
Rasgos epitermales encontrados en las rocas ubicadas al SW de la Vereda Santa Lucia, departamento del Cauca, Colombia

Epithermal characteristics on rocks located in the SW of Santa Lucia area, Cauca department, Colombia

RUBÉN LEGUIZAMÓN-BEJARANO¹
JUAN CARLOS MOLANO-MENDOZA²
ELISA CARRASCO-RINCÓN³

¹*Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*
E-mail: rdlegb@gmail.com

²*Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá*
E-mail: jcmolanom@unal.edu.co

³*Carbones de los Andes S.A. Bogotá, Colombia*
E-mail: elisacarrasco@carboandes.com

LEGUIZAMÓN-BEJARANO, R., MOLANO-MENDOZA, J.C. & CARRASCO-RINCÓN, E. (2009): Rasgos epitermales encontrados en las rocas ubicadas al SW de la Vereda Santa Lucia, departamento del Cauca, Colombia.- GEOLOGÍA COLOMBIANA, 34, pp. 45-56, 5 Figs., Bogotá.
--

RESUMEN

El área de estudio ubicada al suroccidente de la Vereda Santa Lucía, Departamento de Cauca, se encuentra en el flanco occidental de la Cordillera Central, presentando basaltos y microgabros del Complejo Barroso-Amalme (?) de edad cretácica, los cuales son intruidos por rocas porfiríticas de edad miocénica de composición variable entre andesitas y dacitas. Este conjunto está afectado por eventos hidrotermales los cuales generan diferentes tipos de alteración. En el área se presentan de manera frecuente filones y venas que presentan texturas bandeadas, coloformes, crustiformes, en peine, zonadas y de brecha. Se encuentran compuestas principalmente por calcedonia, cuarzo y carbonatos, como minerales de ganga y como mena se encuentra pirita, calcopirita, pirrotina, estibina, galena, esfalerita y oro, este último identificado en concentrados de batea, análisis geoquímicos y en explotaciones mineras artesanales realizadas en la zona. En el procesamiento de datos estructurales se encuentra una correlación estrecha entre las tendencias de orientación de venas y diaclasamiento, lo cual sugiere un control estructural en el emplazamiento de los fluidos mineralizantes en el área. Lo anterior es correlacionable con los lineamientos vistos en la fotointerpretación realizada para el área. Las características composicionales y texturales observadas en las venas estudiadas permiten relacionarlos preliminarmente a procesos de tipo epitermal de baja sulfuración.

Palabras Clave: *Caracterización estructural, Cauca, Epitermal, Mineralización, Texturas en venas.*

ABSTRACT

The study area situated in the southwestern part of the Santa Lucia rural settlement, Cauca Department, western flank of the Central Mountain Chain; presents basalts and microgabbros of the Barroso-Amalme Complex. These, of cretaceous age, are intruded by porphyritic rocks of miocenic age of variable compositions between andesites and dacites. This set is affected by hydrothermal events which generate different kinds of alterations. Filons and veins that present banding, colloform, crustiform, comb, zonadas and breccia textures are frequent in the area. These are composed principally of chalcedony, quartz and carbonates, as gangue minerals; and as ore mineral, pyrite, chalcopirite, pyrrhotite, stibnite, galena, sphalerite and gold, which has been identified in mineral concentrates, geochemical analysis and mining handcrafted developments made on the zone. In

the processing of structural information there is a narrow correlation in the trends of veins orientation and fractures, that suggests a structural control in the emplacement of the mineralizing fluids in the area. The previous information can be correlated to the seen lineaments in the photointerpretation made in the area. The compositional and textural characteristics are found to be related to processes of epithermal type of low-sulfidation.

Key words: *Cauca, Epithermal, Mineralization, Structural characteristics, Veins textures.*

INTRODUCCION

El actual desarrollo del conocimiento en el campo de la exploración de recursos minerales apunta constantemente a la búsqueda y entendimiento de nuevos depósitos. Entre los yacimientos de mayor interés se encuentran los sistemas epitermales, debido a los altos tenores de metales preciosos y base que estos contienen.

