

LOS DELIRIOS: UN YACIMIENTO HIDROTERMAL DE ORO Y PLATA EN LA REGIÓN DE VETAS, SANTANDER (COLOMBIA)

García Ramírez, C. A.¹, Uribe Portilla, E.¹

RESUMEN

El yacimiento de oro y plata Los Delirios, localizado 700 metros al NW del Municipio de Vetas (Departamento de Santander) consiste en filones cuarzosos con sulfuros y óxidos, que cortan neises cuarzofeldespáticos con biotita de la Unidad Metamórfica Neis de Bucaramanga. Se determinaron tres sistemas de filones (1) rumbo N30-45°W, buzamiento 25-40°NW; (2) rumbo N10°W, buzamiento 60-70°SW; (3) rumbo N70°W, buzamiento 70°SW o 60°NE. Los espesores de estos varían entre 0.45 y 2.0 metros. Los filones presentan un color grisáceo con estructura masiva, presentándose a veces brechoide, cavernosa. La mineralogía de la mena consiste en oro, plata, pirita, calcopirita, pirrotina, galena, bornita, calcosina, marcasita, covelina, tetrahedrita, ilmenita, magnetita, hematita. Los minerales de la ganga son principalmente cuarzo y plagioclasa. La alteración del yacimiento es de tipo fílica. El contenido de oro y plata en el yacimiento varía entre 0.5-2.0 gr/T y 0.0 - 6.48 gr/T respectivamente. La mineralogía, alteración y dominancia de los metales Au-Ag-Pb en el depósito, son similares a los yacimientos epitermales de tipo baja sulfuración o adularia-sericita.

Palabras claves: Los Delirios, filones cuarzosos, epitermal, baja sulfuración.

ABSTRACT

Los Delirios Au-Ag deposits is located 700 meters northwestern of Vetas city (Departamento de Santander) and consists of quartz-sulfide-oxides veins that cuts quartz-feldspar bearing biotite gneisses from Bucaramanga Gneiss Formation. Three vein systems are determined:(1) N30-45°W dips 25-40°NW; (2) N10°W dips 60-70°SW; (3) N70°W dips 70°SW o 60°NE. The vein thickness is between 0.45 and 2.0 meters. The veins have a gray color and massive to brecciated and cavernous structures. The ore mineralogy consists in gold, silver, pyrite, chalcopryite, pyrrhotite, galena, bornite, calcosine, marcasite, covellite, tetrahedrite, ilmenite, magnetite, hematite. Gange minerals are mainly quartz and plagioclase. The alteration of the deposits is phyllic. The gold and silver contents are 0.5-2.0 gr/T y 0.0-6.48 gr/T respectively. Ore mineralogy, wall alteration and dominant Au-Ag-Pb mineralization in the deposits are like epithermal low-sulfidation or adularia-sericite systems.

Keywords: Los Delirios, quartz veins, epithermal, low-sulfidation.

¹Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. A. A. 678
Correo electrónico: cgarciar@uis.edu.co

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados de los estudios realizados en la Mina Los Delirios, ubicada 700 metros al NW del Municipio de Vetas (Santander), el cual es una de las más importantes zonas mineras del país, para la explotación de oro y plata.

En la mina Los Delirios se realizó una cartografía geológica escala 1:500 de la geología superficial y subterránea, acompañada de un muestreo de afloramientos, túneles, tambores y clavadas con el fin de determinar las características composicionales, texturales y estructurales de los filones mineralizados, la roca encajante y la zona de alteración.

La mineralización auroargentífera en la mina Los Delirios corresponde a un depósito hidrotermal, el cual dada las evidencias mineralógicas podría ser definido como epitermal de baja sulfuración.

La información obtenida permite conocer mejor la mineralización, lo cual tiene un gran significado genético con amplia aplicación en las labores de exploración y procesamiento mineral.

ANTECEDENTES

En el yacimiento Los Delirios se han realizado trabajos geológicos y mineros, sin embargo, estos no han sido publicados y corresponden a informes inéditos presentados al Ministerio de Minas.

En la región de Vetas se han llevado a cabo diferentes estudios geológicos, mineralógicos, estructurales y ambientales, los cuales se referencian a continuación.

García y Rey (1991) realizan un análisis estructural y estadístico para definir el control de la mineralización en la Mina La Tosca localizada al norte del Municipio de Vetas. Señalan tres sistemas principales de diaclasas con aptitudes: N60-70°W/50°E, N20-30°E/40°W y N60-70°/50°W que corresponde según los autores al patrón estructural seguido por la mineralización.

En la mina Reina de Oro se destacan los trabajos de Lasprilla y Lozano (1991), quienes realizaron una evaluación geológica del yacimiento, definiendo asociaciones minerales y alteraciones hidrotermales. Se analizaron los procesos de beneficio y minería y se calcularon reservas indicadas, inferidas, submarginales y paramarginales de oro y plata; y González, Rodríguez (2003) definen aspectos mineralógicos como el tamaño de grano e intercrecimientos del oro que inciden en los procesos de beneficio de las menas auroargentíferas.

García (1996); estudia la geología y mineralogía de la Mina la Providencia y del Depósito de colas de la Mina Reina de Oro, como parte del estudio para el montaje de una planta piloto demostrativa para el procesamiento de minerales auroargentíferos. Para el yacimiento auroargentífero de la Providencia se determinó oro nativo asociado a un primer pulso mineralizante con pirita, calcopirita y pirrotina; y un segundo pulso mineralizante con oro, pirita y pirrotina, estableciendo que estos dos tipos de oro tienen formas subangulosas y tamaño entre 1 y 40 micras.

