

LOS SULFUROS MASIVOS (Cu-Zn-Au) DE LOMERO POYATOS (FAJA PIRÍTICA IBÉRICA): ENCUADRE GEOLÓGICO, ALTERACIÓN HIDROTERMAL Y REMOVILIZACIÓN

F. VELASCO ⁽¹⁾ Y F. TORNOS ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco, Apdo. 644, 48940 Bilbao

⁽²⁾ Instituto Geológico y Minero de España, Azafranal 48, 37002 Salamanca

INTRODUCCIÓN

El depósito de Cu-Zn-Au de Lomero Poyatos (Huelva) se encuentra localizado en la parte más septentrional de la Faja Pirítica Ibérica (FPI), dentro de la banda norte donde afloran numerosos depósitos de sulfuros masivos encajados en rocas volcánicas, tales como San Telmo, Confesionarios, Aguas Teñidas, Castillejito, Cueva de la Mora y Monte Romero. Excepto Aguas Teñidas y Castillejito, son depósitos relativamente pequeños (<20 Mt), pero todos presentan leyes elevadas en Cu-Zn-Pb-Ag-Au si se comparan con los depósitos gigantes, ricos en pirita, situados en la zona meridional de la Faja Pirítica (Leistel et al., 1998; Tornos, 2006). La zona se encuentra afectada por un metamorfismo regional de grado muy bajo e intensamente tectonizada con desarrollo de abundantes zonas de cizalla. Los efectos de la deformación incluyen la formación de milonitas con procesos de estiramiento y dislocación del encajante y de las masas de sulfuros (disolución por presión, maclas, deslizamientos, recristalización dinámica, etc.), dando lugar a fenómenos de recristalización y removilización mecánica y química.

Dentro de este conjunto, el depósito de Lomero Poyatos representa un ejemplo inusual ya que se encuentra en una zona donde las rocas volcánicas de composición andesítica muestran una intensa cataclásis y tiene leyes excepcionalmente elevadas en Au. En conjunto, el depósito tiene unos recursos indicados de sulfuros masivos de 4.25 Mt con 5.76 g/t Au, 116.9 g/t Ag, 1.58% Cu, 5.71% Zn y 1.48% Pb, y 11.2 Mt de sulfuros semimasivos con 2.29 g/t Au, 70.8 g/t Ag, 1.26% Cu, 3.02% Zn y 0.98% Pb (Cambridge, 2004). Como otros yacimientos de la FPI presenta una historia larga y compleja. Fue descubierto en 1853, explotado entre los años 1931 y 1991, produciendo un total de 2.6 Mt de pirita. Las zonas enriquecidas en metales base no fueron explotadas durante esta época. En 1980-82 la mina fue evaluada por Indumetal y entre 1982-86 por Billiton. Desde 1999 ha sido explorada para metales preciosos y cobre-zinc por Recursos Metálicos y posteriormente por Cambridge Resources, que han realizado un estudio de viabilidad.

GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO DE LOMERO POYATOS

El depósito de Lomero Poyatos se encuentra en la zona norte de la FPI donde el Complejo Volcano Sedimentario está dominado por rocas volcánicas y

volcanoclásticas con poca proporción de pizarras. En conjunto, la geología de la zona está dominada por el apilamiento de escamas tectónicas de unos 0.1-2 km de potencia cabalgantes hacia el sur; cada una de estas unidades parece tener una estratigrafía propia, por lo que la correlación entre distintas unidades es difícil. No existen dataciones de este vulcanismo pero por comparación con áreas similares es de edad Tournaisiense-Viseense.

