

# Petrología y geoquímica del plutón aplopegmatítico de Peña Madrid (Sierra de Guadarrama, S.C.E.)

*Petrology and geochemistry of the Peña Madrid aplopegmatitic pluton (Sierra de Guadarrama, S.C.E.)*

M. J. Huertas y C. Villaseca

Dpto. Petrología y Geoquímica. Fac. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid. Fax: 544.25.35

## ABSTRACT

*The Peña Madrid aplo-pegmatitic pluton is a very fractionated I-type granite with typically MgO, TiO<sub>2</sub>, Ba, Sr, Nb and ΣREE low contents. They intrude as a sheet-like body in the Las Navas del Marqués batholith developing an «in situ» differentiation from the roof margins towards the inner parts. The roof granites show the most primitive magmatic characteristics: the Ti and Mg richest biotites and higher MgO, TiO<sub>2</sub>, Ba, (Sr, Zr) whole-rock contents.*

**Key words:** *petrography, geochemistry, fractionated I-type granites, in situ differentiation, Hercynian orogeny*

*Geogaceta, 15 (1994), 157-160  
ISSN: 0213683X*

## Introducción

En el sector occidental de la Sierra de Guadarrama existen diversos plutones félsicos de características semejantes a tipos-I fraccionados, según la nomenclatura de Chappell y White (1975), por su mineralogía y quimismo moderadamente peraluminico.

El plutón estudiado corresponde a una pequeña intrusión laminar de leucogranitos aplopegmatíticos en el batolito monzogranítico de Las Navas del Marqués y se sitúa en el sector noroeste de Navalperal de Pinare, en las inmediaciones del cerro de Peña Madrid (ITGE, H-532). El batolito encajante de Las Navas del Marqués tiene una edad, estimada por geocronología Rb-Sr, de  $302 \pm 4$  Ma (Casillas *et al.*, 1991). Otros plutones de granitos aplíticos semejantes de este sector han sido datados por estos mismos autores en  $290 \pm 6$  Ma.

En este cuerpo laminar se pueden distinguir tres facies con contactos graduales entre ellas. La facies de techo y de muro suelen ser de textura equigranular mientras que la facies principal (denominada central o aplopegmatítica) es mucho más heterogénea en tamaño de grano y presenta abundantes microestructuras miarolíticas. Sus características composicionales definen al plutón como un leucogranito félsico muy fraccionado que podría proceder por separación de feldespatos, biotita y acceso-

rios de monzogranitos semejantes al tipo Navas en el que intruye, como señala Casillas (1989) para granitoides equivalentes.

## Características petrográficas

El plutón estratoide de Peña Madrid es un pequeño cuerpo laminar de unos 80 m de potencia media de yacimiento subhorizontal y emplazamiento pasivo. En el contacto de muro se observan abundantes estructuras de stoping y fragmentación del granito encajante (monzogranito de Las Navas del Marqués), indicando un emplazamiento distensivo. Las tres facies que lo constituyen no muestran contactos internos que sugieran distintos pulsos magmáticos, sino que presentan variaciones internas graduales.

En la facies de muro la roca es equigranular de grano medio y transita en pocos metros a la típica facies inequigranular y miarolítica con matrices mixtas micropegmatíticas y equigranulares. En esta facies central hay también bandeados pegmatíticos locales («layering»). La facies de techo puede tener 5 m de potencia y presenta localmente fenómenos de interbandeado con el monzogranito tipo Navas. En ambos márgenes plutónicos (muro y techo) pueden observarse contactos algo graduales (no netos) que parece indicar cierta contem-

poraneidad entre ambos tipos graníticos. La facies de techo es un granito subporfídico con la típica textura en dos etapas. Es decir, existen abundantes fenocristales milimétricos de cuarzo de aspecto subvolcánico, feldespatos y biotitas, a veces formando microagregados de tamaño superior a 6 mm, incluidos en una matriz equigranular de grano fino.

El plutón de Peña Madrid está constituido por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y cantidades accesorias de biotita. En proporciones aún más accesorias hay también apatito, circón, allanita, esporádica ilmenita y granate que se distribuye fundamentalmente en facies micropegmatíticas.