Un estudio acerca del procesamiento mineral fue realizado por López (1999) en menas auroargentíferas de los depósitos Los Delirios, La Tosca y La Elsy, llegando a conocer algunas propiedades tecnológicas de estas menas.

La importancia de la caracterización geológica y mineralógica de los yacimientos auroargentíferos del Municipio de Vetas para la planificación ambiental de las explotaciones mineras es destacada por Uribe (2000).

Mathur *et al.* (2003) definen la mineralización de Vetas como epitermal de baja sulfuración, indicando que los sulfuros de veta están en desequilibrio con respecto al Re y Os, lo cual indicaría una mineralización que no estaría relacionada con los fluidos de los cuerpos magmáticos adyacentes, contrario a lo que ocurre en California, en donde la relación Re-Os indica una estrecha relación de la mineralización con respecto a los fluidos magmáticos.

METODOLOGÍA

La metodología de estudio consistió en un trabajo de campo mediante el cual, se realizó la cartografía geológica escala 1:500 de superficie y subterránea del yacimiento Los Delirios, la cual estuvo acompañada de un muestreo sistemático en superficie, túneles y tambores cada 5 metros. No obstante lo anterior, en este trabajo la información se ha representado en un mapa geológico de superficie a escala 1:25.000; y un mapa de la geología subterránea a escala 1:1.000. En la mina, se muestrearon los filones por el método de la canaleta, la roca encajante y la zona de alteración.

Las muestras recolectadas fueron estudiadas a nivel macroscópico en un estereomicroscopio y posteriormente seleccionadas para los ensayos al fuego, elaboración de secciones delgadas y pulidas y difracción de rayos X. Los estudios mineralógicos y petrográficos, usando microscopía de luz transmitida y reflejada, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Geología en la sede Guatiguará de la Universidad Industrial de Santander (UIS), usando microscopios marca Nikon, modelos labophot y optiphot, respectivamente. Estos estudios permitieron determinar la composición mineralógica, las características texturales (forma, tamaño de grano, intercrecimientos) de las menas auroargentíferas y su roca encajante. Especial énfasis se hizo en el estudio del oro, por ser este, el mineral de interés económico.

La zona de alteración se estudio mediante la difracción de rayos X en la Escuela de Química de la UIS, usando un difractómetro marca Rigaku.

Los ensayos al fuego para oro y plata se hicieron mediante procedimiento estándar en la Escuela de Metalurgia de la UIS

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El yacimiento Los Delirios esta ubicado a aproximadamente 700 metros al NW del Municipio de Vetas (Santander), desde el punto de vista geológico, el depósito se localiza en el Macizo de Santander, conformado por un complejo de rocas metamórficas Predevónicas y rocas ígneas

Mesozoicas. Esta región limita al norte con la Serranía de Perijá y al sur con el Macizo de Floresta (FIGURA 1).

Las rocas más antiguas del Macizo de Santander son neises biotíticos, cuarzo-feldespáticos y hornbléndicos; anfibolitas y migmatitas agrupados en la Unidad Neis de Bucaramanga, cuyo metamorfismo regional ha alcanzado las condiciones de facie anfibolita, zona de la Silimanita Superior (García y Ríos, 2000).

Las rocas de la Formación Silgará suprayacen el Neis de Bucaramanga. La litología de esta unidad consiste de esquistos micáceos, estaurolíticos, granatíferos, anfibolíticos, calcáreos; cuarcitas muscovíticas y biotíticas; mármoles, filitas de edad Cámbrico-Ordovícica?. Estas rocas fueron metamorfozadas, alcanzando la facie anfibolita, zona de la Silimanita Inferior.

En algunos sectores del Macizo de Santander, las rocas del Neis de Bucaramanga y la Formación Silgará fueron intruidas por el protolito de la Unidad Ortoneis, sin embargo, en algunos lugares esta relación no es clara.

La unidad Ortoneis esta compuesta de neises cuarzo-feldespáticos, biotíticos y anfibolitas y presenta un grado de metamorfismo regional de facie anfibolita, zona de la Silimanita (García y Ríos, 1999; García y Campos, 2000).

Varios batolitos y plutones cuya composición varía de granito a diorita fueron intruidos durante el Jura-Triásico y ocasionaron el desarrollo local de migmatitas. Con este ciclo magmático se relacionan pequeños stocks de pórfido dacítico-andesítico y diques de basalto, diabasa y dacita.

El basamento ígneo-metamórfico del Macizo de Santander está inconformemente suprayacido por la Formación Floresta de edad Devónico Medio, la cual es inconformemente suprayacida por sedimentos clásticos y calcáreos de edad Carbonífero a Pérmico (Ward *et al.*, 1973). Cuerpos intrusivos de afinidad calco-alcalina se emplazaron en las unidades metamórficas durante el Triásico tardío - Jurásico temprano. Sin embargo, algunas dataciones K-Ar y Rb-Sr en batolitos indican una edad Paleozoica (Goldsmith *et al.*, 1971; Boinet *et al.*, 1985).

