

Mineralizaciones de oro en el depósito de Las Cruces, Faja Pirítica Ibérica

/ LOLA YESARES (1*), GABRIEL RUIZ DE ALMODÓVAR (1), JOSÉ MIGUEL NIETO (1), REINALDO SÁEZ (1), THOMAS AIGLSPERGER (2), JOAQUÍN A. PROENZA (2), CARMELO GÓMEZ (3), JUAN MANUEL ESCOBAR (3)

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

(2) Departament de Cristal·lografia, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona

(3) Área de Geología, Departamento de Minería de Cobre Las Cruces S.A., 41860 Gerena, Sevilla.

INTRODUCCIÓN

El depósito de Las Cruces está localizado a 24 km al NO de Sevilla, y consiste principalmente en un cuerpo de sulfuros masivos polimetálicos (20.7 Mt @ 4.2% Zn y 2% Pb) y un perfil supergénico suprayacente que incluye la mineralización secundaria de Cu (17.6 Mt @ 6.2% Cu) y el gossan (2 Mt @ 5.1 g/t Au).

Existen varios trabajos basados en la génesis y evolución de la zona de cementación y del gossan de Las Cruces (Knigh, 2000; Capitán, 2006; Yesares et al., 2014). Estos destacan una serie de peculiaridades en el gossan como la falta de estructura interna y de zonaciones, y una mineralogía poco común que consiste en siderita, sulfuros de Fe, galena y calcita, mientras que goethita y hematites son fases subordinadas.

En cuanto al contenido de metales preciosos, Yesares et al. (2014) describen mineralizaciones supergénicas de metales preciosos, y sugieren que estas se producen por amalgamación de Au y Ag en la base del gossan, asociadas a litologías reductoras.

Este trabajo describe nuevas mineralizaciones de Au encontradas en el perfil supergénico de Las Cruces, y tiene como objetivos: (i) determinar la distribución de Au y su relación con las diferentes facies y litologías; (ii) caracterizar las diferentes partículas de Au; y (iii) proponer posibles mecanismos de transporte y fijación de Au en el perfil supergénico de Las Cruces.

GEOLOGÍA

El depósito de Las Cruces se sitúa en el extremo oriental de la Faja Pirítica Ibérica (FPI), y bajo una potente secuencia (140-150 m) de sedimentos detrítico-carbonatados de la Cuenca Neogeno-Cuaternaria del Guadalquivir.

El depósito de Las Cruces está formado

por un cuerpo de sulfuros masivos y semi-masivos polimetálicos y un stockwork pirítico-cuprífero, encajados en pizarras negras y rocas volcanoclásticas félsicas. La parte superior del yacimiento ha desarrollado un potente perfil de alteración supergénica que incluye la mineralización secundaria de Cu y el gossan suprayacente.

El depósito de Las Cruces presenta una estructura similar a otros yacimientos de la FPI. En Las Cruces se observan tres dominios estructurales. El primero consiste en un sistema de fallas de bajo ángulo asociadas a la primera fase de deformación Varisca en la FPI, y que son responsables del apilamiento tectónico del depósito. El segundo y tercer sistema de fallas consisten en fracturas sub-verticales asociadas a la última fase de deformación Varisca, y que controlan la mineralización secundaria.

Los sulfuros primarios del depósito de Las Cruces presentan características similares a los demás depósitos de sulfuros masivos de la FPI. La zona de cementación consiste en un perfil de unos 50 m de espesor, que se desarrolla principalmente a través de las zonas más permeables asociadas a los sistemas de fallas sub-verticales tardi-Variscos (Yesares et al., 2014). En la zona de cementación se han diferenciado 4 facies según su mineralogía mayoritaria: (i) Arenas piríticas: Esta facie se sitúa a la parte alta de la zona de cementación y consiste en un nivel de 0 a 5 m de espesor de pirita granular desagregada; (ii) Mineralización supergénica rica en calcosita: Esta facie están subyacentes a las arenas piríticas y son las más abundantes; (iii) Mineralización supergénica rica en covellita: Está localizada en la parte inferior del perfil de alteración, y se desarrolla principalmente asociada a fallas sub-horizontales más profundas; y (iv) Mineralización secundarias de Au y Ag asociadas a fracturas sub-verticales.

El gossan consiste en un perfil de 20 m

de espesor en el que se pueden diferenciar 4 facies: (ii) Facie sulfuro-carbonatadas; Facie oxidada; (iii) Facie asociada a fracturas; y (iv) Pizarras negras lixiviadas (Yesares et al., 2014).

