

Isótopos Estables (O, H) en los Depósitos de Wolframio de Los Santos-El Cabaco (Salamanca)

/ SUSANA M^a TIMÓN-SÁNCHEZ (1*), AGUSTINA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ (2), M^a CANDELAS MORO BENITO (2)

(1) Dpto. Investigación en Recursos Geológicos. Instituto Geológico y Minero de España. C/ Azafranal, 48, 1^oA. 37001 Salamanca (España)
(2) Dpto. Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Pl. de los Caídos s/n. 37008 Salamanca (España)

INTRODUCCIÓN

Algunas de las mineralizaciones hidrotermales de wolframio más importantes de la Península Ibérica, están asociadas a las rocas graníticas peralumínicas de edad varisca de la Zona Centro Ibérica. Concretamente, las que se encuentran en el Sistema Central, en el Dominio del Complejo Esquistograuváquico (CEG). El skarn de scheelita de Los Santos y las venas de cuarzo con sulfuros, scheelita y oro de El Cabaco, ambos en el sur de Salamanca (España), constituyen un buen ejemplo de ello. A pesar de la importancia económica de este tipo de mineralizaciones, hay pocos estudios orientados a la caracterización de la actividad hidrotermal en este sector del Sistema Central.

En este trabajo, se discuten los datos de isótopos estables junto con los petrologógicos, mineralógicos, químicos y de inclusiones fluidas de estas mineralizaciones, con el objetivo de conocer si forman parte del mismo sistema hidrotermal enriquecido en W.

$\delta^{18}\text{O}$ y δD DE LOS SILICATOS Y DE LOS FLUIDOS EN EQUILIBRIO

Para caracterizar la composición isotópica de los fluidos relacionados con estas mineralizaciones, se han comparado los datos de isótopos estables de O e H de los silicatos hidratados del skarn de Los Santos (Timón et al., 2009) y los de las venas de cuarzo mineralizadas de El Cabaco (Antona et al., 1994). Los primeros corresponden a la vesuvianita de los mármoles cálcicos (pre-skarn), a la flogopita, magnesiohornblenda, ferroactinolita y vesuvianita del primer estadio de la retrogradación del skarn, y por último, a la clinozoisita y a la prehnita del segundo estadio de la retrogradación del mismo. Los valores isotópicos de El Cabaco pertenecen a las moscovitas

desarrolladas en las zonas de alteración de tipo greisen.

Para calcular la composición isotópica del oxígeno y del hidrogeno del fluido en equilibrio con cada uno de los minerales, se han utilizado los factores de fraccionamiento propuestos por Suzuoki & Epstein (1976) y Zheng (1993). Las temperaturas a las que se han realizado los cálculos se han tomado de un estudio previo físico-químico del skarn (Timón et al., 2009). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

DISCUSIÓN

En el diagrama $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ (Fig. 1) se muestran las similitudes entre las firmas isotópicas de los fluidos en ambos distritos. Explicar la naturaleza del fluido en equilibrio con la vesuvianita del pre-skarn no resulta fácil puesto que proyecta fuera de los campos definidos para las aguas magmáticas, las metamórficas o para el agua atrapada en los intersticios de los sedimentos. Sin embargo, debido a la combinación de una composición isotópica tan empobrecida en δD con un valor $\delta^{18}\text{O}$ pesado, es posible excluir la entrada de fluidos marinos o de aguas meteóricas.

Existe coincidencia entre los valores isotópicos de los fluidos en equilibrio con las moscovitas del greisen de las mineralizaciones de El Cabaco y los del primer estadio de la retrogradación del skarn de Los Santos. Dichos valores, que se sitúan en el solape entre los campos de las aguas magmáticas y las metamórficas, podrían interpretarse como la interacción entre fluidos magmáticos y las rocas metamórficas.