Estudios de casos específicos en el país sobre la ocurrencia de este tipo de depósitos son escasos. Este trabajo, enmarcado en el proyecto “Socialización y Delimitación de Prospectos en las Áreas Piedra Sentada Y Dominical, Departamento del Cauca, Colombia”, realizado en convenio entre la Universidad Nacional de Colombia y la empresa CARBOANDES S.A. contribuye a la localización y entendimiento de los rasgos y mineralizaciones relacionadas a sistemas epitermales presentes al sur occidente de la Vereda Santa Lucía, entre otros aspectos.

Esta zona se encuentra dominada por basaltos y microgabros de edad cretácica, los cuales son intruidos por numerosos diques de rocas porfíricas de composición dacítica a andesítica, de extensión reducida. Este conjunto se encuentra afectado, al igual que el resto del área, por eventos de origen hidrotermal los cuales generan alteraciones y mineralizaciones, en muchos casos vetiformes, las cuales son motivo de estudio. Son evidentes procesos tectónicos que dan lugar a fallamiento y diaclasamiento en las rocas.

La caracterización de los rasgos encontrados en el área se basa en un trabajo de campo enfocado en la realización de una cartografía geológica y de alteración, además de un muestreo sistemático de rocas. A través de esto y sumado al análisis de 19 secciones delgadas pulidas, se pudo determinar aspectos tales como litología, rasgos morfológicos, alteración hidrotermal y minerales de mena. Para el trabajo también se tienen en cuenta las relaciones de campo y rasgos estructurales más importantes del área, como herramienta para poder comprender algunos de los aspectos genéticos relacionados a las mineralizaciones.

LOCALIZACIÓN

La zona de estudio se sitúa en el costado occidental de la Cordillera Central en el departamento del Cauca, Municipio de La Sierra, enmarcada entre las coordenadas

planas X₁: 1024800 X₂: 1026500 y Y₁: 731000 Y₂: 732500 con origen Buenaventura. Entre otras poblaciones cercanas están los caseríos de Piedra Sentada, El Mango y Potrerito (Fig. 1).

El drenaje se encuentra compuesto principalmente por las quebradas Macho Viejo, Otilia y Zo Grande, las cuales desembocan al río Guachicón ubicado al sur del área. La topografía varía entre las cotas 1075 m y 1475 m, con una extensión aproximada de 2.5 Km².

MARCO GEOLÓGICO

El área de interés se localiza en el mega terreno geológico denominado Cauca Romeral, ubicado entre la falla del río Cauca al oeste y el Sistema de Fallas de Romeral al este. Esta mega estructura indica el límite o sutura entre las placas tectónicas del Pacífico al oeste y la placa Suramericana al este. El área de estudio se caracteriza por presentar una mezcla de diferentes ambientes geológicos con contrastes tanto en litología, como en edad y composición. Las unidades litológicas tienen en común un estilo tectónico y han sido afectadas por eventos magmáticos que tuvieron lugar durante el Triásico-Jurásico, Cretáceo, Paleógeno y el Neógeno (UNAL-CARBOANDES 2008). Al oriente, la zona comprende rocas de la Cordillera Central de edad Paleozoica y Mesozoica, y al este rocas de afinidad oceánica de la Cordillera Occidental, del Mesozoico al Cenozoico (INGEOMINAS 2004). A nivel local se encuentran tres unidades litológicas:

GEOLOGÍA LOCAL

Complejo Barroso Amaime (?)

Para el área de estudio la unidad se compone principalmente de rocas básicas de afinidad oceánica, basaltos y microgabros de textura afanítica, que varían en color de verde oscuro hasta negro. En estos se observa de manera regular vetillas multidireccionales de epidota, cuarzo, cuarzo-pirita, pirita y magnetita, además de otros minerales producto de alteración hidrotermal. Dentro de los minerales metálicos se encuentra pirita, magnetita, pirrotina y calcopirita. Son comunes oquedades, de tamaño variable, rellenas de cuarzo.

Es común la ocurrencia de calcita y cuarzo secundario

en vetillas con espesores promedio de 1mm, aunque también se pueden dar a manera de reemplazamiento en la matriz de la roca.

Como minerales formadores se encontró plagioclasa, clinopiroxeno y en menor proporción olivino. Estos se encuentran comúnmente reemplazados por minerales de alteración generando en algunos casos pseudomorfos.