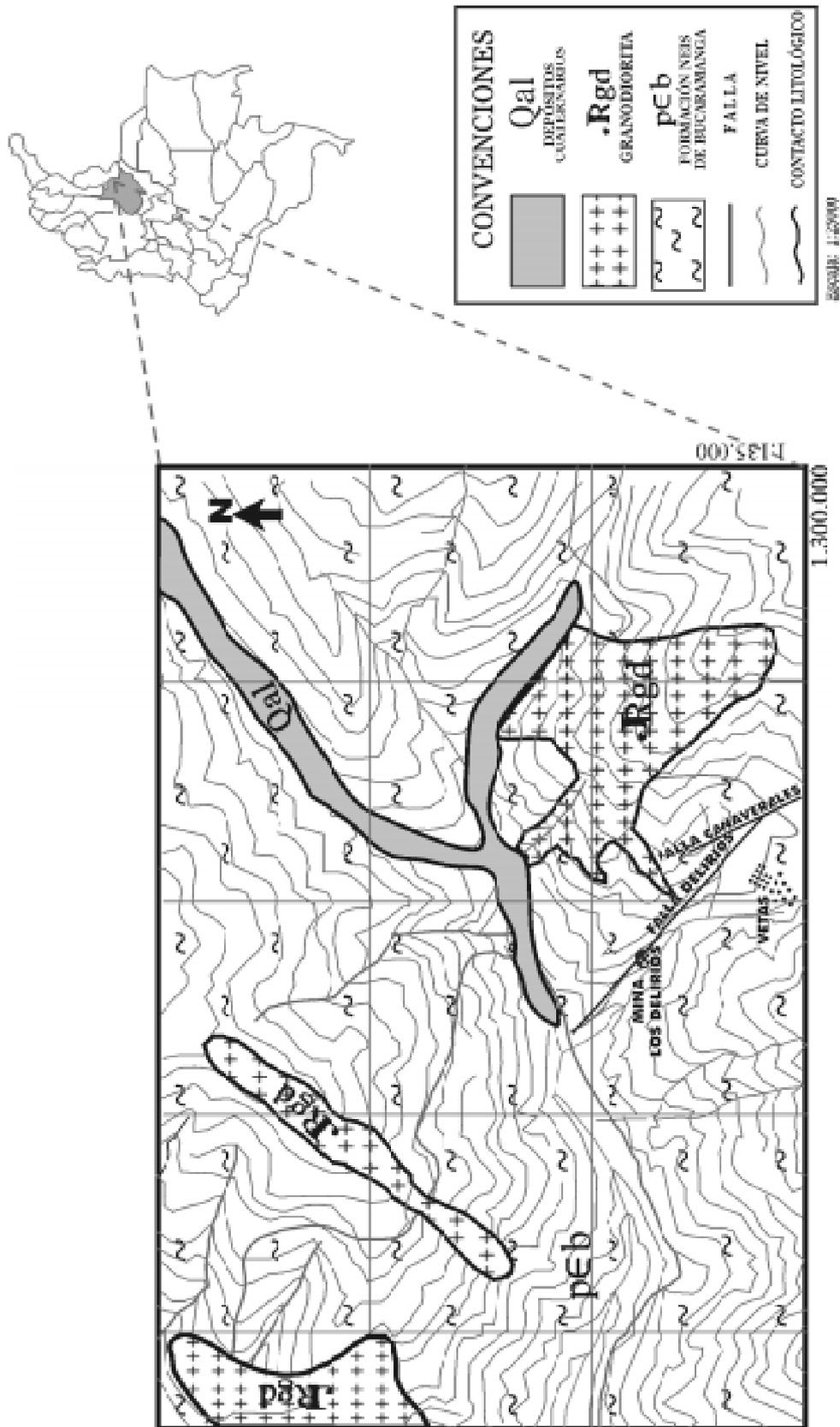


FIGURA 1. Mapa geológico del Área de Vetas indicando la localización de la mina Los Delirios. Modificado de García y Ríos (1999).

De acuerdo con dataciones radiométricas realizadas por la Nippon Mining Company en 1967, Mendoza, *et al.* (1979) proponen una facies porfirítica post-cretácea relacionada con yacimientos auríferos.

Depósitos glaciares y fluvio-glaciares de edad cuaternaria definen morfología de circos glaciares, morrenas laterales y terminales.

Las fallas de Bucaramanga - Santa Marta y Cucutilla son los rasgos estructurales más sobresalientes a nivel regional. La primera con rumbo SE-NW y la segunda con rumbo SW-NE.

GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

LITOLOGÍA

En el área superficial del yacimiento Los Delirios afloran las siguientes unidades litológicas:

Neis de Bucaramanga. Las rocas del Neis de Bucaramanga son la litología dominante (cerca del 95%) en el yacimiento. Están constituidas predominantemente por neises cuarzo-feldespáticos con biotita variando localmente a neises biotítico-hornblendicos o neises cuarzo-feldespáticos con biotita y sillimanita.

La estructura de las rocas de esta unidad néisica se caracteriza por la alternancia de bandas leucocráticas de composición cuarzo-feldespática y melanocráticas constituidas por biotita y a veces hornblenda. Texturalmente predomina la lepidogranoblástica.

De acuerdo a la paragénesis mineral cuarzo+plagioclasa+biotita+sillimanita± granate se puede decir que esta unidad sufrió un metamorfismo regional alcanzando las condiciones de facies anfíbolita, subfacie de la sillimanita.

Diques Granodioríticos. En forma de cuerpos intrusivos que cortan las rocas del Neis de Bucaramanga.

La granodiorita es de color rosado con textura holocristalina, inequigranular, hipidiomórfica y localmente presenta textura poikilítica. La composición mineralógica es la siguiente:

Minerales principales: Cuarzo (40%), plagioclasa (30%), biotita (10%), feldespato potásico (7%);
Minerales menores: Muscovita (3%), epidota (2%), opacos (6%);
Minerales accesorios: apatito (1%), circón (1%).

