

MINERALIZACIONES METÁLICAS ASOCIADAS A LA ZONA TECTÓNICA CAUCA-ROMERAL: ZONA NORTE (MARMATO – CHIRAPOTÓ)

Franklin ORTIZ B.¹

RESUMEN

Hay en la zona de Marmato - Chirapotó interesantes e importantes mineralizaciones metálicas que se pueden agrupar de acuerdo a sus características geológicas en tres tipos de ocurrencias: 1) vetas, venas y venillas con oro y plata, en algunas de ellas hay también metales básicos particularmente cobre y zinc; 2) mineralizaciones concordantes de sulfuros en rocas metamórficas que podrían eventualmente ser importantes para oro y plata aunque no tienen valores de interés para la explotación de metales básicos; y 3) diseminadas en varias unidades litológicas incluyendo la presente en zonas de brechas mineralizadas

Los sulfuros encontrados varían en estas ocurrencias: en la mineralización concordante son comunes marcasita, pirrotina y calcopirita; en las vetas, venas y venillas hay una mayor diversidad no solo en cuanto a la diversidad de los tipos de sulfuros sino a su abundancia relativa en las venas encontrándose pirita, marcasita, pirita-melnicovita, esfalerita, molibdenita, pirrotina, calcopirita, galena y arsenopirita. Acompañan a éstos en las vetas los valiosos oro nativo, plata nativa, electrum, en ocasiones magnetita. Calcita y cuarzo son acompañantes de ganga abundantes y es común encontrar minerales secundarios como calcosina, covelina, azurita, malaquita y óxidos de hierro.

El control de las mineralizaciones es estructural y con evidencias de polideformación en las zonas de vetas, venas y venillas y en zonas de brechas hidrotermales; su génesis aparece entonces ligada a fluidos hidrotermales que tuvieron su origen en el volcanismo Terciario. Es evidente una concordancia de otras mineralizaciones que se encuentra en los varios tipos de esquistos (cuarcíticos, negros, cloríticos, anfibólicos y biotíticos) donde la acumulación de la mineralización metálica está favorecida por los planos de foliación de las rocas. Esta situación plantea la existencia de una mineralización contemporánea con el metamorfismo y previa a los intrusivos.

Zonas de alteración filica están presentes en las rocas de caja donde se encuentran las vetas, venillas, brechas hidrotermales y zonas de cornubiana. Es posible que haya alteración hidrotermal propilitica asociada a zonas de mineralización concordante con la foliación pero esto queda en duda debido a la similar composición de esta alteración y la composición de las rocas metamórficas supuestamente afectadas por este tipo de alteración.

Es difícil enmarcar las ocurrencias minerales de Marmato y Chirapotó dentro de un modelo sencillo de depósito mineral; se plantea un ambiente y unas características particulares para el sector de Marmato mientras que las características encontradas en las mineralizaciones de la zona de Chirapotó permiten configurar modelos de depósitos minerales más complejos al tradicionalmente propuesto para la zona de Marmato. Dadas estas circunstancias y ante no conocerse bien la geometría de ellos cualquier estimativo de sus reservas estarán basados en investigaciones no concluyentes e incompletas.

¹ Profesor Titular, Cimex, Facultad de Minas A. A. 1027, Universidad Nacional de Colombia, Medellín

En la zona de Chirapotó de acuerdo a la cartografía detallada allí realizada se encuentra que se dan las condiciones de una zona de cizalla.

ABSTRACT

There is in the zone of Marmato - Chirapotó interesting and important metallic mineralizations that one could classify according to their geological characteristics in three types: 1) lode, veins and fissure zone with gold and silver, in some of them there are also basic metals, particularly copper and zinc; 2) concordant mineralizations of sulfides in metamorphic rocks that could be eventually important for gold and silver, although they don't have values of interest for basic metals; and 3) disseminateds in several lithological units including the present in zones of mineralized breccias.

The found sulfides are variable in these occurrences: in the concordant mineralization is common marcasite, pirrhotite and chalcopyrite; in the lode, veins and fissure zone there is more variability not only with respect to the types of sulfides but to their relative abundances, being pyrite, marcasite, pyrite-melnicovite, sphalerite, molibdenite, pirrhotite, chalcopyrite, galena and arsenopyrite. There are also the valuable native gold, native silver, electrum and sometimes magnetite. Calcite and quartz are abundants as gangue minerals and it is common finding secondary minerals such as calcosine, covellite, azurite, malachite and iron oxides.

The control of the mineralizations is structural, with evidences of more than one deformation in the zones of lode, veins and fissures, and in zones of hydrothermal breccias; their genesis seems to be related to hydrothermal fluids that had their origin in the Tertiary volcanism. It is evident a congruent relationships of other metallic mineralizations with the several types of schists (with quartz, black, chloritic, amphibolitic and biotitic) where the accumulation of the metallic minerals is favored by the planes of foliation of these rocks. This situation evidences the existence of a contemporary mineralization with the metamorphism which is previous to the intrusives.

