

# Plutonismo peraluminico tardihercínico en el sector oriental de Gredos (Sistema Central Español): Caracterización y relación con etapas previas

*Late-Hercynian peraluminous plutonism in eastern Gredos (Spanish Central System): Characterization and relationship with previous stages.*

V.M. Herreros Villanueva

Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid.

## ABSTRACT

*The final stages of late-Hercynian granitoid plutonism in eastern Gredos are represented by a series of small isolated peraluminous plutons belonging to the same evolutionary trend than the previous granitic complexes. They are biotite  $\pm$  muscovite-bearing monzogranites and leucogranites in continuity with the differentiation process that gave rise to this high granitic province, mainly controlled by fractional crystallization of plagioclase, K-feldspar and minor amounts of biotite and zircon.*

**Key words:** peraluminous plutonism, late-Hercynian granitoids, Gredos.

Geogaceta, 19 (1996), 47-50  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El sector oriental de Gredos, encuadrado en la Zona Centro-Ibérica, está formado en su mayor parte por un conjunto de granitoides peraluminicos de carácter tardicinemático con respecto a las fases deformativas principales de la orogenia hercínica. Dentro de este grupo pueden distinguirse, *grosso modo*, dos episodios magmáticos en continuidad temporal. El primero de ellos (Herreros, 1995 y en prensa) es el volumétricamente más importante y será referido aquí como episodio 1 o regional (ver Fig. 1). Está constituido por monzogranitos biotíticos de grano medio y grueso e intruye en forma de dos complejos plutónicos (Navalosa y Navacepedilla) variablemente afectados por una foliación deformativa poco penetrativa, norteada y subvertical, que corresponde a la  $F_4$  hercínica. Su mineralogía consiste en Q, Fk, Pl y Bt como minerales principales y Ap, Zr e Ilm como accesorios. Ocasionalmente se constata la presencia de otras fases, siempre en cantidades accesorias, como pueden ser Mon, All, Sph y Tur.

El segundo episodio magmático (episodio 2), objeto del presente estudio, está formado por un conjunto de pequeños plutones dispersos en el seno del complejo plutónico de Navalosa: Venero Claro (VC), Navadijos (NAVD), Garganta (GAR), San Juan-El Barraco (SJ), Majadillas (MAJ), Los Boquerones (BOQ), Cuervo (CRV), San Martín de la Vega del Alberche (SMVA) y El Salobral (SLBR). Las características comunes

a todos ellos son su carácter intrusivo sobre el granitoide regional, la casi constante ausencia de foliaciones deformativas y el predominio de litologías graníticas *s.s.*, en tránsito gradual hacia términos leucograníticos y monzograníticos.

## Características litológicas

Todos los plutones del episodio 2 intruyen de un modo neto al conjunto regional. Ninguno de ellos provoca la aparición de aureolas de metamorfismo de contacto sobre aquél, por lo que el momento de emplazamiento no es excesivamente distante en el tiempo del correspondiente al grupo encajante. Por lo que respecta a las características petrográficas, los plutones presentan litologías ácidas, formadas por términos monzograníticos, graníticos *s.s.* y leucograníticos en tránsito gradual. La textura de las diferentes variedades puede ser inequigranular porfídica, microporfídica o equigranular, con tamaños de grano variables (Tabla 1). La mineralogía principal está integrada por Q + Fk + Pl + Bt  $\pm$  Msc  $\pm$  Cord, siendo Ap, Zr e Ilm los accesorios comunes a todos los plutones y Mon, Cord, Bt y Msc los accesorios más escasos y no siempre presentes. El plutón de GAR presenta, además, And y Ru en cantidades accesorias, y el de SLBR tiene Turm ocasional. La población de enclaves en estos plutones es siempre muy escasa o incluso inexistente (caso de SMVA), estando formada por tipos microgranulares (VC, NAVD, GAR, SJ, MAJ

y BOQ), surmicáceos (VC, GAR, MAJ, CRV y SLBR) y metamórficos (VC). La orientación de flujo magmático es muy débil y consiste en alineación de megacrístales de Fk (NAVD) o en *layering* subhorizontales (VC). Siempre está afectada por la poco intensa foliación deformativa correspondiente a la  $F_4$ , que provoca una ligera recristalización *subsolidus* de los componentes mineralógicos según direcciones próximas a N-S y buzamientos subverticales.

