

Conclusiones

La tipología del depósito de Rubiales es muy poco frecuente dentro de los yacimientos de Pb-Zn, teniendo un carácter prácticamente único la presencia de un intenso y extenso reemplazamiento de una serie calcárea como consecuencia de un proceso de segregación tectónica en una zona de cizalla. Depósitos con un control estructural comparable serían: el distrito

de «Coeur d'Alene» (Idaho, EE.UU.), el distrito de «Cobar» (New South Wales, Australia), y el campo filoniano de Hoyo de Mestanza (Ciudad Real, España).

De acuerdo con lo expuesto en este trabajo, el yacimiento de Rubiales se podría clasificar como un depósito hidrotermal de segregación tectónica en una zona de cizalla, que en relación con la Orogenia Hercílica sería pre-fase 3 a sin-fase 3.

Referencias

Arias, D. (1988): *La caracterización geoquímica y mineralógica del yacimiento de Pb-Zn de Rubiales (Lugo, España)*. Tesis Doctoral, Univ. Oviedo, 246 p.
 Martínez Catalán, J. R. (1981): *Estratigrafía y estructura del Domo de Lugo (sector Oeste de la zona asturoccidental-leonesa)*. Tesis Doctoral, Univ. Salamanca, 291 p.
 Ramsay, J. G. (1980): *J. Struc. Geol.*, 2, 83-99.

Fraccionación de los elementos traza durante la fusión parcial incongruente de metapelitas

R. Benito García (*), J. López Ruiz (*).

(*) Museo Nac. Ciencias Naturales, C.S.I.C. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

ABSTRACT

During anatexis of metapelites, the trace element fractionation can't be modelled by the mathematical expressions derived by Shaw (1970). In this case, the equations of Hanson (1978) should be used, when the mineralogy of residual solid is known, or the expressions obtained by Hertogen and Gijbels (1976), when the composition of the initial solid is known.

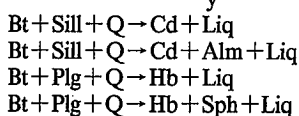
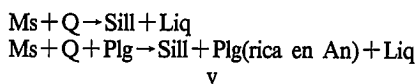
In this paper, the mathematical expressions presented by these last authors to treat incongruent melting processes, are extended to a more general case when the breakdown of one phase (α) takes the form $\alpha + \beta + \gamma = \delta + \epsilon + \text{Liq}$.

Key words: *anatexis, incongruent melting, trace element, metapelites.*

Geogaceta, 6 (1989), 12-14.

Introducción

Los datos experimentales (p. ej. Winkler, 1979) indican, y los complejos migmatíticos (p. ej. Brown, 1979; Martín, 1980; Torres-Roldán, 1983) confirman, que en la fusión parcial de metapelitas, el líquido inicial está constituido por cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico. En estadios más avanzados, moscovita y biotita empiezan a intervenir en el proceso mediante reacciones del tipo:



Por el contrario, cordierita, granate, distena y los minerales opacos participan en pequeña proporción en la fusión y/o se forman en algunas reac-

ciones, por lo que el residuo que resulta está formado, fundamentalmente, por estos minerales.

En los procesos de fusión en los que una de las fases del sistema reacciona y funde incongruentemente y/o alguna(s) desaparece(n), el comportamiento de los elementos traza no puede modelarse utilizando las clásicas ecuaciones de Shaw (1970). En estos casos, si se conoce la composición mineralógica y química del residuo, puede recurrirse a las expresiones (*):

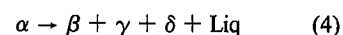
$$C_L^i = \frac{C_o^i}{D_{rs}^i + F[1 - D_{rs}^i]} \quad (1) \quad C_L^i = \frac{C_{rs}^i}{D_{rs}^i} \quad (2)$$

propuestas por Hanson (1978), y si se conoce la composición del material originario, a la ecuación de Hertogen y Gijbels (1976):

$$\frac{C_L^i}{C_o^i} = \frac{1}{D_{o,n}^i + F[1 - P_{L,n}^i] + F_{n-1}[P_{L,n}^i - D_{o,n}^i]} \quad (3)$$

en la que, en el caso de la fusión incongruente, hay que sustituir P_L^i por Q_L^i (**).