Zones of phyllic alteration lie adjacent to ore-bearing fissure, regardless of its size, in the hydrothermal breccias and in the hornfel zones. It is possible that there is propylitic alteration associated with the concordant mineralization zones within the foliation but this remains in doubt due to the similar composition of this alteration and the composition of the metamorphic rocks supposedly affected by this type of alteration.

It is difficult to frame the ore deposits of Marmato and Chirapotó inside a simple model of mineral deposit: it is suggested to think in a more complex ore deposit rather than the simple vetiform model for the sector of Marmato while the characteristics in the mineralizations of the zone of Chirapotó allow to configure models of deposits even more complicate than the traditionally proposed for the zone of Marmato. Given these circumstances and in the fact of an unclear knowledge about the geometry of these ore deposits results unrealistic any reserve calculations made based on investigations not conclusive and incomplete.

In the Chirapotó area according to the detailed cartography that has be carried out there exists the conditions of a shearing zone.

INTRODUCCIÓN.

Existen en las proximidades del río Arquía, en límites de los departamentos de Antioquia y Caldas, importantes explotaciones auríferas que constituyen el denominado distrito de Marmato y numerosas ocurrencias de metales preciosos y otros elementos metálicos en las zonas vecinas al norte de este municipio entre el río Arquía y la Quebrada Chirapotó. Diversos trabajos de grado e investigaciones han sido dirigidas y/o realizadas por parte del autor en asocio de varios estudiantes de geología de la Universidad Nacional de Medellín

conducentes a establecer el potencial minero y las particularidades metalogénicas de este sector. Esta área es considerada como típica para establecer la importancia de la denominada zona tectónica de Cauca - Romeral en relación a la presencia de depósitos minerales y especialmente en cuanto a su potencial aurífero razón por la cual el objetivo de este trabajo es hacer una síntesis de las características y aspectos geológicos más notorios de las mineralizaciones metálicas que se encuentran en esta área. Se espera con ello aportar al entendimiento sobre las posibilidades que en cuanto a recursos minerales de elementos metálicos preciosos (Au, Ag) y otros metales acompañantes (Cu, Zn, Mo) tiene la zona tectónica de Cauca-Romeral.

GENERALIDADES

Al hacerse una descripción del área es importante establecer una separación entre el distrito propiamente de Marmato, al sur del río Arquía, donde ha existido una intensa explotación minera y el área sin minería que se denominará Chirapotó, al norte del río Arquía; ambas en un ambiente geológico similar, pero cada una aportando aspectos importantes sobre las mineralizaciones auríferas y sobre las características metalogénicas de la zona. Brevemente a manera de introducción veamos sus rasgos generales:

Depósitos auríferos de Marmato

El distrito minero de Marmato (Caldas) se localiza en el flanco oriental de la Cordillera Occidental en el cañón del río Cauca; sobre el Stock de Marmato, un cuerpo hipoabisal elongado en el sentido N-S. En dicho intrusivo se encuentra una amplia zona de cizallamiento en la cual se están explotando vetas, disseminaciones y venillas con mineralizaciones auríferas; la extensión de la mineralización vetiforme explotada puede tener cerca de 400 metros en el sentido del rumbo y una extensión vertical conocida, incluyendo la parte alta y baja de Marmato, que supera los 500 metros. Hay mineralizaciones vetiformes individuales en la zona de cizalla que siguen tendencias de rumbo desde N45°W hasta N85°W y buzamiento de 60-70° al sur; estas tendencias ocupan 3 sectores que se han denominado norte, central y sur, Fig. 1. En el depósito los minerales metálicos dominantes son pirita (un 95%) y blenda (del 2%) acompañados de algo de galena, arsenopirita, calcopirita y pirrotina con electrum (aleación de Au-Ag) y oro libre, (Ortiz, 1992), aunque se menciona también la presencia de melnicovita, mackinawita y cubanita (Rubiano, 1.985).

La producción de las minas de Marmato, en su mayoría de la parte alta, explotadas desde épocas precolombinas con técnicas rudimentarias, ha sido alrededor de 1500 kg. de oro hasta la década del 70 y 240 Kg. entre 1980 y 1983. El tenor promedio, aunque es muy variable, se ha establecido como de 10 gr./ton de oro. Desde 1987 en el sector norte de la zona inferior (La Palma y La Maruja) se viene desarrollando un proyecto minero, que hoy alcanza el tratamiento de unas 300 ton/día de material y una producción mensual alrededor de los 30 Kgrs de oro.

En los frentes nuevos que se vienen desarrollando en la parte baja, se observa una alteración propilitica y algo de silicificación.

Mora y Cuellar (1982) presentaron un arreglo zonal indicando facies de alteración según el cual se daría: una amplia zona propilitica, afectando dacitas y andesitas porfídicas; ésta rodea una zona filica y está afectando a la dacita porfídica; y por último existiría una estrecha zona potásica hacia profundidad. En su modelo estas zonas son interpretadas y asociadas a la presencia de un yacimiento de pórfido cuprífero en profundidad.