Los feldespatos no presentan diferencias composicionales en las tres facies. Aparecen siempre en cristales tabulares o como crecimientos micropegmatíticos con cuarzo, muy frecuentes en las facies centrales. Las plagioclasas con ligeros zonados normales de núcleos An<sub>25</sub> a bordes An<sub>10</sub>, presentan en ocasiones pequeños rebordes muy albiticos (An<sub>1-3</sub>), sin que hayamos encontrado diferencia alguna entre los tipos micropegmatíticos y los equigranulares. Igualmente, el feldespato potásico presenta contenidos medios en molécula de ortosa comprendidos entre 96 y 100%. En alguna muestra de la facies miarolítica central hemos visto mayor diversidad de valores (90 a 97), aunque

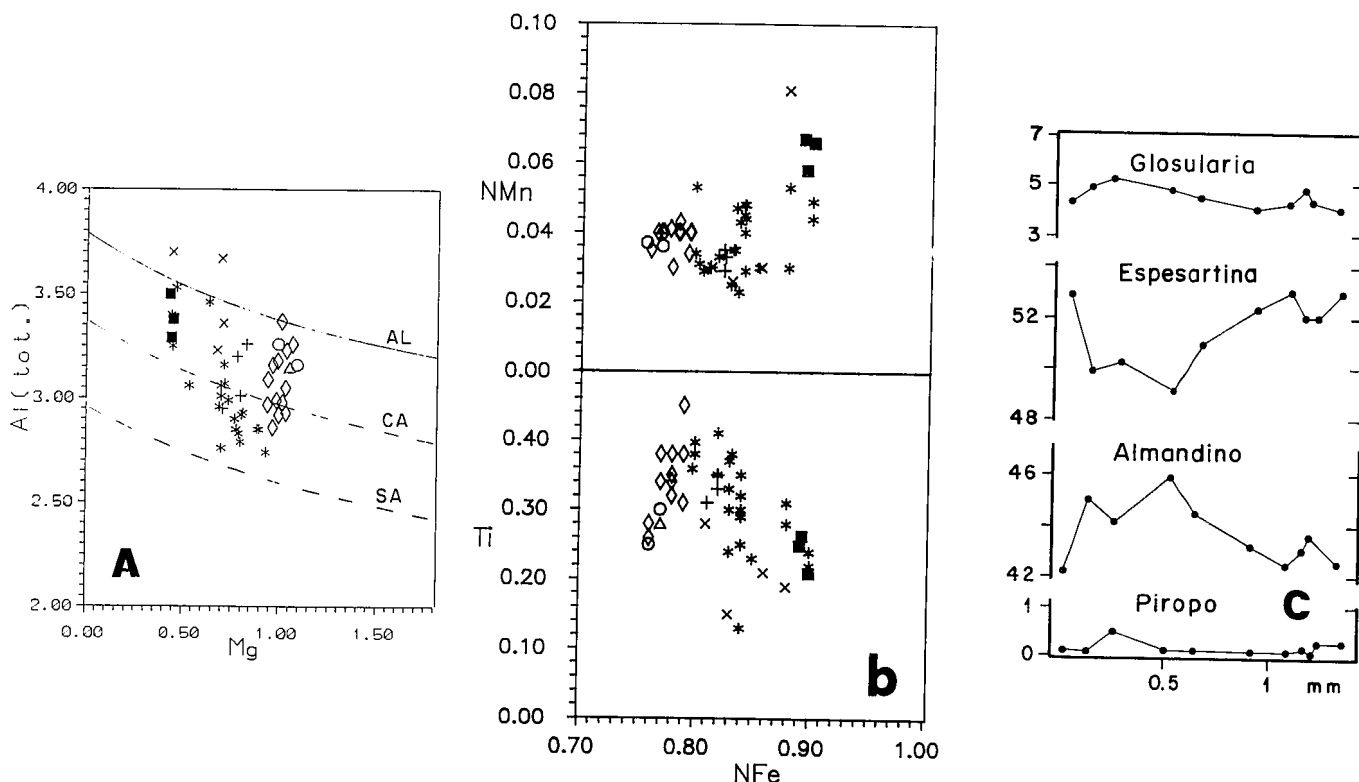


Fig. 1.— Composición química de minerales del plutón aplopegmatítico de Peña Madrid.

Las figuras a y b muestran, respectivamente, la proyección de las biotitas en los diagramas Mg-Al de Nachit *et al.*, (1985) y  $N^{\text{Fe}}$  ( $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ ) frente al Ti y al  $N^{\text{Mn}}$  ( $\text{Mn}/(\text{Mn} + \text{Fe}^{2+})$ ). Todos los valores en a.p.f.u. a 22 oxígenos equivalentes. El diagrama 1c muestra el perfil de borde a borde de un granate de la facies central. El cálculo de sus términos finales está expresado en porcentajes molares.

