

# Primeros Datos de Inclusiones Fluidas e Isótopos de Azufre del Depósito VMS de Tizapa, México

/ LISARD TORRÓ (1,\*), PURA ALFONSO (1), EDUARDO GONZÁLEZ-PARTIDA (2), CARLES CANET (3), FERNÁNDO GÓMEZ-FERNÁNDEZ (4)

(1) Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de Catalunya. Av. De les Bases de Manresa 61-73, 08242 Manresa, Catalunya, España.

(2) Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Boulevard Juriquilla 3001, 76230 Santiago de Querétaro, Qro., México.

(3) Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México D.F., México.

(4) Dpto. Tecnología Minera, Topográfica y de Estructuras, Universidad de León, C/ Jesús Rubio, 2. 24004, Leon, España.

## INTRODUCCIÓN.

El yacimiento de Zn-Pb-Cu-Ag-Au de Tizapa se localiza en el suroeste de México, aproximadamente a unos 70 km al suroeste de la ciudad de Toluca (Fig. 1).



fig 1. Localización geográfica del yacimiento de Tizapa en México.

El yacimiento se encuentra dentro del Sub-Terreno de Teloloapan, una división tectono-estratigráfica del Terreno de Guerrero (Campa & Coney, 1983). Esta Subzona está compuesta por un complejo volcánico calco-alcálico y rocas sedimentarias clásticas suprayacentes a plataformas carbonatadas. El conjunto presenta una edad entre el Paleozoico Superior y el Cretácico (Monod et al., 1993). La zona mineralizada se localiza en el contacto entre las rocas meta-volcánicas intermedias a félsicas del Jurásico superior a Cretácico inferior del complejo volcánico de Teloloapan y las filitas carbonatadas y calizas del Cretácico medio de la Formación Amatapec (Lewis & Rhys, 2000).

La mineralización comprende diversos cuerpos de sulfuros masivos altamente deformados y que han sido clasificados como volcanógenicos de tipo Kuroko (Miranda-Gasca, 2000). Talavera-Mendoza et al. (2005) contextualizan su formación a un ambiente de arco insular

intra-oceánico durante el Hauteriviense-Aptiense.

A pesar de que este yacimiento es de gran interés económico, no existen hasta el momento estudios publicados de inclusiones fluidas e isótopos estables que contribuyan a establecer los mecanismos de su formación. En esta comunicación presentamos un estudio preliminar de inclusiones fluidas e isótopos de azufre de la mina de Tizapa para aportar luz a las condiciones de formación del yacimiento.

## INCLUSIONES FLUIDAS.

Se han estudiado inclusiones fluidas en cuarzo de los materiales en los que encaja la mineralización. La microtermometría se ha realizado mediante una platina Linkam TM 600. La composición de la fase vapor ha sido analizada mediante Microsonda Raman. Las inclusiones fluidas analizadas no presentaban en ningún caso señales de estrangulamiento.

Se han diferenciado tres tipos de inclusiones fluidas:

- Inclusiones fluidas acuosas-carbónicas, en las que domina la fase acuosa (Lw-(c)). La fase vapor es normalmente menor al 15% del volumen de la inclusión (Fig. 2). Son habitualmente pequeñas (entre 8 y 13  $\mu\text{m}$ ). Se han observado clatratos durante las medidas microtermométricas, con  $T_{m\text{cl}}$  de hasta 7.3  $^{\circ}\text{C}$ . Muestran una temperatura de fusión del hielo,  $T_{m\text{hielo}}$ , en un rango de entre -3.0 y -6.0  $^{\circ}\text{C}$ . La salinidad oscila entre 5,2 y 19,8 % en peso de NaCl. Las temperaturas de homogenización varían entre 250 a 380  $^{\circ}\text{C}$  a fase líquida.
- Inclusiones fluidas carbónico-acuosas

ricas en volátiles (Vc-w). Son escasas. La fase gas representa más del 70% del volumen (Fig. 2). Coexisten con las inclusiones Lw-(c). Su temperatura de homogenización es similar a las Lw-c, mientras que la salinidad es considerablemente menor, entre 1,7 y 3,3 NaCl % en peso.

- Inclusiones fluidas carbónicas y carbónico-acuosas (Vc y Vc-w). La temperatura de fusión del  $\text{CO}_2$  ( $T_m \text{CO}_2$ ) varía en un rango de entre -56.6 y -58.0  $^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas de homogenización de  $\text{CO}_2$  ( $T_h \text{CO}_2$ ), a líquido, varían entre 18 y 30  $^{\circ}\text{C}$ .