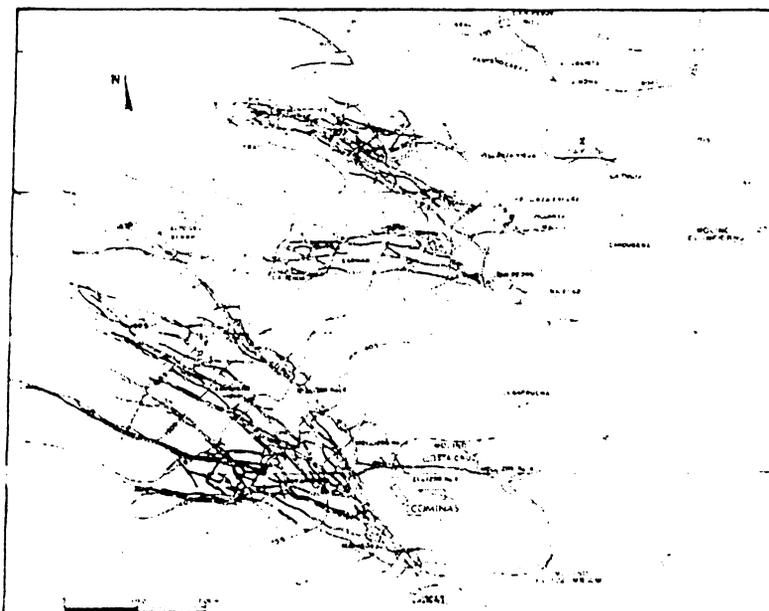


FIG. 1. Localización de los trabajos mineros en el área de Marmato.

Mineralizaciones en el área de Chirapotó.

En áreas vecinas al norte de Marmato, en los límites de los departamentos de Antioquia y Caldas, hay numerosas venas auríferas y anomalías geoquímicas importantes de plomo, zinc, cobre y molibdeno que constituyen un importante blanco exploratorio (Zapata y Zamudio, 1984, Sánchez y Parra, 1984, Ortiz et al., 1987, Henao, 1992, Restrepo y Vinasco, 1994). Allí se han encontrado vetas, en las cuales hay principalmente pirita, marcasita, esfalerita, calcopirita, molibdenita y pirrotina, junto con valores atractivos de oro y plata; estas vetas están cortando rocas volcánicas porfídicas y metamórficas. Existen igualmente concentraciones de estos minerales concordantes con la foliación de las rocas metamórficas evidenciando la presencia de un evento de mineralización mucho más antiguo en la zona. Además hay cuerpos irregulares brechados (chimeneas) mineralizados. Más adelante se hace énfasis en esta zona.

evidenciando la presencia de un evento de mineralización mucho más antiguo en la zona. Además hay cuerpos irregulares brechados (chimeneas) mineralizados. Más adelante se hace énfasis en esta zona.

GEOLOGÍA

Sintetizadas las ocurrencias de mineralizaciones en la zona, veamos características de las unidades litológicas que nos permitan visualizar a diversas escalas los fenómenos geológicos que pueden estar involucrados en el origen y control de los depósitos minerales metálicos.

Las unidades son descritas de la más antigua a la más reciente y atendiendo a las implicaciones metalogénicas de ellas.

Rocas metamórficas.

Incluye rocas que han sido denominadas como Grupo Arquía (Restrepo y Toussaint, 1975), o Esquistos de la Quebrada Chirapotó (Henaó, 1990). Es una secuencia de no más de 2 Kms. de ancho por 15 Kms de longitud que aflora como un cuerpo elongado de dirección NS, en el cual varios de los contactos entre sus unidades líticas son fallados dada la alta influencia tectónica relacionada espacialmente con el sistema de fallas Cauca Romeral.

Anfibolitas y esquistos anfibólicos, esquistos verdes, esquistos cuarzo biotíticos, esquistos cuarzo sericiticos con grafito, serpentinitas, cuarcitas y cornubianas son las unidades líticas que constituyen la secuencia. En varias de estas rocas hay evidencias de por lo menos dos eventos tectometamórficos y un evento térmico está borrando las texturas originales de las rocas (como la foliación) y produciendo Cornubianas. Es notoria la presencia en estas rocas de concentraciones de sulfuros. (pirita, calcopirita, pirrotina, y molibdenita), en concordancia con la foliación o rellenando fracturas que originan vetas, venas y venillas. En varias unidades hay una alteración propilitica y filica (Zapata y Zamudio, 1984). En las cornubianas hay abundancia de Calcopirita y Pirita gruesogranular acompañadas de zonas cuarzosas con hasta 30% de sulfuros localmente.