MÉTODOS

Para este trabajo se realizaron análisis químicos mediante ICP-MS para estudiar la distribución del Au y seleccionar las muestras con mayor contenido. Posteriormente, se realizaron concentrados de minerales pesados de 3 muestras del perfil supergénico de Las Cruces mediante técnica de hidro-separación (HS-11) en la Universidad de Barcelona (<http://www.hslab-barcelona.com>).

El proceso de separación mediante HS es muy eficaz para producir concentrados de minerales pesados a partir de partículas que siguen la ley de Stokes cuando sedimentan en una corriente controlada de agua. La separación se llevó a cabo, a partir de las fracciones <53µm y 53-75 µm, en 2 pasos: (1) obtención de un pre-concentrado mediante el uso de un tubo de separación de 30 cm (Ø int 8 mm); (2) producción del concentrado final mediante el uso de un tubo de separación de 10 cm de largo (Ø int 5 mm). La metodología del proceso de hidro-separación mediante el HS-11 ha sido explicada en detalle por Aiglsperger et al. (2014).

A partir de los concentrados finales, se prepararon varias secciones pulidas que posteriormente fueron estudiadas mediante microscopía de luz reflejada, SEM-EDS y EMPA.

RESULTADOS

La distribución del Au en el perfil supergénico de Las Cruces es extremadamente heterogénea, variando de 0.01 a > 100 ppm. El Au en el gossan está fundamentalmente asociado a las facies oxidadas y a las pizarras negras lixiviadas. En ambas facies, el Au llega a valores de 100 ppm y presentan valores

palabras clave: Oro, perfil supergénico, depósito de Las Cruces, Faja Pirítica Ibérica

key words: Gold, supergene profile, Las Cruces deposit, Iberian Pyrite Belt

medios de 20.12 ppm y 36.29 ppm respectivamente. La distribución del Au en la zona de cementación también es muy heterogénea. En la mineralización supergénica de Cu, el Au muestra valores comunes que varían entre 0.03 ppm y 0.77 ppm, aunque existen valores locales superiores a 100 ppm. Estos valores aparecen sistemáticamente asociados a fallas sub-verticales.

La asociación mineral más común en las facies oxidadas del gossan consiste en óxidos y oxihidróxidos de Fe y en menor proporción siderita, pirita y galena (Yesares et al. 2014). Esta asociación incluye partículas de Au muy diseminadas (fig. 1). La asociación mineral más común en la mineralización de Au y Ag asociada a fracturas sub-verticales consiste una harina de falla formada por clastos pirríticos y minerales neo-formados como cinabrio, pirargirita, proustita y Au nativo.

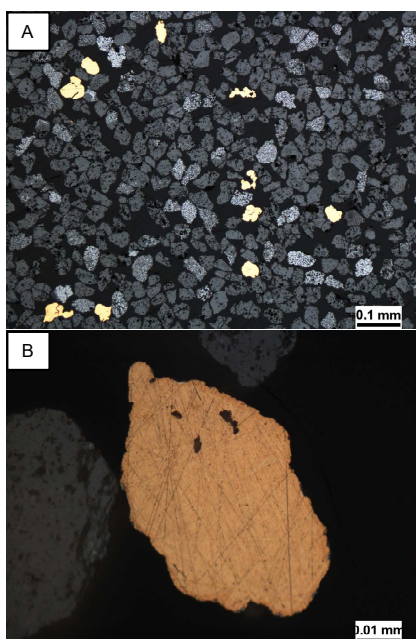


fig 1. Imágenes de luz reflejada del Au supergénico del yacimiento de Las Cruces. (A) Vista general de los concentrados de Au; (B) Detalle de una partícula de Au.

Según su composición, se pueden diferenciar varios tipos de partículas de Au. Por un lado, el Au asociado a las facies oxidadas del gossan muestra composiciones homogéneas. Las partículas de Au tienen una elevada pureza (1000 Au/Au+Ag) llegando hasta 1000. Los granos de Au son pobres en los elementos que comúnmente forman alecciones, mostrando valores medios de Ag, Cu y Hg de 0.09%, 0.06% y 0.006% respectivamente.