## Caracterización geoquímica y mecanismo petrogenético

El grupo de granitoides intrusivos en el conjunto regional está integrado por diversos plutones ácidos (69.5-75 % de  $\text{SiO}_2$ ) calcoalcalinos ricos en potasio (Fig. 2 y Tabla 2). Al aumentar el contenido en  $\text{SiO}_2$  se repiten las mismas tendencias de variación en elementos mayores puestas de manifiesto en el episodio 1: disminución de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}_{\text{tot}}$ , MgO, CaO y aumento de  $\text{K}_2\text{O}$ , mientras que otros elementos no muestran cambios acusados. Todos estos granitoides son peraluminicos o moderadamente peraluminicos (índice A/CNK entre 1.00 y 1.32). En el diagrama de minerales característicos de Debon y Le Fort (1983) todas las muestras (Fig. 3) se sitúan en el dominio peraluminico ( $A > 0$ ). Dentro del episodio 2 pueden distinguirse, cuando el número de análisis lo permite, dos tipos de pautas, una alúmino-cafémica (NAVD y BOQ) y otra aluminica (GAR, SJ y VC). En el

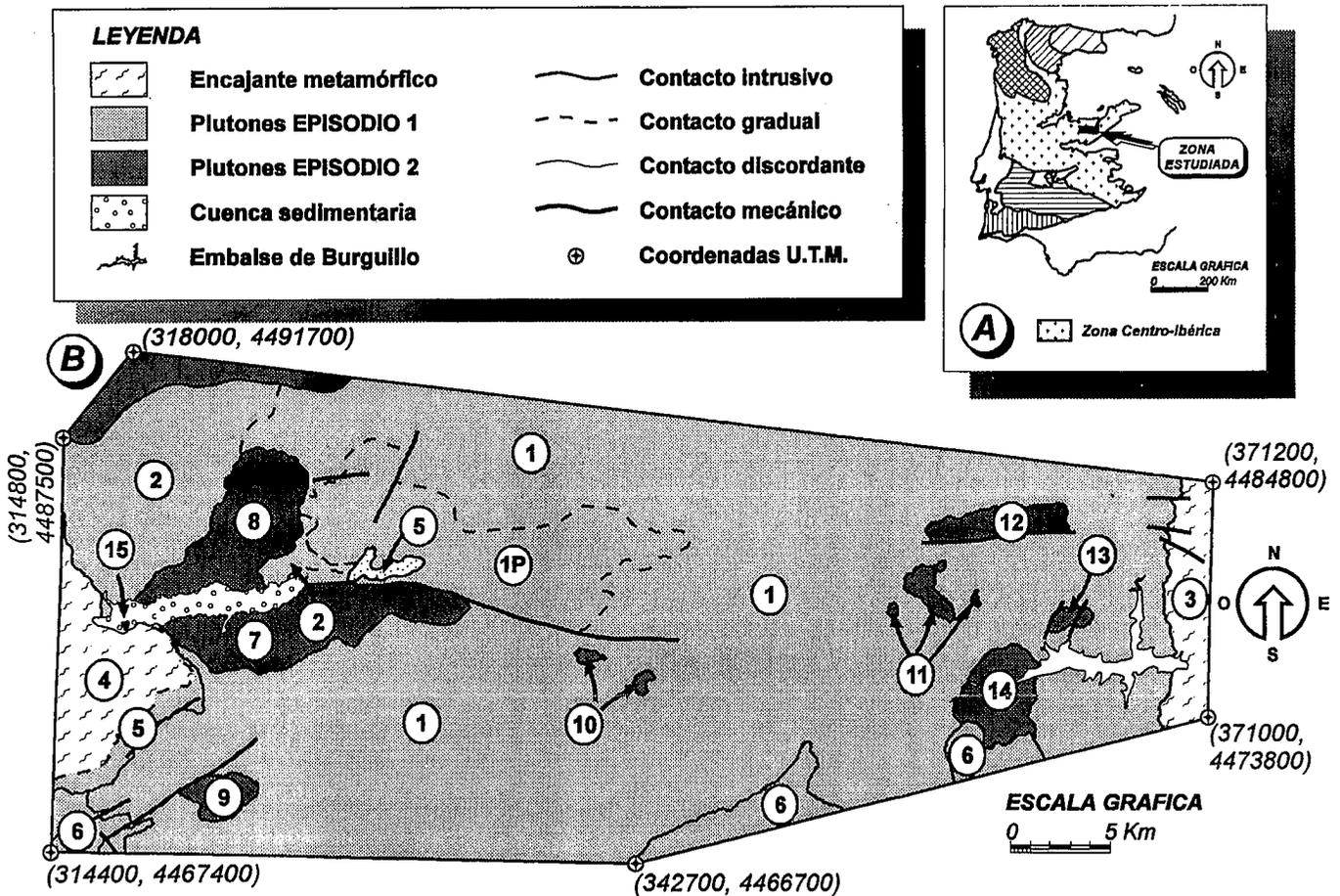


Fig. 1.- Esquema cartográfico del área. A: Localización en el hercínico ibérico. B: Claves litológicas: 1: Navalosa (facies común); 1P: Navalosa (facies porfídica); 2: Navacedilla; 3: Afloramiento metamórfico de La Cañada-El Tiemblo-Cebreros; 4: Complejo anatóctico de la Peña Negra; 5: Barajas; 6: Hoyos del Espino y asociados; 7: NAVD; 8: GAR; 9: BOQ; 10: MAJ; 11: SLBR; 12: SJ; 13: CRV; 14: VC; 15: SMVA.

Fig. 1.- Cartographical sketch of the area. A: Location in the Iberian Massif. B: Lithological keys: 1: Navalosa (common facies); 1P: Navalosa (porphyritic facies); 2: Navacedilla; 3: La Cañada-El Tiemblo-Cebreros metamorphic outcrop; 4: Peña Negra anatectic complex; 5: Barajas; 6: Hoyos del Espino and associated; 7: NAVD; 8: GAR; 9: BOQ; 10: MAJ; 11: SLBR; 12: SJ; 13: CRV; 14: VC; 15: SMVA.

Plutón	VC	NAVD	GAR	SJ	MAJ	BOQ	CRV	SMVA	SLBR
Litología	G LG	G LG	G LG	LG	M	LG	G	LG	LG
Textura	P E	P E	E MP	E	MP	P	E-MP	E	MP
Tamaño	G M-F	G M	M-G M	M	M	M-F	M-F	M	F-M