En las anfibolitas y esquistos anfibólicos particularmente se pueden observar a los sulfuros, principalmente pirita, calcopirita, y molibdenita, con dos actitudes principales así: en forma congruente o concordantes con la foliación de las rocas o bien en situación en estructuras discordantes que cortan S_1 en forma de venas y venillas que a veces aparecen en enrejados locales. En ocasiones los sulfuros se encuentran en concentraciones muy elevadas (más del 70 %) rellenando las fracturas. Es común que las superficies de las rocas desarrollen intensas tonalidades rojizas y ocreas como resultado de la oxidación de los sulfuros de Fe.

En los Esquistos verdes se observan micropliegues de orden centimétrico afectando S_1 y un fracturamiento local de plano axial ("esquistosidad de fractura de plano axial"), estas fracturas están con frecuencia manchadas con óxidos de Fe denotando la presencia de los sulfuros y en particular de pirita diseminada de grano muy fino.

Los esquistos cuarzo biotíticos, como su nombre lo indica son rocas esencialmente constituidos por lentes y capas paralelas a la foliación de cuarzo y biotita de menos de 1 cm. donde la granulometría de la biotita es fina. A veces se nota un mineral igualmente pardo muy duro que podría corresponder a un mineral aluminico abrasivo como el corindón generado por efecto térmico. El cuarzo sigue la foliación y a veces la corta (inyecciones forzadas). algo de moscovita y opacos. La unidad no es uniforme en su estructura sino que presenta zonas amplias de mezcla con rocas porfídicas y zonas de brecha. Son comunes en estas rocas las estructuras "augen" o lentes de cuarzo concordantes con la foliación, de dimensiones centimétricas a decimétricas y apariencia de rocas neísicas a migmatíticas.

Las rocas son abundantes en mineralizaciones vetiformes, algunas de las cuales por sus dimensiones se les ha iniciado algunos trabajos de minería. Se trata de venas cuarzosas de dirección NS aproximada y con espesores de hasta 50 cms. conteniendo sulfuros como pirita, calcopirita y molibdenita en las cuales hay delgadas bandas paralelas a los respaldos de la veta. En estos esquistos es común encontrar además la presencia de venillas y lentes de cuarzo (la mayoría de las veces concordantes) de hasta 40 cm de espesor que eventualmente se considerarían como vetas discontinuas.

Las cornubianas y cuarcitas se caracterizan por su gran dureza y una distribución amplia e irregular por toda la zona. Sus afloramientos son métricos, observándose sulfuros diseminados principalmente pirita, en cristales y en masas, y calcopirita masiva; también contiene venillas. Son rocas de metamorfismo térmico, y no son fáciles de determinar en campo, pues a veces se trata de un endurecimiento local de las rocas del lugar sin desarrollo necesariamente de cornubiana o cuarcita.

Es claro que estas rocas metamórficas han sufrido varios eventos, tanto tectometamórficos y tectónicos como de mineralización. La deformación S_1 varia en intensidad de acuerdo al comportamiento mecánico de cada litología y se caracteriza por plegamientos y replegamientos de orden milimétrico, centimétrico y decimétrico, y en ocasiones por un desarrollo de una esquistocidad de plano axial. El fracturamiento, es también intenso y tiene diversos patrones notándose uno muy persistente de dirección aproximada NS y buzamiento al W (más o menos paralelo respecto a la foliación) y uno perpendicular. Estas estructuras son fundamentales para el análisis de los esfuerzos y como canales de mineralización.

Rocas ígneas.

Son las rocas dominantes en el área. Corresponden principalmente a rocas subvolcánicas Terciarias y en menor proporción a gabros y piroxenitas más antiguas. Las rocas Terciarias son principalmente pórfidos andesíticos (90%) y dacíticos que suelen estar mineralizados; son de gran importancia como probable fuente de los fluidos mineralizantes que dieron origen a las vetas, venas y venillas, con los sulfuros primarios que están presentes en el área y a las alteraciones propílica y filica afectando a las rocas encajonantes.

En las rocas subvolcánicas se observan los sulfuros bien sea diseminados, (pirita, calcopirita, molibdenita) o relleno de planos de fractura que originan venas individuales de hasta 1.5 cm de espesor o aún amplias zonas de venas en enrejado.

Brechas y Chimeneas Brechadas.

Se resalta este tipo de rocas por el especial interés que da su carácter altamente permeable y favorecedor para la eventual presencia de menas; este tipo de litología, a pesar de sus dimensiones es un buen blanco de exploración, cuando se encuentran, dado que una eventual explotación minera sólo requiere de relativamente bajas inversiones. En particular, se menciona como ejemplo una amplia franja encontrada durante los estudios realizados y que aflora en la quebrada Chirapotó a lo largo de unos 200 m en el sentido EW y unos 10 m en el sentido NS. Esta franja se caracteriza por mostrar fragmentos de rocas metamórficas y volcánicas cementados por una matriz porfídica, en varios puntos de ella se observan óxidos de Fe (tonos rojizos) que la recubren y presencia de sulfuros.