En todos los diagramas los cuadrados negros representan a las biotitas de la facies de muro. Los asteriscos, las cruces y las espas, corresponden respectivamente a biotitas tabulares, aciculares e intersticiales de la facies miarolítica o central y los rombos, triángulos y círculos a las de la facies de techo.

Fig. 1.— Mineral chemistry of the Peña Madrid aplo-pegmatitic pluton.

Figure a show the biotite chemical composition in the Mg-Al diagram after Nachit *et al.*, (1985). Figure b is the composition of biotites in the  $\text{Ti}-N^{\text{Fe}}$  ( $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ ) and  $N^{\text{Mn}}$  ( $\text{Mn}/(\text{Mn} + \text{Fe}^{2+})$ ) -  $N^{\text{Fe}}$  plots. All values are in a.p.f.u. on the basis of 22 O. Figure c show a rim to rim garnet profile from the main granite. Composition is expressed as end-member molecular percentages.

In all diagrams full squares are wall-granite biotites. Stars, crosses (+) and crosses (x) correspond to tabular, acicular and interstitial biotites of the main-granite (miarolitic). Diamonds, triangles and circles are relatively to tabular, acicular and interstitial roof-granite biotites.

estas diferencias no parecen significativas.

Las biotitas se presentan en varias generaciones texturales según sean de hábitos prismáticos, aciculares (en los sectores micropegmatíticos del granito) o intersticiales. Todas ellas se proyectan en campos de series subaluminicas, aunque muestran cierta variación composicional (Fig. 1a). Las biotitas de la facies de techo son las más primitivas, pues tienen los contenidos más elevados en Ti y Mg y los más bajos en Fe y Mn (Figs. 1a y 1b). Por el contrario no hay diferencias composicionales entre las biotitas de hábito prismático y acicular, a veces conjuntas en las facies centrales de textura mixta (micropegmatítica y equigranular). Esta ausencia de variaciones composicionales ya observada en feldespatos, indica que los minerales de ambos sectores texturales son con-

temporáneos y su hábito sólo depende de problemas cinéticos de crecimiento cristalino. Las biotitas intersticiales presentes en todas las facies, son de composición más rica en Al y Mn (Figs. 1a y 1b) y pobres en Ti (Fig. 1b), lo que junto a su carácter intergranular sugiere un origen subsólido de las mismas.

El granate observado en los sectores pegmatíticos de la facies central, es aloriotomorfo y pertenece a la serie almandino-espesartina-grosularia ( $\text{Alm}_{43}\text{Sps}_{53}\text{Grs}_4$ ). Tiene un ligero zonado inverso con bordes más ricos en espesartina que sus zonas centrales (Fig. 1c). Aunque el contenido en molécula de piropo está próximo al 1%, es todavía más bajo en sus áreas marginales, lo que coincide con las pautas que muestran los granates ígneos de leucogranitos ligeramente peraluminicos (Du Bray, 1988). Es de resaltar la alta proporción

en molécula de grosularia (hasta 5%), lo que según Green (1992) indicaría una tendencia a la saturación de volátiles en el magma, lo que estaría en consonancia con los abundantes agregados pegmatíticos y miarolíticos que presenta el plutón.

### Características geoquímicas

En la Tabla 1 se recogen los análisis químicos correspondientes a las tres facies distinguidas. Además de los elementos mayores y trazas se han determinado también las Tierras Raras (T.R.), empleándose técnicas de ICP, según la metodología del laboratorio del C.N.R.S de Nancy (Francia). Se presenta también un análisis del monzogranito encajante de Las Navas del Marqués (Brandebourger, 1984).

