

# Albitas metasomáticas y venas de cuarzo en los leucogranitos de Burguillos del Cerro (España). Modelo de evolución hidrotermal basado en el estudio de inclusiones fluidas

*Metasomatic albitites and quartz veins in the leucogranites from Burguillos del Cerro (Spain). A model for hydrothermal evolution based on fluid inclusions*

N. Bachiller (\*)(\*\*); E. Quílez (\*\*); C. Casquet (\*) and C. Galindo (\*).

(\*) Dpto. de Petrología y Geoquímica. Facultad de Geología. UCM. 28040 Madrid.

(\*\*) Dpto. de Química Inorgánica y Materiales. Centro CC. Experimentales y Técnicas. Universidad San Pablo-CEU. 28668 Boadilla del Monte. Madrid.

## ABSTRACT

*Slightly peraluminous to metaluminous leucogranites are common as dyke swarms in the Burguillos del Cerro Plutonic Complex. They show superimposed hydrothermal alterations consisting of quartz-rich albitites and Au-bearing quartz veins. Several types of fluid inclusions have been distinguished in the alteration. They belong to the system  $H_2O-NaCl-KCl-MgCl_2-CaCl_2$  and range from high salinity to low salinity types. In any type, a trend of decreasing salinity concomitant to a decrease of minimum P and T trapping conditions is found. An evolutive model is proposed consisting in the repetitive mixing of hot saline waters, initially of probable magmatic derivation, with a cold low salinity meteoric fluid, in several discrete episodes of hydrofracturing, under declining regional temperature conditions. Albitites and quartz veins seem to be temporally and genetically related.*

**Key words:** leucogranites, albitites, quartz veins, fluid inclusions, Extremadura

Geogaceta, 20 (7) (1996), 1504-1506

ISSN: 0213683X

## Introducción

En la zona interna del complejo plutónico de Burguillos del Cerro (CPBC) se localiza un enjambre de diques y pequeños cuerpos irregulares leucograníticos, en su mayor parte peraluminicos. El CPBC se emplaza en el núcleo de la antifórma Olivenza-Monesterio (Zona de Ossa Morena; Extremadura), constituido por materiales precámbricos de la "Serie Negra" y del Cámbrico Inferior. Este complejo presenta una variedad de tipos ígneos, desde acumulados ultramáficos hasta granitos peraluminicos con términos gabroicos, dioríticos, monzodioríticos y granodioríticos (Pons, 1982; García Casquero, 1991). Además incluye una serie de septas constituidas fundamentalmente por calizas y dolomías del Cámbrico Inferior que se localizan en las zonas marginales del complejo, en las que se ubican mineralizaciones de Fe y U-Tierras Raras que han sido objeto de intensa explotación en el pasado.

Mineralógicamente, los leucogranitos están constituidos por plagioclasa (albita-oligoclasa), feldespato potásico (microclina), cuarzo y cantidades menores de biotita y -a veces- cordierita. Como accesorios principales hay

apatito, circón, ilmenita y moscovita secundaria de origen deutérico. Geoquímicamente, muestran contenidos en  $SiO_2$  entre 71 a 75.6% en peso, son débilmente peraluminicos con valores de ASI entre 1.0 y 1.2 y están enriquecidos en LREE con anomalía negativa de Eu media de  $0.67 \pm 0.35$ . También se han encontrado leucogranitos de carácter metaluminicos con anfíbol, aunque son muy escasos.