Geología Estructural

Quizás el rasgo estructural de mayor importancia en el área es la presencia de una amplia Zona de Cizalla que fue definida por Henao (1990). Litológicamente incluye una secuencia de esquistos verdes-esquistos negros y variedades locales de esquistos verdes típicos, esquistos cloríticos y clorítico-cuarzosos, esquistos cuarzo-sericíticos con ó sin grafito y donde además hay zonas de filitas con brillo sedoso. Esta litología se comporta dúctilmente ante un dinamismo compresional-tensional y presenta características estructurales donde hay lentes augen de cuarzo, poliedros orientados, rocas milonitizadas, foliación plegada y microplegada dúctilmente (cambios bruscos e interrupción de las direcciones de foliación), clivajes de crenulación, esquistosidad de flujo y rocas trituradas.

A nivel regional, hay también una deformación frágil en sentido aproximado NS que afecta la totalidad de la zona de estudio y que puede alcanzar un ancho de unos 600 m o más y varios kilómetros por la dirección. La disposición de las unidades en planta, a la escala de 1:10.000 o 1:25.000 es en forma ovoide con el eje mayor paralelo a la dirección general de la estructura principal (NS). Estos "huevos" de roca, están limitados por fracturamientos que se entrecruzan. Estos movimientos son compresionales y cortantes.

Las estructuras regionales, generan estructuras locales de intenso fracturamiento tal como una estructura de dirección general NNW y que se conoce en la zona de trabajo desde la quebrada Diana hasta la quebrada Chirapotó, afectando principalmente la unidad porfídica que en el presente trabajo se denomina "zona de cizalla métrica". La estructura, se caracteriza por presentar una zona de venillas muy densa por un ancho que varía desde los 4 metros hasta unos 15 metros por el espesor. Las venillas se encuentran mineralizadas formando una zona de enrejado metida en la cizalla métrica, donde se muestra cada vez con más detalle el cizallamiento; zonas de venillas mineralizadas y argilitizadas rodeando bloques de roca ovoidales inalterados.

Deformaciones dúctiles y frágiles se observan en toda el área. Algunas de ellas tuvieron lugar antes o posiblemente al tiempo que circulaban los fluidos mineralizantes, otras, por el contrario, continuaron aun después del proceso de mineralización como se evidencia por doblamientos y fallamientos en algunas venillas de los esquistos anfibólicos de la quebrada Chirapotó.

Las estructuras tectónicas y litológicas adquieren gran importancia dentro del contexto de movilización de fluidos mineralizantes y deposición de la mena. Es así como los fluidos tienden a migrar hacia zonas de menor presión y a su vez la caída de ésta ocasiona la deposición de la mena. Estructuras pueden ser los planos de foliación en los que sin duda existe mineralización concordante (sin-protolito, sin-metamórfica tal como lo indican algunas secciones pulidas y delgadas) y probablemente otra porción producto de los fluidos hidrotermales relacionados al magmatismo porfídico e instalados en estas estructuras; también las venillas rellenas por tales fluidos, las zonas de cizalla o deformación local con sistemas complejos de venas y venillas, los "enrejados de venillas", los límites litológicos, las porosidades asociadas a las brechas volcánicas presentes en la zona, etc

CARACTERÍSTICAS DE LAS MINERALIZACIONES EN EL ÁREA.

Aunque el área a incluir estrictamente involucra también al yacimiento de Marmato, aquí se dará particular énfasis al área de la quebrada Chirapotó dado que en ésta se presenta una mayor diversidad de unidades litológicas, ocurrencias minerales y estructuras, lo cual le confiere una cierta importancia relativa para analizar los procesos que dieron lugar a las mineralizaciones y a su distribución espacial y temporal. En el muestreo realizado en roca total (sin seleccionar áreas mineralizadas) de las distintas zonas, se obtuvieron resultados anómalamente altos para Au y Ag (como se verá más adelante) en todas las unidades litológicas y en las zonas de deformación frágil como son las áreas de enrejados.

Mineralización en las rocas Metamórficas.

En estas rocas, se encuentran sulfuros en forma diseminada y en forma concordante con la foliación; también en bandas milimétricas, e inclusive, en ocasiones, desarrollándose por planos de exfoliación. Por otro lado, estas mineralizaciones de sulfuros también aparecen en venas y venillas, a veces de dimensiones microscópicas dentro de la misma unidad. Sulfuros encontrados son Piritita, Calcopiritita, Pirrotina y Molibdenita, los dominantes Piritita y Calcopiritita aparecen concordantes. Los porcentajes, varían del 3 al 8% en concentración variable dentro de la unidad.