Mins. prples.	Q Fk Pl Msc>Bt Cord	Q Fk Pl Bt	Q Fk Pl Bt=Msc	Q Fk Pl Bt>Msc	Q Fk Pl Bt	Q Fk Pl Msc>Bt	Q Fk Pl Bt>Msc	Q Fk Pl Msc	Q Fk Pl Bt=Msc
Mins. accs.	Ilm Zr Ap Mon Cord	Ap Zr Ilm Mon Msc	Zr Ap Cord Bt Ilm Mon And Ru	Zr Ap Ilm Cord Mon	Ap Zr Ilm Msc Cord Mon	Ilm Zr Cord Ap Mon	Ilm Zr Ap Cord	Bt Ilm Cord Zr	Ap Ilm Zr Cord Tur
Enclaves	MG S MET	MG	S MG	MG	S MG	MG	S	—	S

Tabla 1.- Características litológicas de los plutones del episodio 2 (LITOLOGIA: M: Monzogranitos; G: Granitos; LG: Leucogranitos; TEXTURA: P: Porfídica; E: Equigranular; MP: Microporfídica; TAMAÑO DE GRANO: G: Grueso; M: Medio; F: Fino; ENCLAVES: MG: Microgranulares; S: Surmicáceos; MET: Metamórficos).

Table 1.- Characteristics of stage 2 plutons (LITHOLOGY: M: Monzogranites; G: Granites; LG: Leucogranites; TEXTURE: P: Porphyritic; E: Equigranular; MP: Microporphyritic; GRAIN SIZE: G: Coarse; M: Medium; F: Fine; ENCLAVES: MG: Microgranular; S: Surmicaceous; M: Metamorphic).

diagrama R1-R2 (De La Roche *et al.*) el conjunto de muestras se sitúa en el campo de granitoides anatócticos (Fig. 3), posición que ocupan al tratarse de litologías evolucionadas. La mayoría de los granitoides del episodio 2 presentan un estrecho rango de variación en SiO<sub>2</sub>. En el plutón de NAVD (Fig. 2) se aprecia una evolución en dos etapas. En un primer momento (cristalización de Pl, Ap y Bt) tiene lugar una disminución de TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO<sub>tot</sub>, MnO, MgO y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e incrementos en Rb, Zr, Y, Th y ΣREE, invirtiéndose esta tendencia para valores de SiO<sub>2</sub> superiores a 71.5 % (cristalización de Zr, Mon, Bt en pequeñas cantidades, Pl y Fk). El plutón de BOQ (Fig. 2) muestra claras disminuciones en TiO<sub>2</sub>, FeO<sub>tot</sub>, MnO, MgO, CaO, Zr, Y, ΣREE y Ca/Sr, al tiempo que aumentan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, condicionando la cristalización temprana de Zr, disminuciones en los contenidos en Pl, Bt e Ilm e incrementos en Fk y Ap. Del resto de plutones, la información obtenida mediante diagramas de variación frente a SiO<sub>2</sub> es poco ilustrativa.