Porfido Dacítico – Andesítico (Ngda)

Estas hacen referencia a un stock constituido por un conjunto de rocas hipoabisales de textura predominantemente porfirítica, el cual intruye las rocas del Complejo Barroso-Amalme (?), presentándose dentro de esta como diques de extensión variable, algunos de los cuales no son cartografiados. En los contactos es común encontrar estructuras de flujo, las cuales marcan zonas de enfriamiento.

La unidad aflora ampliamente al oriente del área de estudio, su composición es variable entre andesitas y dacitas. Macroscópicamente sus colores característicos van desde verde oscuro a gris claro, dependiendo de la alteración presente y la intensidad de esta. Se dan tonalidades rojizas y amarillas cuando se encuentra meteorizado.

Los minerales formadores que la constituyen son plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda. Presentan textura hipocristalina porfirítica con tamaño de grano medio a fino, matriz microcristalina a criptocristalina, constituida por cuarzo, plagioclasa y anfíbol. Los minerales de alteración corresponden principalmente a epidota, calcita, actinolita, biotita secundaria, sericita y clorita.

Los minerales de mena asociados a estas rocas son pirita, magnetita, ilmenita, calcopirita y pirrotina.

Formación Popayán (NgQpg)

Corresponde a una secuencia esencialmente volcánica, con gran cantidad de material vulcanosedimentario intercalado. En la depresión intercordillerana de Cauca – Patía la formación tiene un carácter típico de relleno, con depósitos dispuestos casi horizontalmente. Hacia la cordillera central. La edad de la Formación se ha considerado Plioceno-Pleistoceno según HUBACH (1957 en PARIS & MARÍN 1979).

En el área la Formación Popayán consta esencialmente de conglomerados no consolidados y areniscas inmaduras y mal sorteadas, flujos de lodo y en menor proporción

limolitas. Esta formación ha sido poco afectada por procesos tectónicos, lo cual es evidenciado en su posición casi horizontal.

ALTERACIONES HIDROTERMALES

Las rocas aflorantes en el área de estudio, fueron afectadas por procesos de tipo hidrotermal, los cuales son evidenciados en las distintas formas, texturas y asociaciones de minerales de alteración que se encuentran en estas. El análisis realizado en muestras de mano y secciones delgadas pulidas permitió reconocer los principales constituyentes de estas alteraciones, así como su forma de presentación y relación con los minerales formadores de las rocas. Estas son descritas a continuación:

Alteración Potásica Rica en Biotita

Se genera cuando la biotita primaria es alterada a una variedad más magnésica, que es acompañada por rutilo formado por la liberación de titanio durante la reacción química (BEANE & TITLEY 1981). La asociación característica de este tipo de alteración para la zona es biotita secundaria junto a magnetita y calcopirita, con clorita como mineral subordinado. La alteración potásica rica en biotita secundaria se encuentra principalmente localizada en las rocas del pórfido dacítico andesítico, con un porcentaje de biotita que varía entre 5 y 23%, acompañada de magnetita en un 2% la cual se presenta con evidencias de martitización.

La biotita secundaria se distingue en muestra de mano por presentarse pervasiva, en cristales muy finos, anhedralmente de color marrón oscuro a negro, formando agregados o pseudomorfos. En sección delgada se encuentra como cristales finos de formas anhedralmente formando agregados dentro de la matriz.

Alteración Potásica Cálctica (K-Ca)

LANG *et al.* (1995) la define como el producto de la asociación o mezcla entre las alteraciones potásica y cálcica, las cuales en este caso no pueden ser identificadas de manera independiente. Se encuentra afectando tanto a basaltos y microgabros del Complejo Barroso-Amalme (?), como a las rocas porfiríticas que intruyen a las anteriores. La asociación mineral característica en la zona es, actinolita, clorita, biotita secundaria y magnetita, en muestra de mano las rocas presentan tonalidades verdes a cafés, que son debidas a la presencia de clorita y actinolita las cuales se pueden presentar en forma de vetillas, agregados dentro de la matriz o como reemplazamiento de minerales ferromagnesianos. También se reconocen en macro vetillas de magnetita (tipo M) y de cuarzo - pirita (tipo D), estos

minerales se dan igualmente en forma diseminada. En menor proporción se hacen presentes otros minerales de mena como calcopirita, covelina, y molibdenita.