En detalle, el yacimiento se encuentra en una pequeña unidad tectónica de unos 10-80 m de potencia y una extensión lateral de unos 900 km, en contacto tectónico con otras dos unidades en las que dominan las rocas de composición andesítica. La dirección media es N110°E, con un buzamiento de unos 30 a 50°N. La Unidad Inferior tiene una potencia de unos 260 m y está formada predominantemente por andesita volcanoclástica; esta unidad es cabalgante sobre otra en la que dominan las vulcanitas félsicas similares a las que se encuentran a techo de la Mina de Aguas Teñidas Este. En detalle, consiste en brecha y arenisca volcanoclástica monomítica de derivación proximal entre la que intercalan pequeños niveles dm de lapilli consolidado rico en vidrio y con estructuras perlíticas. Son frecuentes los diques de igual composición. En esta unidad hay zonas irregulares de alteración hidrotermal, caracterizadas por el remplazamiento de los fenocristales de plagioclasa por sericita y cloritización generalizadas. La Unidad Superior está también formada por andesita, aunque dominan las facies masivas que gradan a hialoclastita. La andesita se caracteriza por la presencia de facies vacuolares, otras ricas en enclaves de roca volcánica y otras en las que dominan los agregados glomeroporfidicos no orientados de plagioclasa; en ambos casos quedan restos de una matriz originariamente vítrea y que ahora es microcristalina con microlitos no orientados de plagioclasa con sericita, clorita y cuarzo; se aprecia una alteración clorítica sobre la que se superponen zonas con intenso desarrollo de epidota. Esta unidad se interpreta como una sucesión de domos submarinos. Intruyendo estas rocas hay frecuentes diques de microgabro.

La Unidad Intermedia es la que encaja la mineralización y, a diferencia de las otras, presenta una estratigrafía compleja. Al oeste y cerca de la superficie dominan las litologías de composición más

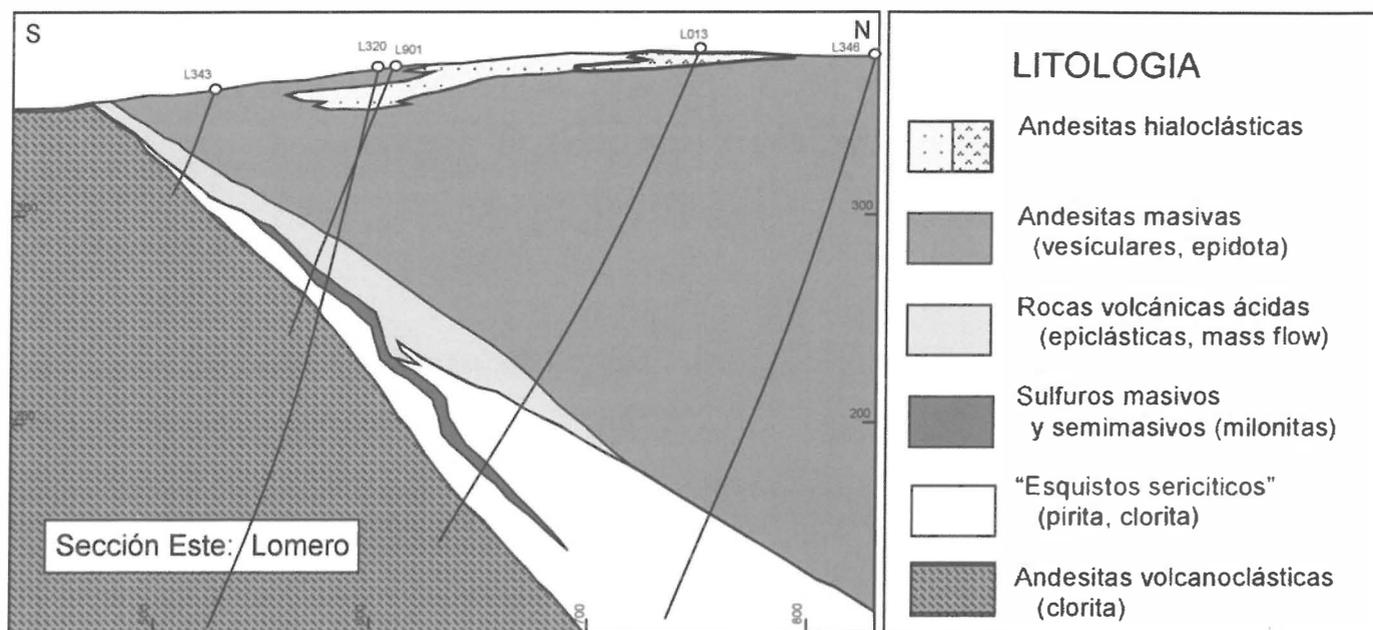


Figura 1: Sección esquemática del yacimiento de Lomero-Poyatos en la transversal este. Elaborado a partir de datos de Cambridge Mineral Resources (2004)