Los valores encontrados esta unidad litológica corresponden a los más elevados para la zona de estudio; hay un máximo para Au de 4.62 gr/ton y 27.97 gr/ton para Ag. En los esquistos biotíticos que afloran en los cortes de la carretera se encontró un valor puntual de 6.1 gr/ton de Au. Para los esquistos cuarzbiotíticos, se obtuvieron resultados puntuales de 0.85 gr/ton de Au y 19 gr/ton de Ag en la quebrada Diana; en la carretera entre las quebradas Diana y San Pedro se tienen valores de 0.67 y 26.15, 0.75 y 26.35, 1.45 y 24.7 gr/ton de Au y Ag

respectivamente; entre las quebradas San Pedro y Chirapotó 0.22 gr/ton Au y 19.1 gr/ton Ag, indicando un contenido promedio relativamente alto para toda la zona por la continuidad de los valores. Un valor promedio para Au de 0.3 gr/ton y 19.55 gr/ton de Ag se encuentra en los esquistos anfibólicos que se muestrearon en la quebrada Chirapoto y afloramientos en la carretera.

Mineralizaciones en las rocas ígneas porfídicas.

Una segunda posibilidad en cuanto a las posibilidades de depósitos auríferos, lo constituyen las rocas ígneas, representadas en su mayoría por pórfidos andesíticos y dacíticos, andesitas y dacitas porfídicas. En estas unidades se presentan sulfuros diseminados y venas y venillas mineralizadas. Se encuentran allí pirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita, molibdenita y partículas de oro libre. El contenido porcentual de sulfuros en la roca total varía de 1 a 7%. Los contenidos de metales preciosos para estas unidades, varían desde sin valor a 1 gr/ton para Au y trazas a 26 gr/ton para Ag. En algunas zonas la diseminación de pirita y calcopirita alcanza hasta un 8%, lo cual junto con los metales preciosos las hace bastante interesantes económicamente para llegar a constituir un depósito mineral.

Mineralización en vetas y venillas.

Ya se había indicado que en todas las unidades descritas en esta área se encuentran múltiples zonas de venillas de dimensiones milimétricas a centimétricas con relleno de cuarzo y sulfuros principalmente, y en las rocas ultrabásicas la calcita como acompañante. Las venillas atraviesan de manera continua los esquistos y la roca porfídica. En general, las venillas se incrementan hacia las proximidades del contacto de la roca ígnea y las otras unidades, pues los contactos, podrían eventualmente actuar como "sellantes" frenando la circulación de los fluidos, depositando sus componentes.

Se ha podido cartografiar en el área una zona amplia como la más importante por la densidad y/o abundancia de estas venillas, la extensión se da encajada en una roca porfídica dentro de una zona de enrejado (asociada a deformación frágil, "cizalla métrica") de orden métrico con venillas conteniendo sulfuros. La importancia radica no sólo en sus dimensiones sino también en los contenidos de minerales preciosos. Este material fue muestreado tomando esquirlas dentro de zonas de enrejado como una unidad que es continua por más de 1000 m de longitud, un ancho aproximado de 10 m y una extensión hacia profundidad de acuerdo a diferencia de cotas que se aproxima a los 120 m; allí los resultados arrojan un promedio de 0.78 gr/ton de Au y 24.21 gr/ton de Ag.

Mineralización en las Brechas.

Hay una buena posibilidad en relación a tipos de depósitos en las zonas de brechas. Es apropiado mencionar resultados puntuales de hasta 3.2 gr/ton de Au y 29.7 gr/ton de Ag encontrados en brechas en la quebrada Diana y de 1.2 gr/ton Au y 19.82 gr/ton Ag en la quebrada Chirapotó, ya que son valores importantes dentro del contexto general del área. Hay conocidos unos cinco cuerpos, el de mayor extensión ocurre en la quebrada Chirapotó.

Aunque se ha hecho énfasis en un planteamiento para eventuales depósitos de metales preciosos, Au y Ag, no hay que excluir los contenidos encontrados de calcopirita y molibdenita y la posibilidad de recuperarlos en una eventual explotación como subproductos.

IMPORTANCIA POTENCIAL DEL ÁREA. ANÁLISIS QUÍMICOS, DISTRIBUCIÓN DE VALORES E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Parte fundamental en la evaluación del potencial minero de una zona corresponde a la determinación de los contenidos en las zonas mineralizadas definidas para llegar a la eventual definición de uno o varios depósitos minerales. En el caso de la zona de Marmato la minería desarrollada debería haber permitido precisar al menos el potencial en cuanto a las reservas de los metales valiosos (oro y plata) sin embargo, las particularidades específicas de este yacimiento son aún confusas y no existe una clara modelación del depósito mineral, ni por supuesto unos trabajos exploratorios que lleguen a definir las verdaderas reservas en esta zona.

El esquema geológico usualmente trabajado ha sido el de considerar la presencia de vetas individuales, a menudo no sencillas de definir, y establecer reservas de ellas dejando a un lado las bandas mineralizadas alrededor de cada veta, la presencia de diseminaciones, zonas de bonanza locales y venillas existentes dentro de las rocas porfídicas. En un esquema probablemente más acorde con las características geológicas específicas del sector al hacer cálculos de las reservas se debe acudir primero a obtener la geometría y tipo de las mineralizaciones, luego idealizar a un modelo y por último el cálculo y la confiabilidad de ello para mirar la posibilidad de una explotación al menos local de grandes volúmenes a cielo abierto u otros tipos más eficientes de explotación.

