

Mineralizaciones de oro en los sulfuros masivos de la Faja Pirítica Ibérica

Lola Yesares (1*), Gabriel Ruiz de Almodóvar (2), Reinaldo Sáez (2), Joaquín A. Proenza (3), Juan Manuel Pons (4)

(1) iCRAG and School of Earth Sciences, University College Dublin, Dublin 24 (Irlanda)

(2) Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva, 21071 Huelva (España)

(3) Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada. Universitat de Barcelona, 08028, Barcelona (España)

(4) MATSA SAU, Almonaster la Real, 21342, Huelva (España)

*corresponding author: lola.yesares@dgeo.uhu.es

Palabras Clave: oro, sulfuros masivos, Faja Pirítica Ibérica. | **Key Words:** gold, massive sulfides, Iberian Pyrite Belt.

INTRODUCCIÓN

La Faja Pirítica Ibérica (FPI) cuenta con unas reservas originales de 920 t de Au contenidos en 1700 Mt de sulfuros masivos. Las concentraciones conocidas de Au en los sulfuros masivos varían entre 0,2 y 9 g/t (Leistel et al., 1998).

Desde hace más de 4500 años, la FPI ha sido continuamente explotada para metales preciosos, pero únicamente por el contenido de Au y Ag en las mineralizaciones de gossan (Nocete et al., 2014; Yesares et al., 2015). En cuanto a las mineralizaciones primarias de Au, existen pocos trabajos que aborden su génesis. De manera similar a los modelos clásicos de concentraciones de Au en otras provincias de VMS, Leistel et al. (1998) proponen dos asociaciones geoquímicas de Au en la FPI: 1) Tharsis-Sotiel-Migollas: yacimientos localizados en la mitad Sur de la FPI y encajados en pizarras negras. En estos yacimientos, el Au se concentra como electrum en las zonas de stockwork. 2) Riotinto-Aznalcóllar-La Zarza: depósitos que se encuentran en la zona Norte de la FPI y encajados en facies volcánicas. En estos yacimientos, el Au se concentra como amalgamas y Au invisible, en arsenopirita y pirita, en facies polimetálicas. A pesar de sus altas leyes, a estas mineralizaciones primarias de Au no se les ha prestado mucha atención desde el punto de vista económico. Esto se debe a la presunción errónea de que la mayor parte del Au contenido en los sulfuros masivos es refractario, no recuperable y está incluido en la estructura de la pirita y/o arsenopirita.

Este trabajo se basa en el análisis comparativo de varios estilos de mineralizaciones de Au de la FPI (Tharsis, Aguas Teñidas, La Magdalena, Migollas, El Calabazar y Elvira), y tiene como objetivos: (1) el análisis de la génesis de los metales preciosos en la FPI; y (2) evaluar el potencial en Au que tienen las propias mineralizaciones para un mejor aprovechamiento de este recurso. Los resultados han permitido identificar nuevas asociaciones minerales de metales preciosos no descritas hasta ahora en la FPI. Y además, estos resultados ponen de manifiesto concentraciones económicas de Au libre, recuperables por métodos físicos, y que actualmente

están conduciendo al beneficio económico de este nuevo recurso en la FPI.

GEOLOGÍA

La FPI constituye el dominio central de la Zona Sudportuguesa, que es la más meridional del Macizo Varisco Ibérico. Esta zona ha sido interpretada como un terreno tectonoestratigráfico suturado al Macizo Varisco Ibérico durante el Paleozoico Superior (Sáez et al., 1999). La secuencia estratigráfica de la FPI consiste, de muro a techo, tres unidades estratigráficas principales: el Grupo pre-volcánico Filitas-Cuarcitas, de edad Givetense-Fameniense, el Complejo Vulcano-Sedimentario, de edad Fameniense Superior-Viseense Medio, y el Grupo post-volcánico Culm, de edad Viseense Superior-Moscoviense (Moreno y González, 2004).

