

El Gossan de "Las Cruces" (Faja Pirítica Ibérica): Litología y Evolución Mineralógica

/ LOLA YESARES (1*), JOSÉ MIGUEL NIETO (1), REINALDO SÁEZ (1), GABRIEL RUIZ DE ALMODÓVAR (1), JUAN CARLOS VIDEIRA (2)

(1) Departamento de Geología, Universidad de Huelva. 21071, Huelva (España)

(2) Cobre Las Cruces S.A. Ctra. SE-3410 KM. 410, Gerena. 41860, Sevilla (España)

INTRODUCCIÓN.

El yacimiento de Las Cruces (LC), localizado a 20 Km al NO de la ciudad de Sevilla, se encuentra actualmente en explotación a cielo abierto y cuenta con unas reservas de 17,6 millones de toneladas al 6,2% de Cu.

Por las características de la mineralización primaria se podría clasificar, al igual que el resto de los yacimientos de la Faja Pirítica Ibérica (FPI), como Tipo Ibérico (Sáez et al., 1999). Lo que lo diferencia del resto, principalmente, es la zona de enriquecimiento supergénico, que es la reserva cuprífera económica del yacimiento (Ovejero, 2004), y el gossan suprayacente. Ambas partes del depósito tienen una serie de singularidades que hacen que LC sea notablemente diferente a los demás depósitos de este tipo.

El gossan presenta minerales muy poco habituales en las zonas de oxidación, como galena (gn), otros sulfuros y carbonatos. También tiene la peculiaridad que tanto mineralógica como geoquímicamente es muy variable, tanto lateral como verticalmente. Por este motivo, no tiene niveles ni horizontes de alteración más o menos homogéneos ni bien definidos, por lo que su estudio plantea una complejidad añadida con respecto al resto de gossans de la FPI. No obstante, estas características son coherentes con variaciones en las condiciones de oxidación-reducción y con las características del flujo hidrogeológico durante la formación y evolución del gossan.

El objetivo principal de este trabajo es la descripción general y preliminar del perfil de alteración del yacimiento tras el muestreo realizado *in situ* en los afloramientos expuestos en la primera fase de la corta minera, junto con las caracterizaciones mineralógicas de

estas muestras realizadas mediante DR y SEM-EDS.

CONTEXTO GEOLÓGICO.

El yacimiento se sitúa al NE de la FPI, bajo la cobertera neógeno-cuaternaria del valle del Guadalquivir.

Consiste en un cuerpo de sulfuros masivos de unos 100 m de potencia que se extiende aproximadamente 1 Km en dirección E-O, y se localiza generalmente en el muro de una secuencia de pizarras negras y material volcánico paleozoico de edad Devónico Superior - Carbonífero Inferior.

El depósito está formado por sulfuros masivos y semimasivos polimetálicos y por un stockwork pirítico-cuprífero.

En la parte superior se encuentra el perfil de alteración formado por una montera de oxidación y la zona de enriquecimiento supergénico infrayacente. Estos se formaron tras la exhumación del yacimiento y la erosión de las rocas paleozoicas tras el levantamiento de la cadena Varisca.

Los sulfuros, al exponerse a condiciones redox distintas a la de su formación, se desestabilizaron mineralógica y geoquímicamente dando lugar a un reajuste termodinámico que implicó la formación de nuevos minerales en equilibrio con el nuevo medio más oxidante.

Estos mismos procesos de meteorización originaron la removilización del cobre de los sulfuros primarios y el desarrollo de la zona de cementación con alta ley de cobre.

Debido a la posición paleogeográfica de la mineralización y a la transgresión marina que se produjo en el Terciario, encontramos por encima de los materiales paleozoicos y en discordancia los sedimentos de la Cuenca del Guadalquivir, que consisten en una serie de depósitos subhorizontales de edad Tortoniense de unos 150 m de espesor.

Esta cobertera sedimentaria

suprayacente ha ocultado y preservado el yacimiento desde prácticamente su formación hasta su reciente descubrimiento.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE ALTERACIÓN.

