

Composición de Arsenopiritas y Evolución de Fluidos en los Yacimientos Primarios de Oro del Antiforme del Teleno (León)

/ FERNANDO GÓMEZ FERNÁNDEZ (1), VIRGINIA SÁNCHEZ PÉREZ-CEJUELA (2, *), ELENA VINDEL CATENA (2), TOMÁS MARTÍN-CRESPO (3), EMILIO GONZÁLEZ-CLAVIJO (4), ROBERTO MATÍAS RODRÍGUEZ (5)

(1) Área de Prospección e Investigación Minera. Universidad de León. C/ Jesús Rubio 2. 24004, León (España)

(2) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Universidad Complutense. 28040, Madrid (España)

(3) Dpto. Biología y Geología. Universidad Rey Juan Carlos. 28933, Móstoles, Madrid (España)

(4) Instituto Geológico y Minero de España. C/Azafranal 48. 37001, Salamanca (España)

(5) Unión Minera del Norte. Santa Cruz del Sil. 24494, León (España)

INTRODUCCIÓN.

En el entorno del Antiforme del Teleno (León) se encuentran varios yacimientos de oro primario explotados en época romana, asociados a venas de cuarzo y a brechas de falla, encajados en los tramos superiores de la Cuarcita Americana. Entre ellos destaca el sistema filoniano de Llamas de Cabrera, estudiado por primera vez por Gómez Fernández et al. (2005), quienes sitúan el yacimiento en su contexto geológico y proponen un origen para el oro y metales asociados en relación con la lixiviación de las rocas encajantes y su concentración posterior en fracturas extensionales tras la primera fase de deformación Varisca. La secuencia paragenética presenta tres episodios primarios y uno supergénico: (1) Q-As: cuarzo lechoso (QI) junto con arsenopirita muy fracturada (ApyI), constituyen el relleno principal de los filones; (2) Q-As-Fe: brechificación, cristales de cuarzo transparentes (QII), perpendiculares a las paredes, y cristales rómbicos de arsenopirita (ApyII) intercrecida con pirita; (3) Au-Zn-Cu-Pb(Ag): precipitación de oro en huecos en arsenopirita y pirita, y la formación de minerales accesorios como esfalerita, tetraedrita, calcopirita, pirrotina y galena; (4) La etapa supergénica altera los minerales primarios, remplazados por escorodita, covellina y anglesita.

En el presente trabajo, se ha llevado a cabo la caracterización geoquímica de los fluidos mineralizadores y la variación composicional de la arsenopirita, para conocer la evolución del proceso hidrotermal

METODOLOGÍA.

Se han seleccionado muestras del

yacimiento de Llamas de Cabrera y de otros menores de la zona: Pombriego, Tabuyo del Monte, Pozos y Villalibre. Se han estudiado inclusiones fluidas en el cuarzo QII, puesto que en el cuarzo temprano QI no se han encontrado inclusiones adecuadas. Se ha utilizado una platina Linkam THMSG 600 (-196 a 600°C). Los análisis mediante microsonda Raman de la fase gaseosa de las inclusiones se han llevado a cabo en un espectrómetro multicanal Micro-Raman Jobin Yvon T64000 acoplado a un microscopio óptico Olympus BH-2 con un láser de Argon (514 nm). Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratori Raman Serveis Científico-Tècnics de la Universidad de Barcelona. El análisis composicional de la arsenopirita se ha efectuado mediante una microsonda electrónica JEOL Superprobe JXA 8900-M, en el CAI de Microscopía Electrónica de la Universidad Complutense de Madrid.

RESULTADOS E INTERPRETACION.

Estudio de Inclusiones Fluidas.

A partir de los resultados obtenidos mediante microtermometría y microsonda Raman se han distinguido dos tipos de inclusiones fluidas (Fig.1): (i) Inclusiones fluidas acuoso-carbónicas (H₂O-NaCl-CO₂-CH₄) y (ii) Inclusiones fluidas acuosas (H₂O-NaCl). Las inclusiones acuoso-carbónicas son trifásicas y se encuentran aisladas en Q II. La naturaleza del fluido acuoso-carbónico se ha determinado por la fusión del CO₂ (TfCO₂) entre -58.4 y -57°C (n=40), lo que indica la presencia de CO₂ prácticamente puro.

Esto se ha corroborado por los análisis de la fase volátil, en la que el CO₂ representa el (96-99 %mol) del total, siendo el CH₄ minoritario (1-4 %mol) (n=5).

