

**PRINCIPALES CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y MINERALOGICAS
DE LA MINA EL CERRO
FRONTINO (ANTIOQUIA)**

**Consuelo Molina M. (*)
Amparo Molina M. (*)
Franklin Ortiz B. (**)**

RESUMEN

Se entregan en este trabajo los resultados más importantes de un trabajo de investigación realizado en la mina El Cerro. Se reportan las características geológicas, mineralógicas y paragenéticas del yacimiento, además de algunos datos sobre sus reservas, buscando divulgar así una información que pueda ser valiosa en el conocimiento de los recursos no renovables del país. En el área existen mineralizaciones auríferas vetiformes que se presentan dispuestas en varias venillas de espesores variables, normalmente no superan los 20 cm de espesor, paralelas unas a otras y separadas entre sí por escasos metros. Estas venas han sido explotadas bajo diferentes nombres y en variada extensión, sobresale el filón Las Hebras que es explotado por Agrominera El Cerro, en la mina conocida como San Diego.

Las vetas están estrechamente ligadas a rocas plutónicas de composición intermedia a básica, las cuales intruyeron rocas sedimentarias Cretáceas causandoles metasomatismo y metamorfismo de contacto; las rocas detríticas y calcáreas afectadas por la intrusión fueron transformadas a cornubianas biotíticas y a un Skarn. La paragénesis definida en las vetas indica varios pulsos de mineralización metálica con la asociación mineralógica siguiente:

1. Oro + Molibdenita + Scheelita + Cobaltina ± Lollingita ± Cuarzo.
2. Calcopirita + Pirrotina + Esfalerita + Cuarzo ± Scheelita.

El depósito es el resultado de fracturas rellenas durante el enfriamiento y emplazamiento del Stock de El Cerro bajo condiciones magnético-hidrotermales.

Las reservas de oro del yacimiento se estiman en: Probadas 67.000 gramos, probables 186.000 y posibles 721.000 gramos.

ABSTRACT

The results of a mineralogical study of a gold deposit mined by Agrominera El Cerro on Frontino (Antioquia) are presented on this paper. Mineralization occurs in form of thin veins, approximately 20 cm thick, striking E-W and dipping 40°S.

 (*) Ingeniera Geóloga, Universidad Nacional-Medellín.
 (**) Profesor Titular, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional, A.A. 3840.

These veins keep a close relationships with igneous rocks from intermediate to basic composition. These rocks intruded Cretaceous sedimentary rocks developing on them contact metasomatism and metamorphism as a result of which a zone of hornfels and skarn was developed.

The paragenetic sequence of veins showed two pulses of mineralization according to the following sequences:

1. Gold + Molidenite + Scheelite + Cobaltite + Lollingite + Quartz.
2. Chalcopirite + Pyrrhotite + Sphalerite + Quartz + Scheelite.

The shaped-veins mineralizations in the San Diego mine are considered as the results of filling of fractures produced during the cooling and emplacement of stock under magmatic hydrothermal conditions. Estimation of the gold reserves in the deposit are 67.800 grams proved, 186.400 grams probable and 721.400 grams possible.

INTRODUCCION

En la parte septentrional de la Cordillera Occidental aflora el stock del Cerro Plateado, de composición intermedia a básica, el cual hacia el Nor-Este está intruyendo los sedimentos Cretáceos pertenecientes al Grupo Cañasgordas. En él se encuentran varias mineralizaciones vetiformes explotadas por la empresa Agrominera El Cerro, en las estribaciones al Norte del Cerro. La actual explotación de la Compañía serealiza en la mina san Diego donde se está recuperando primordialmente oro libre. Sin embargo, últimamente asociados a este metal se han detectado varias mineralizaciones de las cuales eventualmente podrían recuperarse como subproductos cobre, molibdeno, níquel, cobalto y tungsteno.

Por otra parte, aunque se realiza una explotación de pequeña minería para nuestro medio, el sistema de operación no está debidamente tecnificado y no hay un plan de desarrollo minero apropiado. Por ejemplo, en la recuperación del oro se utilizan molinos californianos que obviamente dan un rendimiento relativamente bajo y generalmente sólo sirve para la recuperación del oro más grueso.

Estas circunstancias, junto con la carencia de estudios geológicos detallados que permitieron indicar las características de la mineralización, su origen, las asociaciones mineralógicas y una idea sobre las reservas del yacimiento, nos llevaron a realizar el presente estudio con el fin de establecer los aspectos genéticos del depósito para obtener pautas que puedan ser utilizadas en el futuro desarrollo minero del yacimiento.

LOCALIZACION

La mayor parte de los estudios se realizaron en la mina San Diego, ubicada en las estribaciones del Cerro Plateado localizada al Sur-Oeste del municipio de Frontino (Fig. 1);