En estos diques leucograníticos se han encontrado zonas de morfología imprecisa constituidas por albita pura y cuarzo, y con pequeñas cantidades de apatito, anatasa y circón. Estas albitas son rocas hidrotermales que muestran enriquecimiento en  $SiO_2$  (77 a 79% en peso) y en  $Na_2O$  (5.3 y 7.7%), con relación a los protolitos leucograníticos. La aplicación del método de la isocon (Grant, 1986), muestra que las zonas albitizadas se encuentran empobrecidas en Ca, K, Fe, Mg, Ba, Pb, Rb, Li, Be e Y y enriquecidas en Na, Si, Th, Sc, Sr y Zr. Los patrones de Tierras Raras de las albitas muestran la misma tendencia que los de los leucogranitos, pero no presentan anomalía negativa de Eu ( $Eu^* = 0.91 \pm 0.26$ ). En general, las LREE permanecen inmóviles, aunque aumentan los contenidos en Eu y Nd y las HREE

se empobrecen respecto al leucogranito no alterado. Los datos de geoquímica isotópica (Rb-Sr y Sm-Nd) sugieren que la albitización es un proceso deutérico de edad semejante a la del emplazamiento de los leucogranitos y en las que intervienen fluidos equilibrados isotópicamente con los mismos (Bachiller *et al.*, 1995).

Además de las zonas albitizadas, los leucogranitos de Burguillos del Cerro presentan otro tipo de alteración hidrotermal superpuesta, representada por filoncillos de cuarzo con indicios de Au. La relación entre ambos tipos de alteración no resulta obvia en el campo, ni tampoco su posible vinculación genética con otros tipos de alteraciones presentes en la zona. El estudio de inclusiones fluidas, tanto de albitas como de los filoncillos de cuarzo, tiene precisamente por objeto determinar si existe una relación genética entre ambos tipos de alteración.

## Estudio de las inclusiones fluidas

Se han estudiado las inclusiones fluidas presentes en los cuarzos de las zonas albitizadas y de los filones que cortan a los

leucogranitos.

El estudio microtermométrico se ha realizado sobre láminas con un grosor de unos 0.3mm, bipulidas, con una platina refrigeradora-calentadora LINKAN, acoplada a un microscopio OLYMPUS (modelo BX50). Los datos obtenidos se resumen en la Tabla 1.

Se han reconocido los siguientes tipos de inclusiones fluidas:

**Tipo 1:** Inclusiones fluidas pertenecientes al sistema H<sub>2</sub>O-NaCl-KCl-MgCl<sub>2</sub>-CaCl<sub>2</sub>. En ellas pueden diferenciarse tres subtipos:

**Tipo 1.1:** Inclusiones acuosas hipersalinas (68 a 28% p. eqv. NaCl) (Bodnar y Vitik, 1994) con uno o dos minerales hijos (halita y silvina) y a veces un tercer sólido. Las fases sólidas han sido identificadas por SEM+EDS (en el Centro de Microscopía Electrónica de la Universidad Complutense de Madrid) y corresponden a cloruros de sodio, potasio, hierro y calcio. Estas inclusiones se encuentran tanto en los cuarzos de las albititas como en las venas de cuarzo. Aparecen aisladas en todas las muestras estudiadas, por lo que se consideran inclusiones fluidas primarias.

**Tipo 1.2:** Inclusiones acuosas bifásicas a temperatura ambiente, con relaciones V<sub>g</sub>/V<sub>l</sub> inferiores al 20% y salinidad media (22 a 7% p. eqv. NaCl). Estas inclusiones solo se han encontrado en las venillas de cuarzo.

**Tipo 1.3:** Inclusiones acuosas bifásicas de baja salinidad (9 a 3%p. eqv. NaCl) con V<sub>g</sub>/V<sub>l</sub>

entre 25 y 35%, localizadas únicamente en las venillas de cuarzo.

**Tipo 2:** Inclusiones acuoso-carbónicas pertenecientes al sistema H<sub>2</sub>O-NaCl-CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>. Estas inclusiones son muy escasas, aparecen solo en las venillas de cuarzo con carácter primario, y se distinguen dos subtipos:

**Tipo 2.1,** monofásicas, con CO<sub>2</sub> líquido a temperatura ambiente.

**Tipo 2.2,** trifásicas, con CO<sub>2</sub> líquido, CO<sub>2</sub> gas y una solución acuosa de baja salinidad.

**Condiciones P-T de atrapamiento de los fluidos**

Las inclusiones fluidas del tipo 1.1 son las de presiones y temperaturas mínimas de atrapamiento más altas, de 100 a 400 bar y entre 140 y 410°C en las venas de cuarzo y de 50 a 1000 bar y 280 a 560°C en albititas; las condiciones mínimas de atrapamiento para las inclusiones fluidas del tipo 1.2 son intermedias (100 bar y entre 100 y 380°C); finalmente las inclusiones fluidas del tipo 1.3, con las que muestran las condiciones mínimas de atrapamiento más bajas (50 a 150 bar y más de 100°C).