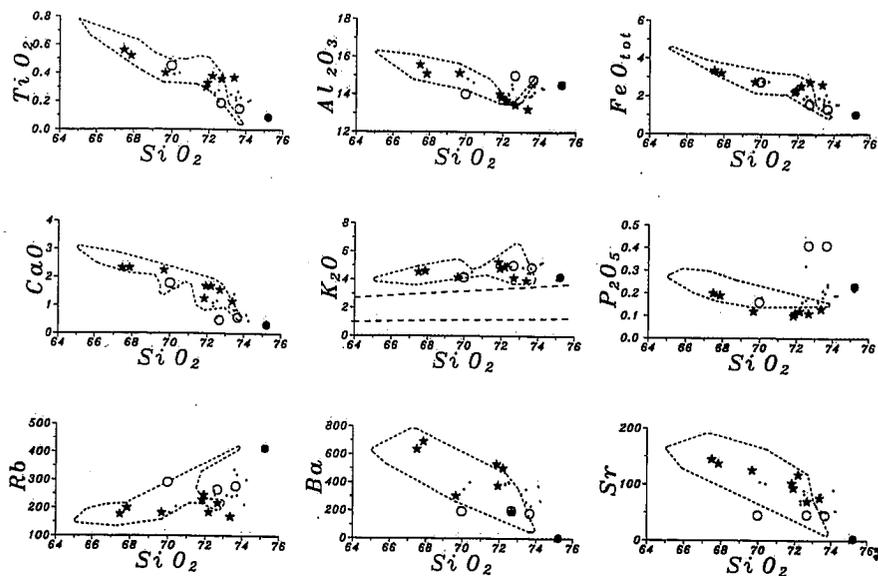


Fig. 2.- Diagramas de variación representativos. La línea a trazos corresponde al campo ocupado por los plutones del episodio 1, las estrellas al plutón NAVD, los círculos vacíos a BOQ, los círculos llenos a SMVA y los puntos al resto de plutones del episodio 2.

Fig. 2.- Selected variation diagrams. Dotted line represents the field occupied by stage 1 plutons, stars represent NAVD pluton, open circles represent BOQ pluton, closed circles represent SMVA pluton and points belong to the rest of stage 2 plutons.

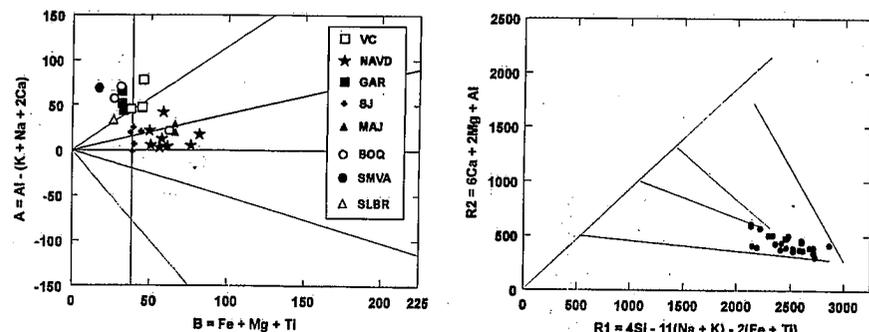


Fig. 3.- Diagramas A-B y R1-R2.

Fig. 3.- A-B and R1-R2 diagrams.

