

# Fluidos asociados a la formación de epidota + (clorita + cuarzo) en las pegmatitas del plutón de La Cabrera (Sistema Central Español)

*Fluids associated to epidote + (chlorite + quartz) in pegmatites from La Cabrera pluton (Spanish Central System)*

R. P. Lozano, N. Bachiller y C. Casquet

Dpto. de Petrología y Geoquímica. Fac. Geología (U.C.M.). 28040 (Madrid).

## ABSTRACT

*Fluids related to the epidote+chlorite+quartz and calcite (+laumontite) alterations present in the cores of pegmatites from La Cabrera pluton have been determined. Two types of fluids are involved: a) A low salinity (0.4-4.5 wt% NaCl equiv.) NaCl-H<sub>2</sub>O fluid is the responsible for the first type of alteration. Temperature was probably close to 300°C. b) A moderate to high salinity (15.3-24.5 wt% NaCl equiv.) heterogeneous (liquid + gas) CaCl<sub>2</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O fluid was involved in the second alteration under conditions of P<sub>fluid</sub> probably very close to hydrostatic. These alterations probably took place as discrete hydrothermal events of different ages.*

**Key words:** Pegmatites, Ca-alterations, fluid inclusions, Spanish Central System.

*Geogaceta*, 21 (1997), 155-158

ISSN: 0213683X

## Introducción

El plutón de La Cabrera constituye la intrusión granítica tardihercínica más oriental del Sistema Central Español. Está formado por granitos biotíticos de grano grueso y leucogranitos más diferenciados de grano fino (Bellido, 1979) (Fig. 1). Según Bellido (*op.cit.*), estos magmas graníticos se emplazan a una profundidad equivalente a 1.7 kb, aproximadamente.

La presencia de aplitas y pegmatitas es característica de estos granitos. En estas pegmatitas se puede reconocer una gran variedad mineralógica, destacando minerales como lepidolita (Bellido *et al.*, 1983), clorita (Lozano *et al.*, 1996a), prehnita (García Guinea *et al.*, 1982), laumontita, epidota y calcita (González del Tánago *et al.*, 1986), entre otros, formados todos ellos a partir de la acción de fluidos hidrotermales. González del Tánago *et al.* (*op.cit.*) interpretan esta alteración, de tipo eminentemente cálcico, como deutérica, esto es, continuación del propio magmatismo pegmatítico. Por otra parte, Lozano (1996), demuestra que buena parte de estos minerales, se pueden separar temporalmente, definiendo una secuencia de alteraciones a temperatura decreciente, que, probablemente, tuvo lugar en épocas postmagmáticas muy distintas y a partir de fluidos muy