Según estudio realizado por la Nippon Mining Company en 1967 (En: Mendoza y Jaramillo (1979)) se asigna una edad de finales del Cretáceo o comienzos del Terciario a los granitos y pórfidos del distrito minero de Vetas-California.

Venas de cuarzo. Constituyen venillas de cuarzo con aspecto masivo no mineralizadas y concordantes con el bandeamiento del neis, son especialmente evidentes por la vía que conduce del casco urbano de Vetas a la vereda Borrero. El espesor de estas venas varía entre 3, 5 y 10 cm.

ESTRUCTURAS

Las características estructurales del yacimiento Los Delirios están relacionadas con la foliación de los neises, los lineamientos, las fallas, pliegues y diaclasas producto de los diferentes eventos tectónicos que afectaron el área.

Foliación. Se determinaron dos subáreas las cuales presentan direcciones diferentes. La primera se localiza al occidente del área de la licencia con dirección de foliación oscilando entre N 50-60°E con inclinaciones oscilando entre 80 y 85° SE. La segunda subárea se ubica en la parte suroriental del área de trabajo, con dirección N 45-55°E y con inclinación de aproximadamente 70 y 80° NW.

Pliegues. Analizando las direcciones de foliación de la unidad néisica y sus inclinaciones podemos establecer la presencia de un sinforme en la mina Los Delirios cuyo eje tiene dirección NE.

Fallas. En el área correspondiente a la licencia de la Mina Los Delirios se localizan dos fallas. La primera de dirección N30°W, la segunda con dirección N50°W a continuación se describirán cada una de estas fallas.

Falla Cañaverales. Fallamiento que afecta únicamente al Neis de Bucaramanga. Se caracteriza por ser de carácter normal con rumbo N30°W y plano

inclinado hacia el SW. Falla de alto ángulo evidenciada por escarpe de falla, lineamiento de sillares de falla y evidencias de brechamiento en los neises (FIGURA 1).

Falla Delirios. Fallamiento con rumbo N50°W. Afecta al Neis de Bucaramanga y a los filones cuarzoso-sulfurosos con bajos tenores de oro. Se caracteriza por ser de tipo normal con un componente de rumbo. Se evidencia en el fuerte brechamiento en los neises y por incidir en el desplazamiento de filones en los túneles 1 y 3 (FIGURAS 1, 2).

MINERALIZACIÓN

La mineralización en la mina Los Delirios está concentrada en filones cuarzosos con sulfuros. Estos filones auroargentíferos siguen tres patrones estructurales: (1) N30-45°W, buzando 25-40°NW; (2) N10°W buzando 60-70°SW; (3) N70°W, buzando 70°SW o 60°NE (FIGURA 2). Los espesores varían entre 0.45 y 2 metros. Presentan un color gris, variando en tonalidades desde gris claro a gris oscuro. La estructura de estos filones es masiva, presentándose a veces brechoide, cavernosa. (TABLA 1).

Composicionalmente, la mineralización consta de oro libre, oro asociado a sulfuros y óxidos (TABLA 2). A continuación se presentan las características mineralógicas y texturales de las menas auroargentíferas.

Minerales de la mena.

Oro: Se presenta libre en forma de gancho con un tamaño entre 4,8 y 7,2 micras o incluido en la pirita como agregados o individuos anhedrales, de tamaño medio 1.9 micras (FIGURAS 3A y 3B).

Plata: En el yacimiento, no se observaron minerales argentíferos. Al parecer la plata está contenida principalmente en la pirita, la galena y el oro. En menas que contienen pirita y galena por lo general se presentan altos tenores de plata.

Pirita (2-20%). Se presenta en dos generaciones. La primera generación son individuos euhedrales y subhedrales, rara vez anhedrales de hábito cúbico y piritoédrico o agregados alargados, macizos o granulares asociados a magnetita e ilmenita (FIGURAS 4A y 4B) en contactos netos, algunas veces se observan inclusiones de oro, calcopirita y pirrotina (FIGURAS 3B, 4D).

La segunda generación son agregados granulares a veces brechoides asociados a calcopirita, ilmenita, magnetita y cuarzo rellenando fracturas.

Calcopirita (1-8%). Individuos aislados o agregados masivos, localmente granulares asociados a la pirita de primera generación, magnetita e ilmenita en contacto neto o incluida en la pirita, en este caso asociada a la pirrotina (FIGURA 4D).

Ilmenita (1.5-6.5%). Se presentan dos generaciones. La primera consiste en individuos laminares delgados diseminados uniformemente o como agregados granulares o en enrejado, asociados a pirita y magnetita (FIGURA 4C). La segunda generación son individuos aciculares o agregados laminares rellenando fracturas, asociada a la pirita de segunda generación.