Los valores δD son coherentes con una procedencia metamórfica, de hecho, las pizarras encajantes del CEG muestran una composición similar, entre 9,3 y 13,8‰ (Recio et al., 1992), pero los

valores $\delta^{18}\text{O}$ del fluido también son compatibles con una fuente magmática. Al igual que en el caso del fluido en equilibrio con la vesuvianita del pre-skarn, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ pesados excluyen la entrada de fluidos marinos o de aguas meteóricas. Dada la composición isotópica del fluido en equilibrio con la prehnita y la clinozoisita, sí parece clara la participación de fluidos meteóricos, al menos, durante la fase más tardía de la retrogradación del skarn.

Además de la similitud en los valores $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ de los fluidos en equilibrio con los minerales, ambos tipos de depósito muestran otro tipo de semejanzas que llevan a confirmar que forman parte del mismo sistema hidrotermal: (1) encajan en las mismas rocas graníticas y metamórficas (López-Moro et al., 2007); (2) presentan mineralización de W-As-Au-S; (3) se observa una precipitación tardía de electrum y sulfosales asociada a procesos de carbonatización, cloritización y silicificación (López-Moro et al., 2007; Timón et al., 2009); y, por último, (4) existen semejanzas en cuanto a la naturaleza de los fluidos hidrotermales y los procesos asociados.

Antona et al. (1994) deducen la existencia de un fluido inicial de composición $\text{H}_2\text{O} \pm \text{CH}_4 \pm \text{CO}_2 \pm \text{N}_2$ que tiene su origen en la deshidratación/desgasificación de las rocas metamórficas a causa del emplazamiento granítico o por interacción entre fluidos metamórficos e hidrotermales. Y que ese fluido sufrió un proceso de inmiscibilidad a 485 °C a presiones menores a 1kb.

En el skarn de Los Santos también se reconoce un fluido magmático modificado por su interacción con el encajante metamórfico de una composición similar ($\text{H}_2\text{O} \pm \text{CH}_4 \pm \text{CO}_2 \pm$

palabras clave: isótopos estables O-H, wolframio, sistema hidrotermal

key words: O-H stable isotopes, tungsten, hydrothermal system

	Muestra	Mineral	% H ₂ O	δ ¹⁸ O _{MIN}	δD _{MIN}	δ ¹⁸ O _{FLUIDO}	δD _{FLUIDO}
LOS SANTOS (*)	Pre-skarn cálcico (T: 600°C)						
	1648	Ves	1,8	7,5	-86	11,3	-74
	Primer estadio de la retrogradación del skarn (T: 450°C)						
	Exoskarn						
	1657	Ves	1,9	6,6	-65	10,6	-36
	1644	Phl	4,7	6,9	-66	9,1	-29
	1644	Fac	1,6	9,3	-69	11,2	-27
	Endoskarn						
	G322	Mhb	2,0	9,0	-67	10,9	-24
	S61	Mhb	1,8	8,6	-80	10,6	-31
	2N1	Phl	4,6	4,0	-68	6,3	-35
	Segundo estadio de la retrogradación del skarn (T: 300°C)						
	LSC19	Czo	2,2	3,1	-38	3,5	-6
LSC19	Prh	4,2	3,4	-54	1,0	-10	
EL CABACO (**)	Greisen formado en las venas de Qz en contacto con el granito encajante		Ms			7,6	-37
			Ms			8,0	-45
			Ms			8,4	-66

Tabla 1. Isótopos estables de hidrógeno y oxígeno en silicatos (‰). Abreviaturas minerales en Fig. 1. (*): datos tomados de Timón et al. (2009); (**): datos tomados de Antona et al. (1994).