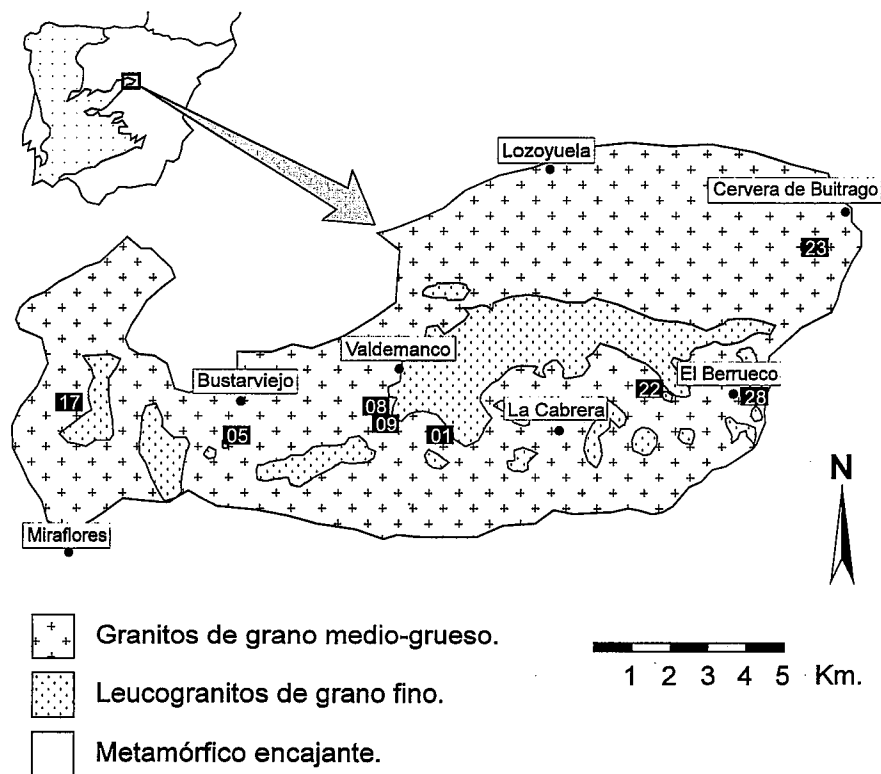


Fig. 1.- Localización geográfica y geológica del área estudiada. Modificado de Bellido *et al.*, (1991).

*Fig. 1.- Geographic and geological setting. Modified from Bellido *et al.*, (1991).*

diferentes. Esta secuencia se puede describir simplificada como: etapa epidota + clorita, etapa prehnita, eta-

pa laumontita y etapa calcita. Estos minerales aparecen frecuentemente en el interior de los cuerpos pegmatíticos,

	Tipo Ia	Tipo Ib	Tipo II
<b>Carácter</b>	Primarias	Primarias	Primarias
<b>Sistema</b>	H <sub>2</sub> O-NaCl	H <sub>2</sub> O-NaCl-CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O-NaCl-CaCl <sub>2</sub>
<b>Mineral</b>	Cuarzo (planos A)	Cuarzo (planos B)	Calcita
<b>Tipo de inclusión</b>	Bifásica (Liq. + gas)	Bifásica (Liq. + gas)	Bifásica (Liq. + gas)
<b>Sólido atrapado</b>	Si	No	No
<b>Tamaño (µm)</b>	10 a 70	10 a 120	20 a 70
<b>Vg/Vt (%)</b>	25 a 30	10 a 15	10 a 15
<b>Densidad (gr/cm<sup>2</sup>)</b>	0.60 a 0.92	1.00 a 1.12	1.07 a 1.15
<b>T eutéctica (°C)</b>	-17 a -20	-50 a -65	-50 a -65
<b>T fus. hielo (°C)</b>	-0.2 a -2.7	-11.4 a -23.4	-14.1 a -23.3
<b>Salinidad (%p.eq. NaCl)</b>	0.35 a 4.5	15.27 a 24.53	17.85 a 27.28
<b>T fus. hidrohal. (°C)</b>	-	-22 a -24	-
<b>T homogeneización</b>	171 a 359	97 a 177	98 a 129

Tab. 1.- Descripción y datos microtermométricos.

Tab. 1.- Description and microthermometry data.

definiendo una auténtica zonación interna.

Este estudio se centra en la caracterización de los fluidos asociados a la etapa de formación de epidota y clorita (+ cuarzo), mediante el análisis de inclusiones fluidas en cristales de cuarzo prismáticos, que engloban a estos minerales. Las muestras se han tomado en el interior de los cuerpos pegmatíticos en diversos sectores del plutón, siempre dentro del tipo granítico biotítico de grano grueso (Fig. 1). Complementariamente, se han analizado también inclusiones fluidas en calcitas de la etapa más tardía, pertenecientes a estos mismos cuerpos pegmatíticos, con el fin de establecer relaciones entre los fluidos participantes en ambas etapas hidrotermales.

## Resultados

### Aspectos texturales-mineralógicos

En el cuarzo se reconocen planos ricos en inclusiones, generalmente en la parte externa de los cristales y paralelos a las caras de crecimiento de los mismos. Estos planos contienen inclusiones sólidas de diversos minerales e inclusiones fluidas primarias. La Fig. 2

muestra un esquema de cristal de cuarzo que resume todas las situaciones observadas; éstas se pueden agrupar en dos:

- PLANOS DE TIPO A (muestras 01, 05, 08, 17 y 23): contienen cristales de epidota aciculares gruesos sin signos evidentes de alteración y albergan puntualmente inclusiones fluidas en su interior. Asociada a esta epidota, aparecen cristales de clorita vermicular (Lozano *et al.*, 1996), en cantidades y tamaños variables.

