

Estudio de Inclusiones Fluidas en el Skarn de Scheelita de Los Santos (Salamanca, NO España)

/ SUSANA M^a TIMÓN SÁNCHEZ (*), M^a CANDELAS MORO BENITO

Cristalografía y Mineralogía. Dpto. Geología. Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de Los Caídos s/n, 37008, Salamanca (España)

INTRODUCCIÓN.

El skarn de scheelita de Los Santos está situado a 50 km al sur de Salamanca (NO España), en los términos municipales de Los Santos-Fuenterroble de Salvatierra. Geológicamente se localiza dentro de la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico en el Dominio del Complejo Esquisto-Grauváquico (CEG) (Fig.1). Es el mayor skarn de scheelita de la Península Ibérica con unas reservas geológicas aproximadas de 2,5 Mt y una ley media en WO₃ del 0,58 % (Crespo *et al.*, 2000). Actualmente, Daytal Resources Spain S.L. está explotando el depósito (<http://www.heemskirk.com>).

En este trabajo se presenta un resumen del estudio microtermométrico y de microsonda Raman realizado en más de 310 inclusiones fluidas, en minerales del pre-skarn y de los distintos estadios diferenciados en el desarrollo del skarn mineralizado, definiendo la naturaleza de los fluidos y su evolución termodinámica.

EL SKARN DE SCHEELITA.

El skarn de scheelita de Los Santos se desarrolla en un retazo de las Formaciones Calizas y Areniscas de Tamames, del Cámbrico Inferior, en contacto con las granodioritas-monzogranitos y granitos variscos del área de La Alberca-Béjar. En el desarrollo de este skarn cálcico, mesozonal y reducido de wolframio, se reconocen dos estadios principales: un skarn progrado y uno retrógrado que reemplaza tanto al exo- como al endoskarn. La asociación mineral del exoskarn progrado, constituida por Hd₈₁₋₈₇-Grs₅₃₋₇₃(I)-Sch(I)±Aln, se superpone a una columna metasomática previa formada en parte por mármoles cálcicos con Di₈₅₋₉₄-Grs₈₄₋₈₈-Ves-Wo (pre-skarn); y la del endoskarn progrado, formada por

Hd₄₁₋₇₉-An₇₆₋₈₈-Qtz(I), reemplaza a un granito biotítico de grano fino. La retrogradación del skarn puede dividirse en dos subestadios: en el exoskarn, el primero está definido por Grs₄₁(II)-Hd₅₃₋₇₉-Ves-An-Zo-Ttn-Ap-Fact-Qtz(I) ±Sch(II)±sulfuros y el segundo por Czo-Qtz(II)-Cal-Prh-Chl-Ms-Fl±Sfs de Bi-Te-Ag±Ag₄₂; en el endoskarn, precipitan An₉₃₋₉₆-Zo-Ttn-Ap-Hbl-Phl-Qtz(II)-Sch(II)±sulfuros y por último, Czo-Cal-Qtz(III)-Chl-Ms-Zeo (Timón, 2008).

TIPOS DE INCLUSIONES FLUIDAS.

En función del número y tipo de fases, líquido (L), vapor (V) y sólido (S), presentes a temperatura ambiente, se han diferenciado cuatro tipos de inclusiones fluidas.

Tipo 1. Multifásicas (L+V+S; S=sal). Aparecen en la Wo del pre-skarn. El fluido atrapado en estas inclusiones se asemeja al sistema H₂O - (± CO₂) - (± NaCl ± CaCl₂ ± MgCl₂) siendo fundamentalmente acuoso, con X_{H₂O} entre 0,72 y 0,95, X_{CO₂} entre 0 y 0,16 y X_{NaCl} entre 0,04 y 0,07. La homogeneización total ocurre entre 473 y 519°C a líquido. La salinidad estimada oscila entre 13,3 y 19,7 % eq. peso NaCl y la densidad entre 0,86 y 0,98 g/cm³.

Tipo 2. Trifásicas (L+V+S; S=sal). Estas inclusiones aparecen en el Qtz(II) del endoskarn. Representan un fluido acuoso-salino saturado, con 34,76% eq. peso NaCl. La disolución de la sal ocurre entre 249 y 254°C y la homogeneización total entre 397 y 405°C a líquido.

Tipo 3. Bifásicas (L+V, con V>L). En ellas se han diferenciado dos subtipos. El subtipo 3A, que aparece en los cristales de Grs₄₁(II), Qtz(I), Hd₅₃₋₇₉ y Sch(II) del exoskarn. Son inclusiones de H₂O - CO₂ (± CH₄) - (± NaCl ± CaCl₂ ± MgCl₂), con X_{H₂O} = 0,93, X_{CO₂} = 0,036, X_{CH₄} = 0,013 y X_{NaCl} = 0,02. La homogeneización total,

a líquido, sucede entre 259 y 507°C; la salinidad varía entre 0,53 y 13,62% eq. peso NaCl; y la densidad se sitúa en 0,64 g/cm³. Y el subtipo 3B que aparece en la Sch(II) del exoskarn y en la Hbl y el Qtz(II) del endoskarn. Son inclusiones de H₂O-CH₄-(±N₂±C₃H₈), con X_{H₂O} variando entre 0,87 y 0,99; X_{CH₄} entre 0,124 y 0,087; X_{N₂} oscila entre 0,006 y 0,008 y X_{C₃H₈} entre 0,0009 y 0,001. Su densidad se sitúa en torno a 0,44 g/cm³. La homogeneización total sucede entre 382 y 510°C, a vapor y a líquido.