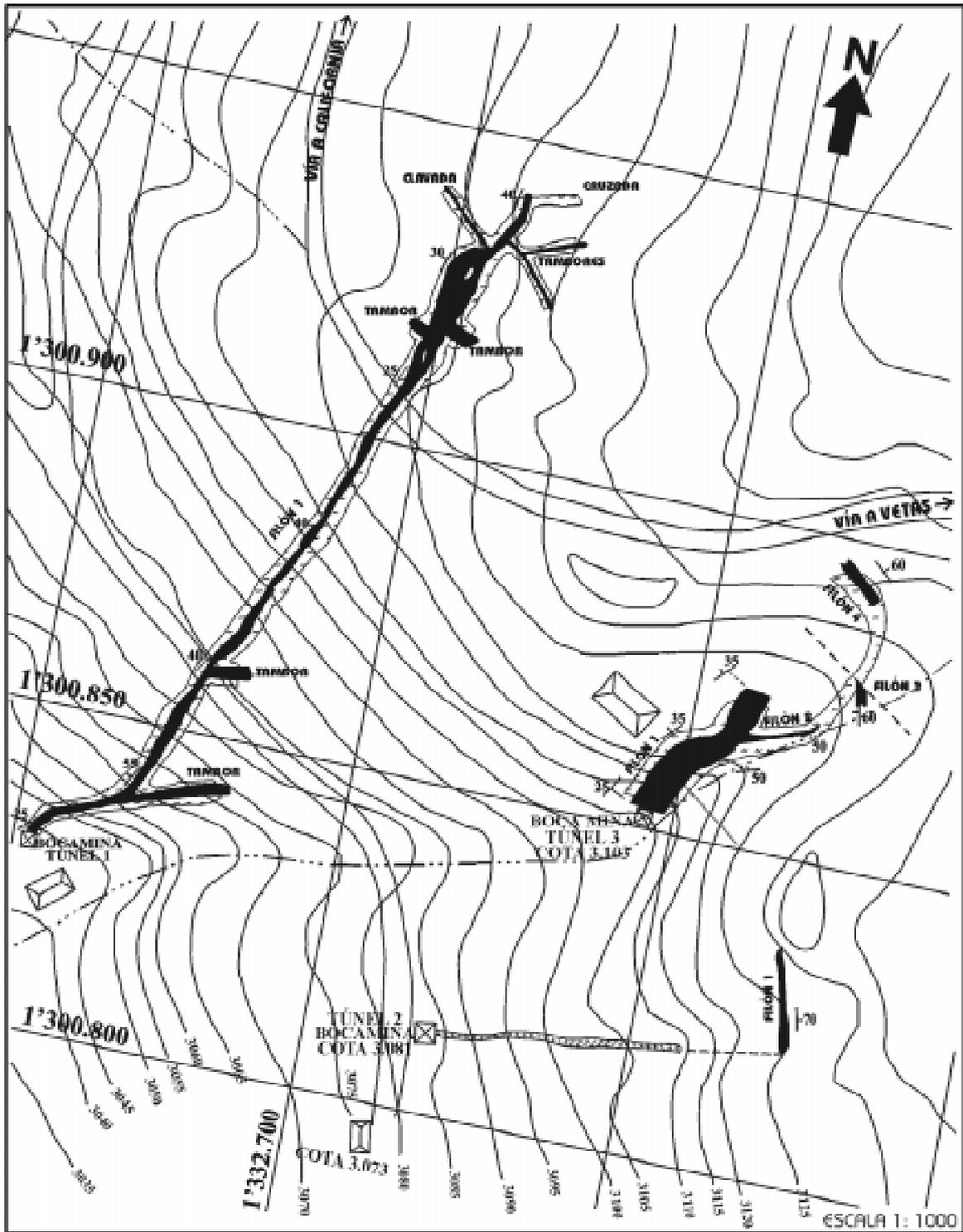
Magnetita (1-3%). Individuos anhedrales a subhedrales de hábito octaédrico, algunas veces fracturados o como agregados granulares aislados asociados a la pirita de primera generación (FIGURA 4B) o ilmenita.

Galena (1%). Masas granulares grisáceas asociadas a pirita, calcopirita e ilmenita de primera generación.

Bornita (1-2%). Cristales subhedrales de color púrpura de tamaño de grano entre 0.5 y 1 mm, agregados terrosos violáceos o masas granulares.

Pirrotina (0.6-1%). Individuos anhedrales o agregados granulares incluidos en la pirita, en ocasiones asociados al oro, otras remplazando la calcopirita.

Marcasita (~ 1%). Agregados fibroso-radiales rellenando venillas.



CONVENCIONES

- | | | | |
|--|---|--|--|
|  Alión |  Veis. Cuarzo-feldespático con Biotita |  Granodierita |  Bocamina Túnel |
|  Curva de nivel |  Rumbo e Inclinación del Alión |  Falla |  Quebrada |

FIGURA 2. Mapa geológico subterráneo de la mina Los Delirios.

TABLA 1. Características generales de los filones mineralizados de la mina Los Delirios.

TÚNEL	FILÓN	LONGITUD (m)	RUMBO	BUZAMIENTO	ESPESOR (m)	Au (gr/T)	Ag (gr/T)
1	1	135	N45°E	25-40°NW	0.79	2.0	6.48
2	1	15	N10°W	70°SW	1.50	<0.5	<0.5
3	1	30	N30-40°E	25-35°NW	2	0.59	3.35
3	2	10	N70°E	50°NW	0.45	1.9	0
3	3	10	N10°W	60°SW	1.10	0.5	3.2
3	4	10	N70°W	60°NE	1	0.5	3.5

Calcosina (~ 1%). Granos anhedrales esporádicos.

Hematita (0.6%). Agregados laminares asociados a la magnetita.

Tetraedrita (<0.6%). Cristales subhedrales esporádicos.

Covelina (<0.6%). Cristales anhedrales aislados.

La textura predominante de la mena es la granular.

Minerales de la ganga. Los minerales de la ganga se presentan en su mayoría como masas granulares.

Cuarzo (68-75%). Cristales incoloros subhedrales a anhedrales, algunas veces de aspecto sacaroide o cuarzo lechoso masivo, también se presenta como agregados de aspecto sacaroide.