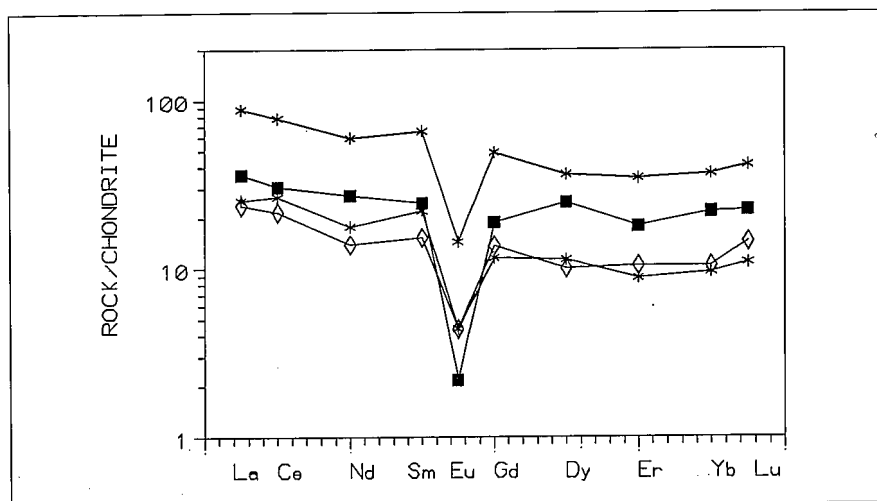


Fig. 2.— Perfiles de contenidos en T.R. del plutón aplopegmatítico de Peña Madrid normalizados a los valores condriticos de Masuda *et al.*, (1973). Los cuadrados negros representan la facies de muro, los asteriscos la facies central y los rombos la facies de techo.

Fig. 2.— Normalized (Masuda *et al.*, 1973) REE patterns of the Peña Madrid aplopegmatitic pluton. Full squares, stars and diamonds correspond to wall-central and roof-facies of the granite pluton.

Muestra	F. Muro	F. Miarolítica		F. Techo	Mzgr. Tipo Navas
	95159	95164	95160	95165	76396
SiO <sub>2</sub>	76.69	76.20	76.75	77.09	70.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.83	12.80	12.88	12.64	14.54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.76	0.69	0.65	0.96	3.08
MnO	0.03	0.03	trazas	0.02	0.82
MgO	0.04	0.04	0.05	0.08	0.06
CaO	0.55	0.63	0.72	0.30	1.99
Na <sub>2</sub> O	3.58	3.50	3.29	3.29	3.22
K <sub>2</sub> O	4.83	4.62	4.87	4.64	4.54
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.03	0.04	0.06	0.48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	trazas	trazas	trazas	trazas	0.08
P.F.	0.50	0.59	0.54	0.79	0.39
Total	99.83	99.13	99.79	99.87	99.98
Rb	298	254	220	255	190
Sr	12	15	23	18	108
Ba	19	22	52	90	472
Ga	15	14	18	5	---
Y	57	96	25	25	28
Zr	61	36	23	52	---
Th	22	18	12	16	---
La	13.73	33.47	9.6	8.97	31.90
Ce	29.92	76.39	26.06	21.15	64.60
Nd	19.51	42.74	12.72	9.97	34.49
Sm	5.65	15.05	5.06	3.52	6.30
Eu	0.19	1.25	0.38	0.38	0.90
Gd	5.84	15.20	3.60	4.26	5.30
Dy	9.63	14.10	4.41	3.91	4.60
Er	4.58	8.78	2.24	2.66	2.50
Yb	5.42	9.09	2.37	2.59	2.30
Lu	0.86	1.59	0.42	0.56	0.30

Tabla 1.— Análisis químicos del Plutón de Peña Madrid y del Monzogranito de Las Navas del Marqués.

Table 1.— Chemical analyses of the Peña Madrid pluton and Las Navas del Marqués monzogranite.

El plutón estudiado corresponde a un leucogranito moderadamente peraluminico de tipo-I con estrecho margen de variación de SiO<sub>2</sub> (76.20-77.09). Presenta bajos contenidos en MgO, TiO<sub>2</sub>, Ba, Sr, Nb, y ΣT.R. y marcado enriquecimiento en Rb, Y y T.R.P. La variación de los elementos mayores y trazas pone de manifiesto diferencias entre las distintas facies (Tabla 1). Así observamos que la facies de techo es, quizás, la de composición más primitiva por presentar los contenidos más elevados en MgO, TiO<sub>2</sub> y Ba y también altos en Sr y Zr. Estos caracteres coinciden con los datos de química mineral, pues como ya se ha mencionado es en esta facies dónde se observan las micas más ricas en Mg y Ti del plutón. La facies aplopegmatítica dominante muestra mayor dispersión de valores, quizás debido a que en ella operan procesos de exsolución de volátiles que pueden influir en su heterogeneidad composicional.