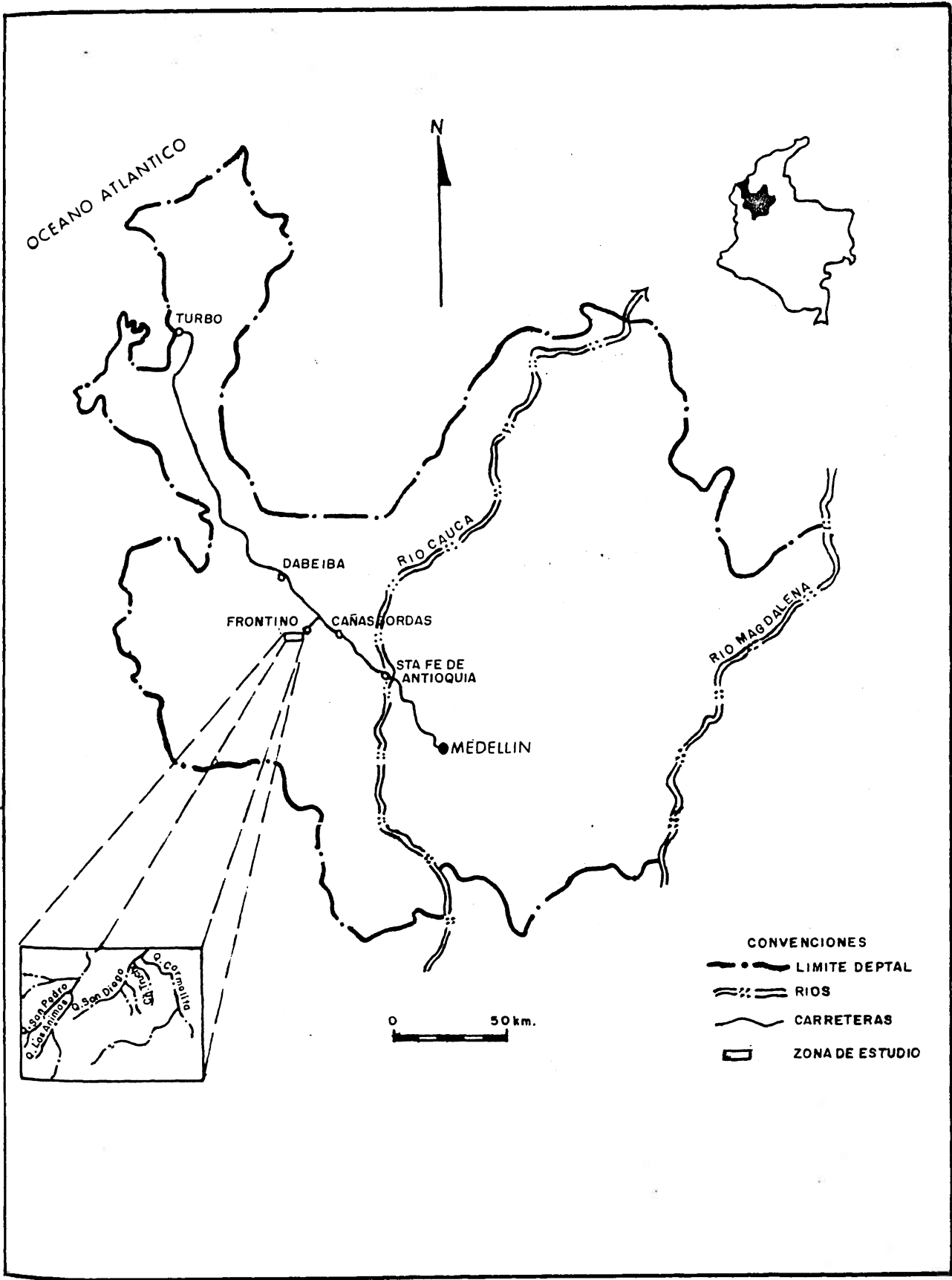


Figura 1. Localización general del área de estudio.

y como complemento se hizo una cartografía geológica del área vecina a dicha mina, la cual cubrió una extensión de 12 km². Para llegar a la mina se debe utilizar la carretera que de Medellín conduce a Turbo. Adelante del municipio de Cañasgordas se desprende una carretera de 12 km que va a Frontino (Figura 1), de allí parte una carreteable de 22 km que conduce a las instalaciones de la mina.

ESTUDIOS ANTERIORES

Es poca la información geológica que se tiene del área en particular, dado que son muy escasos los estudios de este tipo que se han realizado en ella. El principal desarrollo del área se dió hacia la década de 1930-1940, en ese entonces a cargo de la empresa inglesa Carmen Valley. ALVAREZ y GONZALEZ (1978), consideran que el stock del cerro de Frontino tiene forma de embudo, con un área de 40 km². Está emplazado en el miembro areno-arcilloso y en la Formación Barroso del Grupo Cañasgordas y sólo en su extremo sur presenta un contacto fallado con la Formación Barroso. Mencionan así mismo, una amplia zona de cornubianitas cuyo grado de metamorfismo varía desde bajo hasta alto, se observa especialmente en el contacto con los sedimentos y forman una aureola que alcanza 1 km de espesor.

Para ellos las mineralizaciones son esencialmente de sulfuros tales como calcopirita, pirrotina, pirita, covellina, además de oro, las cuales consideran asociadas a las soluciones hidrotermales que se encuentran en toda el área que ocupa el stock. En la mina San Diego observan zonas de sulfuros de cobre diseminados y describen el filón Las Hebras mineralógicamente conformado según el orden de abundancia por: Calcopirita, pirrotina, pirita, covellina, plata y oro en una ganga de cuarzo y calcita. Según estos autores la mineralización estructuralmente está conformada por fracturas rellenas por soluciones hidrotermales mesotermiales formadas a temperaturas entre 200 y 300°C y moderada presión.

En 1979, GEOMINAS ltda. realizó un corto estudio a cargo del ingeniero Henry Ospina quien considera que el área está conformada por rocas sedimentarias cretáceas correspondientes al Grupo Cañasgordas y rocas ígneas plutónicas tales como dioritas y gabros. Según este autor las rocas ígneas intruyen discordantemente los sedimentos cretáceos, produciendo un metamorfismo de contacto que silicificó los sedimentos en la aureola, transformándolos en cuarcitas bandeadas. El gabro está estructuralmente relacionado con los filones mineralizados del área y su textura varía desde medio granular hasta pegmatítica, con crecimiento de cristales cerca de los filones. Además considera que las rocas máficas gabroides son el producto de la diferenciación magmática del intrusivo diorítico, puesto

que en el campo observó un cambio gradual de gabro a diorita.

Para el citado autor, existen dos tipos de mineralización: una filoniana producida por el relleno hidrotermal de fisuras y otra relacionada a la textura pegmatítica. De acuerdo con el análisis macroscópico define los siguientes minerales: calcopirita, pirita, pirrotina, cobaltina, teluros especialmente calaverita, oro libre. Entre la ganga cuarzo, calcita, biotita, hornblenda, plagioclasa y scheelita.