**Modelo de evolución de los fluidos**

Como puede verse en la figura 1, en la que se enfrentan las salinidades frente a las temperaturas de homogeneización, los diferentes

tipos de inclusiones fluidas siguen pautas convergentes de enfriamiento y descenso de la salinidad, lo que sugiere una mezcla recurrente con un fluido meteórico frío y de baja salinidad. El proceso se inicia con los fluidos de tipo 1.1 en las albititas. Durante su evolución, este fluido sufre un descenso continuado de la temperatura (desde más de 560°C hasta 280°C) y de la salinidad (de 62 a 28 % peso equiv. de NaCl); este descenso de la salinidad va acompañado de un descenso de la densidad de la solución (de 1.5 a 1 gr/cm<sup>3</sup>). Este fluido hipersalino, que por sus características (alta salinidad y temperatura de homogeneización, además de la presencia de FeCl<sub>2</sub>) es, probablemente, en su origen, de procedencia magmática (Ayora et al, 1987; Cathelineau, 1988), es el responsable del metasomatismo sódico que afecta a los leucogranitos y da lugar a la formación de las albititas.

La formación de las venas de cuarzo se inicia a temperaturas más bajas que las de formación de la albitita, lo que indica un enfriamiento regional, y en ella intervienen también fluidos de tipo 1.1, aunque de salinidad algo más baja, y que, al igual que en las albititas, muestran enfriamiento y dilución progresivas. La semejanza de los fluidos de tipo 1.1 en las venas de cuarzo con las de las albititas apuntan hacia una comunidad genética y continuidad en el tiempo entre ambos tipos de alteración.

Los fluidos de tipo 1.2 y 1.3, solo encontrados en las venas de cuarzo, reflejan la circula-

CARACTERÍSTICAS MICROTERMOMÉTRICAS	TIPO 1			TIPO 2	
	SUBTIPO 1.1	SUBTIPO 1.2	SUBTIPO 1.3	SUBTIPO 2.1	SUBTIPO 2.2
Sistema	H <sub>2</sub> O-NaCl-KCl-MgCl <sub>2</sub> -CaCl <sub>2</sub>			H <sub>2</sub> O-NaCl-CO <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	
Tamaño (µm)	5 a 10	1 a 15	1 a 15	5	10
V <sub>g</sub> /V <sub>l</sub> (%)	10 a 40	5 a 20	25 a 35		70 a 90
Te (°C)	*-71 a -40	*-62 a -40	< -40		
Tf <sub>CO2</sub> (°C)				-57,5 a 57	-58,3 a -57
Tf <sub>HIELO</sub> (°C)		-35 a -6	-4 a -2		
Tf <sub>CLATRATO</sub> (°C)					10,9 a 13
Th <sub>CO2</sub> (°C)				28,3 a 38,3	28,3 a 35,4
Tdb (°C)	90 a 390	120 a 440	100 a 380		
Tfs1 (°C)	240 a 480	160 a 560			
Tfs2 (°C)	190 a 430	190 a 490			
TH (°C)	140 a 410	280 a 560	100 a 380		400 a 500 (V)
Salinidad (% p. eqv. NaCl)	30 a 50	28 a 68	22 a 7		
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1 a 1,5		0,8 a 1		
Condiciones termobar.(°C/bares)	250 a 600/1000 a 50		100 a 380/100	100 a 400/100 a 50	
Localización	Cuarzo	Albitita	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo

\* Las temperaturas eutécticas anómalamente bajas, son debidas a la formación de un hidrato de calcio metaestable (Davis et al., 1989).