A nivel microscópico se reconoce biotita secundaria en forma de agregados presentes en la matriz, también como pseudomorfo de minerales ferro-magnesianos, en ambos casos se pueden encontrar cloritizada total o parcialmente. La actinolita se presenta en formas subhedrales o tabulares, presenta un pleocroísmo débil y una característica extinción inclinada, regularmente esta en agregados en la matriz o como mineral de reemplazamiento, aunque también se observa a manera de vetillas.

Alteración Propilítica

Corresponde a la asociación mineralógica clorita, epidota, calcita, con cantidades subordinadas de actinolita y magnetita (SILLITOE 2000). La alteración se presenta de manera extensa sobre el terreno, incluso fuera del área contemplada para este estudio, afectando de manera moderada a las unidades litológicas presentes.

La epidota (variedad pistacita) en esta alteración se puede dar como reemplazamiento de plagioclasas y hornblendas de manera total o parcial, formando agregados de cristales subhedrales y de hábito tabular, otra forma de presentación de esta es vetillas y aglomerados dentro de la matriz de las rocas.

La presentación de la clorita es en agregados de cristales finos, con tonos de birrefringencia característicos azul berlín, regularmente reemplaza minerales ferro-magnesianos, aunque también se puede presentar en la matriz o como vetillas. Se observa la calcita como cristales anhedrales diseminados en la roca, asociada a fracturas y como vetillas.

La pirita se encuentra muy relacionada a esta alteración presentándose en forma diseminada y en vetillas multidireccionales muy delgadas. Otros minerales de mena asociados de manera subordinada son pirrotina, magnetita e ilmenita.

Silicificación

Esta alteración se restringe comúnmente a zonas de contacto que involucran cuerpos porfíricos, también se presenta en halos de venas compuestas principalmente de cuarzo; es de extensión variable y se caracteriza por una destrucción parcial a total de la textura de la roca y un reemplazamiento por cuarzo granular acompañado de

manera subordinada por sericita, además de minerales de mena como pirita y óxidos como hematita, los cuales se pueden presentar como vetillas o diseminados. En muchos casos esta alteración se da en forma bandeada o mostrando texturas de flujo, que evidencia la interacción de fluidos con la roca caja.

DESCRIPCIÓN DE VENAS Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Con base en algunos trabajos enfocados al estudio textural de minerales de ganga y mena en venas de origen epitermal, se realizó una caracterización de las muestras encontradas en campo, la cual permite identificar en el área rasgos típicos de un sistema epitermal. Se reconocieron texturas propias de un crecimiento primario y otras de recristalización y se clasificaron según lo propuesto por DONG *et al.* (1995). Las siguientes son las más frecuentemente encontradas en el área:

Textura Masiva: Esta hace referencia a venas compuestas principalmente de cuarzo el cual se dispone sin un arreglo particular, puede ser lechoso o hialino, con una apariencia homogénea en cristales no muy desarrollados y equigranulares.

Textura Crustiforme: Esta se caracteriza por el ordenamiento de los minerales dentro de bandas muy bien definidas, que en la mayoría de ocasiones ocurren de manera subparalela, se encuentran desarrolladas de manera simétrica o asimétrica, regularmente son compuestas de cuarzo hialino o lechoso, carbonatos como dolomita o calcita y calcedonia que se caracteriza por tener tonos violetas. En muchas de estas se presentan espacios abiertos los cuales son rellenados por cuarzos hialinos con textura "en peine" que disponen su crecimiento de manera perpendicular al muro de la vena, (Fig. 2-A, 2-E y 2-F). Estos presentan vetillas muy delgadas de sulfuros en especial pirita, los cuales son discontinuos y regularmente están colocadas entre dos bandas de material distinto. Los sulfuros también se presentan diseminados o en pequeños agregados.

Textura Coloforme: Esta textura está íntimamente relacionada con la textura crustiforme, pero en esta, las bandas generadas se disponen de manera sinuosa, mostrando formas esféricas, botroidales, reniformes y mamilares las cuales se conocen como textura coloforme (DONG *et al.* 1995). Normalmente se relaciona con otro tipo de texturas formando arreglos que pueden tornarse muy complejos como se ve en la figura 2-B. Se encuentran sulfuros diseminados dentro de las bandas.