Cuando la fase acuosa puede ser observada, la temperatura de fusión del hielo varía en un rango de entre -12.9 a -15.7  $^{\circ}\text{C}$ . Estas inclusiones homogenizan a fase vapor en un rango de entre 318 y 380  $^{\circ}\text{C}$ . En las inclusiones Vc y Vc-w, en las que se ha podido medir la temperatura de fusión del  $\text{CO}_2$ , ésta presenta valores significativamente más bajos que el punto de fusión del  $\text{CO}_2$  puro (-56,6  $^{\circ}\text{C}$ ), lo que indica la presencia de otros componentes volátiles.

Los análisis mediante Raman, realizados en inclusiones representativas de todas las tipologías, muestran que normalmente, además de  $\text{CO}_2$  también presentan contenidos variables de  $\text{N}_2$  y  $\text{CH}_4$  (Fig. 3).

## ISÓTOPOS DE AZUFRE.

Los isótopos de azufre han sido analizados mediante un espectrómetro de flujo continuo de Delta-D Finnigan en los Serveis Científico-Tècnics de la Universitat de Barcelona.

Se han analizado los isótopos de azufre en muestras puras de esfalerita, pirita y calcopirita. Los valores de  $\delta^{34}\text{S}$  están

**palabras clave:** Sulfuros masivos, Inclusiones fluidas, Isótopos de azufre, México.

**key words:** Massive sulphides, Fluid inclusions, Sulphur isotopes, México.

dentro de un rango comprendido entre el -6.5 y el +2.5 ‰ (Fig. 4). No se producen cambios significativos en los valores de  $\delta^{34}\text{S}$  para los diferentes sulfuros analizados.

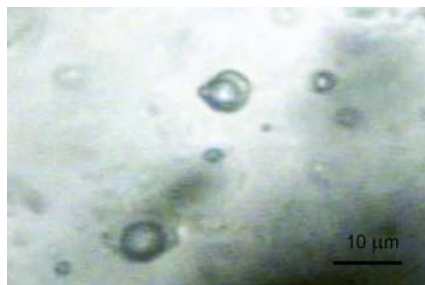
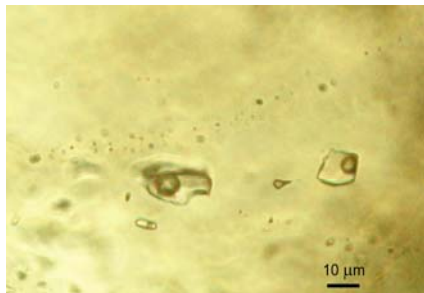


fig 2. Fotografía de inclusiones fluidas en cuarzo del yacimiento de Tizapa; arriba, tipo Lw-c; abajo, tipo Vc-w.

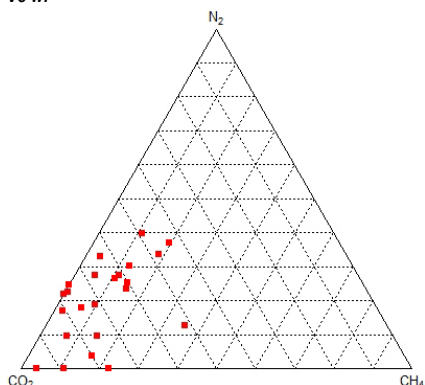


fig 3. Composición de los gases presentes en la fase vapor de las inclusiones fluidas estudiadas en Tizapa.

### DISCUSIÓN.

El yacimiento de Tizapa ha sido clasificado como de sulfuros masivos de origen vulcanogénico (VMS) del tipo Kuroko (Miranda-Gasca, 2000; Lewis and Rhys, 2000).

Aunque las inclusiones fluidas son buenas herramientas para obtener información de la génesis de los depósitos minerales, éstas suelen ser poco abundantes en los VMS. Además, las inclusiones fluidas presentan problemas de preservación cuando procesos metamórficos afectan al mineral, como en el caso de Tizapa. Aun

así estos estudios han sido satisfactoriamente realizados en otros depósitos volcánogénicos masivos (Zaw et al., 1996; Marignac et al., 2003).

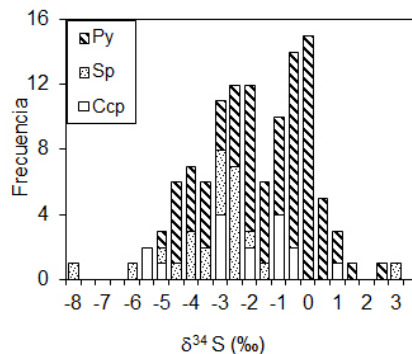


fig 4. Histograma de los valores de  $\delta^{34}\text{S}$  para los sulfuros del yacimiento de Tizapa. Py, pirita; Sp, esfalerita; Ccp, calcopirita.