ácida, variando de dacita a riolita. Por el contrario, en secciones localizadas al este y en profundidad los sondeos han cortado rocas epiclásticas grises y filonitas, fuertemente deformadas y finamente esquistosadas y con abundante pirita de grano muy fino que probablemente correspondan a zonas de deformación extrema. Estas rocas se presentan muy alteradas hidrotermalmente con cambios graduales de facies entre los extremos volcánicos y sedimentarios. La parte superior de la secuencia ha sido reemplazada parcial o totalmente por los sulfuros masivos, observándose zonas con stockworks de pirita. En la parte central del yacimiento, sin embargo, las litologías observadas parecen corresponder a una brecha volcanoclastica félsica rica en vidrio y quizás pómez. La alteración hidrotermal del conjunto consiste en una intensa sericitización y silicificación, con cloritización subordinada, estando la silicificación directamente asociada a la mineralización. En detalle, esta Unidad Intermedia incluye rocas siempre muy deformadas (tectonitas), con sulfuros masivos alternando como peces tectónicos de potencia hasta decamétrica y longitud hectométrica entre bandas de milonita y ultramilonita, formadas mayoritariamente por cuarzo de grano fino con algo de sericita y muy poca clorita; en estas rocas hay zonas de cloritita rica en pirita que hipotéticamente pueden corresponder a zonas de stockwork totalmente modificadas tectónicamente.

Los contactos entre todas las unidades son siempre tectónicos y jalonados por bandas de milonitas de unos 5-10 m de potencia. En todas las unidades hay un incremento gradual de la deformación hacia los contactos, con desarrollo de una esquistosidad y estructuras de tipo S-C. Esta disposición se observa en la mesoescala, formando las unidades tectónicas una estructura de tipo *ramp and flat*. Las bandas de deformación muestran una oxidación característica, con enriquecimiento en hematites de las bandas más de-

formadas, formación de niveles de jaspe y oxidación de los sulfuros a magnetita.

ZONAS DE ALTERACION DETECTADAS CON SWIR

El estudio por espectrometría portátil de infrarrojo de onda corta (SWIR) de varios perfiles del yacimiento ha permitido identificar y evaluar la extensión lateral y vertical de los diversos tipos de alteración hidrotermal de las rocas encajantes del yacimiento. Este análisis mineralógico, realizado con un equipo PIMA-SP, sobre testigos de sondeo, muestra la existencia de tres zonas de alteración superpuestas, adaptándose *grosso modo* a los cambios litológicos de las Unidades Inferior, Intermedia y Superior, respectivamente. El orden, de muro a techo, señala la existencia de varias zonas: (1) «Zona de clorita» afectando las tres unidades, si bien muestra mayor intensidad alrededor de las zonas próximas a la mineralización; (2) «Zona de sericita», localizada principalmente en la Unidad Intermedia que contiene a la mineralización, con efectos decrecientes en zonas laterales a la mineralización; va acompañada de incipiente paragonitización (18%) y descenso del grado de fengitización de las micas en los niveles de filitas; (3) «Zona de epidota», desarrollada exclusivamente en la Unidad Superior, y más acusada a medida que nos alejamos de la mineralización. Del mismo modo, con esta metodología de carácter prospectivo, es posible diferenciar zonas ricas en esmectitas y halloysita, siempre ligadas a ambientes superficiales y claramente relacionadas con procesos de alteración meteórica («Zona supergénica»).