Estos últimos autores establecieron las ecuaciones de balance de masas para el caso particular en el que la fase incongruente (α) funde según una reacción del tipo:



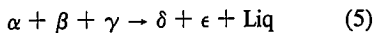
Sin embargo, como se ha expuesto más arriba, minerales tan abundantes como moscovita y biotita reaccionan y funden incongruentemente según reacciones más complejas que la (4).

En este trabajo se modifican las ecuaciones propuestas por Hertogen y Gijbels (1976) para la fusión incon-

(*) La definición de los símbolos empleados en las distintas ecuaciones se encuentra en el Apéndice.

(**) La expresión de este parámetro se expone más adelante.

gruente, extendiéndolas al caso más general en el que la reacción y fusión de la fase α sea del tipo:



Esta modificación permite estudiar la fraccionación que sufren los elementos traza en los líquidos graníticos generados durante la fusión parcial de rocas metapelíticas.

Ecuaciones que gobiernan la composición mineralógica del sólido durante el proceso de fusión incongruente

En un sistema multicomponente, en el que unas fases funden congruente y otras reaccionan y funden incongruente según reacciones como la (5), la ecuación de balance de masas es:

$$X^m W^s = X_o^m W_o - Lq^m - S \frac{P_A^m}{\sum_m P_A^m} + S \frac{t^m}{1-t^m} \quad (6)$$

siendo

$$q^m = \frac{P_A^m t^m + P_B^m}{1 - [1-t^m] \sum_m P_A^m} \quad (7) \quad \text{y} \quad S = L \frac{[1-t^m] \sum_m P_A^m}{1 - [1-t^m] \sum_m P_A^m} \quad (8)$$

Si se sustituyen estas dos últimas expresiones en la ecuación (6) y se tiene en cuenta que $L/W_o = F$ y $W^s/W_o = (1-F)$, se llega a la expresión general:

$$X^m (1-F) = X_o^m - \frac{P_A^m + P_B^m - t^m \sum_m P_A^m}{1 - [1-t^m] \sum_m P_A^m} F \quad (9)$$

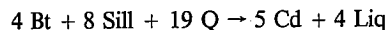
A partir de esta expresión se calcula la tasa máxima de fusión de cada fase y la proporción en la que se encuentran éstas en el sistema, después de cada etapa de fusión.

Para el cálculo de los valores de X^m debe tenerse en cuenta que el conjunto de fases que no se forman en la reacción incongruente, tienen un $t^m=0$. Además, dentro de este grupo, las fases que sólo participan en el proceso a través de la reacción, tendrán un $p_B^m=0$; las que funden congruente y no participan en la reacción les corresponderá un $p_A^m=0$, y las que no intervienen en la fusión tendrán un $p_A^m=p_B^m=0$.

Para el grupo de fases formadas en la reacción, $t^m \neq 0$ y $p_A^m=0$, si bien aquellas que son nuevas en el sistema y no intervienen en la fusión tendrán además un $X_o^m=p_B^m=0$.

Variación de la mineralogía y de la relación C_L/C_o durante la anatexia de gneises biotítico-granatífero-sillimaníticos

Para ilustrar lo expuesto en los apartados precedentes, se ha calculado la variación mineralógica y de la relación C_L/C_o , que sufriría un hipotético gneis de elevado grado metamórfico, durante un proceso de fusión en el que unas fases funden congruente y otras incongruente. Se ha supuesto que el proceso comienza con la fusión congruente de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico, y termina con la fusión incongruente de la biotita, según la reacción:



Durante la primera etapa, la relación C_L/C_o se ha calculado mediante la expresión (15) de Shaw (1970). Para las otras dos etapas se ha utilizado la ecuación (3), si bien en la tercera etapa se ha sustituido el parámetro P_L^i por el Q_L^i . El valor de este último parámetro viene definido por la expresión:

$$Q_L^i = \frac{P_L^i - (\sum_m P_A^m) (\sum_m t^m K_m^i)}{1 - (1-t^i) \sum_m P_A^m} \quad (10)$$