- PLANOS DE TIPO B (muestras 22 y 28): En estos planos, los cristales de epidota se encuentran parcialmente reemplazados por cuarzo o por sericita. Localmente aparecen cristales muy aciculares y a veces curvos, probablemente de laumontita. Estos planos contienen abundantes inclusiones fluidas, situadas, en la mayoría de los casos, en las zonas de epidota reemplazada por cuarzo.

Respecto a la calcita analizada, contiene gran cantidad de inclusiones fluidas y de inclusiones sólidas muy aciculares, que podrían corresponder, dadas sus características ópticas, a cristales de laumontita.

*Inclusiones fluidas. Tipología y resulta-*

*dos microtermométricos.*

Las inclusiones fluidas analizadas se pueden englobar en tres grupos:

1º Inclusiones de tipo Ia, en cuarzo, localizadas en los planos de tipo A. Estas inclusiones presentan corrientemente morfologías euhedrales. El grado de relleno es similar para todas ellas, oscilando la proporción de gas entre 25 y 30% (Tab. 1).

2º Inclusiones de tipo Ib, en cuarzo, localizadas en los planos de tipo B. Estas inclusiones presentan morfologías que varían de anhedrales a euhedrales. Al igual que en el tipo anterior, el grado de relleno es homogéneo, con proporciones de gas que varían entre 10 y 15% (Tab. 1).

3º Inclusiones de tipo II, en calcita, localizadas en planos de macla. Estas inclusiones presentan características muy semejantes a las inclusiones de tipo Ib (Tabla 1).

Las medidas microtermométricas realizadas en las inclusiones de tipo Ia indican una temperatura de homogeneización (Th) comprendida entre 171 y 359°C, con tres máximos, uno principal hacia los 250°C reconocible en cinco muestras, otro, peor definido, en torno a los 180°, basado en cuatro muestras y uno menor a 300°C, observado solo en una de ellas (Fig. 4). Estas temperaturas representan valores mínimos de atrapamiento de las inclusiones. Las temperaturas más altas son, probablemente, muy próximas a las de formación de la epidota (la geotermometría isotópica de oxígeno en el par epidota-cuarzo, aporta una temperatura de unos 300°C; Lozano *et al.*, 1996b). La salinidad del fluido (ecuación de Bodnar y Vitik, 1994) es baja (0.4 - 4.5% peso equiv. NaCl). La temperatura eutéctica (Te) varía entre -17 y -20°C, lo que indica que el fluido pertenece al sistema H<sub>2</sub>O-NaCl (Shepherd *et al.*, 1985). Las presiones mínimas de atrapamiento calculadas (ecuación de estado de Zhang y Frantz, 1987), varían entre 50 y 100 bar. Además de en el cuarzo huésped, también se han realizado medidas microtermométricas en inclusiones fluidas contenidas en epidota en los planos de tipo A. Ambos tipos de inclusiones son semejantes.

Por otra parte, la Th obtenida en las inclusiones de tipo Ib y II varía entre 97 y 177°C, mientras que su salinidad lo hace entre 15.3 y 24.5% peso equiv. NaCl. En este caso, la Te tiene valores muy bajos que varían desde -50 a -65°C, lo que indica que el fluido puede modelizarse dentro del sistema H<sub>2</sub>O-NaCl-CaCl<sub>2</sub> (Shepherd *et al.* 1985; Spencer, 1990).

Las proporciones de  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  y  $\text{H}_2\text{O}$  en las inclusiones de tipo Ib, se han calculado a partir de las temperaturas de fusión del hielo y de la hidrohilita (Tab. 1), en el sistema  $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$  (Zwart y Touré, 1994). Así, se han obtenido valores de la relación  $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$  (en peso), entre 11 y 33. La presión mínima de atrapamiento de estas inclusiones oscila entre 10 y 20 bar.

