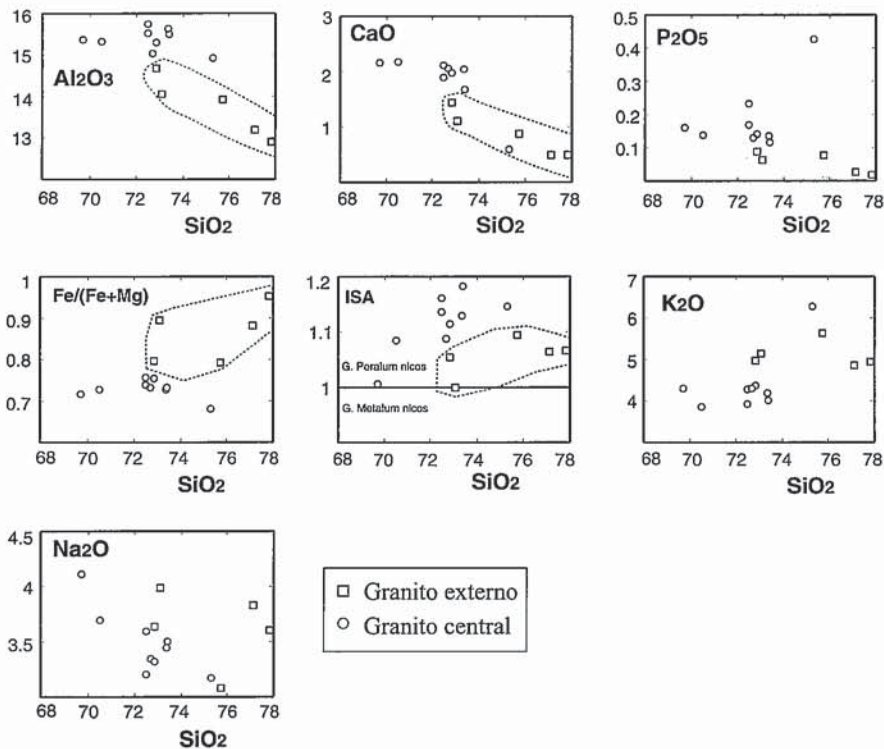


Fig. 3.- Diagramas de variación de los elementos mayores y las relaciones Fe/Fe+ Mg e ISA (índice de saturación en alúmina: molar  $Al_2O_3 / Na_2O+K_2O+CaO$ ) frente a la sílice.

Fig. 3.- Variation diagrams of major elements, Fe/(Fe+Mg) and ASI (molar  $Al_2O_3 / Na_2O+K_2O+CaO$ ) versus silica.

Muestras	sel1	sel2	sel4	sel5	sel9	sel10	sel11	sel12	sel13
Facies	G. Externo	Dique	G. Externo	R. Básica	R. Básica	G. Central	G. Central	R. Básica	R. Básic
Litología	Granito	Trondjem.	Granito	Tonalita	Gabro	Granito	Granito	Diorita	Diorita
SiO <sub>2</sub>	73,12	70,53	75,77	61,80	54,61	72,88	73,40	59,09	53,17
TiO <sub>2</sub>	0,23	0,63	0,23	0,93	1,17	0,40	0,34	1,39	1,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,05	14,76	13,92	16,35	17,45	15,28	15,62	16,71	15,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,96	1,02	1,40	5,85	7,21	2,24	1,98	7,90	9,59
MgO	0,23	1,46	0,37	3,24	5,71	0,74	0,75	4,35	5,38
MnO	0,02	0,03	0,02	0,10	0,13	0,04	0,04	0,13	0,15
CaO	1,10	2,00	0,87	4,80	8,85	1,96	2,03	7,01	8,25
Na <sub>2</sub> O	3,98	7,47	3,08	3,73	3,19	3,32	3,44	3,80	3,47
K <sub>2</sub> O	5,12	1,07	5,63	2,60	1,15	4,35	4,17	1,96	1,56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,11	0,08	0,24	0,16	0,14	0,13	0,29	0,35
Tot	99,87	99,07	101,36	99,65	99,63	101,33	101,89	102,63	99,79