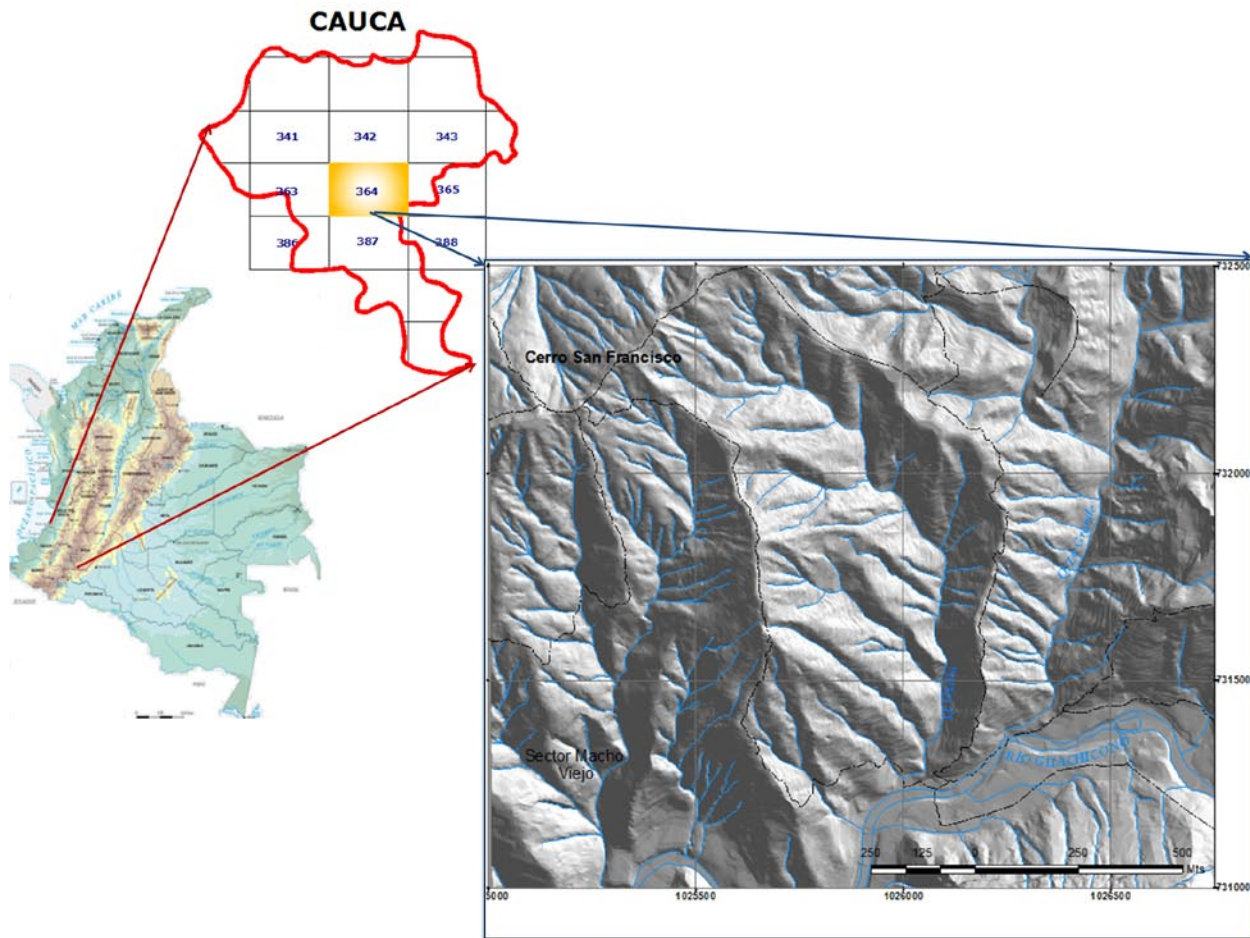


Fig. 1. Localización del área de estudio.