GEOLOGIA

En el área cartografiada se delimitaron: rocas sedimentarias que se consideran pertenecientes a los sedimentos Cretáceos correspondientes a la Formación Penderisco (Grupo Cañasgordas); rocas intermedias Cenozóicas pertenecientes al plutón de Cerro Plateado de Frontino (en sus facies marginales de composición gabroidea); rocas metamórficas de contacto de edad Terciaria; y depósitos recientes en forma de coluviones y aluviones.

Rocas Sedimentarias Cretáceas .

Esta unidad aflora al Este del área, cubre una extensión aproximada de 3 km² (Figura 2), está constituida por lutitas y limolitas (Miembro Urrao). En la carretera que conduce a los trabajos de la mina San Diego, las rocas aflorantes están afectadas por metamorfismo térmico que las ha recrystalizado y aparentemente ha originado una aureola de varias decenas de metros de amplitud. Debido a esta particularidad se han diferenciado, y se describirán en conjunto dentro de las rocas que sufrieron metamorfismo térmico.

Rocas Igneas Terciarias .

La roca diorítica de composición intermedia, cubre una extensión de 7 km², aflora al Oeste del área. Sufre cambios texturales y composicionales que determinan facies básicas con la presencia de piroxenitas, piroxenitas pegmatíticas, pegmatitas piroxénicas y melanodioritas. Se localizan en la margen Norte y externa del Cerro Plateado, pero su mejor exposición se presenta en la mina San Diego (Figura 3.). El intrusivo en superficie, así como las otras unidades del área ha sido afectado por el fuerte intemperismo y a menudo sólo se observa un saprolito de color gris-crema a rojizo, en donde únicamente sólo se observa su típica textura fanerítica.

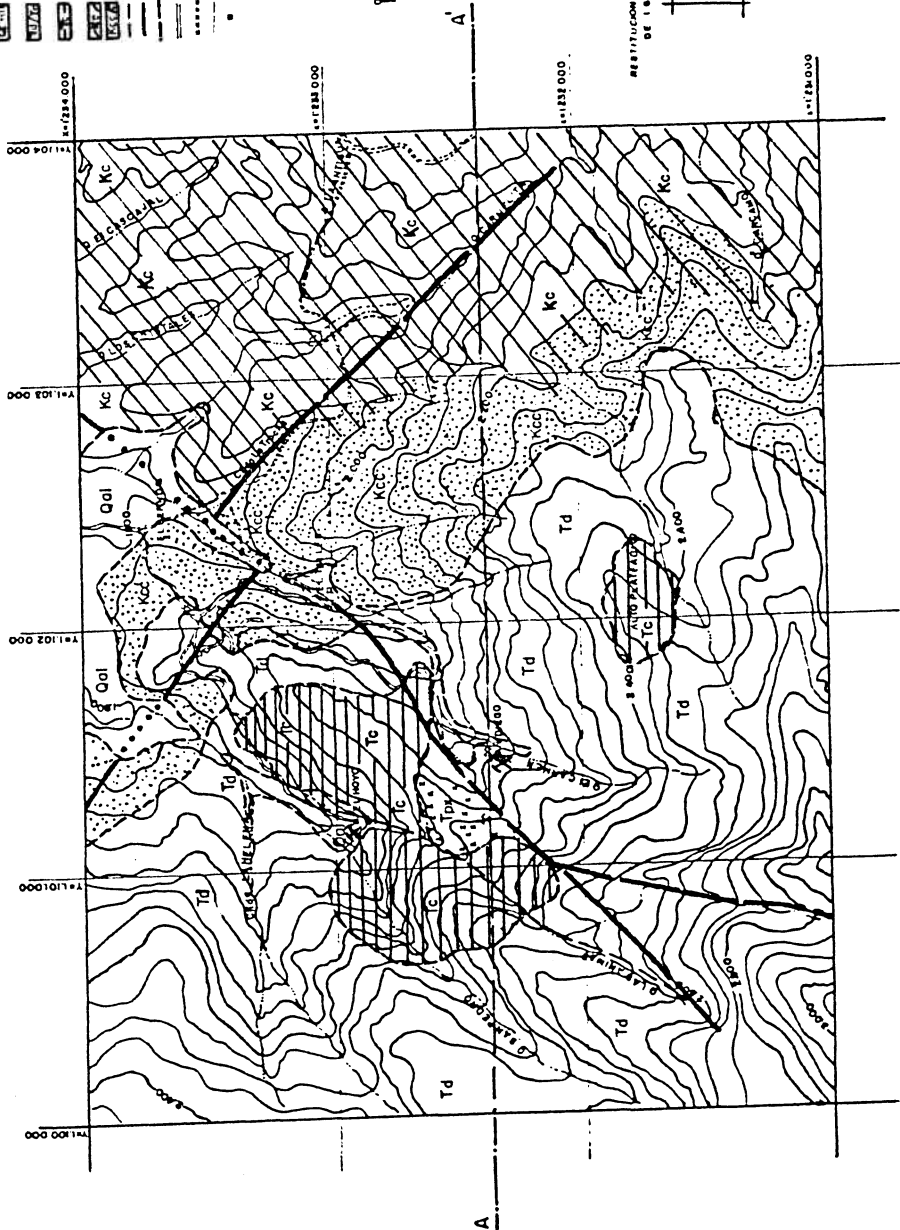
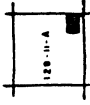
Dentro de la mina San Diego, las rocas que mayor área ocupan son las piroxenitas, expuestas en una longitud de 300 m. Son rocas masivas, con alto contenido de ferromagnesianos y poca