Muestras	sel14	sel15	sel17	sel19	sel20	sel21	sel22	sel23b	sel24
Facies	R. Básica	G. Externo	G. Externo	G. Central	G. Central	G. Central	G. Central	R. Básica	G. Centr
Litología	Tonalita	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Granito	Gabro	Granitic
SiO <sub>2</sub>	66,57	77,13	77,86	69,72	72,53	72,70	72,51	47,03	70,53
TiO <sub>2</sub>	0,85	0,10	0,11	0,50	0,44	0,42	0,42	2,82	0,38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,67	13,18	12,90	15,35	15,50	15,01	15,72	15,54	15,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,12	1,06	1,38	2,24	2,55	2,02	2,48	12,63	2,06
MgO	3,34	0,15	0,07	0,89	0,91	0,74	0,80	5,98	0,78
MnO	0,05	0,02	0,03	0,04	0,11	0,04	0,04	0,13	0,04
CaO	5,45	0,48	0,48	2,15	2,09	2,04	1,88	10,10	2,16
Na <sub>2</sub> O	7,45	3,82	3,60	4,11	3,20	3,34	3,59	3,27	3,69
K <sub>2</sub> O	0,43	4,84	4,93	4,28	4,25	4,28	3,92	1,47	3,84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,03	0,02	0,16	0,17	0,13	0,23	0,42	0,14
Tot	101,16	100,79	101,36	99,45	101,75	100,72	101,58	99,40	98,91

Muestras	sel25	sel26	sel27	sel28	sel29	sel30	sel31
Facies	Apilita	G. Central	G. Externo	R. Básica	R. Básica	R. Básica	R. Básica
Litología	Granito	Granito	Granito	Granodiorita	Gabro	Tonalita	Diorita
SiO <sub>2</sub>	75,32	73,41	72,88	69,51	49,93	64,13	55,43
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,28	0,38	0,73	1,65	0,94	1,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,90	15,47	14,66	15,54	17,73	15,88	17,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,56	1,77	2,45	3,75	9,57	5,13	7,40
MgO	0,26	0,65	0,63	1,24	7,11	3,36	4,79
MnO	0,01	0,04	0,04	0,05	0,14	0,08	0,12
CaO	0,58	1,66	1,43	2,42	7,91	4,51	4,43
Na <sub>2</sub> O	3,16	3,50	3,63	3,97	2,78	3,79	2,44
K <sub>2</sub> O	6,26	4,00	4,95	3,93	2,20	2,49	3,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,42	0,11	0,09	0,19	0,29	0,17	0,34
Tot	101,51	100,90	101,15	101,31	99,30	100,47	96,99

Tabla I.- Análisis de elementos mayores

Table I.- Analysis of major elements

de un granito alcalino, de tipo A, muy evolucionado, en el cual habrían fraccionado la mayor parte de las fases ferromagnéticas (anfíboles y piroxenos). A favor de esta hipótesis está la asociación típica de granitos A, compuesta de biotita verde - anfíbol alcalino junto con abundante feldespató K, la mayor relación Fe/(Fe+Mg) y alto contenido en K (Loiselle y Wones, 1979) comparado con el granito central y con otros granitos de tipo S de la zona Centroibérica. También la asociación con rocas básicas es típica de granitos A e I (Pitcher, 1982; Turner et al, 1992).

Otra posibilidad es suponer que estas peculiaridades mineralógicas y geoquímicas del granito externo sean consecuencia de la contaminación parcial con las rocas básicas asociadas. Como ya se

apuntó, el anfíbol parece predominar en las zonas próximas a cuerpos básicos aparentemente co-magmáticos con el granito y que en algunas zonas muestran relaciones de mezcla. Esto indica que el anfíbol puede ser consecuencia de la contaminación por parte de los cuerpos básicos. No obstante este punto aún debe ser comprobado por un estudio más exhaustivo.