Como norma general puede aceptarse el hecho de que todos estos plutones tardiogénicos representan un episodio magmático en continuidad evolutiva con el conjunto plutónico regional. No obstante, la clara excepción la constituye el plutón más occidental del sector, situado en San Martín de la Vega del Alberche. Es el granitoide más diferenciado y peralumínico de todo el episodio 2, con los máximos contenidos en  $SiO_2$ ,  $Na_2O+K_2O$ , Rb, Ca/Sr, Rb y Rb/Sr y el más empobrecido en CaO, Ba, Sr, Zr, Y, Co y  $\Sigma REE$ . Consecuentemente, su paragénesis está controlada por Q, Fk, Pl y Msc, siendo accesorios Bt y Cord y ocasional el Zr. La inexistencia de Ap modal en este plutón implica que el  $P_2O_5$  (0.23 %) está contenido en otras fases minerales, como los feldespato alcalinos (Fryda y Breiter, 1995). Este hecho

también indica una alta solubilidad del Ap en el fundido granítico, acorde con su elevado ISA (1.32), según reseñan Bea *et al.* (1992).

Con objeto de evidenciar claramente las relaciones existentes entre los diferentes representantes del episodio intrusivo 2, se han empleado diagramas bilogárítmicos con Rb, Sr, Ba y Zr, elementos traza característicos de las fases minerales predominantes en las litologías estudiadas, según el procedimiento seguido por diversos autores (Cocherie, 1985; López Ruiz y Cebriá, 1990; Cuesta, 1991, etc.). En el diagrama  $\log Rb$  vs.  $\log Sr$  (Fig. 4) se aprecia una alineación del conjunto de muestras bastante buena (el coeficiente de correlación lineal,  $r$ , es -0.8202) si eliminamos del tratamiento al plutón de SMVA, que queda desplazado de la pauta evolutiva general en el sentido de una disminución de Rb y Sr

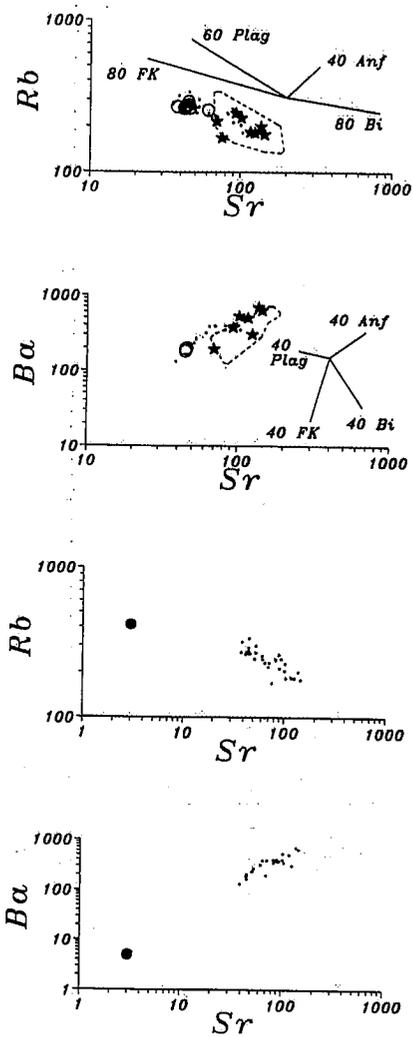


Fig. 4.- Diagramas bilogárítmicos Rb-Sr y Ba-Sr con vectores representativos de fraccionamiento cristallino. Símbolos como en la Figura 2.

Fig. 4.- Rb-Sr and Ba-Sr log-log diagrams with vectors representing crystal fractionation. Same symbols as in Figure 2.

respecto a los valores que le corresponderían si se ajustase a aquella. La relación entre  $\log Ba$  y  $\log Sr$  (Fig. 4) es mejor que en el caso precedente, aún incluyendo al plutón de SMVA ( $r=0.9683$ ). Teniendo en cuenta ambos factores, se puede deducir que el proceso de diversificación principal de los plutones del 2º episodio es una cristalización fraccionada controlada por la separación de Pl y, en menor proporción, Fk. En el diagrama  $\log P_2O_5$  vs.  $\log Sr$  la correlación es muy débil, indicando que el Ap no interviene en gran medida en el proceso. Lo mismo ocurre con las relaciones  $\log K_2O$  vs.  $\log Rb$  ( $r=0.3301$ ) y  $\log TiO_2$  vs.  $\log Zr$  ( $r=0.5256$ ), lo cual demuestra la escasa importancia de la fraccionación de Bt, mineral presente en pequeñas cantidades en estos granitoides. El Zr sí parece haber participado activamente en