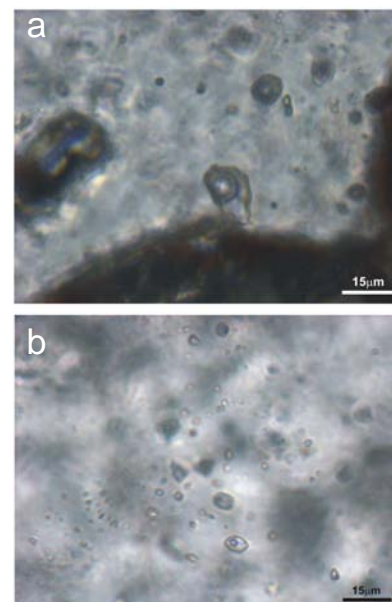


fig.1. a) Inclusiones tipo (I); b) Inclusiones tipo (II).

No se han detectado otras especies como N₂ o H₂S. La temperatura de homogenización (ThCO₂) de la fase carbónica se produce entre 20.3 y 29.3°C (n=40). Se han medido temperaturas de fusión de clatratos (TfClat) entre 7.8 y 9.3°C (n=37), que equivale a una salinidad entre 1.44 y 4.15 %eq. NaCl. La temperatura de homogenización total (TH) oscila entre 290 y 360°C (n=30).

El fluido acuoso está atrapado en inclusiones fluidas tardías respecto del cuarzo que las contiene, puesto que se alinean rellenando fracturas selladas. La temperatura eutéctica (Te) está en torno a -21°C, por lo que se trata de un fluido del sistema H₂O-NaCl. La temperatura final de fusión de hielo (Tfhielo) oscila entre -5.6/-1.8°C (n=19), lo que equivale a una salinidad de 3.1 - 8.7 %eq. NaCl. Se trata de un fluido poco a moderadamente salino. Presenta una temperatura de homogenización (130-

palabras clave: Oro, Inclusiones Fluidas, Geotermometría, Arsenopirita.

key words: Gold, Fluid Inclusions, Geothermometry, Arsenopyrite.

270°C) inferior a la del fluido acuoso-carbónico. La mayor temperatura del fluido acuoso-carbónico (Fig.2), y el carácter secundario del fluido acuoso, podría indicar que el primero es el más temprano de los dos. Según esta hipótesis el sistema hidrotermal habría evolucionado de un fluido de alta temperatura y baja salinidad a otro de baja T, mayor salinidad y sin volátiles.

Composición de las Arsenopiritas.

Los intervalos de porcentaje atómico de As obtenidos en arsenopirita I y II se muestran en la Tabla 1. Las temperaturas calculadas a partir del geotermómetro de Kretschmar y Scott (1976) oscilan entre 321-390°C. Este geotermómetro no está calibrado para temperaturas por debajo de 300° (muestra M-7). La Apy II muestra una ligera disminución de la temperatura estimada (320-350°C) respecto de la Apy I (350-390).

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos indican que el sistema hidrotermal en la zona mineralizada con oro de Llamas de Cabrera evolucionó desde fluidos acuoso-carbónicos, poco salinos, que circularon entre al menos 290-350°C, hasta fluidos de baja a moderada salinidad y baja temperatura, entre 130-270°C. Los dos primeros episodios mineralizadores (cuarzo, arsenopirita y piritita) estarían asociados a la circulación del fluido acuoso carbónico. La disminución del As en arsenopirita II coincide con la aparición de piritita, lo que indica una disminución de la fugacidad de S o de la temperatura durante la segunda etapa mineralizadora. Durante el tercer estadio se deposita el oro y otros metales, favorecido por la presencia de fluidos acuosos más tardíos. El modelo propuesto implica la circulación de fluidos calientes a favor de fracturas, posteriormente mezclados con fluidos más fríos. La baja temperatura y la ausencia de volátiles carbónicos sugieren la influencia de fluidos meteóricos en el proceso de dilución. Esta pauta coincide con el modelo establecido en otros yacimientos españoles y portugueses similares del Noroeste de la Península Ibérica (Boiron et al. 1996; Noronha et al. 2000). En estos estudios se constató que un contenido anómalo en Au de los metasedimentos Paleozoicos debió removilizarse en estadios de retro-metamorfismo y deformación frágil.