Textura de Brecha: Son masas de sílice o calcáreas, embebiendo fragmentos de roca caja o de otros materiales propios de la vena u otras preexistentes. Regularmente predominan los clastos y estos presentan formas angulares. Son comúnmente relacionadas a otras texturas, (Fig. 2-C y 2-D).

Textura en Peine: Se trata de agrupaciones de cristales, regularmente cuarzo, los cuales se disponen de forma perpendicular al muro de la vena y de manera paralela a subparalela entre sí. Estos son comúnmente encontrados en espacios abiertos y se pueden reconocer tanto en micro como en macro (Fig. 3-A).

Textura Moss: Se observa como agregados microscópicos de esferas de sílice las cuales en su interior muestran patrones concéntricos y están dispuestas de manera muy densa dentro del agregado que para este caso se compone de calcedonia (Fig. 3-B).

Textura Zonada: Se presenta de manera microscópica dentro de cristales de cuarzo y dolomita, La zonación se presenta por la incorporación al cristal de numerosas inclusiones e impurezas. Estos tienen por lo general terminaciones euhedrales (Fig. 3-C).

Textura en Mosaico: Cristales de cuarzo principalmente anhedrales a subhedrales se disponen en agregados sin un arreglo espacial definido.

Textura Plumosa: Esta se reconoce en cristales microscópicos de cuarzo los cuales presentan una extinción característica que se da de manera parcial en el cristal como se observa en la figura 3-D.

Los principales minerales de ganga encontrados dentro de estas venas son, Cuarzo, Dolomita, Calcita, Calcedonia y Clorita. El tamaño y forma de presentación de estos es variable y está íntimamente ligada a los patrones texturales antes descritos, los presencia de carbonatos