CONVENCIONES

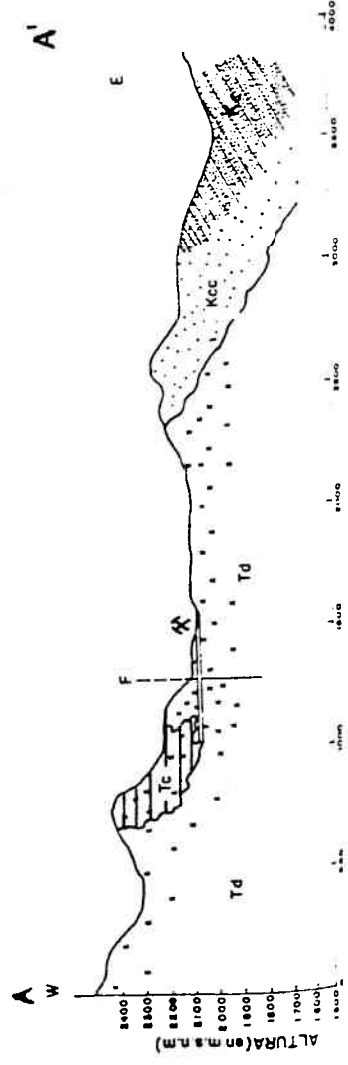
- CUATERNARIO
 COLUIONES Y ALUVIONES NO DIFERENCIAL
 TERCARIOS
 DIORITA PINGOMICA CON VARIACIONES
 GRANITO PINGOMICA
 ROCAS METAFOLIOLITICAS PINGOMICA
 ROCAS DE CONTACTO (cuarcita, gneiss, mica, hornblenda, etc.)
 CRETACEO
 ROCAS SEDIMENTARIAS CLARITAS
 AUPEOLA DE CONTACTO
 CONTACTO LITOLITICO
 FALLAS
 LINEAMIENTO FOTONEOLITICO
 CARRETERAS
 CAMINOS
 DUEBRADAS
 EDIFICACION



RESTITUCION SUPERANCA EN LA PLANCHA 128 H.A.
 DE 1:60,000 ESCALA 1:20,000



MAPA GEOLOGICO



UNIVERSIDAD NACIONAL
 DE COLOMBIA

REGIONAL DE MEDELLIN
 1984

MINA SAN DIEGO
 MUNICIPIO DE FRONTINO (ANT)

MAPA-CORTE GEOLOGICOS

plagioclasa. Texturalmente son de grano fino a medio; en las proximidades a las vetas es notorio la presencia de scheelita diseminada y calcopirita en venillas. La piroxenita pegmatítica se extiende en la galería por 50 m. Es una roca masiva, melanocrática, texturalmente son de grano grueso a pegmatítico. Se encuentran en ellas cristales de biotita y plagioclasa entre 1 y 1.5 cm de diámetro y es común la magnetita en concentraciones locales.

Las pegmatitas piroxénicas abarcan en la mina una longitud aproximada de 50 m; presentan la típica textura pegmatítica; están compuestas de abundante biotita en cristales hasta de 5 cm de diámetro, plagioclasa de 2 cm de diámetro y hornblenda hasta de 4 cm de longitud, se encuentra además esfena y circón. La melanodiorita se presenta como cuerpos aislados con espesores variables entre 25 y 99 metros respectivamente. Son melanocráticas con tonalidades gris verdosa. La textura es fanerítica de grano medio.

La diorita se presenta en el interior de la mina como diques de espesores variables entre 0.96 y 15 metros. Es una roca de composición intermedia, moteada. Los contactos son gradacionales entre las piroxenitas, piroxenitas pegmatíticas, pegmatitas piroxénicas y las melanodioritas, sin embargo, es notable que las piroxenitas y las pegmatitas están intruidas por la diorita. En este caso el contacto es tajante y claramente intrusivo.

Rocas de Contacto .

Dos unidades litológicas afloran en el área; una de ellas hacia el contacto Noreste del intrusivo y otra como dos cuerpos aislados de formas variables hacia el interior del stock. La unidad que aflora hacia el contacto noreste corresponde a una aureola de contacto de extensión no mayor a 1 km, en la cual se presenta cornubianas biotíticas resultante de la cristalización de los sedimentos cretáceos del Miembro Urrao. Los cuerpos cartografiados en el interior del stock tienen una gran variedad de rocas e incluyen rocas ígneas de facies muy básicas del intrusivo (80%). Cornubianas piroxénicas y zonas de skarn. La separación de estas rocas en la Figura 2 no es posible hacerla dada la escala del mapa. Sin embargo, en la Figura 3 de la mina San Diego se puede apreciar las diferentes áreas de exposición.

Las cornubianas piroxénicas y las zonas de skarn que se conocen pueden ocupar sólo un 10 ó un 20% del volumen. Las cornubianas piroxénicas presentan textura afanítica y bandeamiento mineralógico horizontal marcado, las bandas son de color gris, verde y blanco. Las zonas de skarn están en las partes más profundas y más próximas al intrusivo, varían textural y composicionalmente, unas presentan textura arenosa, contiene scheelita diseminada, abundantes granates de color café a rojo claro y calcita en venillas; mientras

que las otras presentan textura afanítica, bandas de color verde, gris y blanco, contiene scheelita diseminada.

Dado que el cambio de las rocas originales fue tan intenso y que ellas sufrieron una transformación total, se les asigna a las rocas que conforman los cuerpos localizados hacia el interior del stock la edad del metamorfismo asociado al cuerpo intrusivo.

TECTONICA

En el área se presentan dos fallas normales importantes que regulan el drenaje local y que atraviesan la zona en sentido NE y NW. Estas son la falla de la quebrada San Diego de rumbo NE-SW y la falla de la cañada La Trocha de rumbo NW-SE (Figura 2), se encuentra afectando las rocas metamórficas de contacto, plutónicas y sedimentarias. La falla de dirección NW, tiene un rumbo similar a la mineralización estudiada y podría asumirse que ella pudo ser un sitio receptor de mineralizaciones similares. La falla de la quebrada San Diego fue detectada en los actuales trabajos mineros dentro de la mina San Diego, allí se presentan afectando la mineralización vetiforme.