**Discusión**

En la figura 3 se enfrentan las salinidades frente a la temperatura de homogeneización de las inclusiones analizadas. Las inclusiones de tipo Ia se diferencian claramente de las tipo Ib y II, que muestran por otro lado un gran parecido. Así, la presencia de estas dos poblaciones de inclusiones fluidas parece indicar la participación de dos fluidos muy diferentes en la historia del crecimiento más externo de los cristales de cuarzo:

a) El fluido asociado a la formación de epidota, clorita y cuarzo, está representado por las inclusiones fluidas de tipo Ia. Presenta un amplio rango de Th, y una salinidad baja sin correlación clara con la Th (Fig. 3). Estas características sugieren dos posibles explicaciones: 1) Se trata de un fluido de baja salinidad atrapado a diferentes temperaturas durante su enfriamiento; o mezcla con otro fluido más frío de igual salinidad, o 2) Se trata de un único fluido atrapado hacia una misma temperatura pero a valores diferentes de  $P_{\text{fluido}}$ .

b) Por otra parte, el fluido representado por las inclusiones fluidas de tipo Ib y II, no está directamente asociado con la formación de epidota y clorita, ya que la presencia de estos minerales, parcialmente reemplazados, indica la existencia de procesos posteriores a la formación de epidota. Estos procesos podrían estar relacionados con la etapa de formación de laumontita y/o calcita. Así, la presencia de cristales de laumontita, como inclusiones sólidas en los planos de tipo B, podría asociarse a la formación de este mineral en esta zona del cuarzo. La Fig. 3 muestra

Fig. 3.- Diagrama Th vs. salinidad para las inclusiones fluidas de tipo Ia, Ib y II, en cuarzo y calcita respectivamente.

Fig. 3.- Temperature of homogenization vs. salinity for fluid inclusions of type Ia and Ib in quartz and type II in calcite.