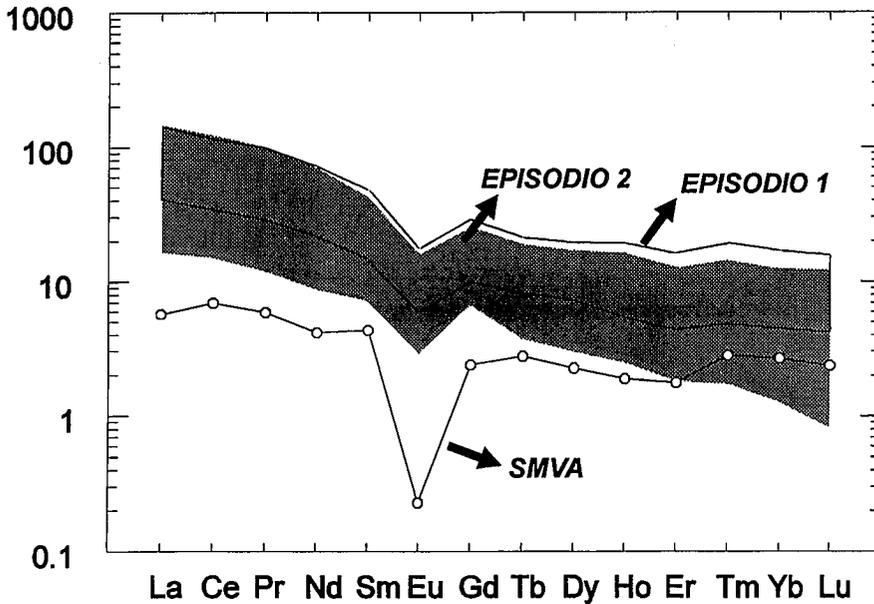


Fig. 5.- Diagrama de tierras raras para los dos episodios plutónicos del sector.

Fig. 5.- Rare earth elements diagram for both plutonic stages from the area.

Plutón	VC	NAVD	GAR	SJ	MAJ	BOQ	SMVA	SLBR
SiO <sub>2</sub>	73.26	70.87	73.94	72.81	70.25	72.09	75.21	73.72
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.40	0.21	0.25	0.40	0.26	0.09	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.19	14.24	14.35	14.06	14.72	14.59	14.51	14.43
FeO <sub>tot</sub>	1.75	2.71	1.58	1.88	2.74	1.87	1.02	1.19
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04	0.05	0.02
MgO	0.62	0.74	0.31	0.43	0.90	0.43	0.08	0.32
CaO	0.71	1.77	0.65	0.97	1.62	0.94	0.32	0.73
Na <sub>2</sub> O	3.03	3.27	2.92	3.64	3.46	3.21	3.57	3.56
K <sub>2</sub> O	4.66	4.55	5.23	4.92	4.48	4.69	4.20	5.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25	0.14	0.19	0.18	0.18	0.33	0.23	0.23
P.P.C.	1.25	0.84	0.72	0.76	0.85	0.83	0.93	0.64
<b>Total</b>	<b>100.02</b>	<b>99.67</b>	<b>100.13</b>	<b>99.95</b>	<b>99.78</b>	<b>99.29</b>	<b>100.21</b>	<b>100.14</b>
Rb	305	200	260	238	193	278	414	246
Cs	22.05	6.40	10.50	13.37	17.29	25.70	14.80	19.29
Ba	233	462	301	369	375	191	5	232
Sr	58	108	65	73	103	45	3	51
Li	115.16	58.50	86.67	101.30	111.34	126.67	78.00	41.93
Hf	3.17	6.20	5.50	4.22	3.26	3.37	2.50	2.84
Zr	109	195	115	138	127	63	32	91
Y	12	32	19	24	16	8	4	7
Th	12.17	25.25	22.33	19.13	11.88	3.50	2.80	7.61
U	3.42	4.70	4.17	3.87	3.15	9.50	3.00	3.50
<b>ΣREE</b>	<b>102.20</b>	<b>239.14</b>	<b>148.39</b>	<b>141.35</b>	<b>108.36</b>	<b>45.33</b>	<b>16.74</b>	<b>71.59</b>
Ce <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub>	10.38	9.97	8.63	9.73	7.04	12.31	2.61	17.34
Ce <sub>N</sub> /Sm <sub>N</sub>	2.56	2.77	2.55	2.62	2.56	2.04	1.61	2.40
Gd <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub>	2.26	2.17	2.19	2.07	1.61	5.50	0.90	4.04
Eu/Eu*	0.28	0.42	0.26	0.42	0.64	0.35	0.07	0.48

Tabla 2.- Composición química (valores medios) de los plutones del episodio 2.