Se detectaron también dentro de la mina un sistema de pequeñas fallas normales de dirección NE y buzamientos verticales, con desplazamientos de poca magnitud no mayores de 5 metros, que han afectado las vetas en explotación.

CARACTERISTICAS DE LA MINERALIZACION

La mineralización en el área está asociada principalmente a rocas ígneas y metamórficas de contacto; se presentan en forma de vetas paralelas a subparalelas, con direcciones que varían entre E-W y N 75° y buzamiento al Sur; estructuralmente están controladas por fracturas preexistentes que fueron rellenadas por las soluciones hidrotermales. De estas vetas la más importante es la denominada Las Hebras, cuya dirección predominante es E-W y buzamiento promedio de 45° al Sur.

Actualmente es explotada en la mina San Diego donde atraviesa todas las unidades en una longitud aproximada de 400 metros en el sentido del rumbo (Figura 2). Las venas y venillas varían en espesor entre 0.5 y 20 cm; en las zonas pegmatíticas llegan a entrecruzarse formando así un sistema enrejado de vetas, mientras que en las rocas metamórficas de contacto siguen el bandeamiento dando lugar a concentración de sulfuros.

Macroscópicamente en las vetas se puede apreciar oro libre, calcopirita, pirrotina, molibdenita, scheelita, cuarzo y calcita. La calcopirita y la pirrotina son los sulfuros más importantes, tienden a estar íntimamente asociados en las

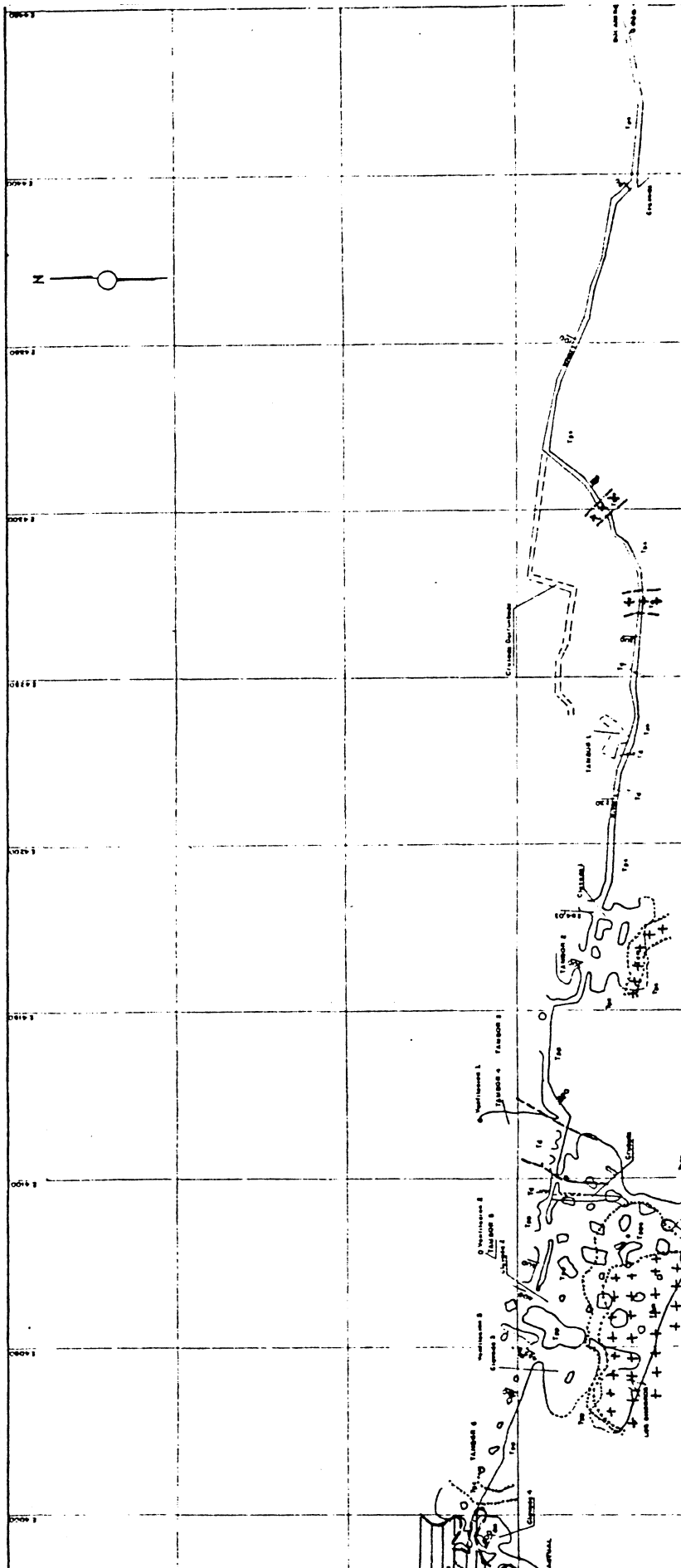
vetas y constituyen prácticamente el 90% de ellas. La molibdenita se presenta en forma de venillas de 1 mm de espesor, hacia las paredes de las vetas especialmente cuando son ricas en cuarzo, de color gris azulado. El oro se presenta en estado libre, hacia las paredes de las vetas en partículas finogranulares, cuyos tamaños varían de 0.16 a 1 mm.

Intimamente asociado al oro está la molibdenita. La scheelita se encuentra en las vetas en forma de masas granudas de color blanco amarillento y diseminada hacia los respaldos de las vetas. El cuarzo es el mineral de ganga más abundante, está asociado a las vetas formando agregados granulares. La calcita ocurre como relleno de microfracturas. Además de los minerales anteriores se identificaron microscópicamente la esfalerita y la cobaltina.