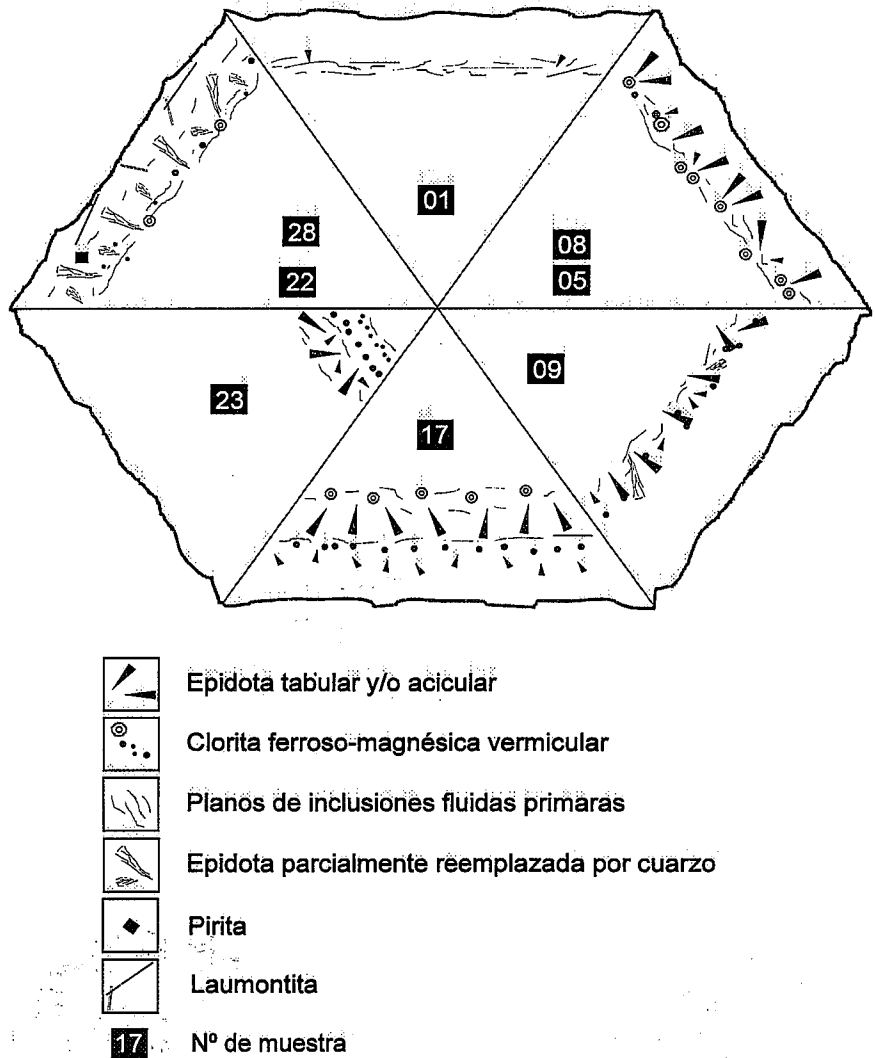
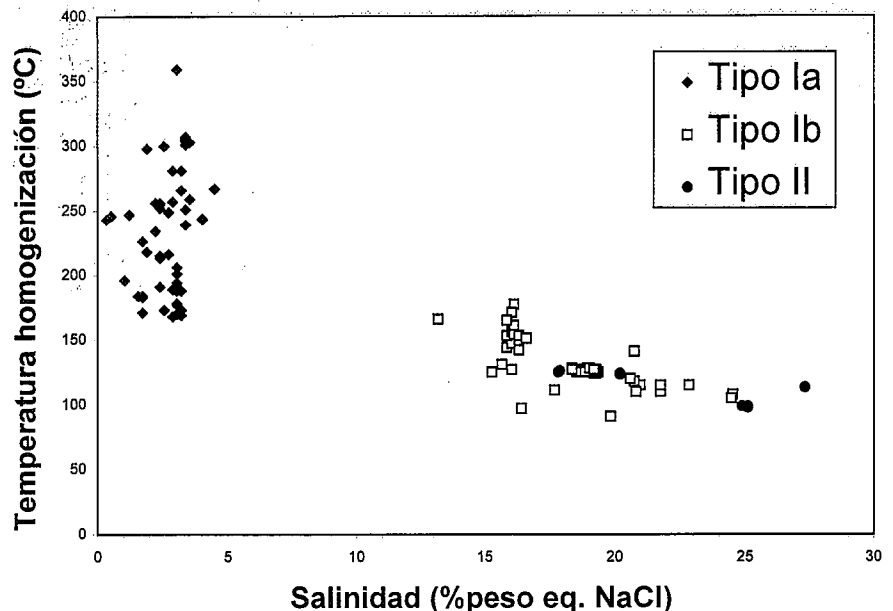


Fig. 2.- Sección modelo de un cristal de cuarzo, perpendicular al eje c. La figura muestra seis tipos diferentes de planos con inclusiones de epidota e inclusiones fluidas primarias.

Fig. 2.- Model section a quartz crystal, perpendicular to the C axis. The figure shows six different types of planes containing epidote and fluid inclusions.