Table 2.- Average chemical composition of stage 2 plutons.

la fraccionación ( $r=0.8974$  para  $\log Zr$  vs.  $\log Y$ ,  $r=0.8256$  para  $\log Zr$  vs.  $\log Th$ ,  $r=0.6679$  para  $\log Hf$  vs.  $\log Zr$  y  $r=-0.7304$  para  $\log Zr$  vs.  $\log P_2O_5$ ), aunque dado que se trata de un accesorio, sus efectos se denotarán principalmente en los elementos traza con él relacionados (REE e Y fundamentalmente).

Los patrones de REE de los dos episodios magmáticos (Fig. 5 y Tabla 2), normalizados a la media de las condritas CI de Taylor y McLennan (1985), confirman la similitud existente en todo el conjunto. En las rocas de ambos grupos se observa una clara

fraccionación en REE, mayor en las ligeras para el episodio 1 y en las pesadas para el episodio 2. Los perfiles son siempre cóncavos hacia abajo para las LREE, débilmente cóncavos hacia arriba para las HREE y con una notable anomalía negativa en Eu (mayor en el episodio 2 que en el 1). El Er también presenta una débil anomalía negativa en los dos casos. El contenido total en REE decrece con la acidez de la roca, comenzando ambos episodios magmáticos con valores similares pero alcanzando el grupo 2 mayores empobrecimientos, indicativos de un mayor

grado de diferenciación. Ello es especialmente significativo en el plutón de SMVA, que se separa del conjunto por su bajo contenido en REE y por su marcada anomalía negativa en Eu.

El comportamiento de las REE en granitoides está controlado fundamentalmente por minerales accesorios con altos coeficientes de reparto para dichos elementos. De ellos, el Zr se encuentra presente en todos los plutones del episodio intrusivo 2, el Ap está en todos menos en el de SMVA y la Mon desaparece en los más tardíos (CRV, SMVA y SLBR). La patente fraccionación de HREE respecto a LREE apunta hacia el Zr como mineral fundamental en el control de la evolución de las REE en estos plutones, más que el Ap, que provocaría un incremento relativo de MREE, o que la Mon, que causaría un empobrecimiento en LREE.

**Conclusiones**

Los datos presentados ponen de manifiesto que la mayoría de los plutones correspondientes al segundo episodio intrusivo han experimentado un proceso evolutivo relativamente simple y sin discontinuidades. Este supone la prolongación del mecanismo petrogenético dominante en el sector para el volumen granítico principal o episodio 1, y consiste en una cristalización fraccionada con participación activa de Pl, Fk y cantidades menores de Bt y Zr como fases minerales más importantes.

**Agradecimientos**

El autor desea expresar su gratitud a los Drs. Félix Bellido Mulas (I.T.G.E.) y José Luis Brändle Matesanz (C.S.I.C.) por su colaboración y al Dr. Carlos Villaseca González (Univ. Complutense, Madrid) por su apoyo. Este trabajo se encuadra en los objetivos del proyecto de investigación de la DGICYT PB93-0295-CO2.

**Referencias**

Bea, F., Fershtater, G. y Corretgé, L.G. (1992): *Lithos*, 29: 43-56.  
 Cocherie, A. (1985): *Thèse de Doctorat d'Etat*, Univ. de Rennes. Doc. B.R.G.M., 90, 246 p.  
 Cuesta, A. (1991): *Tesis Doctoral*, Univ. Oviedo. Ed. Do Castro, 363 p.  
 De La Roche, H., Leterrier, J., Grande Claude, P. y Marchal, M. (1980): *Chem. Geol.*, 29: 183-210.  
 Debon, F. y Le Fort, P. (1983): *Trans.R.Soc.Edinburgh: Earth Sci.*, 73: 135-149.  
 Fryda, J. y Breiter, K. (1995): *Terra Nova*, 7: 315-320.  
 Herreros, V.M. (1995): *Bol. S.E.M.*, 18-2: 102-103.  
 Herreros, V.M. (en prensa): *Bol. S.E.M.*, 19.  
 López Ruiz, J. y Cebriá, J.M.: *Geoquímica de los Procesos Magmáticos*, Rueda, 168 p.  
 Taylor, S.R. y McLennan, S.M. (1985): *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell Sci. Publ., Geoscience texts.