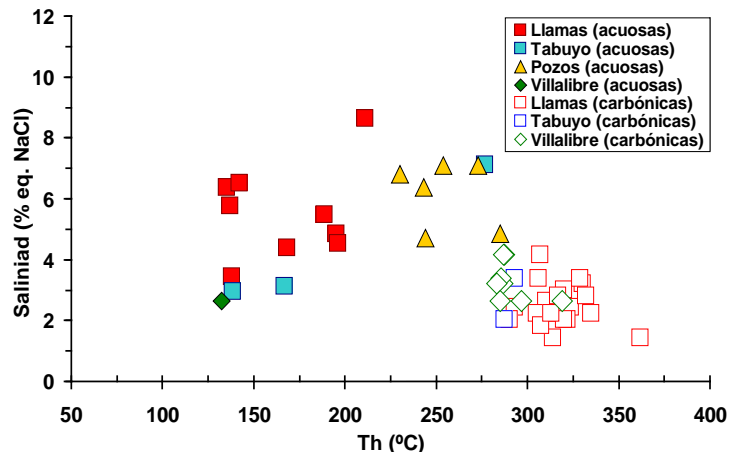


Fig.2. Gráfico Th-Salinidad de las inclusiones fluidas medidas.

Localidad	Muestra	% Atómico As			Temperatura estimada (°C)	Tipo de Apy	
		Media	S.D.*	Intervalo			
Tabuyo	40	30.73	0.31	30.51-30.95	2	385 ± 10	I
Llamas	13-2B	29.14	0.76	28.04-30.07	8	325 ± 25	I
Llamas	M-7	27.70	0.51	27.40-28.09	7	-	II
Llamas	M-8	28.37	0.83	27.31-29.42	11	310 ± 5	II
Llamas	13-2	28.64	0.85	28.13-29.80	21	320 ± 20	II
Llamas	VDC47 2	29.00	1.00	27.64-29.96	9	324 ± 25	II
Pozos	PZ-5(3)	28.33	1.07	27.67-30.03	20	325 ± 25	II
Pombriego	7G31E	28.57	1.14	27.00-29.93	10	325 ± 25	II

Tabla 1 % Atómico de As y temperaturas estimadas (según geotermómetro de Kretschmar & Scott, 1976) en arsenopiritas de distintas zonas mineralizadas.

*Desviación standard; ** Número de puntos de análisis de microsonda.

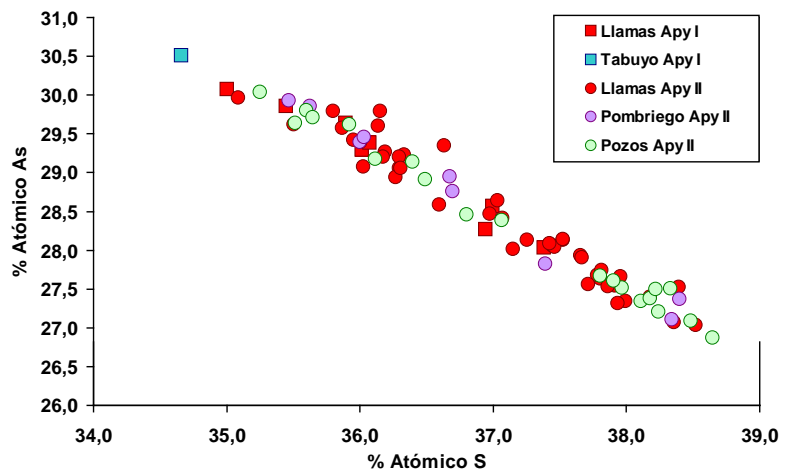


Fig.3. % Atómico de As versus % Atómico de S de los dos tipos de arsenopirita.

REFERENCIAS.

Boiron, M.C., Cathelineau, M., Banks, D., Yardley, B., Noronha, F., Miller, M.F. (1996): P-T-X conditions of late Hercynian fluid penetration and the origin of granite-hosted gold quartz veins in northwestern Iberia. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **60**, 43-57.
 Gómez Fernández, F., Matías, A.J., Cifuentes, J. (2005): Estudio preliminar de la mina de oro romana de Llamas de Cabrera (León,

NO de España). *Est. Geol.*, **61**, 111-119.
 Kretschmar, U., Scott, S.D. (1976): Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application. *Can. Mineral.*, **14**, 364-386.
 Noronha, F., Cathelineau, M., Boiron, M.C., Banks, D., Doria, A., Ribeiro, M., Nogueira, P., Guedes, A. (2000): A three stage fluid flow model for Variscan gold metallogenesis in northern Portugal. *J. Geochem. Explor.*, **71**, 209-224.