Por lo que se refiere a las T.R. vemos espectros bastante similares para la totalidad de las muestras, lo que evidencia de nuevo un claro carácter comagmático de todas estas facies (Fig.2). Es típica una cierta morfología plana del espectro debido al escaso fraccionamiento T.R.L./T.R.P. (Fig.2). Hay que mencionar, no obstante, que la anomalía negativa en Eu que presenta la facies de muro es la más acusada del conjunto, y que existe un cierto comportamiento antitético de las tierras raras pesadas respecto al resto de las facies del plutón laminar. Por otro lado vemos que la sublámina con mayor contenido en T.R. es la más rica en Y, sin relación con el contenido en Th, Zr o Ca de la misma, lo que parece indicar la posible presencia de minerales accesorios de Y-T.R. en el granito, por el momento, no identificados (Brändle *et al.*, 1991).

## Discusión

Los resultados químicos de roca total y mineralogía indican que el principal proceso diferenciador que ha operado en este plutón estratoide es el de cristalización fraccionada. Aunque los datos son muy escasos parece que las facies distinguidas han sido generadas por un mecanismo de fraccionamiento cristalino «in situ», pues las observaciones de campo y geoquímicas no revelan la presencia ni de inyecciones múltiples ni de procesos de mezcla magmática o

contaminación con el granito encajante. La composición más primitiva del fundido granítico emplazado en la lámina corresponde, como hemos visto por caracteres petrográficos y geoquímicos, a la facies apical o de techo de carácter subporfídico, en la que se observan pequeños fenocristales de cuarzo, feldspatos y biotita. Es muy probable que su composición no refleje la del fundido originario que generaría por escaso fraccionamiento cristalino el resto de la lámina granítica (es un magma muy ácido de composición casi eutéctica y relativamente saturado en volátiles). No obstante sería aconsejable profundizar en el estudio de estas facies marginales, pues convendría comprobar si hay un fraccionamiento del techo hacia el interior de la lámina, al contrario de lo que suele ser más común, es decir un fraccionamiento cristalino de fundidos graníticos emplazados laminarmente bien como una cristalización progresiva desde ambos bordes (techo y muro) hacia el

interior (Taylor, 1985) o bien como una paulatina cristalización desde la base hacia el techo (Mahood y Cornejo, 1992; Bea *et al.*, in prep).

#### Agradecimientos

Agradecemos al Dr. L. Barbero la lectura y revisión crítica de este trabajo que han contribuido a su mejora. Este trabajo ha sido financiado y se enmarca en los objetivos del Proyecto de Investigación de la CICYT n° PB88-0117.

#### Referencias

- Bea, F.; Corretgé, G.; Fershtater, G. & Ronkin, Y. (in prep.).
- Brandebourger, E. (1984): Thèse 3<sup>eme</sup> Cycle, Univ. Lorraine, 209 p.
- Brändle, J.L.; Casillas, R.; Forizs, I; Panto, G. & Peinado, M. (1991): *Geogaceta*, 9, 7-10.
- Casillas, R. (1989): *Tesis Doc. Univ. Complutense*. 316p.
- Casillas, R.; Vialette, Y.; Peinado, M.; Duthou, J.L. & Pin, Ch. (1991): *Abstracts Séance Spéc. Soc. Géol. France, Mém. J. Lameyre*.
- Chappell, B.W. & White, A.J.R. (1974): *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- Du Bray, E. A. (1988): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 100, 205-212.
- Green, T.H. (1992): *Trans. R. Soc. Edinburgh: Earth Sciences*, 83, 429-438.
- I.T.G.E. (1991): Mapa Geológico de España, E 1:50.000, Hoja 532 (Navas del Marqués).
- Mahood, G.A. & Cornejo, P.C. (1992): *Trans. R. Soc. Edinburgh: Earth Sciences*, 83, 63-70.
- Masuda, A.; Nakamura, N. & Tanaka, T. (1973): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 239-248.
- Nachit, H.; Razafimahefa, N.; Stussi, J.M. & Carron, J.P. (1985): *C.R. Acad. Sci. Paris*, 301, 813-818.
- Taylor, WP. (1985): En: W.S. Pitcher, M.P. Atherton, E.J. Cobbing & R.D. Beckinsale (eds.). *Magmatism at a Plate Edge. The Peruvian Andes*. Blackie Halsted Press, 228-234.