

MINERALOGÍA DEL YACIMIENTO DE ORO «INDEPENDENCIA», DISTRITO MINERO DE TITIRIBÍ, COLOMBIA

H. LEAL-MEJÍA ⁽¹⁾, M. CASTAÑEDA ⁽²⁾, R.P. SHAW ⁽³⁾, J.C. MELGAREJO ⁽¹⁾ Y O.I. SEPÚLVEDA ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona, C/Martí i Franquès, s/n, 08028, Barcelona. E-mail: hildebrandolealm@yahoo.co.uk, joan.carles.melgarejo.draper@ub.edu

⁽²⁾ C-E: castanedamauricio@yahoo.com

⁽³⁾ C-E: rpshaw@epm.net.co

⁽⁴⁾ C-E: osepulveda@kedahda.com

INTRODUCCIÓN

El Distrito Minero de Titiribí, ubicado sobre el flanco occidental de la Cordillera Central, en los Andes Colombianos, constituye una zona minera aurífera cuya producción se inició en la época colonial española. Su producción histórica formal se remonta a más de doscientos años, durante los cuales se han extraído 2 millones de onzas de oro equivalente con Zn, Cu y Pb como subproducto (Bostford, 1926; Emmons, 1937; Grosse, 1926).

El objetivo del presente trabajo es la caracterización mineralógica y textural de la mineralización aurífera de la Mina Independencia, localizado en el Sector El Zancudo, y cuyos trabajos en la actualidad están a cargo del Consorcio de Inversionistas S.A. (CDI S.A.). En particular, se pretende discriminar las fases portadoras de metales preciosos.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La geología del Distrito Minero de Titiribí se resume en la Figura 1. El Distrito es infrayacido por un basamento altamente complejo, el cual se compone por «mega-bloques», escamas y fragmentos corticales de rocas metamórficas Paleozoicas parautoctonas (esquistos cloríticos, psamíticos y grafíticos) y rocas volcánicas y sedimentarias alóctonas, predominantemente oceánicas, del Cretácico. Este basamento complejo se puede caracte-

rizar como un *melange* tectónico formado durante la colisión/acreción de rocas oceánicas Mesozoicas con el margen de los Andes del norte a lo largo del Sistema de Fallas de Romeral (destral), y que se inició en el Cretácico temprano (Cediel *et al.*, 2003). Posterior a la acreción, el *melange* de Romeral es suprayacido inconformemente por secuencias sedimentarias siliciclásticas autóctonas del Oligoceno (Grupo Amagá), dominado por litologías transicionales marino-continental que incluyen arenitas y conglomerados con fragmentos de cuarzo; en menor proporción, hay también pizarras negras, verdosas y rojizas y carbón sub-antracítico. La región fue deformada compresionalmente en el Mioceno inferior-medio, y nuevamente en el Mioceno medio-superior. El estilo estructural de esta deformación está dominado por cabalgamientos de despegue con vergencia predominantemente hacia el Este, localmente rotados a configuraciones de fallas inversas de alto ángulo. Durante el Mioceno superior, tanto el *melange* de Romeral como el Grupo Amagá fueron intruídos sintectónicamente por una serie de plutones, diques y sills dioríticos/monzoníticos hipoabisales polifásicos con rocas extrusivas asociadas (Formación Combia), con edades de 8 a 6 Ma obtenidas por el método K-Ar en roca total (Maya, 1992). Depósitos recientes del Cuaternario cubren parcialmente el conjunto de unidades antes mencionado.