- Tharsis, Migollas, Elvira y el Calabazar
Se localizan en la mitad Sur de la FPI. Están formados por cuerpos de sulfuros masivos, cobrizos y polimetálicos, y un stockwork pirítico-cuprífero, encajados principalmente en pizarras negras.
- Aguas Teñidas y La Magdalena
Se encuentran en la mitad Norte de la FPI y están principalmente encajados en rocas vulcanoclásticas félsicas. Estos depósitos constan de un cuerpo de sulfuros polimetálicos y un stockwork pirítico-cuprífero.

MÉTODOS

Se realizaron análisis químicos mediante ICP-MS y Fire-Assay para estudiar la distribución del Au y seleccionar las muestras con mayor contenido. Las tipologías de Au y sus asociaciones minerales se estudiaron en secciones pulidas de los diferentes tipos de mineralizaciones de los 6 depósitos estudiados. Posteriormente, se realizaron concentrados de minerales pesados de 8 muestras ricas en Au de las diferentes mineralización estudiadas mediante hidroseparación (<http://www.hslab-barcelona.com/>). A partir de los concentrados finales ricos en Au, se prepararon varias secciones pulidas que fueron estudiadas mediante microscopía óptica, SEM-EDS y EMPA.

RESULTADOS

Las concentraciones de Au en las mineralizaciones primarias son muy variable (de 0,01 a 60 ppm), con unas leyes medias de 1 a 2,5 g/t. El Au se distribuye irregularmente concentrándose en la mineralización de stockwork en Tharsis, en las facies polimetálicas en Aguas Teñidas y Migollas, y en las cobrizas en El Calabazar. Al contrario, el contenido en Au se distribuye homogéneamente en todas las mineralizaciones que forman el depósito Elvira, mientras que La Magdalena presenta contenidos en Au elevados que coexisten con altas leyes de metales base en todas las facies.

A partir de los estudios petrográficos, se identificaron 5 asociaciones minerales de Au:

- Au de alta pureza y electrum asociados a tetraedrita rica en Ag y rellenando intersticios en mineralizaciones cobrizas (Fig. 1a).
- Au incluido en venillas tardías de calcopirita en mineralizaciones cobrizas y de stockwork (Fig. 1b).
- Inclusiones de electrum y Ag nativa en galena y esfalerita en mineralizaciones polimetálicas (Fig. 1c).
- Au nativo de alta pureza asociado a Au-sulfuros, cobaltita, Bi nativo, Bi-sulfosales y Te-sulfuros (Fig. 1d). Esta asociación ha sido identificada tanto en mineralizaciones cobrizas como en stockworks.
- Inclusiones de Au en pirritas recristalizadas en las mineralizaciones piríticas “estériles”.