En términos generales, el gossan de LC tiene una potencia variable entre 0 y 20 m. Está limitado en su parte inferior por un contacto neto y horizontal con los sulfuros masivos, y en su parte superior por un contacto discordante y erosivo con la formación terciaria conocida como "Mioceno Transgresivo de Base", que presenta entre 5 y 15 m de potencia y que se acuña hacia el Sur.

Esta unidad está formada, entre otros materiales, por un conglomerado basal que presenta evidencias de gossanización en la matriz e incluye cantos del gossan. Según esto, se puede deducir que el depósito de los conglomerados se produjo después de que comenzara la oxidación del yacimiento de sulfuros primario. Procesos que debieron continuar o reanudarse durante el depósito de toda la cobertera sedimentaria.

A pesar de que el perfil de alteración es extremadamente heterogéneo y desestructurado, se han establecido diferentes facies, en las que se diferencian rasgos mineralógicos.

• Facies sideríticas:

Distribuidas por todo el perfil, pero principalmente en su base. Se trata de un conjunto de asociaciones minerales cuya fase más abundante es la siderita (sd).

Además de este mineral, pueden tener contenidos variables de cuarzo (qtz) residual, hematites (hem), goethita (gt) y algunos sulfuros como galena (gn) (Fig. 1).

Estas facies, que son las más abundantes en todo el gossan, tienen como característica principal texturas de disolución-reemplazamiento. La sd,

palabras clave: Gossan, perfil de alteración, Faja Pirítica Ibérica

key words: Gossan, weathering profile, Iberian Pyrite Belt

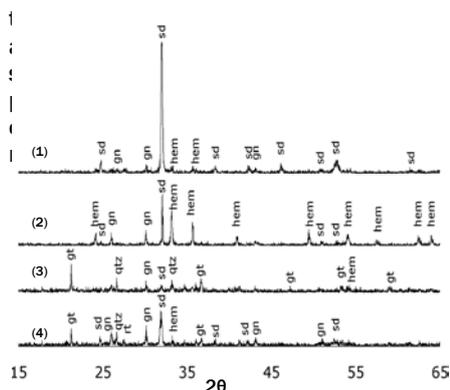


fig 1. DRX de las principales facies minerales que aparecen en el gossan de LC. (1) Facies sideríticas: 78.8% sd, 8.7% hem, 7.8% qtz, 3% gn; (2) Facies oxidadas (1ª generación de óxidos): 66.1% hem, 25.1% sd, 8.8% gn; (3) Facies oxidadas (1ª y 2ª generación de óxidos y oxihidróxidos): 31.2% qtz, 26.6% gt, 25.8% hem, 9.1% gn, 7.4% sd; (4) Asociación más común (mezcla de minerales por la superposición de varios procesos) 25.1% qtz, 20% sd, 18.7% rt, 12.8% gn, 12.1% hem, 11.3% gt.

• Facies oxidadas:

Sus fases principales son gt y hem (Fig. 1). También le acompañan otros minerales como qtz, gn y sd, esta última en menor proporción que en las facies sideríticas.

Se sitúan generalmente encima de la anterior, aunque también es muy común encontrar alternancias de ambas facies por todo el gossan.

Se distinguen dos generaciones de óxidos y oxihidróxidos, una primera, formada por hem, reemplazando a los sulfuros primarios tras sufrir procesos de disolución oxidativa, y una segunda generación, formada por gt principalmente, que reemplaza parcialmente a la sd de las facies sideríticas.

Se diferencian en que la primera generación tiene texturas coliformes y botroidales mejor desarrolladas que las de la segunda generación. Se distingue además de por presentar texturas más inmaduras, por quedar restos de sd sin oxidar y sin reemplazar por lo que se relacionan texturalmente con ella (Fig 2A y B).

• Facies tardías:

Además de la primera generación de sd ya descrita, se puede diferenciar una segunda generación de este mineral. Se encuentra rellenando huecos y fracturas, siempre con textura microcristalina y no está oxidada ni reemplazada por otro mineral.

A esta segunda generación de sd, se le asocian una serie de sulfuros tardíos

tales como pirita (py), calcopirita (ccp), pirrotita (po) y sobre todo galena (gn). Aparecen junto con la siderita, de forma masiva o en agregados inequigranulares e idiomorfos de tamaño muy fino.