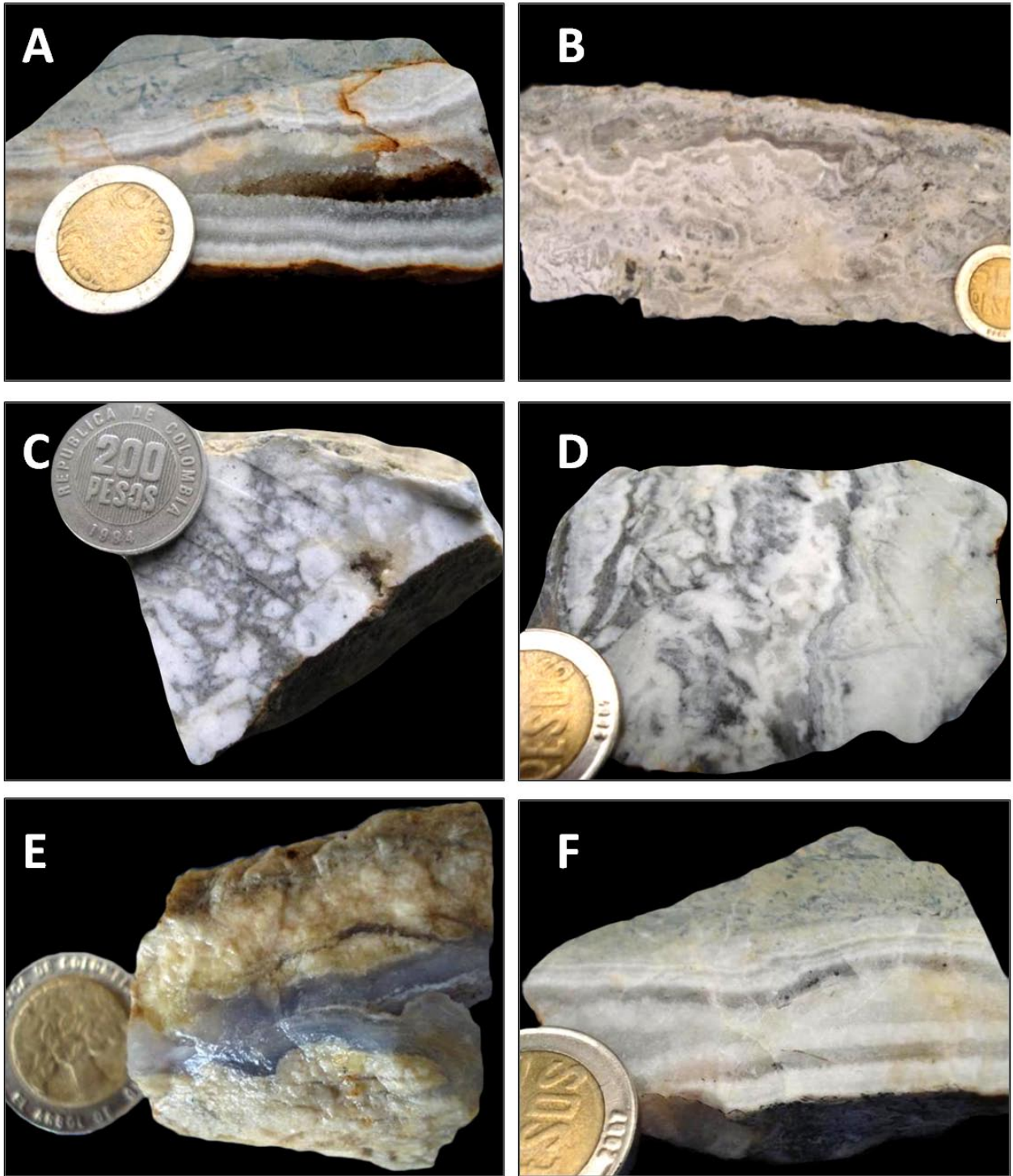


Fig. 2. A. Vena de textura crustiforme exhibiendo un bandeamiento rítmico de forma asimétrica, presenta espacios abiertos parcialmente rellenos por cristales de cuarzo. B. Vena de textura coliforme mostrando varios eventos generadores de bandas compuestas principalmente de carbonatos y cuarzo. C. Textura de brecha en la cual aparecen clastos de cuarzo subangulares embebidos en una matriz silícea. D. Vena con textura de brecha asociada a una textura bandeada coliforme en los respaldos de la misma. E. Textura crustiforme con bandas compuestas por carbonatos (dolomita) y calcedonia, presenta espacios abiertos. F. Textura crustiforme exhibiendo un bandeamiento rítmico de forma simétrica, compuesto por bandas de cuarzo.