En este último esquema, es necesario realizar estudios muy precisos de las zonas de más intensa mineralización acudiendo a un trabajo de cartografía detallada donde la definición de las estructuras de deformación que controlan éstas serán el blanco de una exploración muy exhaustiva. Esta exploración aclararía la gran diversidad de estimativos que se han dado en los trabajos exploratorios de los últimos años y donde las reservas entregadas no cumplen las recomendaciones, requisitos y/o criterios dados por el Servicio Geológico y el Bureau de Minas de los Estados Unidos en su circular 831 (1980).

A manera de referencia veamos algunos de los datos que sobre Marmato se han mencionado: 1). (Garcés, 1995) menciona reservas (no se especifica el tipo) del orden de 500.000 toneladas de mineral con un tenor promedio de 10 gr/ton de oro, según este autor se incluyen las explotaciones que se realizan en la parte norte, parte baja de Marmato y las minas de Echandía; 2.) Gran Colombia Resources inc. (1996), según las informaciones suministradas a través del Internet (<http://www.cdn-news.com>) dan recursos inferidos que alcanzan los 3,7 millones de onzas de oro para sus propiedades en Echandía y Marmato; 3.) Corona Goldfields Inc. mine (Conquistador mines ltd., 1997, <http://www.cqgold.com>) incluyendo al parecer los resultados entregados por Gran Colombia, hacen unos estimativos

de los recursos preliminares alcanzando los 7'000.000 de onzas de oro. Estos últimos dos datos deben considerarse con las debidas precauciones dado que las cifras que se manejan tienen el objetivo de promover inversiones a través de la venta de acciones de tales empresas en las bolsas de valores de Canadá.

En el caso de la zona de Chirapotó los estimativos se miran bajo la óptica de uno o varios depósitos minerales. Para tal efecto, se han considerado la recopilación de la información resultante de los datos de análisis químicos de los estudios exploratorios a nivel de cartografía superficial y de los muestreos practicados sobre los afloramientos de las rocas, en los trabajos de Henao, (1990) y Zapata y Zamudio, (1984), Restrepo y Vinasco, (1994) con sus respectivos valores para Au y Ag. Las muestras en estos trabajos fueron recolectadas de dos formas: por medio de perforaciones con taladro Acker y Mini Drill (< de 200 gr), y como esquirlas de rocas tanto en canales continuos como esquirlas dispersas (2.5 Kg en promedio). El modo de muestreo considero las zonas de vetas o venillas con su rumbo dominante para hacer los canales o el muestreo perpendicular a dicho plano y en dirección aleatoria en los puntos de mineralización diseminada. El número de muestras tomadas alcanzan a superar las 280 y luego ellas fueron analizadas por el método de Ensaye al Fuego en las dependencias del CIMEX y en los Laboratorios de Química, Beneficio, Fundición y ensayos del Ministerio de Minas Regional Medellín, así como también un número importante de estos testigos se enviaron para análisis en laboratorios del extranjero.

Los resultados para Au y Ag de las muestras colectadas evidencian valores altos para los elementos metálicos de interés. El valor promedio de Au es 0.63 gr/tn, y 20.9 gr/ton de Ag para todo el sector de Chirapotó, en este promedio se han tenido en cuenta los valores de muestras en los cuales se encontraron valores en trazas. Estos promedios, permiten especular sobre una anomalía geoquímica para Au y Ag y la eventual existencia de un depósito diseminado de oro. Existiría la posibilidad de que algunos elementos como Cu y Mo podrían llegar a ser subproductos en él.

Para Chirapotó y a modo de ejemplo basado en las descripciones de las diferentes manifestaciones minerales, diferenciadas por unidades litológicas o estructurales, y en función de las concentraciones para Au y Ag obtenidas de los análisis químicos, se plantea la posibilidad de la existencia de cuatro depósitos minerales:

- Un depósito de Au y Ag en rocas metamórficas (diseminado, concordante). Las rocas metamórficas tienen un valor promedio de 0.79 gr/ton Au y 22.47 gr/ton Ag, promedio que está excluyendo los resultados obtenidos de valores umbrales.
- Un depósito de Au y Ag en enrejado en una zona de cizallamiento. Este material muestreado en esquirlas tendría un resultado promedio de 0.78 gr/ton de Au y 24.21 gr/ton de Ag. Se toman las zonas de enrejado en roca porfídica como una unidad continua de 1000 m de longitud con un ancho aproximado de 10 m y una diferencia de cotas aproximada de 120 metros.

- Un depósito de Au y Ag en brechas (chimenea brechada. Presenta valores promedio en esquirlas de roca de 1.5 gr/ton Au y 25 gr/ton Ag.
- Un depósito de Au y Ag diseminado en rocas porfídicas (área total).