En cuanto al granito central es peraluminico pero presenta altos contenidos en Ca, Ti y Na lo que indica que no se trata de un granito S típico. De modo tentativo podría clasificarse como un granito I evolucionado.

### Modelo Petrogenético

A partir de estas diferencias entre el granito externo y central, lo más proba-

ble es que cada granito constituya un pulso magmático diferente. Un primer evento sería la intrusión y emplazamiento por stoping del granito externo, a presiones de ~ 3-4 Kb (Carrilho Lopes et al, 1990). De forma simultánea intruirían las rocas básicas que se mezclarían parcialmente en algunas zonas con el granito externo, formándose así algunos términos intermedios como tonalitas y granodioritas. Estas rocas básicas no parecen estar relacionadas con el granito externo por procesos de diferenciación magmática. Posteriormente intruiría el granito central que se diferenciaría desde los bordes hacia su interior. La zona de contacto entre ambos granitos sería transicional debido a la mezcla parcial entre ambos, al intruir el granito central en el externo aún no solidificado.

En referencia a la zona fuente es difícil hacer conjeturas a falta de análisis de elementos trazas. Se puede apuntar que ambas facies, granito central y externo, deben tener protolitos diferentes. Las rocas básicas deben tener una procedencia mantélica.

### Comparación con los granitos de la Zona Centroibérica

Los granitos peraluminicos de tipo S de la zona Centroibérica poseen una mineralogía principal muy característica de dos micas + cordierita + andalucita + silimanita + turmalina ± granate. Otra característica típica de estos granitos son los altos contenidos en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (~0.3-0.7%). La zona fuente de estos granitos S se presume que es una formación pelítico - grauváquica, similar al Complejo Esquisto Grauváquico (Bea et al, 1992, Ramírez y Menéndez 1999). La mineralogía y geoquímica de los dos granitos del batolito de Santa Eulalia - Monforte no presenta ninguna de estas características comunes a los granitos S de la Zona Centroibérica, por lo tanto la zona fuente debe ser diferente y quizás no tenga un componente sedimentario tan importante. La importante asociación con rocas básicas en el granito externo de Sta Eulalia es una característica atípica en los granitos S Centroibéricos.

### Agradecimientos

Los análisis de elementos mayores fueron financiados a través de los proyectos de investigación del DGICYT AMB93-0535, AMB94-1432 y PB96-1266.

Referencias

- Azor, A; González Lodeiro, F.; Simancas, J.F. (1994). *Tectonics*, 13, 45-61.
- Burg J.P.; Iglesias M.; Laurent PH.; Matte PH.; Ribeiro A. (1981): *Tectonophysics*, 78, 161-177.
- Bea, F.; Fershtater, G.; Corretgé, L.G. (1992): *Lithos*, 29, 43-56.
- Carrilho Lopes, J.M.; Munhá, J.M.; Oliveira, V.M.J. (1990): *VIII Semana de Geoquímica*, (12-15 Dic, 1990): Universidade de Lisboa.
- Gonçalves, F. (1971): *Servicio geológico de Portugal*. No. 18.
- Le Maitre, R.W.; Bateman, P.; Dudek, A.; Keller, J.; Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A.; Schmid R.; Sorensen, H.; Streckeisen A.; Wolley, A.R.; Zanettin, B. (1989). Blackwell, Oxford.
- Loiselle, M.; Wones, D. (1979). *Abstract. Prog. Geol. Soc. Am.*, 11, 7, 468.
- Pinto, M.S. (1984): *Pub. Mus. Lab. Min. e Geol. Univ. Coimbra*. 15.
- Pitcher, W. (1982). En: K. Hsu (Ed.) *Mountain Building processes* (pp. 19-40). London: Academic Press.
- Ramírez, J.A.; Menéndez, L.G. (1999) *Min. Mag.* 63, 85-104.
- Turner, S., Sandiford, M., Foden, I (1992): *Geology*, 20, 931-934