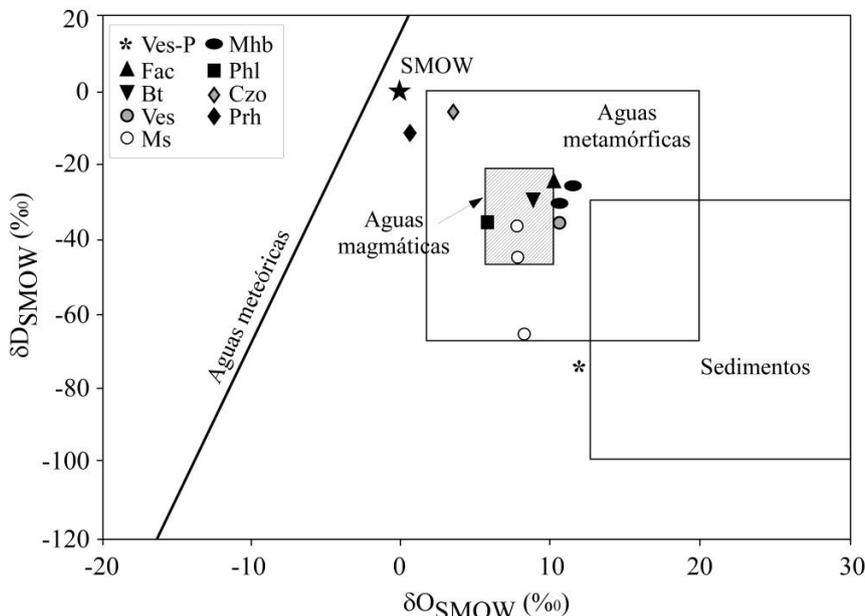


Fig. 1. Diagrama δD-δ¹⁸O en el que se han proyectado los valores de los fluidos en equilibrio con los minerales del skarn de Los Santos y la moscovita del greisen de El Cabaco. Datos de Los Santos: vesuvianita del pre-skarn (Ves-P); ferroactinolita (Fac), biotita (Bt) y vesuvianita (Ves) del primer estadio de la retrogradación del exoskarn; magnesiocornblenda (Mhb) y flogopita (Phl) del primer estadio de la retrogradación del endoskarn; y clinzoisita (Czo) y prehnita (Prh) del segundo estadio de la retrogradación del skarn. Datos de El Cabaco (círculos huecos): moscovita (Ms) del greisen de las venas de cuarzo mineralizadas. Como referencia han representado los límites aproximados de algunos tipos de fluidos acuosos de interés geológico (Sheppard, 1986; Hedenquist & Lowenstein, 1994). SMOW: Standard Mean Ocean Water.

N₂ ± C₃H₈ ± NaCl) y además se reconocen procesos de inmiscibilidad en el mismo rango de condiciones termodinámicas (Timón et al., 2009).

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Junta de Castilla y León la ayuda y colaboración mostrada para llevar a cabo el estudio de los sondeos mecánicos realizados en El Cabaco.

REFERENCIAS

Antona, J.F., Fallick, E., García, A. (1994): Source of fluids in the auriferous El Cabaco mineralized zone, Southern Salamanca. *Int. Geol. Rev.*, **36**, 687-702.

Hedenquist, J.W. & Lowenstein, J.B. (1994): The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. *Nature*, **370**, 519-527.

López-Moro, F.J., Moro, M.C., Timón, S.M., Cózar, J.S. (2007): Geochronology of gold deposits associated with Variscan granitoids in central west Iberia. In "Digging Deeper", C.J. Andrew et al, ed. SGA 9th Biennial Meeting, Dublin., **1**, 385-388.

Recio, C., Fallick, A.E., Ugidos, J.M. (1992): A stable isotopic (δ¹⁸O, δD) study of the late Hercynian granites and their host-rocks in the Central Iberian Massif (Spain). *Trans. Roy. Soc. Edin.*, **83**, 247-257.

Sheppard, S.M.F., (1986): Characterization and isotopic variations in natural waters. *Rev. Mineral.*, **16**, 165-185.

Suzuoki, T. & Epstein, S. (1976): Hydrogen isotope fractionation between OH-bearing and water. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **40**, 1229-1240.

Timón, S.M., Moro, M.C., Cembranos, M.L. (2009): Mineralogical and physicochemical evolution of the Los Santos scheelite skarn, Salamanca, NW Spain. *Econ. Geol.*, **104**, 961-995.

Zheng, Y.F. (1993): Calculation of oxygen isotope fractionation in hydroxyl-bearing silicates. *Earth Planet. Sci. Letters.*, **120**, 247-263.