Tipo 4. Bifásicas (L+V, con L>V). Aparecen en la Chl, Prh, Fl, Qtz(II) y Czo del exoskarn. Son inclusiones acuososalinas, con una X_{H₂O} y una X_{NaCl} en torno a 0,98 y a 0,02 respectivamente. La homogeneización total ocurre entre 125 y 280 °C. Se ha estimado una salinidad cuya media se sitúa en 4,65 (% eq. peso NaCl) y una densidad de 0,87 g/cm³.

Considerando la composición y densidad de los distintos tipos de inclusiones fluidas definidos se han determinado las isocoras para cada uno de ellos. El software utilizado para ello está disponible en el sitio de Ronald Bakker dentro de la página web de la Universidad de Leoben (Austria): <http://www.unileoben.ac.at/~buero62/minpet/Bakker/Ronald.html>.

NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE LOS FLUIDOS.

El estudio de las inclusiones fluidas permite discutir algunos aspectos referentes al origen y a la evolución termodinámica de los fluidos hidrotermales relacionados con la formación y desarrollo del skarn. Así, el CO₂ del fluido acuoso carbónico que registran las inclusiones de tipo 1 podría haberse originado durante las reacciones de desvolatilización producidas durante el metamorfismo de

palabras clave: Inclusiones fluidas, Skarn de scheelita, Los Santos, Salamanca

key words: Fluid inclusions, Scheelite-bearing skarn, Los Santos, Salamanca

contacto de los metasedimentos encajantes. Además, el contenido en CaCl_2 que registran las inclusiones de la Wo es un rasgo típico de los fluidos precoces en el desarrollo de los skarns y que se debe a la disolución de los carbonatos (Kwak, 1986). Por otro lado, es necesario considerar que el fluido acuoso carbónico de las mismas inclusiones podría derivar de la exsolución de volátiles de las rocas graníticas, hipótesis que cobra fuerza al considerar la concentración de HF estimada para el fluido relacionado con el pre-skarn de Los Santos, que presenta valores coherentes con fluidos de origen magmático o bien con fluidos hidrotermales equilibrados con un granito (Timón y Moro, 2007). La ausencia de sólidos de composición salina parece ser característica de las wollastonitas que crecen en la aureola del metamorfismo de contacto (Fernández Caliani et al., 1996). Teniendo en cuenta que la P del metamorfismo de contacto en la zona de estudio se sitúa entre 2 y 2,5 kb (Timón et al., 2007), las isocoras de la Wo se han limitado para esa P obteniéndose una T máxima entre 600 y 640 °C (Fig.1).

Respecto al estudio de las inclusiones fluidas de la Hd_{81-87} , Gr_{953-73} (I) o Sch (I) del skarn progrado destacar que no se ha podido realizar debido al pequeño tamaño que presentaban, por lo que el fluido implicado en el desarrollo de este skarn no se ha definido. No obstante, el fluido relacionado con dicho estadio podría tener una fase gaseosa perteneciente al sistema C-H-O debido a la transición observada desde el fluido con $\text{H}_2\text{O}(\pm\text{CO}_2)$ del pre-skarn (tipo 1), al fluido del primer estadio de la retrogradación constituido por $\text{H}_2\text{O} - (\text{CO}_2 \pm \text{CH}_4 \pm \text{N}_2 \pm \text{C}_3\text{H}_8)$ (tipo 3). La presencia de estos gases durante la retrogradación podría deberse a reacciones de desequilibrio, como: $2\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$, entre el grafito presente en las pizarras negras laminadas del CEG (Ozclon y Díez Balda, 1992) y el fluido hidrotermal.