Las citadas zonas hidrotermales, que aparecen con un marcado carácter *semiconformable* adaptadas a las diversas litologías, permiten localizar y seguir en profundidad la posición del horizonte mineralizado. La distribución de las dos primeras zonas coincide a grandes rasgos con las envolturas concéntricas de alteración hidrotermal alrededor de los stockworks encon-

tradas en otros sulfuros masivos, si bien es rara la aparición distal de una zona propilítica con epidota, además de clorita y sericita.

LOS SULFUROS MASIVOS

En superficie la mineralización aflora en dos lentejones (Lomero y Poyatos), que en profundidad se superponen dando lugar a un único cuerpo mineralizado. Los sulfuros masivos están rodeados por una zona en la que las rocas volcánicas están silicificadas y son ricas en pirita. Los sulfuros están intercrecidos con cuarzo, siderita y poca sericita, con boudines de sulfuros de grano fino de dimensiones cm en bandas miloníticas de grano más grueso y con abundante cuarzo intersticial. Se distinguen varios tipos de menas: (i) polimetálicas («complejo») de grano fino a muy fino, con bandas ricas en sulfuros de metales base alternando con otras de pirita. Tiene una importante foliación tectónica que rodea lentes y clastos de pirita; (ii) menas de pirita masiva, mostrando cierta foliación marcada por la presencia de intercalaciones de cuarzo y clorita; (iii) menas «cobrizas» (relativamente escasas), dominadas por pirita pero ricas en calcopirita y cobres grises que reemplazan y rellenas las microfracturas de la pirita.

Tanto en los sulfuros masivos como en los semimasivos el mineral dominante es pirita, con cantidades a veces significativas de esfalerita, calcopirita, cobres grises (tetraedrita-tenantita) y galena. Como minerales accesorios aparecen arsenopirita, pirrotita, magnetita, barita y oro. La distribución de los sulfuros parece sugerir una cierta zonación, con una zona enriquecida en cobre el centro del depósito y un enriquecimiento en zinc y plomo hacia los márgenes este y oeste (Cambridge, 2004). La pirita es el mineral principal (entre 60 y 100%), exhibe hábitos muy variables, desde agregados coliformes (relictos) a microcristales cúbicos, y cristales subautomorfos zonados de grano medio a grueso con signos de intensa cataclisis. Le sigue en abundancia la esfalerita, formando agregados xenomorfos de grano fino, reemplazados por galena y calcopirita. El oro aparece como pequeños granos discretos en ambientes de bajo *stress* (preferentemente sombras de presión): adheridos a bordes de cristales de pirita, relleno de microfisuras en fenoclastos de pirita y/o asociado a la calcopirita y galena que actúa de matriz. El tamaño de estos granos de oro varía entre 1-2 y 75 micras (media de 15 micras) mostrando invariablemente composiciones ricas en Ag y Hg, lo que obligan a caracterizarlos como aleaciones Au-Ag-Hg (aprox. Au₄₀Ag₅₀Hg₁₀). Estos valores coinciden con las características de las fases ricas en oro de Sotiel, Zarza y otros yacimientos de la FPI (Velasco et al. 2000).

Durante el metamorfismo regional estos sulfuros han sufrido una importante recristalización, concomitante con un proceso de deformación frágil en el caso de la pirita y dúctil para el resto de las menas. Las evidencias texturales, principalmente *pressure solution*, *annealing*, *grain boundary sliding* y formación de maclas indican el desarrollo de gradientes locales de deformación y recristalización, probablemente controlados por la proximidad a las zonas de cizalla. El resultado más evidente ha sido la aparición de texturas bandeadas y laminaciones que deben ser descritas como típicamen-

te miloníticas (protomilonitas y milonitas ss) con claras evidencias de flujo cataclástico. Al final de esta etapa, el relleno de microfracturas desarrolladas en pirita por las fases removilizadas (e.g., calcopirita, sulfosales, galena) demuestra la aparición de fenómenos hidrotermales tardíos (sin- a post-metamórficos) responsables de la aparición de fases discretas de oro (aleaciones Au-Ag-Hg).

GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

La geoquímica de elementos asumidos como inmóviles (Al, Ti, Y, Zr, Nb) permite caracterizar las distintas unidades volcánicas y establecer relaciones entre ellas a pesar de la alteración hidrotermal y deformación superimpuesta (e.g., Barrett et al., 2001). En el caso de Lomero Poyatos, las relaciones entre estos elementos muestran que la Unidad Superior está formada por dos unidades geoquímicamente diferentes caracterizadas por contenidos en Y y Zr muy distintos, lo que sugiere grado de fraccionamiento. A pesar de ser petrográficamente similar, la Unidad Inferior es geoquímicamente muy distinta a las dos facies de la Superior, con menores contenidos en TiO₂ y Zr, sugiriendo que no proviene de la erosión de las anteriores sino de otra unidad volcánica independiente. La Unidad Intermedia guarda muchas similitudes geoquímicas con las rocas volcánicas que incluyen los sulfuros masivos de Aguas Teñidas, confirmando que esta unidad es probablemente una lámina tectónica que originariamente pertenecía al vulcanismo félsico que engloba los sulfuros masivos de la zona.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El depósito de Lomero Poyatos se localiza en una zona en la que el vulcanismo es predominantemente andesítico. Sin embargo, la geología de detalle muestra que la mineralización está encajada en rocas volcanoclásticas félsicas ricas en vidrio y similares, a las que encajan otros sulfuros masivos de la zona más septentrional de la FPI (Tornos, 2006). Por ello, parece lógico suponer que el vulcanismo andesítico fue independiente de la mineralización y que ésta ha quedado laminada como una unidad exótica entre otras dos unidades tectónicas. La deformación de las rocas volcánicas alteradas y de los sulfuros masivos asociados es probablemente la responsable de la removilización y reconcentración hidrotermal de los sulfuros más dúctiles junto con el oro, que se han enriquecido en zonas más deformadas del depósito, dejando pirita masiva en las zonas centrales. Este proceso se revela como muy efectivo y capaz de dar lugar a zonas con altas leyes en metales base y oro. La extensión de estos mecanismos de deformación y recristalización al conjunto de los sulfuros masivos es responsable de la formación de bandeados de carácter milonítico que, a su vez, evidencian episodios de deformación asistidos por fluidos. Muchas de estas texturas ocasionalmente han sido interpretadas como texturas deposicionales primarias.

A pesar de la deformación superimpuesta, el depósito de Lomero Poyatos reúne muchas de las características geológicas de los sulfuros masivos formados por remplazamiento de rocas volcánicas reactivas y/o po-

rosas, tales como la ausencia de estructuras sedimentarias, la existencia de una aureola de alteración alrededor de los sulfuros masivos o la presencia de barita.

Este trabajo se enmarca en un proyecto sobre la geología del SO Ibérico, financiado por el IGME y por DGI-FEDER (BTE2003-290). Agradecemos la ayuda y comentarios de Bill Sheppard, Sergio Tenorio, Raúl Hidalgo, Víctor Guerrero y Carmen Conde. Agradecemos a Colin Andrew y Cambridge Mineral Resources el haber nos facilitado el acceso a los sondeos y a la información existente sobre el depósito. Este trabajo es una contribución al proyecto del PICG 502 «Comparación Global de Sulfuros Masivos»

REFERENCIAS

- Barrett TJ, MacLean, W. H. y Tennant, S. C. (2001). *Economic Geology*, 96, 1279-1305
- Cambridge Mineral Resources (2004) <http://www.cambmin.co.uk>
- Leistel, J.M., Marcoux, E., Thieblemont, D., Quesada, C., Sanchez, A., Almodóvar, G.R., Pascual, E., Saez, R. (1998). *Mineralium Deposita*, 33, 2-30.
- Tornos, F. (2006). *Ore Geology Reviews*, 28, 259-307.
- Velasco, F. Sánchez-España, J. Yanguas, A. Tornos, F. (2000). In: *Volcanic environments and Massive Sulfide Deposits*, Gemmell, J.B. and Pongrats, J. (eds), Codes and SEG, Univ. Tasmania, 221-223.