Tabla 1.- Datos microtermométricos.

Table 1.- Microthermometric Data.

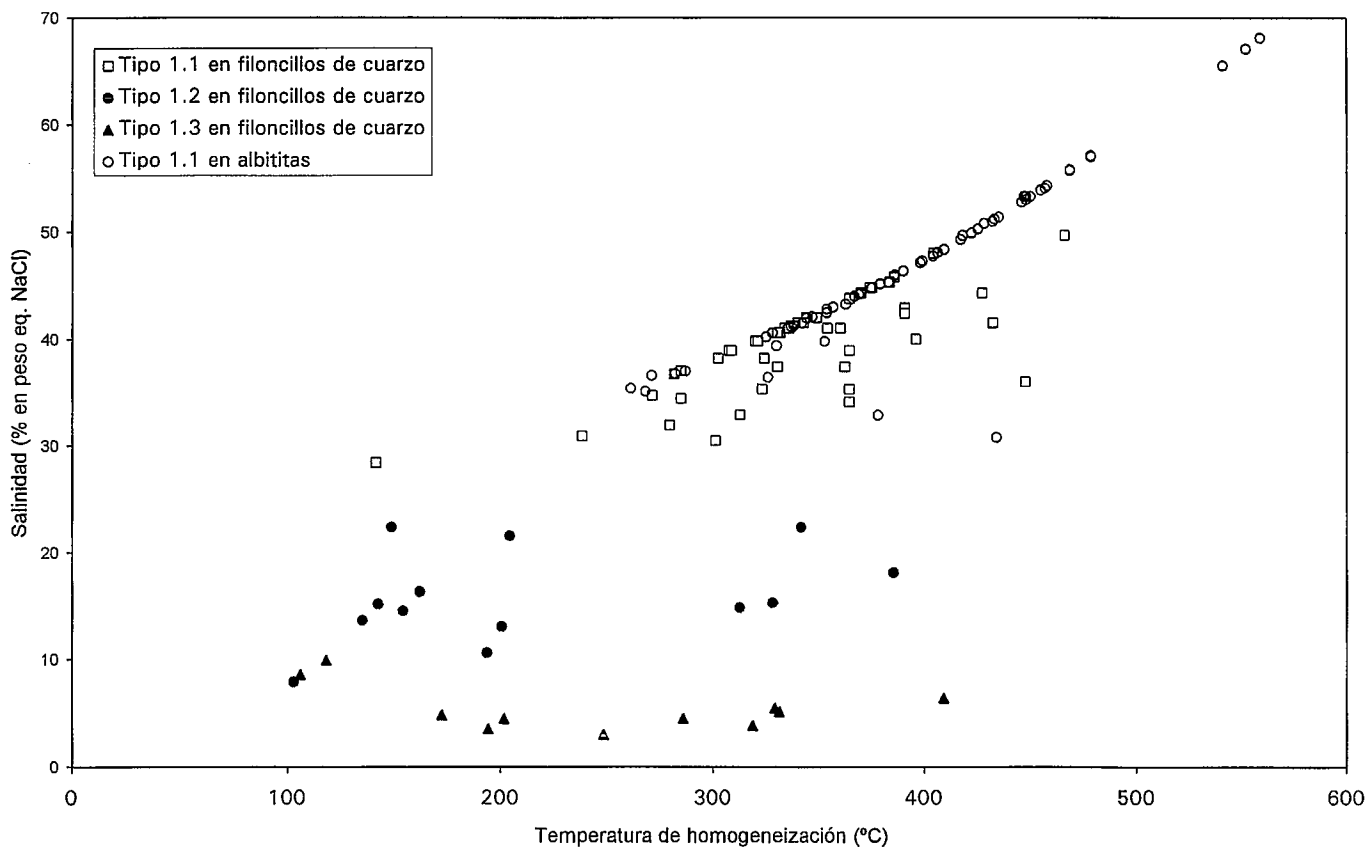


Fig. 1.- Diagrama Th vs. salinidad para las inclusiones fluidas tipo 1.1 en filoncillos de cuarzo y albititas y las inclusiones fluidas tipo 1.2 y 1.3 en los filoncillos de cuarzo.