PARAGENESIS

El origen cronológico de la depositación mineral se conoce como paragénesis y se determina mediante estudios texturales al microscopio. En las Figuras 5 a 12 se pueden observar las interrelaciones entre los diferentes minerales metálicos y sus rasgos más notorios. Veamos algunos detalles de las asociaciones observadas que se usaron en el modelo paragénetico. La pirrotina aparece en cristales anhedrales, distribuidos al azar, intercrecido y en inclusiones en la calcopirita donde los granos tienen 0.07 mm de longitud (Figuras 5, 6 y 9). La calcopirita ocurre en agregados de cristales, fracturados e intercrecida con la pirrotina. Es frecuente encontrarla como inclusiones en la pirrotina y viceversa (Figuras 6 y 9). Se observó en cristales de 0.38 mm de longitud. La calcopirita presenta una típica textura de exolución con estrellitas de esfalerita orientadas de 0.12 mm de longitud, lo cual es característico del mineral cuando se forma a condiciones de temperatura mayores de 475°C. Existe además una íntima asociación de pirrotina y calcopirita con relaciones que parecen indicar una precipitación simultánea de estos dos minerales.

Bajo el microscopio la molibdenita aparece en cristales hojosos distribuidos al azar en íntimo intercrecimiento (Figura 8), con el oro, lo cual sugiere que fueron depositados contemporáneamente durante un mismo pulso de mineralización. El oro es de una altísima pureza de acuerdo con los análisis químicos, se encuentra en estado libre, está adyacente a las paredes de las vetas y venillas en la roca de caja. La cobaltina ocurre en cristales anhedrales de 0.26 mm de longitud, se encuentra como inclusiones en la pirrotina y en la calcopirita y además es cortada por venillas de cuarzo (Figuras 6, 11 y 12). La esfalerita algunas veces ocurre dentro de la calcopirita y la pirrotina, en cristales anhedrales de 0.17 mm de espesor. Aparentemente forma exsoluciones dentro de estos minerales,



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE COLOMBIA

REGIONAL DE MEDELLIN
1984

RINA SAN DIEGO
MUNICIPIO DE RINOSANTO (ANT)
MAPA GEOLOGICO

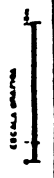
CONVENCIONES

- MONTAÑA CON MARCARRES A LA LAMONITA PROSINCA (1m)
- PUEBLOS INDIANOS Y PUEBLOS DEBILITADOS (1950-1955)
- ESTRUCTURAS PIRENEICAS

Fuente: geología del autor.

Elaborado por:
Cristina Muñoz
Ingeniero Geólogo

FIGURA No. 3



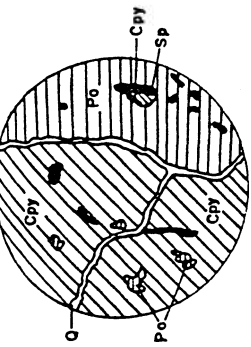


Figura-5

Intercrecimiento de Calcopirita (Cpy) y Pirrotina (Po), inclusiones mutuas de Pirrotina en Calcopirita y viceversa. Venillas de Cuarzo (Q) atravesando los dos minerales. Esfalerita (Sp) incluida en calcopirita y en pirrotina. Muestra . DM-7.



Figura-7

Intercrecimiento de Calcopirita (Cpy) y Pirrotina (Po). Cuarzo (Q) con inclusiones de calcopirita. Muestra DM-7504

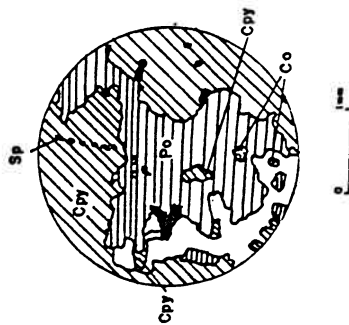


Figura-6

Calcopirita (Cpy) con textura de exsolucion definida por la orientacion de los granos de Esfalerita (Sp) intercrecimiento de Calcopirita y Pirrotina (Po). Pirrotina incluida en calcopirita. Cobaltina (Co) incluida en la pirrotina. Muestra DM-2

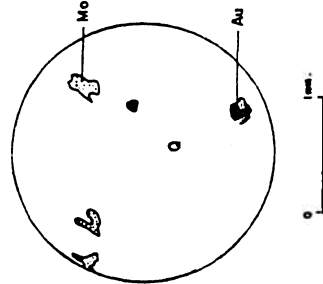


Figura-8

Molibdenita (Mo) y Oro (Au) en cristales aislados en el Cuarzo (Q). Muestra DM-10

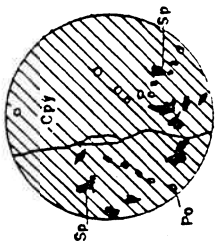


Figura-9

Calcopirita(Cpy) con textura de exsolución definida por las estrellas de Esfalerita(Sp) .Muestra DM-7

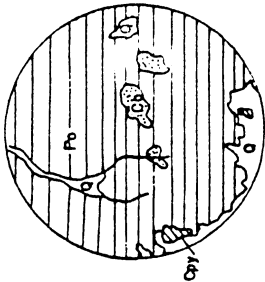


Figura-11

Cobaltina(Co) cortada por venillas de cuarzo (Q) .Muestra DM-7504



Figura-10

Venillas de Cuarzo(Q) cortando la Calcopirita(Cpy) y la Pirrotina(Po).Muestra DM-7504