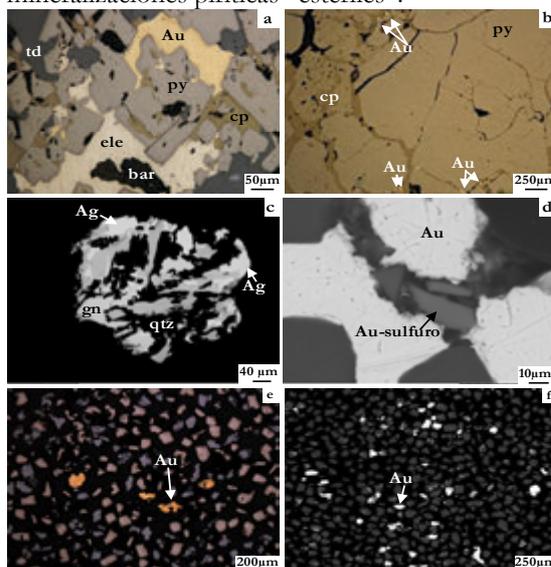


Fig 1. Imágenes de las asociaciones minerales de Au en los sulfuros masivos de la FPI y de de concentrados gravimétricos ricos en Au. (a) Au nativo y electrum (ele) rellenando intersticios en pirita (py), tetraedrita (td) y calcopirita (cp) de la mineralización cobriza de La Magdalena; (b) Inclusiones de Au en venas de calcopirita del stockwork de Tharsis; (c) Ag nativa asociada a galena (gn) y rellenando espacios abiertos en agregados de cuarzo (qtz) y pirita de la mineralización polimetálica de Migollas; (d) Au nativo asociado a pequeños cristales de Au-sulfuros en Au de la mineralización cobriza del Calabazar; (e) concentrados de partículas de Au nativo de hasta 300 μm de diámetros de la mineralización polimetálica del depósito de La Magdalena; y (f) fracción de 100-150 μm un concentrado ricos en Au del depósito Elvira.

A partir del estudio de los concentrados por hidro-separación, se han identificado numerosas partículas de Au “libre” en todos los estilos de mineralizaciones estudiadas. Estas presentan tamaños de

grano variable de entre las pocas micras hasta las 700 micras de diámetro. Los análisis de EPMA en las partículas de Au muestran una pureza heterogénea de entre 542 a 1000, siendo la mayoría >750. Las impurezas son principalmente Ag y Hg (hasta un 35,9% y 10,8 % respectivamente).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las características observadas indican que la concentración, distribución y tipología de Au varían entre las diferentes mineralizaciones de la FPI, y están controladas por factores físico-químicos durante la formación de los depósitos. Leistel et al. (1998) propuso que el Au asociado a las mineralizaciones de stockwork precipitó a partir de fluidos de alta temperatura (>300°C) durante las fases iniciales de la génesis de los depósitos, en las que el Au fue transportado por complejos clorurados. Por otro lado, para el enriquecimiento de Au de las mineralizaciones polimetálicas, estos autores propusieron la participación de fluidos de menor temperatura (<280 °C), en los que el Au fue transportado por complejos bisulfurados en etapas genéticas tardías. Sin embargo en la Magdalena y Elvira, las elevadas concentraciones de Au en todos los estilos de mineralizaciones que constituyen el depósito indican que durante su génesis, intervinieron más de un mecanismo de concentración de Au-Ag y que sus singularidades pueden ser explicadas por procesos de destilación y reconcentración de metales en fases tardías.

La diversidad geológica de las mineralizaciones de Au de la sugiere que durante su génesis intervinieron más de un mecanismo de transporte y enriquecimiento de este metal. Sin embargo, el patrón común en todos los casos de estudio es el alto contenido en Au libre recuperable por métodos físicos, lo que aumenta significativamente el potencial económico de Au en la FPI.

REFERENCIAS

- Leistel, J.M., Marcoux, E., Deschamps, Y., Joubert, M. (1998): Antithetic behaviour of gold in the volcanogenic massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, **33**, 82-97.
- Moreno, C. y González, F. (2004): Estratigrafía de la Zona Sudportuguesa. en: “Geología de España”, J.A. Vera ed. IGME-Soc Geol Esp, Madrid, 201-205.
- Nocete, F., Sáez, R., Bayona, M.R., Nieto, J.M., Paramo, A., López, P., Gillbarguchi, J.I., Inácio, N., García, S., and Rodríguez, J. (2014): Au in the southwest of the Iberian Peninsula during the 3rd Millennium BC. *Journal of Archaeological Science*, **41**, 691-704.
- Sáez, R., Pascual, E., Toscano, M., Almodóvar, G.R. (1999): The Iberian type of volcanosedimentary massive sulfide deposits. *Mineralium Deposita*, **34**, 549-570.
- Yesares, L., Aiglsperger, T., Sáez, R., Almodóvar, G.R., Nieto, J.M., Proenza, J.A., Gómez, C., Escobar, J.M. (2015). Gold behavior in supergene profiles under changing redox conditions: the example of the Las Cruces deposit, Iberian Pyrite Belt. *Econ. Geol.*, **110**, 1-18.
- Esta investigación ha sido financiada por CGL2016-79204-R”