Se considera que la mineralización en el Distrito Minero de Titiribí está relacionada temporal y espacialmente con el sistema de cuerpos intrusivos

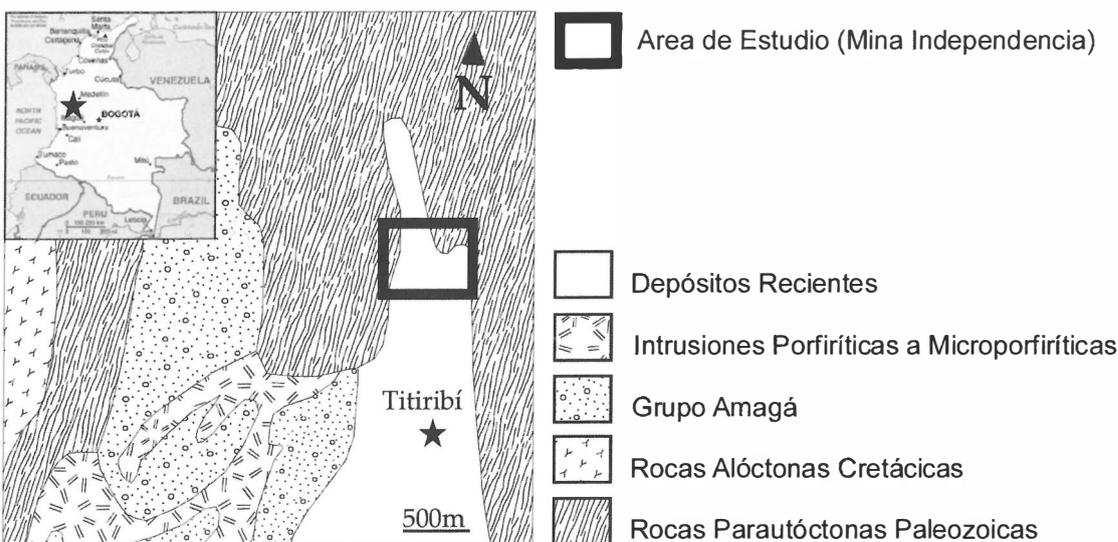


Figura 1: Localización del área de estudio y unidades geológicas. Tomado de Grosse (1926).

hipoabisales emplazados durante el Mioceno medio-superior.

A nivel local, la mineralización se presenta en una distribución periférica al cuerpo intrusivo, porfirítico, hipoabisal, polifásico e irregular, de 725m N-S por 550m E-W que infrayace las montañas de Cerro Veta, aproximadamente 2 km al oeste de la población de Titiribí (Figura 1). El cuerpo porfirítico está mineralizado, al igual que numerosos sills que se desprenden de éste, intruyendo principalmente la secuencia sedimentaria siliciclástica del Oligoceno (Grupo Amagá). La mineralización se extiende en profundidad en los esquistos, donde ha sido intensamente explotada, especialmente hacia la parte norte y noroeste.

El Distrito Minero de Titiribí es un conjunto bastante complejo, con una extensión de aproximadamente 12 km². En este distrito es posible observar dos tipos de mineralización y estilos estructurales: a) sistemas de vetas y mantos con Au-Ag (Zn-Pb-Cu-As-Sb) de alta ley, controlados estructural y estratigráficamente, e históricamente explotados, y b) mineralizaciones Au-Cu (Ag) tipo pórfido, de baja ley, hospedadas en rocas volcánicas e intrusivas, poco exploradas hasta el momento.

Dentro de las mineralizaciones de alta ley, se pueden distinguir al menos seis estilos diferentes: (1) mineralización en mantos, diseminaciones en sills y reemplazamientos estratiformes en las secuencias sedimentarias siliciclásticas del Oligoceno (ej. Mina Lyell); (2) fallas inversas de alto ángulo rumbo N-S y con geometría tipo «*ramp and flat*» con relleno hidrotermal y abundante *gouge* de falla indicando emplazamiento sincinemático/sintectónico (ej. Galería Independencia, Mina Lyell); (3) fallas planas discordantes de alto ángulo con tendencia E-W que cortan todas las litologías presentes (ej. Galería Cateadores); (4) zonas de contacto entre intrusivos del Mioceno y el basamento Paleozoico y la secuencia siliciclástica del Oligoceno (ej. Galería Cateadores y Galería Los Chorros alto); (5) relleno y reemplazamiento en la discordancia entre el basamento Paleozoico y la secuencia siliciclástica del Oligoceno (ej. El Castaño, Otra Mina); (6) desarrollo de pórfido Au-Cu-Mo (ej. Cerro La Veta).