Plagioclasa(10-20%). Se encuentra fuertemente alterada a sericita y minerales arcillosos

Carbonatos (5%). Su presencia se restringe a rellenar fracturas en el cuarzo, pero esto es más característico del filón 1 en el túnel 2.

Alteración. La alteración es similar en todos los filones consistiendo en cuarzo, sericita y pirita,

esporádicamente trazas de illita. Por lo anterior, es una alteración de tipo fílico

Paragénesis minerales. De acuerdo con las relaciones entre minerales y la textura de estos se presenta una posible secuencia de mineralización para la mina Los Delirios (TABLA 3). Básicamente consiste en dos etapas de mineralización, las cuales por lo visto no fueron muy prolongadas en el tiempo y una etapa de alteración supergénica.

Durante la primera etapa se formó la primera generación de oro, plata, pirita, calcopirita, pirrotina, galena, magnetita e ilmenita.

La segunda etapa de mineralización corresponde a un segundo evento de relleno de las venas, lo cual pudo haber causado la brechificación de la pirita de primera generación. Aquí el oro, esta asociado a minerales como ilmenita que rellenan estas segundas venillas. La pirrotina empieza a remplazar la calcopirita de segunda generación. Los minerales típicos de esta segunda etapa son: oro, plata, pirita, pirrotina, ilmenita.

En una tercera etapa que hemos denominado supergénica se habrían formado bornita, calcosina, marcasita y hematita.

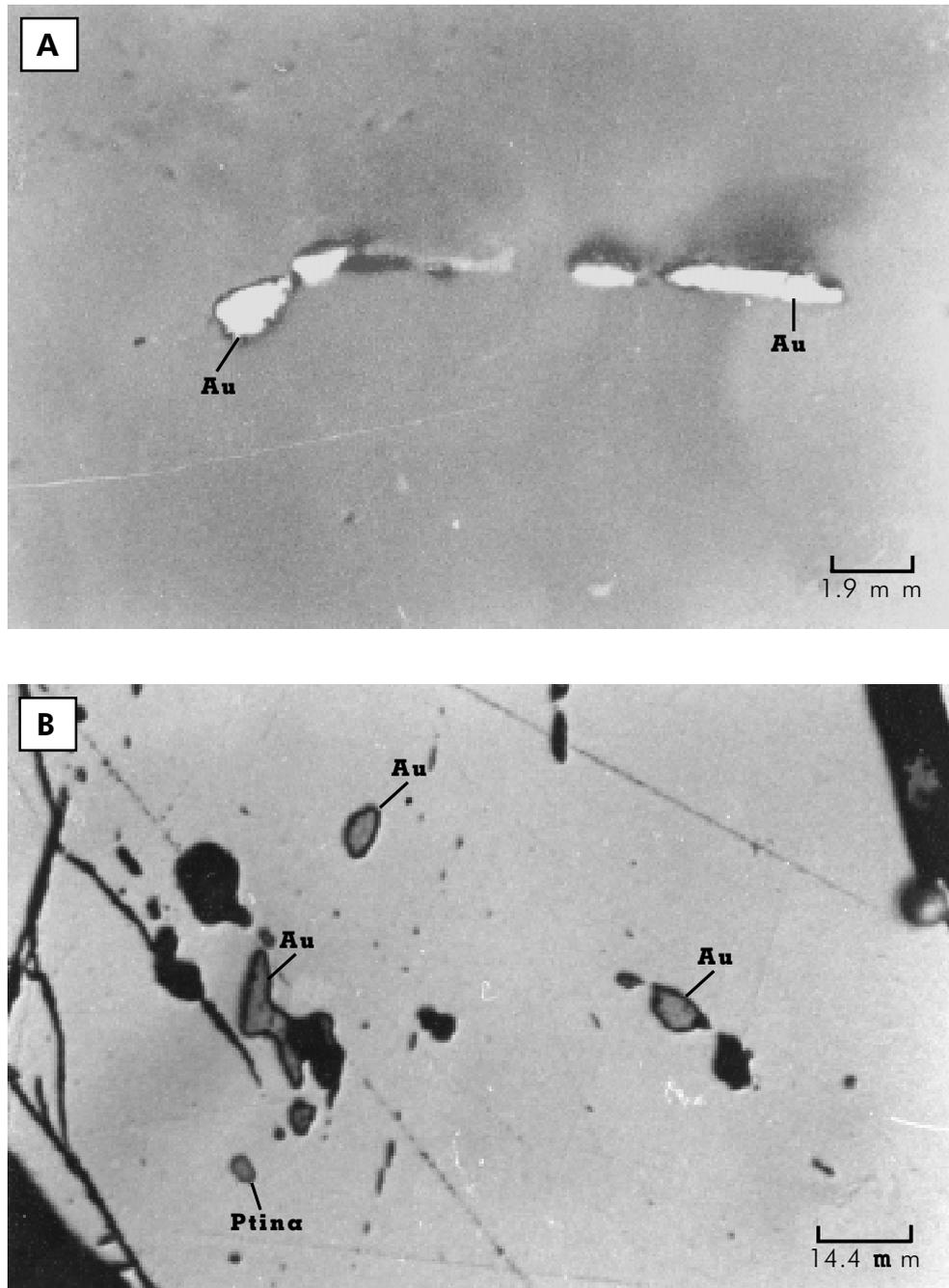


FIGURA 3. Ocurrencia del oro en la mina Los Delirios.
A. Oro libre (Au); B. Oro (Au) incluido en pirita asociado a pirrotina (Ptina). Nícoles Paralelos.