A su vez, la proporción de las distintas fases, al finalizar cada una de las etapas, se ha calculado mediante la ecuación (9). Los resultados obtenidos están recogidos en la Tabla 1. Los coeficientes de reparto utilizados son los que figuran en la Tabla 2.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación PB87-0372 «Variación de los elementos traza, de los isótopos de Sr-Nd-Pb-O y control tectónico en los procesos magmáticos y metalogénicos. Aplicación al volcanismo neógeno-cuaternalario y yacimientos asociados de la península ibérica», financiado por la Dirección General de Investigación Científica y Técnica.

Referencias

Brown, M. (1979): *Neues. Jb. Miner. Abh.*, 135, 48-74.
 Hanson, G. N. (1978): *Earth Planet. Sci. Letters*, 38, 26-43.
 Hertogen, J. y Gijbels, R. (1976): *Geochim. Cosmoch. Acta*, 40, 313-322.

Tabla 1.—Variación de la mineralogía y de la relación C_L/C_o durante la anatexia de un gneis biotítico-granatífero-sillimanítico

| | Q | Plg | Fto K | Alm | Bt | Sill | Cd | F | C_L/C_o | | | | | | | | | |
|-----------|-------|------|-------|-----|-----|------|------|-------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | | | | | | | | Rb | Sr | Zr | Ba | Ce | Th | Ni | Cr | V | |
| X_o | 40 | 20 | 2 | 5 | 23 | 10 | 0 | 0 | | | | | | | | | | |
| 1.ª etapa | p | 32 | 42 | 26 | 0 | 0 | 0 | 7,69 | 1,77 | 0,77 | 2,01 | 0,44 | 1,15 | 2,30 | 0,83 | 0,23 | 0,19 | |
| | X_1 | 40,7 | 18,2 | 0 | 5,4 | 24,9 | 10,8 | | | | | | | | | | | |
| 2.ª etapa | p | 32 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32,35 | 1,25 | 2,64 | 1,38 | 0,42 | 0,97 | 1,49 | 0,69 | 0,22 | 0,18 | |
| | X_2 | 43,8 | 0 | 0 | 7,4 | 34,0 | 14,8 | | | | | | | | | | | |
| 3.ª etapa | P_A | 27 | 0 | 0 | 0 | 43 | 30 | 41,69 | 1,56 | 2,13 | 1,37 | 0,80 | 0,95 | 0,97 | 0,84 | 0,42 | 0,37 | |
| | t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 | | | | | | | | | | | |
| | X_3 | 35,4 | 0 | 0 | 8,6 | 14,9 | 0 | | | | | | | | | | | |

Tabla 2.—Coeficientes de reparto

| | Q/Liq | P _{lg} /Liq | Fto K/Liq | Alm/Liq | Bi/Liq | Sill/Liq | Cd/Liq |
|----------|-------|----------------------|-----------|---------|--------|----------|--------|
| Rb | 0,01 | 0,08 | 0,8 | 0,008 | 2 | 0,1 | 0,2 |
| Sr | 0,001 | 7 | 4 | 0,015 | 0,18 | 0,13 | 0,15 |
| Zr | 0,01 | 0,1 | 0,03 | 0,5 | 1,5 | 0,3 | 0,64 |
| Ba | 0,01 | 0,63 | 16 | 0,017 | 9 | 0,04 | 0,2 |
| Ce | 0,01 | 0,5 | 0,08 | 0,35 | 3 | 0,01 | 1,5 |
| Th | 0,01 | 0,05 | 0,1 | 0,01 | 1,5 | 0,01 | 2 |
| Ni | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,22 | 4,6 | 0,5 | 1,5 |
| Cr | 0,125 | 0,125 | 0,03 | 0,22 | 15 | 7 | 2,5 |
| V | 0,008 | 0,008 | 0,05 | 8 | 20 | 2 | 0,7 |

Martin, H. (1980): *Can. J. Earth. Sci.*, 17, 927-941.