Lo anteriormente expuesto evidencia el alto grado de complejidad, en cuanto a estilos y procesos de mineralización que presenta este importante distrito, del cual forma parte la Mina Independencia, objeto de este estudio. La ausencia de estudios modernos de este tipo en este distrito minero es responsable de la no comprensión de los diferentes pulsos mineralizantes y su relación con la mineralización aurífera, tanto a nivel local como regional.

En el caso particular de la Mina Independencia, la mineralización es del estilo (2), y está constituida por venas polimetálicas (Au, Ag, Zn, Cu, Pb), que en algunos casos cortan los esquistos del Paleozoico y en otros son paralelas a los planos de foliación (rasgo típico de fallas inversas con geometría «*ramp and flat*»). La roca encajante, los esquistos paleozoicos, presenta mineralización diseminada de pirita, y en mucha menor proporción, de esfalerita y calcopirita. Además, muestra evidencias de una intensa alteración argílica y carbonática, y en menor proporción, silícea.

TEXTURA DE LA MINERALIZACIÓN

Las vetas presentan contactos típicamente fallados con la roca encajante, con abundante *gouge*. Los patro-

nes texturales de las muestras estudiadas muestran, en el relleno filoniano, predominio de texturas de relleno de espacios abiertos (peine, crustiforme, drusiforme, y bandeamientos tanto simétricos como asimétricos), con calcita tardía (*saddle texture*).

La ganga en los filones se compone predominantemente de cuarzo, generalmente con tamaño de grano milimétrico y euhedral. El relleno implica sucesiones generalmente pasivas de sulfuros: predominantemente pirita, esfalerita y calcopirita; en menor proporción hay arsenopirita y galena. Acompañando la mineralización de sulfuros se presentan cantidades menores de varias especies de sulfosales y oro nativo. El tamaño de los cristales de los sulfuros mayoritarios es grueso, de manera que los cristales de pirita y de esfalerita pueden alcanzar hasta 1 cm. En la porosidad geódica son comunes cristales de estibina, sulfosales fibrosas de plomo (jamesonita, boulangerita), así como de tetraedrita rica en Ag.

Se destaca, dentro de la asociación mineralógica, la presencia de varias especies de sulfosales: boulangerita, y en ocasiones su variedad plumosita (Pb₅Sb₄S₁₁), tetraedrita (Cu,Fe,Ag,Zn)₁₂Sb₄S₁₃, jamesonita (Pb₄FeSb₆S₁₄), bournonita (PbCuSbS₃) y zoubekita (AgPb₄Sb₄S₁₀). De forma ocasional y poco frecuente, aparecen diaforita (Pb₂Ag₃Sb₃S₈), ramdohrita (Ag₃Pb₆Sb₁₁S₂₄) y miargirita (AgSbS₂). Todas estas sulfosales se observaron rellenando cavidades, y por tanto adoptando la morfología de éstas, o bordeando cristales idiomórficos de otros minerales como cuarzo y arsenopirita, evidenciando su cristalización durante un estadio bastante tardío dentro de la secuencia de mineralización. En el caso de miargirita, ramdohrita y la diaforita, no se observó relación alguna con la mineralización de oro, aunque es posible que se trate de una fase posterior a la cristalización de las otras sulfosales que acompañan el oro.

El oro forma granos de tamaño submilimétrico (20-500 micras), que en algunos casos llega a ser visible a *visu*. Las partículas de oro, cuya forma es anhedral, tienden a ocupar posiciones intersticiales entre cristales o rellenando fracturas en los minerales previamente depositados y tectonizados. Es frecuente la asociación del oro con sulfosales de cobre, evidenciando una depositación en un estadio tardío dentro de la secuencia paragenética.