Sin embargo, una valoración integral de la zona requiere de exploraciones adicionales para pensar mejor cual de los tipos mencionados tiene mayor potencial y/o como se debe pesar cada uno de ellos para una evaluación correcta de Chirapotó.

CONCLUSIONES.

En el área de Marmato-Chirapotó se presentan mineralizaciones metálicas singenéticas y epigenéticas de importancia para concentraciones de metales preciosos y básicos.

Se plantea que las mineralizaciones encontradas en el sector norte de Marmato, entre Arquía y Chirapotó pueden ser importantes para eventuales explotaciones mineras de oro y plata que contemplen la posibilidad de grandes volúmenes y contenidos bajos en los valores de metales preciosos.

Hay que considerar allí zonas de vetas, venas y venillas en enrejado y encajadas en rocas porfídicas, al igual que mineralizaciones concordantes con las rocas metamórficas, que fuera de tener valores en oro y plata, también muestran valores de Cu, Zn y Mo. Las zonas de brechas hidrotermales merecen ser tenidas en cuenta para trabajos de exploración con miras a concentraciones de oro y plata.

El valor promedio de Au es 0.63 gr/tn, y 20.9 gr/ton para Ag para toda la zona de estudio, teniendo en cuenta los valores traza. Estos promedios, permiten especular sobre una anomalía geoquímica para Au y Ag y la eventual existencia de un depósito diseminado de oro. Existiría la posibilidad de que algunos elementos como Cu y Mo podrían llegar a ser subproductos en él.

Las particularidades de este importante distrito minero y de las características observadas en las mineralizaciones conocidas pueden servir de base para futuras exploraciones en la zona tectónica de Cauca - Romeral.

BIBLIOGRAFIA

CHAMORRO, M. E. 1984. Prospección Geoquímica en los suelos de los alrededores de la Quebrada Chirapotó, al Sur del Departamento de Antioquia. Tesis Ingeniería de Geología, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín. 105p.

GARCÉS, H. 1995. Geología Económica de los Yacimientos Minerales. Yacimientos de Colombia. II Minerales Metálicos. Edit. Clave. Medellín. 388 p.

- HENAO, L.. 1990 Estudio metalogénico de las Mineralizaciones vetiformes existentes en la zona comprendida entre la quebrada Chirapotó y el río Arquía en límites de los Departamentos de Antioquia y Caldas. Trabajo de grado. Facultad de Minas. Universidad Nacional. Medellín. 144p.
- MORA, P. B. y CUÉLLAR, R. J. 1982. Paragenesis y origen de los Yacimientos de las Minas Nacionales de Marmato. Tesis Ingeniería de Geología. Facultad de Minas. Universidad Nacional. Medellín. 56p.
- ORTIZ, F. 1992. Geología de los Depósitos Minerales Metálicos. Centro de Publicaciones Universidad Nacional. Medellín. 218p.
- ORTIZ, F. ZAPATA, H. y ZAMUDIO, M. E. 1987 Estudio Geoquímico de las rocas metamórficas en los alrededores de la quebrada Chirapoto (Sur de Antioquia). Memorias Ier Seminario "Gerardo Botero Arango" sobre la Geología de la Cordillera Central de Colombia. p. 189-209
- RESTREPO, J. J. y TOUSSAINT, J. F. 1980-1981 Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia-Colombia. Boletín Ciencias de la Tierra No 5-6 Facultad de Ciencias. Universidad Nacional. Medellín. p.1-18.
- RESTREPO, S. y VINASCO, C. 1994. Génesis de los Depósitos de Minerales Metálicos en el área de la Q. Chirapotó al sur del Departamento de Antioquia. Trabajo de grado de Geología. Facultad de Minas. Universidad Nacional Medellín. 147p.
- RUBIANO, M. L. 1985 Presencia de Mackinawita, Cubanita II y Melnicovita en los depósitos de oro de Marmato (Caldas) - Colombia P 457 Resumen Memorias VI Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo I. Bogotá.
- SÁNCHEZ, L. H. y PARRA, R. A. 1984. Estudio Geoquímico y Petrográfico de las Rocas Subvolcánicas del área Arquía Chirapotó (límites de Antioquia y Caldas) Tesis Ingeniería de Geología. Facultad de Minas. Universidad Nacional. Medellín. 177p.
- U.S. BUREAU OF MINES AND U.S. GEOLOGICAL SURVEY (1980). Principles of the mineral resource classification system of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey. U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey U.S. Bureau of Mines Inform. Circul 831. 5 pp.
- ZAPATA, H. J. y ZAMUDIO, M. E. 1984 Estudio Geoquímico y Petrográfico de Rocas Metamórficas en los alrededores de la Q. Churapotó (límites de Antioquia y Caldas). Tesis Ingeniería de Geología. Facultad de Minas. Universidad Nacional Medellín. 177p.