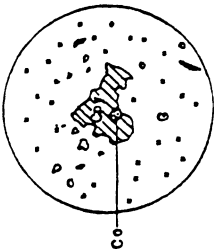
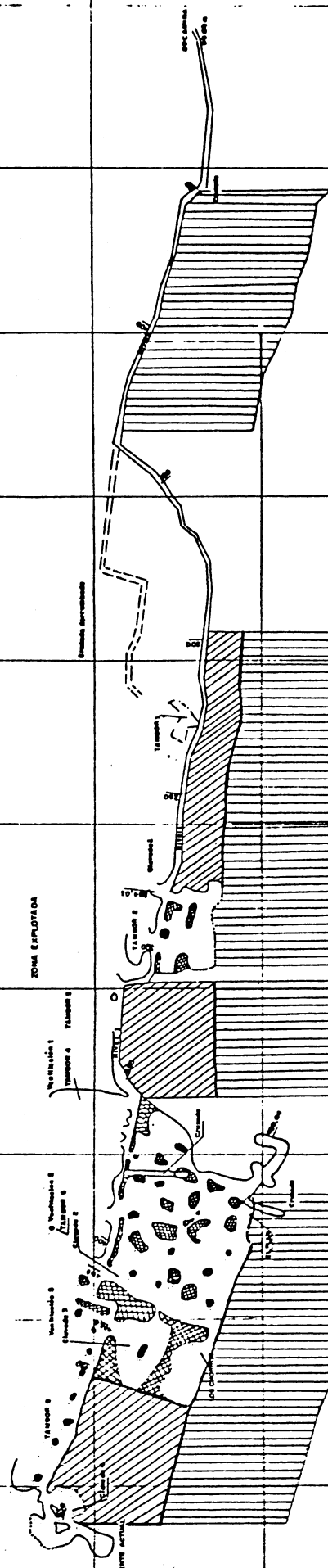
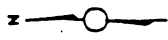


Figura-12

Cobaltina(Co) incluida en Calcopirita (Cpy), ésta última está rellena de microcavidades en la Ganga (G) .Muestra DM-7486

0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE COLOMBIA.
DEPARTAMENTO DE RESECCION
1984

MINA SAN DIEGO
(CANTON DE SAN DIEGO)
MAPA DE RESERVA

ELABORADO POR
SANTOS BARRERA
LÓPEZ

PROBADOS
PROBABLES
POSIBLES

ESCALA 1:50,000

FIGURA No. 13

lo que implica que pudo originarse al mismo tiempo de los minerales citados.

La scheelita se presenta en cristales fracturados aislados en el cuarzo. El cuarzo ocurre en agregados cristalinos, fracturados y en venillas cortando la calcopirita, cobaltina, posee inclusiones de calcopirita (Figs. 10 y 11).

De acuerdo con la interpretación de las microtexturas, se elaboraron diagramas paragenéticos para cada una de las secciones pulidas analizadas y luego se procedió a esquematizarlos en uno general, el resultado indica que hay al menos, dos etapas en la depositación de los minerales metálicos definidos por las siguientes asociaciones mineralógicas:

- Oro + molibdenita + scheelita + cobaltina ± lollingita ± cuarzo.
- Calcopirita + pirrotina + esfalerita + cuarzo ± scheelita.

Gráficamente los diferentes pulsos mineralizantes se pueden resumir en la siguiente tabla:

TABLA 1: Modelo paragenético generalizado para la mineralización en la mina San Diego.

MINERALES	MINERALES HIPOGENICOS	
	PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA
Calcopirita		-----
Pirrotina		-----
Molibdenita	-----	
Cobaltina	-----	
Oro	-----
Esfalerita		-----
Lollingita	
Scheelita	-----	
Cuarzo	-----	
	----- abundante escaso

Durante el primer pulso de mineralización se depositaron principalmente oro, molibdenita, cobaltina y lollingita. El oro y la molibdenita se encuentran intercrecidos y tienden a presentarse hacia los respaldos de las vetas, la cobaltina se presenta como inclusión en mineralizaciones posteriores, la lollingita se encuentra asociada a la cobaltina.

En el segundo pulso se formaron predominantemente calcopirita, pirrotina y esfalerita. Es por esta razón que la calcopirita y la pirrotina se encuentran intercrecidas y con inclusiones mutuas de calcopirita en pirrotina y viceversa; y que la

calcopirita se presenta con textura de exsolución como se aprecia en la orientación de las estrellas de esfalerita.

Durante los dos pulsos de la mineralización, además de los minerales metálicos se formaron scheelita y cuarzo. En el primer pulso la scheelita se encuentra diseminada mientras que el cuarzo se presenta en cristales. En el segundo pulso el cuarzo es más persistente y aparece en forma de venas; la scheelita ocurre en cristales y es menos dominante que en el primer pulso de mineralización.

GENESIS DEL YACIMIENTO

La mineralización vetiforme existente en el área, obedece al fracturamiento ocasionado por el enfriamiento del cuerpo ígneo durante su intrusión, guarda íntima relación con fluidos posteriores a la cristalización principal del magma que dió origen al plutón del cerro; estos fluidos originaron metasomatismo, metamorfismo y relleno de fisuras en forma casi simultánea, consecuencia de lo cual es que se han formado una gama de minerales muy amplios en los cuales los de alta temperatura son notorios.

Se ha podido determinar en una zona relativamente estrecha pirrotina, calcopirita, molibdenita, esfalerita, cobaltina, lollingita, oro libre y scheelita, los cuales como se discutió anteriormente, se presentan en las vetas y microvenillas con contenidos variables en las rocas ígneas y metamórficas de contacto. Las diversas rocas ígneas cartografiadas se pueden considerar como el producto de la diferenciación de un magma de composición inicialmente gabrónica el cual hacia sus bordes origina facies básicas a ultrabásicas a condiciones de alta presión y alta temperatura, ésta última mayor a 600°C. Intimamente asociado al proceso magmático y bajo condiciones supercríticas de alta temperatura y presión, los fluidos residuales originaron dentro del cuerpo y en las rocas preexistentes la formación de una zona de metamorfismo y metasomatismo, que produjo las zonas de skarn y que dió lugar a la formación de minerales tales como escapolita, granates (grossularia ?), scheelita, piroxenos, wollastonita y cuarzo.