Por otra parte, las inclusiones fluidas del subtipo 3B revelan la existencia de homogeneizaciones a V y a L en el mismo cristal, en el intervalo de temperaturas comprendido entre 439 y 410°C lo que indicaría la existencia de un proceso de ebullición en el momento de su atrape. Por lo tanto, las correcciones en la presión para la temperatura de homogeneización no

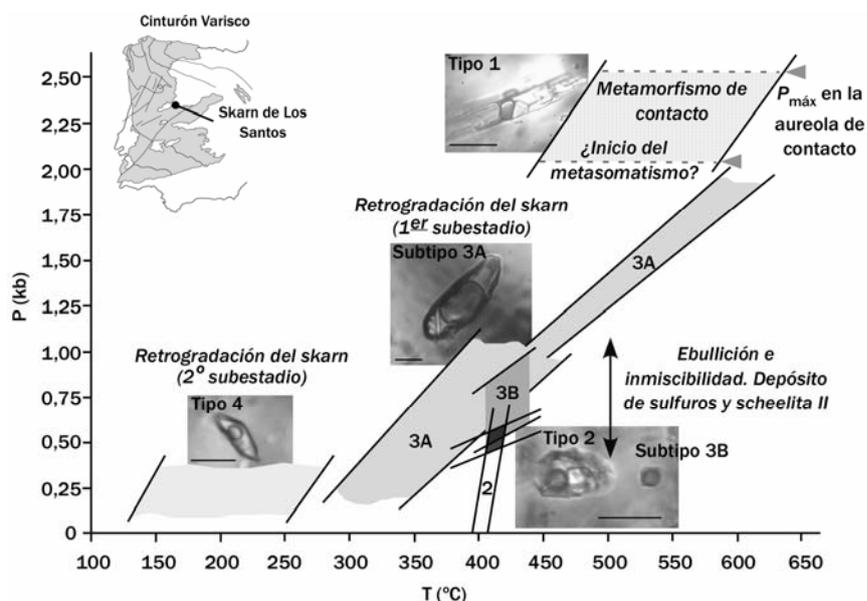


fig 1. Diagrama P-T con las isocoras de los tipos de inclusiones fluidas y su relación con los distintos estadios de desarrollo del skarn. Escala imágenes: barra=15µm. Se incluye un esquema con la situación del skarn de scheelita de Los Santos en la Zona Centroibérica del Cinturón Varisco.

son necesarias obteniéndose valores entre 1 y 0,5 kb (Fig.1). Además, la coexistencia de inclusiones fluidas radicalmente distintas: hipersalinas (tipo 2) y acuoso carbónicas con CH_4 , C_3H_8 y N_2 (subtipo 3B), indicaría la existencia de fenómenos de desmezcla. Así, el proceso de ebullición podría haber desencadenado la inmiscibilidad del fluido mineralizador. Las isocoras construidas a partir de ambos tipos de inclusiones interceptan definiendo un campo P-T cuyos límites están comprendidos entre 0,60 y 0,42 kb y 420 y 405°C. Probablemente sean estas las condiciones de atrape de los fluidos en el momento en el que se produce la inmiscibilidad. Dentro de dicho campo también se sitúan las isocoras de las inclusiones 3B del Qzt (II) que acompaña a la Sch (II) y a los sulfuros, coincidiendo en unas condiciones P-T que se sitúan entre 0,51 y 0,42 kb y 415 y 405°C.

Finalmente, el segundo subestadio de la retrogradación del skarn se caracteriza por la presencia de un fluido acuoso-salino definido por las inclusiones fluidas de tipo 4. El límite superior de las isocoras calculadas para el rango de densidades de estas inclusiones se ha acotado en 0,42 kb y por debajo de los 300°C (Fig.1).

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido financiado por la Comunidad Autónoma de Castilla y León

(Proyecto de Investigación Ref. SA015A06).

REFERENCIAS.

- Crespo, J.L., Rodríguez, P., Moro, M.C., Conde, C., Fernández, A., Rodríguez, I. (2000): El yacimiento de scheelita de Los Santos (Salamanca). *Geotemas*, **1**, 25-28.
- Fernández Caliani, J.C., Casquet, C., Galán, E. (1996): Complex multiphase fluid inclusions in wollastonite from the Mérida contact-metamorphic deposit, Spain: evidence for rock/HCl-rich fluid interaction. *Eur. J. Mineral.*, **8**, 1015-1026.
- Kwak, T.A.P. (1986): Fluid inclusions in skarns (carbonate replacement deposits). *Jour. Metamorphic Geology*, **4**, 363-384.
- Ozclon, M.S. y Díez Balda, M.A. (1992): Contourites in laminated black shales facies of the Aldeatejada Formation (Precambrian/Cambrian boundary range, province of Salamanca, western Spain). *Rev. Soc. Geol. España*, **5**, 167-176.
- Timón, S.M. (2008): El skarn de scheelita de Los Santos (Salamanca). *Química mineral, inclusiones fluidas e isótopos estables*. Ed. Universidad de Salamanca, I.S.B.N.: 978-84-7481-471-2, 396 p.
- Timón, S.M., Moro, M.C., Cembranos, M.L., Fernández, A., Crespo, J.L. (2007): Contact metamorphism in the Los Santos W skarn (NW Spain). *Mineral. Petrol.*, **90**, 109-140.
- Timón, S.M. y Moro, M.C. (2007): Fluorine concentration in fluids related to the Los Santos scheelite skarn deposit (NW Spain). *Digging Deeper, C.J. Andrew et al., (eds.), Proceedings of the Ninth Biennial SGA Meeting*, **1**, 443-446.