Fig.1.- Temperature of homogenization vs. salinity for fluid inclusions of type 1.1 in quartz veins and albitites and type 1.2 and 1.3 fluid inclusions in quartz veins.

ción de fluidos de temperaturas y salinidades progresivamente menores que evolucionan, al igual que los anteriores, hacia temperaturas más bajas y salinidades en descenso (caso de los fluidos de tipo 1.2) o bien casi constantes (fluidos de tipo 1.3).

Los datos P-T-X obtenidos sugieren un modelo de evolución hidrotermal consistente en la mezcla de aguas salinas calientes con un fluido meteórico frío y de baja salinidad en episodios discretos sucesivos y en un contexto de temperatura regional en descenso. Las aguas calientes, inicialmente magmáticas (alta salinidad), y generadoras de las albititas, irían haciéndose progresivamente más frías y meteóricas en la medida en la que las temperaturas regionales descendían y se producía el colapso del sistema hidrotermal magmático con recarga progresiva lateral de aguas meteóricas, contexto en el que tendría lugar la formación de las venas de cuarzo. El carácter discreto de estos episodios apunta hacia procesos de hidrofracturación recurrente, probablemente en el contexto de un campo de esfuerzos regional anisótropo, como sugiere la orientación preferente sistemática de las venas de cuarzo. Por lo que respecta a la presión de los fluidos, ésta debió de ser al principio próxima a la litostática (400bar,

equivalentes a 1.5km de profundidad), evolucionando en cada ciclo de fracturación-invasión de fluidos hacia valores más próximos a condiciones hidrostáticas (50-150bar en la etapa 1.3 equivalentes a 0.5-1.5km de profundidad).

Las venas de cuarzo dentro de los leucogranitos de Burguillos del Cerro presentan bastantes puntos de semejanza con las de otras regiones del noroeste basamento hercínico peninsular. Destacamos el carácter peraluminico de los granitoides huésped, la presencia de fluidos carbónicos (muy reducidos en nuestro caso), una dilución progresiva de la salinidad de los fluidos acompañada por la invasión de aguas meteóricas y la existencia de anomalías de Au (también presentes en Burguillos del Cerro), ligadas, probablemente, a las etapas más tardías y oxidantes de la alteración (Boiron *et al.*, 1996).

**Agradecimientos**

Esta publicación ha sido financiada por el Proyecto de la CICYT (I+D) númeroAMB92-0918 - C02 - 01 «Oro y Tierras Raras en los Skarns del eje Barcarota - Cala. Modelo metalogénico y de exploración».

**Referencias**

Ayora, C.; Guilhaumou, N.; Touray, J.C. and Melgarejo, J.C. (1987). Bull. Mineral. 110, p 603-611.  
 Bachiller, N.; Galindo, C.; Darbyshire, F. and Casquet, C. (1995). Bol. Soc. Esp. Mineral. 18-2, p 80.  
 Bodnar, R.J. and Vitik, M.O. (1994). In: Fluid Inclusions in Minerals: Methodes and Applications. Ed: B. De Vivo and M.L. Frezzotti.  
 Boiron, M.C.; Cathelineau, M.; Banks, D.A.; Yardley, B.W.D.; Noronha, F. and Miller, M. F. (1996). *Geochim. Cosmochim. Acta* 60-1, p 43-57.  
 Cathelineau, M.; Maringnac, C.; Dubessy, J.; Poty, B.; Weisbrod, A.; Ramboz, C. and Leroy, J. (1988). *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* 43-2, p263-274.  
 Davis, D.W.; Lowenstein, T.K. and Spencer, J. (1990). *Geochim. Cosmochim. Acta* 54, p591-601.  
 Grant, J.L. (1986). *Econ. Geol.* 81, p1976-1982