Adicional y en condiciones relativamente similares las rocas fueron preparadas para que actuaran líquidos más ricos en agua, es decir las soluciones hidrotermales, que fueron las causantes de las numerosas venillas antes descritas y la alteración hidrotermal que afectó las rocas preexistentes para dar lugar a una asociación mineralógica en parte típica de un yacimiento hidrotermal de condiciones profundas.

Resumiendo, podemos considerar que el yacimiento reúne las condiciones para ser clasificado como magmático-hidrotermal

y de condiciones predominantemente hipotermales, yacimiento que según LINDGREN en Park, Mac Diarmid, 1981, podría formarse en un rango de temperaturas entre 300 y 500°C, presiones muy altas y a grandes profundidades. Sin embargo, se cree que estas temperaturas son demasiado bajas, especialmente para los depósitos hipotermales que evidentemente han alcanzado 600°C y posiblemente temperaturas más elevadas (JENSEN y BATEMAN, 1981).

GEOLOGIA ECONOMICA

Sobre la base de la composición mineralógica descrita, se enviaron las muestras al laboratorio para la determinación cuantitativa de los siguientes elementos: oro, plata, cobre, molibdeno, tungsteno, níquel y cobalto, los cuales fueron analizados cuantitativamente por absorción atómica. El análisis de los resultados conjuntamente con el valor comercial y la abundancia relativa indica que de estos elementos, el oro es el único que actualmente justifica su recuperación económica, los otros elementos podrían serlo como subproductos. Es importante resaltar que de acuerdo con los valores obtenidos en los análisis químicos, la relación oro-plata, es mayor de 20, lo cual está indicando que es un oro de una alta pureza y seguramente se encuentra en estado libre, muy poco aleado a la plata, como se encontró en las diversas muestras estudiadas.

En las reservas definidas para el yacimiento se consideran solo oro, plata y cobre. Para cada uno de estos elementos se definieron en el yacimiento tres tipos de reservas: probadas, probables y posibles, sus resultados se han resumido en la siguiente tabla, considerando el volumen de material limitado en la Figura 15, de acuerdo a consideraciones que se discuten en más detalle en el trabajo de MOLINA y MOLINA (1984).

TABLA 2. Reservas Probadas, Probables y Posibles para los elementos oro y plata, expresados en gramos/tonelada, y para el cobre en Porcentaje.

ELEMENTO	RESERVAS PROBADAS	RESERVAS PROBABLES	RESERVAS POSIBLES
Oro	67800	186400	721400
Plata	8100	22320	86380
Cobre	16	45.50	176

CONCLUSIONES

Las rocas sedimentarias aflorando en el área se consideran pertenecientes a los sedimentos Cretáceos de la Formación Penderisco del Grupo Cañasgordas. Estas rocas han sido

intruídas por un cuerpo ígneo Cenozóico de composición diorítica, la cual les produjo metamorfismo térmico y metasomatismo.

El intrusivo en su margen externa presenta facies básicas a ultrabásicas con la presencia de piroxenitas, piroxenitas pegmatíticas, pegmatitas piroxénicas y melanodioritas, las cuales son consideradas como producto de la diferenciación magmática de un magma posiblemente de composición gabroica.

La intrusión originó un metamorfismo de contacto que dió lugar a la formación de cornubiana piroxénica, zonas de skarn y una asociación mineralógica muy heterogénea que incluye granates, escapolita, wollastonita, scheelita, calcita, cuarzo y piroxenos.

En estrecha relación con el metamorfismo de contacto, las facies básicas y el magmatismo principal, se produjo un importante evento hidrotermal, que dió lugar a la presencia de delgadas vetas y a una asociación mineralógica en ella, que incluye oro libre, molibdenita, pirrotina, calcopirita, cobaltina, esfalerita, conjuntamente con scheelita, cuarzo y calcita.

El yacimiento es considerado magmático-hidrotermal con características de un depósito vetiforme formado a condiciones profundas, dándose igualmente el desarrollo de una importante zona de skarn (metamorfismo-metasomatismo) y facies pegmatíticas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la ayuda económica de la Empresa Agrominera El Cerro S.A., los trabajos petrográficos y los análisis respectivos se realizaron en los laboratorios de la Sección de Geología (Universidad Nacional, Seccional Medellín), Entidades a las cuales los autores expresan su reconocimiento.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, A.J., 1970. Memorandos geológicos internos. Inédito. Ingeominas, Medellín. p80.
- _____. 1979. Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petrografía de los intrusivos Meso-Cenozóicos. Tesis Ciencias. Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 359p.
- ALVAREZ, E.; GONZALEZ, H, 1978. Geología del cuadrángulo I-7 (Urrao). Informe 1761. Ingeominas, Medellín, 347p.

MOLINA, C. y MOLINA, A., 1984. Estudio de la génesis y paragénesis de la Mina San Diego, El Cerro, Frontino (A). Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Medellín, 113p.

ORTIZ, F. 1979. Petroquímica del volcanismo básico de la Cordillera Occidental. Bol. Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional, No.4, Medellín pp 29-44.

OSPINA, H., 1979. Informe geológico preliminar de superficie. Geominas, Medellín, 14p.

PARK, C.F. and MAC DIARMID, R.A., 1981. Yacimientos Minerales. Fernández C.J. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 512p.

RESTREPO, J.J.; TOUSSAINT, J.F.; ZULUAGA, J.; HOYOS, P., 1981. Algunas consideraciones sobre la geología de la parte septentrional de la Cordillera Occidental. Bol. Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Nos.5-6, Medellín, pp 91-92.

TOUSSAINT, J.F., 1978. Grandes rasgos geológicos de la parte septentrional del Occidente Colombiano. Bol. Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional, No.3, Medellín, 231p.