En el caso de Tizapa, las inclusiones fluidas registran hasta tres procesos. Aunque existe una generación rica en  $\text{CO}_2$  que muy probablemente se deba a fluidos metamórficos, otras inclusiones muestran evidencias de ebullición, como un amplio rango en las proporciones de la fase vapor así como homogenización a fase líquida para las de mayores salinidades y homogenización a fase vapor para las de salinidad menor a temperaturas parecidas. Evidencias similares han sido utilizadas por Zaw et al. (1996) como prueba de ebullición en el yacimiento de Mt Chalmers en Australia.

Por su parte, los valores bajos del  $\delta^{34}\text{S}$  (entre -6.5 y +2.5 ‰) de las muestras analizadas indican que el azufre que forma estos sulfuros probablemente procede de dos fuentes diferentes. Así, podemos inferir que además del azufre procedente del fluido hidrotermal parte del azufre de los sulfuros de Tizapa podría provenir del sulfato del agua marina, reducido a partir de un proceso bacteriogénico. Se han descrito otros depósitos VMS con una doble génesis de los sulfuros, como en el caso de yacimientos minerales de la Franja Piritica Ibérica (Velasco et al., 1998).

### CONCLUSIONES.

Las inclusiones fluidas estudiadas en el yacimiento de Tizapa fueron formadas en diferentes episodios. Una generación de las mismas registra los procesos metamórficos. Otras indican que se produjo ebullición durante la formación de las mineralizaciones. Los isótopos de azufre de los diferentes minerales

muestran un amplio rango de valores del  $\delta^{34}\text{S}$  muy probablemente debido a dos etapas diferenciadas de mineralización. Los valores ligeramente negativos indican una contribución bacteriogénica durante la formación de parte de los sulfuros.

### AGRADECIMIENTOS.

Esta investigación se enmarca en del Proyecto del MICINN CGL2010-20809 y el SGR 2009SGR-00444 (Generalitat de Catalunya). Agradecemos a la compañía Minera Tizapa S.A. su colaboración durante el muestreo y a Mercedes Fuertes-Fuente las correcciones que mejoraron este resumen.

### REFERENCIAS.

Campa, M.F. & Coney, P.J. (1983): Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico. *Can. J. Earth. Sci.*, **20**, 1040-1051.

Lewis, P. D. & Rhys, D. A. (2000): Structural geology and stratigraphic setting of the Tizapa mine, Mexico state, Mexico. in: *Volcanogenic Massive Sulfide Deposits of Latin America*. R.L. Sherlock y M.A.V. Logan, eds. Mineral Deposits Division, Geological Association of Canada Publication 87-112.

Marignac, C., Diagona, B., Cathelineau, M., Boiron, M. C., Banks, D., Fourcade, S., Vallance, S. (2003): Remobilisation of base metals and gold by Variscan metamorphic fluids in the south Iberian pyrite belt: evidence from the Tharsis VMS deposit. *Chem. Geol.*, **194**, 143-165.

Miranda-Gasca, M. A. (2000): The metallic ore-deposit of the Guerrero Terrane, western México: an Overview. *J. South. Am. Earth. Sci.*, **13**, 403-413.

Monod, O., Faure, M., Salinas, J. C., and Sabanero, H. (1993): What is the Guerrero Terrane made of? In *Proceedings of the first Circum-Pacific and Circum-Atlantic Terrane Conference*, Guanajuato, México, UNAM, p.92.

Talavera-Mendoza, O., Ruiz, J., Gehrels, G. E., Meza-Figueroa, D. M., Vega-Granillo, R., Campa-Uranga, M. F. (2005): U-Pb geochronology of the Acatlán Complex and implications for the Paleozoic paleogeography and tectonic evolution of southern Mexico. *Earth. Pl. Sci. Lett.*, **235**, 682-699.

Velasco, F., Sánchez España, J., Boyce, A., Fallick, A. E., Saez, R., Almodóvar, G. R. (1998): A new sulphur isotopic study of some Iberian Pirite Belt deposits: evidence of textural control on some sulphur isotope composition. *Miner. Deposita.*, **34**, 1-18.

Zaw, K., Gemmill, J. B., Large, R. R., Mernagh, T. P., Ryan, C. G. (1996): Evolution and source of ore fluids in the stringer system, Hellyer VHMS deposit, Tasmania, Australia: Evidence from fluid inclusion microthermometry and geochemistry. *Ore Geol. Rev.*, **10**, 251-278.