Estas facies rellenan grietas que atraviesan todo el perfil de alteración, incluso en algunos casos se observa como cruzan el conglomerado basal terciario. Dado este carácter muy tardío de la asociación, siempre se encuentran estos sulfuros, en especial la gn, presentes en las diferentes asociaciones minerales de este perfil (Fig. 2B).

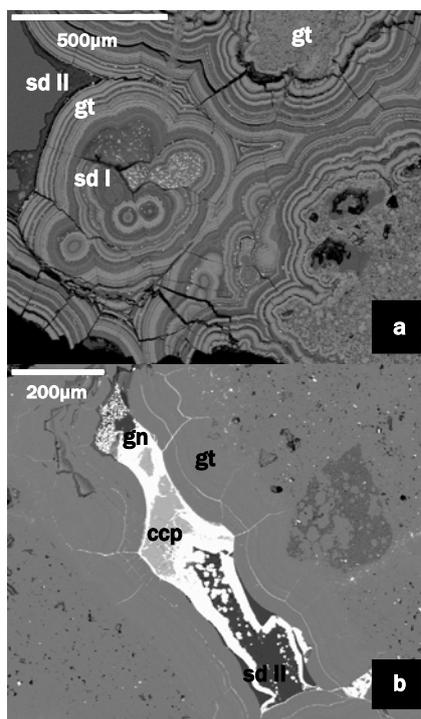


fig 2. Relaciones texturales entre las diferentes asociaciones minerales del gossan de LC. A) bandeados botroidales de siderita (sd I) y goethita (gt) con una segunda generación de siderita (sd II) rellenando huecos. B) gt masiva con huecos rellenos por sulfuros tardíos ccp y gn.

DISCUSIÓN.

Se pueden establecer diferentes asociaciones minerales dentro del perfil de alteración de LC y relacionarlas con las facies descritas. Cada una de las asociaciones se ha originado debido a la superposición de diferentes procesos que provocaron fluctuaciones en las condiciones redox.

La primera asociación mineral sería la correspondiente a las facies oxidadas, y está formada por la primera generación de óxidos (hem) que se formaron por la oxidación de los sulfuros primarios, tras un primer descenso del frente de oxidación.

No se puede saber si los procesos iniciales de gossanización llegaron a formar un perfil de alteración maduro ya que a esta asociación se le superpone otra compuesta por una primera generación de sd parcialmente reemplazada por gt (sd I + gt). Esta se puede relacionar con las facies sideríticas y posiblemente se formó por un cambio en las condiciones del flujo hidrogeológico junto con el paso a condiciones más reductoras.

Por último, se puede describir una tercera asociación formada por las facies tardías, es decir, por la segunda generación de sd (sd II) y por py, po, ccp y gn. Esta última asociación se formó bajo condiciones reductoras debido a una nueva oscilación del frente de oxidación asociada al enterramiento del depósito.

CONCLUSIONES PRELIMINARES.

Las características del perfil de alteración de LC no corresponden a las descritas en el resto de gossans de la FPI. Desde la exhumación inicial del yacimiento en el Mioceno inferior hasta su posterior enterramiento entre el Tortonense y el Messiniense los fluidos circularon irregularmente a favor de fracturas y zonas de mayor permeabilidad, pero no siempre en sentido descendente por las subidas y bajadas del nivel freático a causa de las regresiones y transgresiones marinas del Mioceno.

Las asociaciones minerales que se describen en este depósito y que se formaron en una determinada etapa genética, fueron modificadas en las etapas siguientes. De esta forma, las diferencias mineralógicas que existen en el gossan de LC son el resultado de niveles más o menos afectados por los cambios redox durante la evolución de los procesos de alteración.

REFERENCIAS.

- Ovejero, G. (2004): *Las Cruces: Descubrimiento, Minería, Hidrometalurgia y Medio Ambiente de un nuevo Proyecto de Cobre. Faja Pirítica Ibérica. Metallum. La Minería Suribérica.* E. Romero Macías & J.A. Pérez Macías eds. Universidad de Huelva.
- Sáez R., Pascual E., Toscano M., Almodóvar G.R. (1999): *The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits. Mineralium Deposita*, **34**, 549-570.