

# Mineralogía del Yacimiento VMS de Zn-Cu-Pb-Ag-Au de Tizapa, México

/ PURA ALFONSO (1, \*), LISARD TORRÓ (1), CARLES CANET (2), DAVID PARCERISA (1), MAITE GARCÍA-VALLÈS (3), JOSEP MARIA MATA-PERELLÓ (1), CLAUDIA MESA (1), EDUARDO GONZÁLEZ-PARTIDA

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

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

(3) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona (España)

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

## INTRODUCCIÓN.

El yacimiento de Tizapa está situado a 4 km de la localidad de San Juan de Zacazonapan, en el suroeste del Estado de México (Fig. 1). Se extrae plata, zinc, cobre, plomo y oro. Las reservas estimadas en Tizapa son de 4,5 millones de toneladas con 325 g/t Ag, 7.9 % Zn, Pb 1.8 %, 0.7 % Cu y 1,9 g/t Au (Giles y García, 2000).



fig 1. Localización del yacimiento VMS de Tizapa.

El yacimiento de Tizapa se ha clasificado como un volcanogénico o VMS de tipo Kuroko (Miranda-Gasca, 2000). Se formó en un ambiente intraoceánico de arco de islas de edad Hauteriviense-Aptiense (Talavera-Mendoza et al., 2005).

Hasta el presente no hay publicados estudios de detalle de la mineralogía de este yacimiento. Esta contribución muestra un estudio de los principales minerales de mena de la mina de Tizapa.

## ENTORNO GEOLÓGICO.

El yacimiento de Tizapa está situado en el subterreno Teloloapan, dentro del terreno tectonoestratigráfico de Guerrero. El área de Tizapa está constituida por la Unidad Tejuipilco del Triásico-Jurásico, que está compuesta por gneises y filitas. Por encima se sitúa el conjunto metavolcánico de Teleloapan, formado por filitas y esquistos sericiticos

y cloríticos.

Están cubiertos por la Formación Amatapec, con calizas y rocas clásticas del Cretácico Superior (Lewis y Rhys, 2000). Por último, los conglomerados Pío-cuaternario y basaltos cubren la secuencia volcanosedimentaria.

La mineralización se encuentra entre las rocas metavolcánicas y la unidad metapelítica, y consiste en varios cuerpos masivos, de hasta 20 m de espesor. La mineralización desarrolla niveles estratoligados (mantos), estructuras brechificadas y diseminaciones. La mineralización fue afectada por varios períodos de deformación (Giles y García, 2000).

## MUESTREO Y MÉTODOS ANALÍTICOS.

Se han obtenido 185 muestras de interior de mina y de sondeos proporcionados por la compañía Minera Tizapa, S.A..

Los minerales metálicos han sido estudiados mediante SEM y microsonda electrónica en los Serveis Científic-Tècnics de la Universitat de Barcelona.

## PETROGRAFIA DEL ENCAJANTE.

Los esquistos y filitas en los que se encaja la mineralización están compuestos principalmente por cuarzo, plagioclasa, clorita y moscovita. Rellenando vetas y la porosidad se halla calcita o dolomita. Los granos de cuarzo, de hasta 400 µm, presentan textura granoblástica, con extinción ondulada y desarrollo de sub-granos. La clorita y la moscovita, de 100 a 400 µm, definen texturas lepidoblásticas, pero a veces la moscovita muestra una textura decusada. Los cristales de calcita se encuentran de forma pervasiva formando poiquiloblastos, o capas microesparita fibrosa paralelas a la

esquistosidad general o llenando fracturas.

En menor cantidad hay sillimanita, de variedad fibrolita, y poiquiloblastos de cordierita pinitizada. Estos minerales son indicativos de un metamorfismo de contacto. Además, estas rocas presentan una esquistosidad crenulada que permite deducir al menos dos períodos de deformación.

Alternando con los esquistos y filitas se encuentran capas de meta-vulcanitas, con porfiroclastos de feldespato potásico y texturas remanentes volcánicas o sub-volcánicas (intercrecimientos gráficos de cuarzo y feldespato, y texturas traquíticas). Según Akio y Koji (2000), los protolitos de estos esquistos son andesitas y dacitas.

## MINERALOGIA DE LAS MENAS.

### Sulfuros.

La pirita es el sulfuro más abundante en Tizapa. Se presenta en forma masiva y diseminada en los esquistos y filitas. Forma masas irregulares y cristales idiomórficos de hasta 2 mm de tamaño. A menudo los cristales de pirita contienen inclusiones de otros sulfuros como galena, calcopirita y sulfosales. La pirita está controlada por la esquistosidad de la roca, y a veces se presenta fracturada y deformada, por lo que se habría formado antes del metamorfismo.

La arsenopirita es localmente frecuente y desarrolla cristales alotriomórficos a subidiomórficos.

Se observan dos generaciones de esfalerita. La temprana, más abundante, es acaramelada y presenta textura del tipo "chalcopyrite disease". Contiene hasta un 7.5 % en peso de Fe, mientras que la segunda generación es mas escasa, rellena fracturas y es pobre

**palabras clave:** Sulfosales, VMS, México.

**key words:** Sulphosalts, VMS, Mexico.

en Fe.

Se diferencian hasta tres generaciones de calcopirita. La primera consiste en pequeñas inclusiones dentro de los cristales de pirita. La segunda generación, la más abundante, se encuentra parcialmente reemplazada por calcosina y covelina y, en menor cantidad, por bornita. La tercera generación es todavía más escasa y aparece rellenando fracturas tardías.