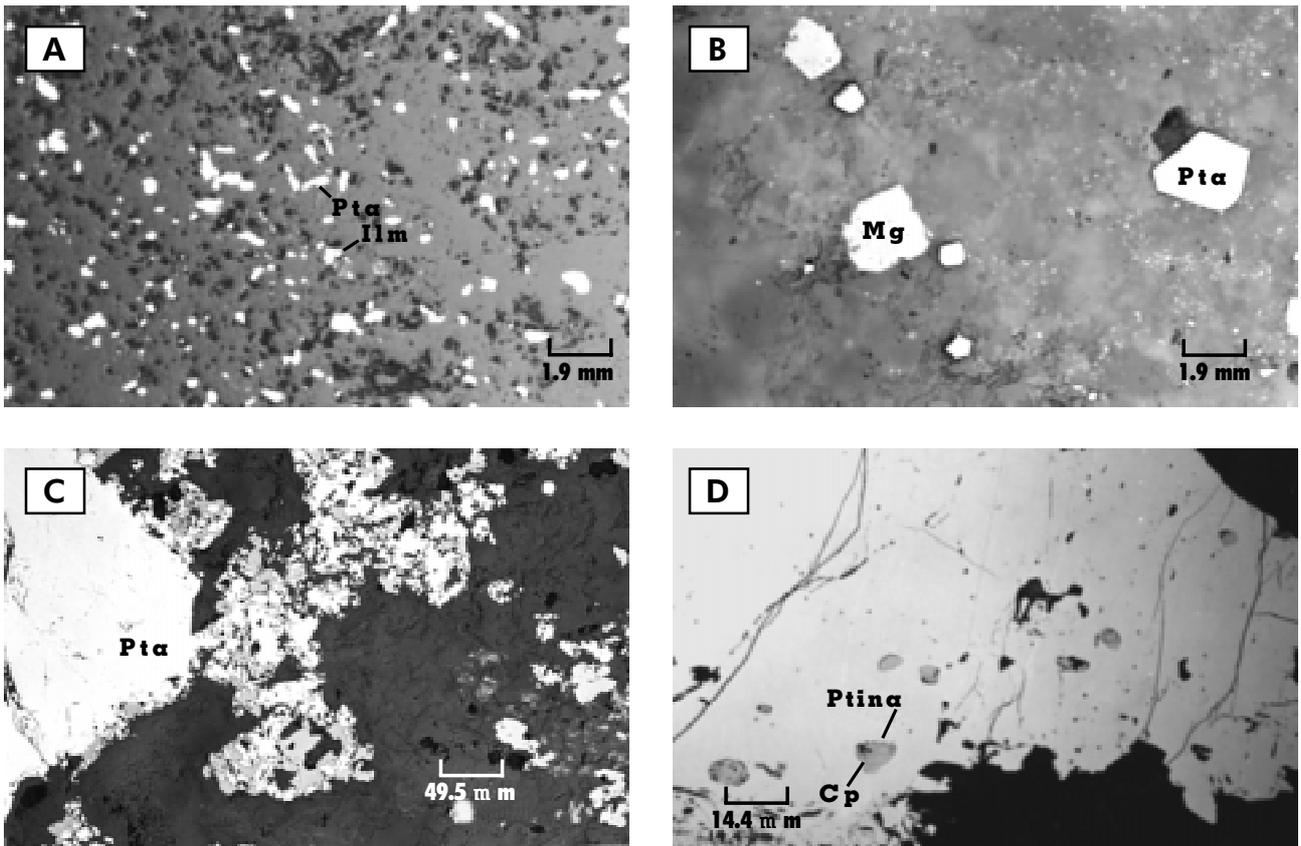


FIGURA 4. Asociaciones minerales en la mina Los Delirios.

A. Asociación pirita (Pta) e ilmenita (Ilm) formando textura granular de grano fino; B. Pirita (Pta) + magnetita (Mg); C. Intercrecimiento entre pirita e ilmenita; D. Pirrotina (Ptina) y calcopirita (Cp) incluidas en pirita. Nicoles Paralelos.

TABLA 2. Mineralización en la mina Los Delirios.

TÚNEL	FILÓN	MINERALES DE LA MENA	MINERALES DE LA GANGA	ROCA ENCAJANTE	ALTERACIÓN
1	1	Oro, plata, Pirita, calcopirita, ilmenita, magnetita, bornita, calcosina, marcasita, pirrotina, galena.	Cuarzo, plagioclasa, caolinita, yeso	Neis cuarzo-feldespático con biotita, neis biotítico con hornblenda.	Filica
2	1	Oro, plata (trazas), Pirita, calcopirita, bornita	Cuarzo, carbonatos	Neis cuarzo-feldespático con biotita.	Filica
3	1	Oro, pirita, calcopirita, pirrotina, ilmenita, magnetita, hematita, tetrahedrita, covelina.	Cuarzo, plagioclasa	Neis cuarzo-feldespático con biotita	Filica
3	2	Oro, pirita, calcopirita, bornita	Cuarzo, plagioclasa	Neis cuarzo-feldespático con biotita.	Filica
3	3	Oro, plata, pirita, calcopirita	Cuarzo, plagioclasa	Neis cuarzo-feldespático con biotita	Filica
3	4	Oro, plata, pirita, calcopirita, pirrotina, ilmenita, magnetita, bornita	Cuarzo, plagioclasa	Neis cuarzo-feldespático con biotita	Filica

TABLA 3. Paragénesis mineral en el yacimiento Los Delirios.