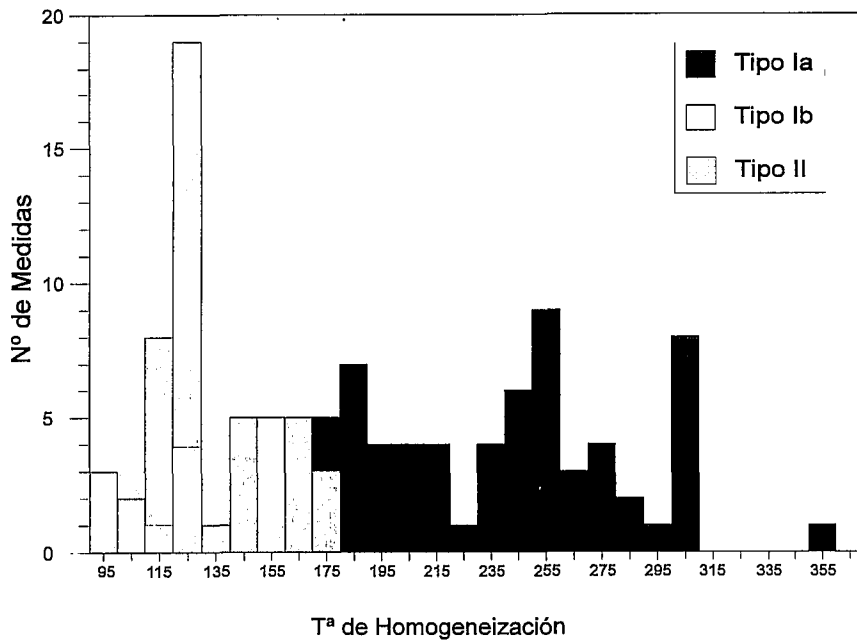


Fig. 4.- Histograma de temperaturas de homogeneización de los distintos tipos de inclusiones analizadas.

Fig. 4.- Histogram of homogenization temperatures of the three types of fluid inclusions analyzed.

una clara correlación negativa salinidad-Th para este fluido. Este hecho podría explicarse suponiendo un fluido inicial de baja o moderada salinidad heterogéneo (líquido + gas), que evoluciona hacia fluidos más salinos gracias a la progresiva extracción de la parte gaseosa. Esto conlleva una gran eficacia en la separación del gas, habida cuenta de que no se han encontrado inclusiones que homogenizen en esta fase; ello implica, a su vez, un sistema abierto hacia la superficie, que posibilite la extracción del gas.

**Conclusiones**

La epidota se formaría a partir de fluidos hiposalinos, resultado de una mezcla de fluidos fríos y calientes, o bien a partir de un único fluido atrapado a diferentes  $P_{fluido}$  y/o T de unos puntos a otros.

Esta epidota se vio reemplazada por cuarzo y/o sericita, que precipitarían a partir de un fluido más salino y a una menor temperatura. Estos fluidos generarían también laumontita y calcita y su evolución estaría asociada a un proceso

de inmiscibilidad en un sistema abierto.

**Referencias**

Bellido, F. (1979): *Tesis Doctoral*. U.C.M.  
 Bellido, F., Brandle, J.L., García Cacho, L. y Martínez Ripoll, M. (1983): *Bol. Geol. Min.* XCIV-VI: 530-537.  
 Bellido, F., Casquet, C., Escuder, J., Klein, E., Navidad, M., Bodras, R.J. y Vitik, M.O. (1994): Ed. *De vivo*, B and Frezzotti, M.L p. 117-130.  
 Peinado, M. (1991): *Mapa Geológico de España. Hoja nº484. Buitrago de Lozoya. Escala 1:50.000*. Ed. I.T.G.E.  
 García Guínea, J., Bellido, F., Galán, E. (1982): *Bol. Soc. Esp. Min.* 5: 29-41.  
 Gonzalez del Tánago, J., Bellido, F., García Cacho, L. (1986): *Bol. Geol. Min.* XCVII-I: 103-121.  
 Lozano, R.P. (1996): *Tesis de Licenciatura* (inédita). U.C.M. 90 p.  
 Lozano, R.P., Rodas, M.; Barrenechea, J.F. y Galindo, C. (1996a): *Geogaceta* 20(7): 1507-1511.  
 Lozano, R.P., Casquet, C., Galindo, C. y Darbyshire, D.P.F. (1996b): *Mineral. Deposita*, in press.  
 Shepherd, T.J., Rankin, A.H. y Alderton, D.H.M. (1985): *A practical guide to fluid inclusion studies*. Ed. Blackie. 239 p. London.  
 Spencer, R., Moller, N. y Weare, J. (1990): *Geoch. et Cosmo. Acta* 54: 575-590.  
 Zhang, Y-G. y Frantz, J.D. (1987): *Chem. Geol.* 64: 335-350.  
 Zwart, W. y Touret, L.R. (1994). *Euro. Jour. Miner.* 6: 773-786.