La galena aparece en dos generaciones, la segunda de las cuales corresponde a las últimas etapas de la formación del depósito y es rica en plata (hasta 1,04 Ag % en peso).

Otros sulfuros como la pirrotita se encuentran en cantidades accesorias.

**Sulfosales.**

La mineralización de Tizapa presentan abundantes sulfosales de Cu, Pb y Ag, ricas en antimonio. Son pobres en Te<sup>4+</sup> y el contenido de As es generalmente bajo, llegando ocasionalmente hasta 4.59 % en peso en algunos cristales de tetraedrita (Fig. 2).

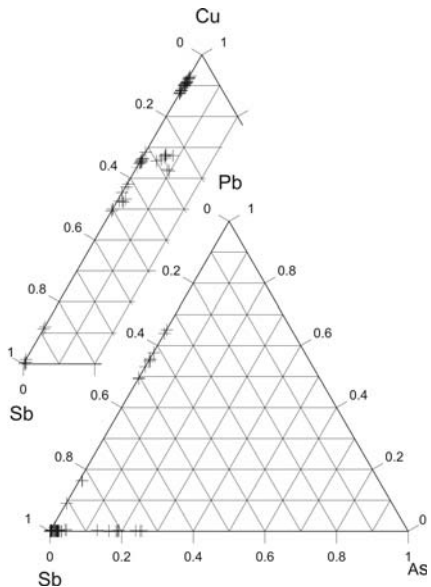


fig 2. Relación entre Sb y As en las sulfosales de Cu y Pb (átomos) del yacimiento de Tizapa.

Las sulfosales de Ag y Cu son abundantes, en especial la tetraedrita. En algunos casos el contenido en Ag es elevado, hasta un 31 % en peso, perteneciendo a la variedad freibergita. (Fig. 3) También hay cantidades escasas de pirargirita.

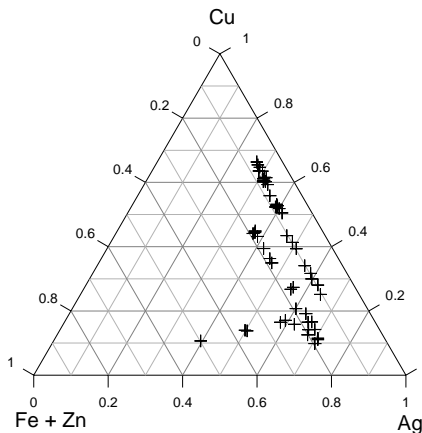


fig 3. Composición (átomos) de las sulfosales del grupo tetrahedrita-tennantita de Tizapa.

elevado, hasta un 31 % en peso, perteneciendo a la variedad freibergita. (Fig. 3) También hay cantidades escasas de pirargirita.

Las sulfosales de Pb son principalmente boulangerita y bournonita. Además, localmente hay meneghinita y zoubeckita.

Se encuentran diversas sulfosales de Sn, siendo la más común la estannita (Cu<sub>2</sub>FeSnS<sub>4</sub>). La estannita de este yacimiento contiene más de un 2 % Zn en peso. Además se analizaron otras sulfosales de Sn ricas en Zn con la fórmula estructural Cu<sub>2.03</sub>Zn<sub>2.01</sub>Fe<sub>1.05</sub>Sn<sub>1.02</sub>S<sub>6.00</sub>.

También aparecen algunas sulfosales con bismuto. Contienen normalmente Se, hasta a 1,58 % en peso. Las más abundantes son de la serie de la jamesonita, como la sakharovaita, su fórmula estructural es Pb<sub>4.0</sub>Fe<sub>1.1</sub>(Bi<sub>2.2</sub>Sb<sub>3.8</sub>)Se<sub>0.4</sub>S<sub>13.6</sub>.

**Óxidos.**

La casiterita se localiza en diferentes muestras del depósito. En otros depósitos VMS, como en Neves Corvo, Portugal, es abundante la casiterita rica en W y Ti (Serranti et al., 2002), mientras que en Tizapa es pobre en esos elementos.

**CONCLUSIONES.**

Las texturas de las menas muestran que la mineralización metálica del yacimiento de Tizapa anterior al metamorfismo.

La plata es un producto importante de

Tizapa y se presenta principalmente en sulfosales y también en una generación tardía de galena. Además de sulfosales de plata y cobre hay sulfosales ricas en Pb y en Sn.

**AGRADECIMIENTOS.**

Esta investigación se enmarca dentro del Proyecto del MICINN CGL2010-20809 y por el SGR 2009SGR-00444 (Generalitat de Catalunya). Agradecemos a la compañía Minera Tizapa S.A. su colaboración durante el muestreo. Se agradece a X. Llovet (SCT-UB) su ayuda en los análisis de microsonda Electrónica.

**REFERENCIAS.**

Akio, Y, Koji, K. (2000): *Geology of the Tizapa Mine in Mexico with special reference to the present status after development*. Shigen Chishitsu, **50**, 1-10

Giles, D.A, García, J.F. (2000): *Volcanogenic deposits in Mexico: the producing mines*. in: *Volcanogenic Massive Sulfide Deposits of Latin America*. R.L. Sherlock y M.A.V. Logan, eds. Mineral Deposit Division, Geological Association of Canada Publication, 135-140.

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

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

Serranti, S., Ferrini, V., Masi, U., Cabri, L.J. (2002): *Trace-element distribution in cassiterite and sulfides from Rubané and massive ores of the Corvo deposit, Portugal*. Can. Mineral., **40**, 815-835.

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 Planet. Sc. Lett., **235**, 682-699.