Shaw, D. M. (1970): *Geochim. Cosmoch. Acta*, 34, 237-243.

Torres-Roldán, R. L. (1983): *Tectonophysics*, 96, 95-123.

Winkler, H. G. F. (1979): *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 5.^a edición. Springer-Verlag, New York, 348 págs.

Recibido el 9 de febrero de 1989
Aceptado el 15 de febrero de 1989

Apéndice

Definición de los símbolos empleados en las ecuaciones:

C_L^i = concentración del elemento i en el líquido generado por la fusión.

C_o^i = concentración del elemento i en el material originario.

D_{RS}^i = coeficiente de partición global del elemento i en el residuo.

F = grado de fusión.

C_{RS}^i = concentración del elemento i en el residuo.

$D_{o,n}^i$ = coeficiente de partición global del

elemento i en el sólido inicial, en la etapa n de la fusión.

$P_{L,n}^i$ = coeficiente de partición global del elemento i en el líquido, en la etapa n de la fusión.

F_{n-1} = grado de fusión al que se ha llegado en la etapa anterior a la etapa n.

X^m = fracción másica de la fase m en el residuo.

X_o^m = fracción másica de la fase m en el material originario.

W^s = masa del residuo.

W_o = masa del material originario.

L = masa del líquido generado por la fusión.

q^m = contribución de la fase m al líquido.

S = cantidad de sólido originado en la reacción incongruente.

p_A^m = proporción en la que la fase m interviene en la reacción incongruente.

p_B^m = proporción en la que la fase m funde congruentemente.

t^l = proporción en que el líquido se produce en la reacción.

t^m = proporción en que la fase m se forma en la reacción.

K_m^i = coeficiente de reparto del elemento i para la fase m.

Consideraciones sobre algunas anomalías hidrogeoquímicas existentes en la unidad Balerma-Las Marinas (Campo de Dalías, Almería)

A. Pulido Bosch (*), F. Navarrete López-Cózar (*), J. L. Martínez Vidal (***), A. Macías Caba (*), L. Molina Sánchez.

(*) Departamento de Geodinámica e IAGM, Universidad de Granada-CSIC. 18071 Granada.

(**) Departamento de Geodinámica e IAGM, Universidad de Granada-CSIC. C.U. Almería.

(***) Departamento de Química Analítica de la Universidad de Granada. C.U. Almería.

ABSTRACT

The waters saturating the Balerma-Las Marinas Unit, one of three that form the Campo de Dalías region, locally have high total salt contents whose probable origin is related to mixing with trapped salt waters within underlying sandy marls, as far as the occurrence of any present marine water intrusion processes can be excluded.

Key words: high chloride contents, trapped salt waters.

Geogaceta, 6 (1989), 14-16.

Introducción

Dentro del Campo de Dalías se diferencian tres unidades hidrogeológicas principales (fig. 1 a; Thauvin *et al.*, 1983; Domínguez *et al.*, 1988; Pulido Bosch *et al.*, 1988) una de las cuales está esencialmente constituida por las calcarenitas pliocenas, cuyo espesor llega a superar los 100 m.

Estas calcarenitas evolucionan en profundidad, de forma gradual, hacia margas grises que localmente alcanzan 700 m de potencia. Constituyen, por tanto, el muro del acuífero.

Hacia el Sur existen también intercalaciones de margas que pueden llegar a aislar esta formación del mar. Hacia el Norte las margas infrayacentes disminuyen considerablemente su

espesor, de manera que pueden acuñarse totalmente, quedando así las calcarenitas en contacto hidráulico con los materiales miocénicos y/o con los materiales carbonáticos del manto de Lújar (Gádor). En este último caso, las calcarenitas pliocenas forman parte de las otras dos unidades hidrogeológicas diferenciadas en el Campo, en las que las calizas y dolomías de Lújar cons-