SECUENCIA PARAGENÉTICA

La secuencia de mineralización observada en las muestras estudiadas se inicia con la cristalización de cuarzo, el cual claramente constituye las salbandas del relleno filoniano. Posteriormente se produce la mineralización de cantidades importantes de pirita, esfalerita y, en menor proporción, de arsenopirita masivas, siempre acompañadas con cantidades menores de cuarzo. Posteriormente se produce el fracturamiento de estas fases previamente depositadas, dando lugar a fracturas y nuevos espacios abiertos que permiten la posterior cristalización de galena, seguida por la cristalización parcialmente superpuesta de diferentes tipos de sulfosales y estibina que acompañan la mineralización de oro (Figura 2).

GEOQUÍMICA MINERAL

La composición del oro presente en la Mina Independencia del Distrito Minero de Titiribí se aleja de térmi-

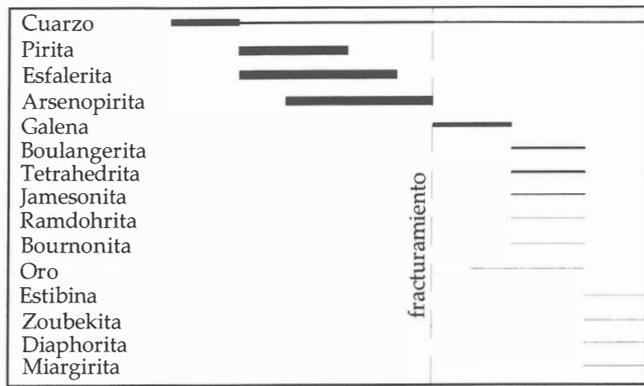


Figura 2: Diagrama paragenético para la mineralización de la Mina Independencia.

nos extremos, oscilando entre un 66,94% y un 88,14% de Au, entre un 12,35% y un 34,12% de Ag, y valores menores a 0,1% de Cu, presentándose estrechamente asociados con la galena, la esfalerita y las sulfosales.

La esfalerita es relativamente rica en Cd (normalmente alrededor del 1% en peso), mientras que el Fe es relativamente bajo, aspecto que concuerda con la ausencia de pirrotina y con los valores de la relación de As/S en arsenopirita congruentes con una cristalización a fugacidades de S relativamente altas. Es interesante anotar, además, que los valores más altos de Cd (hasta 1,41%), están asociados a cristales de esfalerita sin inclusiones de calcopirita, en tanto que los valores más bajos (entre 0 y 0,6%), se presentan en los cristales que presentaban este tipo de inclusiones.

CONCLUSIONES

A partir de las observaciones realizadas y los resultados obtenidos en el presente trabajo, es posible identificar dos pulsos o eventos mineralizantes: el primero, responsable de la mineralización de grandes cantidades de sulfuros (pirita, esfalerita y arsenopirita) acompañados por cuarzo, y el segundo pulso, que implica el relleno de espacios abiertos entre las fases minerales previamente depositadas por galena, diferentes tipos de sulfosales de plomo y plata que acompañan la mineralización aurífera explotada en el Túnel Independencia. Estos pulsos se encuentran separados entre sí por un evento de fracturamiento, que afecta las fases minerales depositadas durante el primer pulso, y genera espacios abiertos para la cristalización del segundo pulso.

REFERENCIAS

- Botsford, R.S. (1926). The Zancudo Mining District, Memorias del Ing. R.S. Botsford, Sociedad del Zancudo, 94 p.
- Cediel, F., Shaw, R.P. y Cáceres, C. (2003). Tectonic Assembly of the Northern Andean Block. In: «The Circum-Gulf of Mexico and Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics», C. Bartolini, R.T. Buffler y J. Blickwede, eds. AAPG Memoir, 79, 815 - 848.
- Emmons, W.H. (1937). Gold Deposits of the World, McGraw-Hill Book Company Inc., 258 - 260.
- Grosse, E. (1926). Tesis Doctoral. Berlin, 450 p. (inérito).
- Maya, M. (1992). Boletín Geológico, INGEOMINAS, 24(1-3), 127-188.