Por el contrario, el Au asociado a fallas

en la zona de cementación, se caracteriza por presentar un amplia variabilidad composicional. La pureza de este tipo de Au varía de 721.89 a 948.15. Los granos de Au son relativamente ricos en elementos que usualmente forman alecciones, mostrando valores medios de Ag, Cu y Hg de 17.62%, 4.46% y 0,02% respectivamente.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La existencia de tres tipos de mineralizaciones secundarias de Au en el depósito de Las Cruces tiene implicaciones en los mecanismos de movilidad y fijación de Au en el perfil supergénico: (1) La presencia de diferentes tipos de partículas de Au incrementa las probabilidades de que más de un mecanismo podrían estar involucrados en la movilización y precipitación de Au durante la meteorización de los sulfuros; (2) la distribución de Au no se produce homogéneamente, por lo tanto, los fluidos mineralizadores circularon posiblemente por diferentes caminos a través del perfil supergénico; y (3) cada tipo de partícula de Au está íntimamente asociado a una facie o litología supergénica, implicando la existencia de varias trampas litológicas y mecanismos de precipitación.

Según los modelos genéticos propuestos para Las Cruces, el perfil supergénico es el resultado de la superposición de varias etapas genéticas, incluidas las relacionadas con la meteorización de los sulfuros y los cambios en las condiciones redox durante el posterior enterramiento del yacimiento bajo la cobertera sedimentaria. Las condiciones del sistema cambiaron de oxidantes y ácidas a reductoras y neutras-alcalinas debido a la interacción de los fluidos de cuenca con los sedimentos carbonatados (Yesares et al., 2014).

La pureza de las partículas de Au en un perfil supergénico está influenciada por el tipo de complejo que formen los metales preciosos tras su disolución. De esta forma, el Au de alta pureza asociado a las facies oxidadas son el resultados de la movilización del Au durante la meteorización de los sulfuros vía complejos clorurados en condiciones ácidas y oxidantes. Debido a su baja estabilidad, estos complejos clorurados solo pueden ser transportados distancias muy cortas a través del perfil de alteración.

La precipitación del Au se produce por separación de los complejos clorurados de Ag y Au durante los procesos de ferrólisis. Los complejos clorurados de Ag se separan y se dispersan debido a que son más estables, mientras que los complejos clorurados de Au precipitan por reducción dando lugar a partículas de Au de alta pureza (Freyssinet et al., 2005 y las referencias incluidas).

Sin embargo, la presencia de Au de pureza media, implica la movilidad de Au y Ag a través del perfil supergénico mediante complejos tiosulfatos en condiciones neutras a alcalinas (Freyssinet et al., 2005 y las referencias incluidas). Estas condiciones se dan durante la evolución del perfil supergénico bajo los sedimentos carbonatados y el taponamiento de los fluidos percolantes que dan lugar a la reducción y carbonatación del gossan (Yesares et al. 2014). Dado que los complejos tiosulfatos tienen una cinética de transformación más lenta, estos permanecen en solución más tiempo llegando a cotas más bajas a través de las fallas sub-verticales. Estas fracturas actúan como zonas de alta permeabilidad por donde los fluidos meteóricos llegan a la zona de cementación. La precipitación del Au de pureza media se produce por desestabilización simultánea de los complejos tiosulfatos de Au y Ag bajo las mismas condiciones de pH y Eh.

REFERENCIAS

- Aiglsperger, T., Proenza, J.A., Zaccarini, F., Lewis, J.F., Garuti, G., Labrador, M., Longo, F. (2014): *Platinum group minerals (PGM) in the Falcondo Ni-laterite deposit, Loma Caribe peridotite (Dominican Republic)*. *Miner. Deposita* (DOI: 10.1007/s00126-014-0520-9).
- Capitán, M.A., (2006): *Mineralogía y geoquímica de la alteración superficial de depósitos de sulfuros masivos en la Faja Pirítica Ibérica: Tesis Doctoral de la Universidad de Huelva*.
- Freyssinet, P., Butt, C.R.M., Morris, R.C., Piantone, P., (2005): *Ore-forming processes related to lateritic weathering*, in: *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, eds., Hedenquist, J.W., Thomson, J.F.H., Goldfarb, R.J., Richards, J.P. 681-722.
- Knigh, F., (2000): *The mineralogy, geochemistry and genesis of the secondary sulphide mineralization of the Las Cruces Deposit, Spain: Unpublished PhD Thesis*. Cardiff: University of Wales.
- Yesares, L., Sáez, R., Nieto, J.M., Almodóvar, G.R., Stephen Cooper, S., (2014): *Supergene enrichment of precious metals by natural amalgamation in the Las Cruces weathering profile (Iberian Pyrite Belt, SW Spain)*. *Ore Geol. Rev.* **58**,14-26.