MINERAL	ETAPA 1	ETAPA 2	ALTERACIÓN SUPERGÉNICA
Oro			
Plata			
Pirita			
Calcopirita			
Pirrotina			
Galena			
Magnetita			
Ilmenita			
Bornita			
Calcosina			
Marcasita			
Hematita			

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las mineralizaciones filonianas del yacimiento Los Delirios consisten en oro y plata asociados a sulfuros (pirita, calcopirita, pirrotina, galena) y óxidos (ilmenita, magnetita). La textura de los filones es masiva, brechoide a veces moteada.

La forma de los cuerpos mineralizados indica un origen por relleno de fracturas, cuya procedencia está relacionada con los cuerpos intrusivos como pórfidos dacíticos y granodioríticos que afloran en el área. Sin embargo, no se podría descartar el papel que las aguas meteóricas han podido jugar en los procesos que dieron origen a la mineralización.

Los sistemas hidrotermales han sido clasificados en dos tipos de acuerdo a la mineralogía presente y la alteración del depósito. Los depósitos de alta sulfuración o sistemas sulfato-ácido y los de baja sulfuración o sericita-adularia (Mathur *et al.*, 2003).

Los depósitos de alta sulfuración, se caracterizan por una mineralización dominante de Au-Cu, con alteración argílica avanzada y una conexión con sistemas volcánicos; mientras que en los depósitos de baja sulfuración la mineralización dominante es Au-Ag-Pb-Zn, con alteración filica y una mezcla de fluidos en los cuales participarían las aguas meteóricas y aguas salinas recalentadas en profundidad (Lunar y Oyarzun 1990).

El yacimiento Los Delirios presenta características mineralógicas, de alteración y mineralización dominante Au-Ag-Pb se asemeja a aquellos del tipo epitermal de baja sulfuración o sericita-adularia. Para corroborar esto, es necesario la realización de estudios más profundos como geoquímica de elementos mayores y traza, microtermometría de inclusiones fluidas, geocronología y geoquímica de isótopos estables.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo financiero de la Gobernación de Santander y la Universidad Industrial de Santander a través del proyecto de

investigación “Montaje de una planta piloto - demostrativa para el procesamiento de menas auroargentíferas. Fase II”, código 7446. A estas entidades y a las personas que participaron en este proyecto, los autores expresan los más sinceros agradecimientos.

REFERENCIAS

Boinet, T. (1985). Age et repartition du magmatisme pré-mésozoïque des Andes de Colombie. Comptes rendus hebdomadaires des séances de L'Académie des Sciences. Serie D: Sciences Naturelles 300(II, 10), pp. 445-450.

García, W.; Rey, G. (1991). Análisis estructural y mineralógico de los yacimientos de oro y plata de la mina La Tosca. Tesis de Pregrado, Inédita. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología.

García, C. (1996). Estudio geológico y mineralógico de la mina La Providencia y el depósito de colas de la Mina Reina de Oro (Municipio de Vetas, Santander). Informe final Colciencias-Universidad Industrial de Santander. 125p.

García, C., Ríos, C. (1999). Metamorfismo y metalogía asociada del Macizo de Santander, Cordillera Oriental, Colombia. Informe final Proyecto de Investigación 1102-05-083-95 Colciencias-Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 191p.

García, C., Campos, N. (2000). Composición química y mineralogía de las biotitas metamórficas del sector central del Macizo de Santander, Colombia. Boletín de Geología UIS, Vol. 22, N° 37, pp. 18-27.

Goldsmith, R., Marvin, R., Mehnert, H. (1971). Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes. U.S. Geological Survey Professional Paper, 750-D, pp.41-49.

González, L., Rodríguez, R. (2003). Caracterización geológica, mineralógica y química de las menas auroargentíferas para el mejoramiento del proceso de

beneficio en la mina Reina de Oro (Vetas, Santander). Tesis de Pregrado, Inédita. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología, 158p.

Lasprilla, G., Lozano, M. (1991). Evaluación geológica del yacimiento de oro y plata de la mina Reina de Oro, Municipio de Vetas, Santander. Tesis de Pregrado, Inédita. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología.

López, M. (1999). La mineralogía de procesos y su aplicación en la cianuración de los minerales auroargentíferos. Tesis de Maestría, Inédita. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Metalúrgica, 194p.

Lunar, R., Oyarzun, R. (1990). Yacimientos minerales. Editorial Centro de Estudios Ramón Aceres. Madrid, 938p.

Mathur, R. et al. (2003). Re-Os isotopes applied to the epithermal gold deposits near Bucaramanga, northeastern Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, No. 15, pp. 815-821.

Mendoza, H. et al. (1979). Geología y geoquímica del área de California, Santander. *Boletín Geológico Ingeominas*, Vol. 22, pp 3-52.

Uribe, E. (2000). La caracterización geológica-mineralógica como herramienta básica y esencial para la planificación de las explotaciones mineras Caso Municipio de Vetas. Monografía Especialización Inédita. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Química, 91p.

Ward, D. et al. (1973). Geología de los cuadrángulos H12 Bucaramanga y H13 Pamplona, Departamentos de Santander y Norte de Santander. U.S. Geological Survey, Ingeominas. *Boletín Geológico*, Vol. 21, No. 1-3.

Trabajo recibido: abril 2 de 2003
Trabajo aceptado: junio 20 de 2003