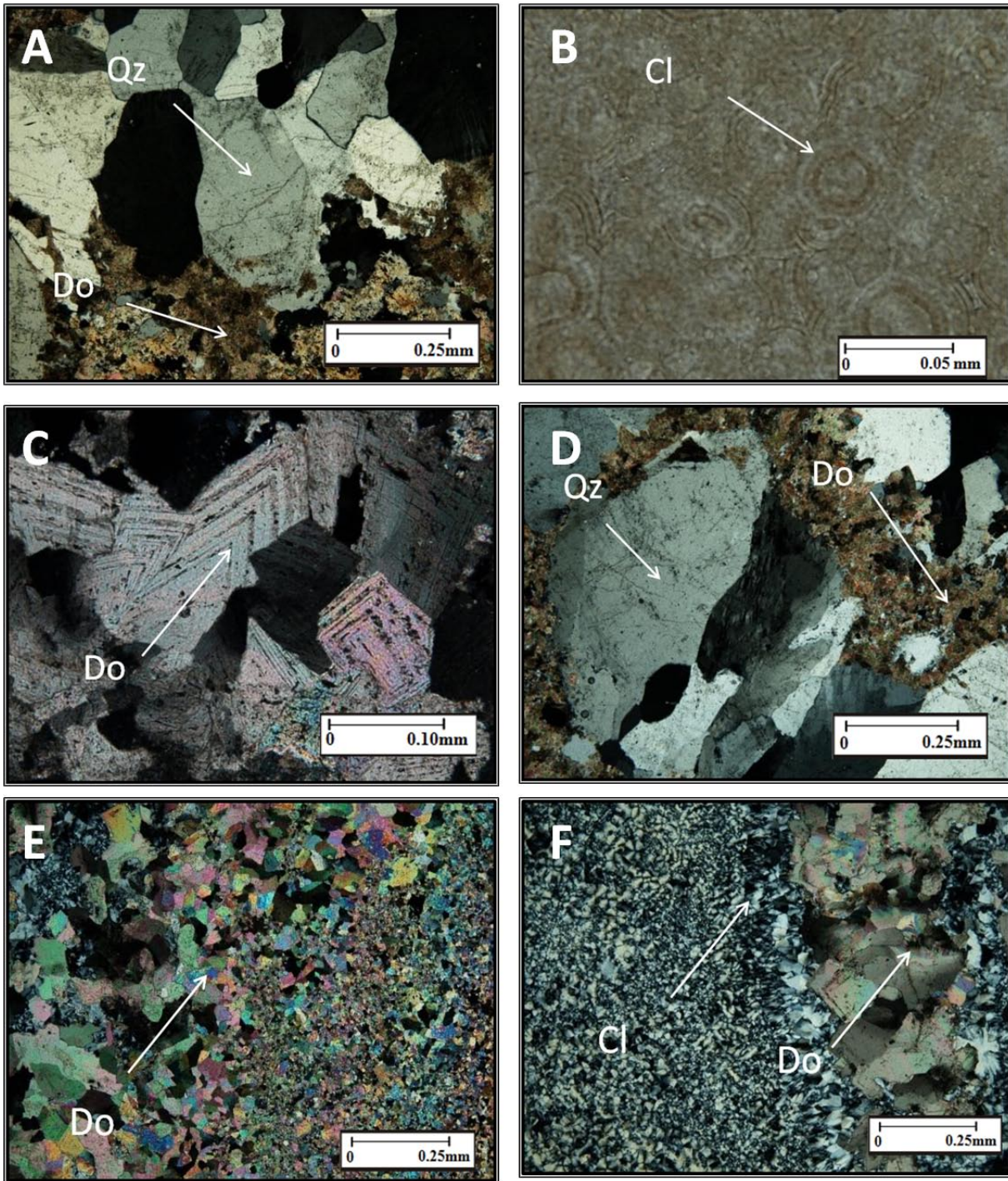


Fig. 3. Microfotografías mostrando algunas de las texturas observadas en secciones delgadas pulidas para los minerales de ganga en luz transmitida. **A.** Textura Peine: Cuarzos (Qz) dispuestos en forma subparalela y con bordes euhedrales, los cuales muestran sobrecrecimientos del cristal. Luz transmitida PPX. **B.** Textura Moss: Esferas de calcedonia (Cl) con patrones concéntricos en su interior, empaquetadas densamente en un agregado. Luz transmitida PPL. **C.** Textura Zonada: Cristales de dolomita (Do) con terminaciones euhedrales, en los cuales se observan formas zonadas. Luz transmitida. **D.** Textura Plumosa: Cuarzo (Qz) de forma subhedral con una extinción anómala típica de la textura. Foto en nicóles cruzados. Luz transmitida PPX. **E.** Bandas de carbonatos (Do) diferenciadas por distintos tamaños de cristales. Fotografía en luz transmitida PPX. **F.** Bandas de carbonatos (Do) y calcedonia (Cl). Fotografía en luz transmitida PPX.

en esta asociación mineral, sugiere su formación con pH cercano al neutro.

A través del estudio metalográfico de estas muestras se determinaron los principales minerales de mena y las relaciones existentes entre ellos. Esta principalmente se compone de los siguientes minerales: Pirita 2-3%, Magnetita 1-2%, Calcopirita 1%, Calcosina-Covelina < 1%, Galena < 1% y Estibinita < 1%. En la figura 4 se muestran los minerales de mena más representativos.

La ocurrencia de oro dentro del área de estudio se ha podido reconocer teniendo en cuenta la recolección de concentrados de batea, análisis químicos y explotaciones mineras realizadas por los pobladores de manera

artesanal en venas y filones.

En cuanto a otras características es llamativa la presencia de venas exhibiendo una sinuosidad moderada y bifurcaciones dentro de la misma, se encuentran rocas cretácicas del Complejo Barroso – Amaime en rocas porfíricas andesíticas - dacíticas de edad terciaria. Las venas son delgadas y en promedio presentan 8 cm de espesor, aunque este varía entre algunos milímetros hasta 55 cm. Algunas de estas presentes en los cursos de las quebradas pueden alinearlas por trayectos cortos, además en la mayoría de ellas se presentan halos de silicificación de unos pocos centímetros de ancho. Sin embargo hacer un seguimiento a las venas es casi imposible debido a su poca visibilidad y las características topográficas del

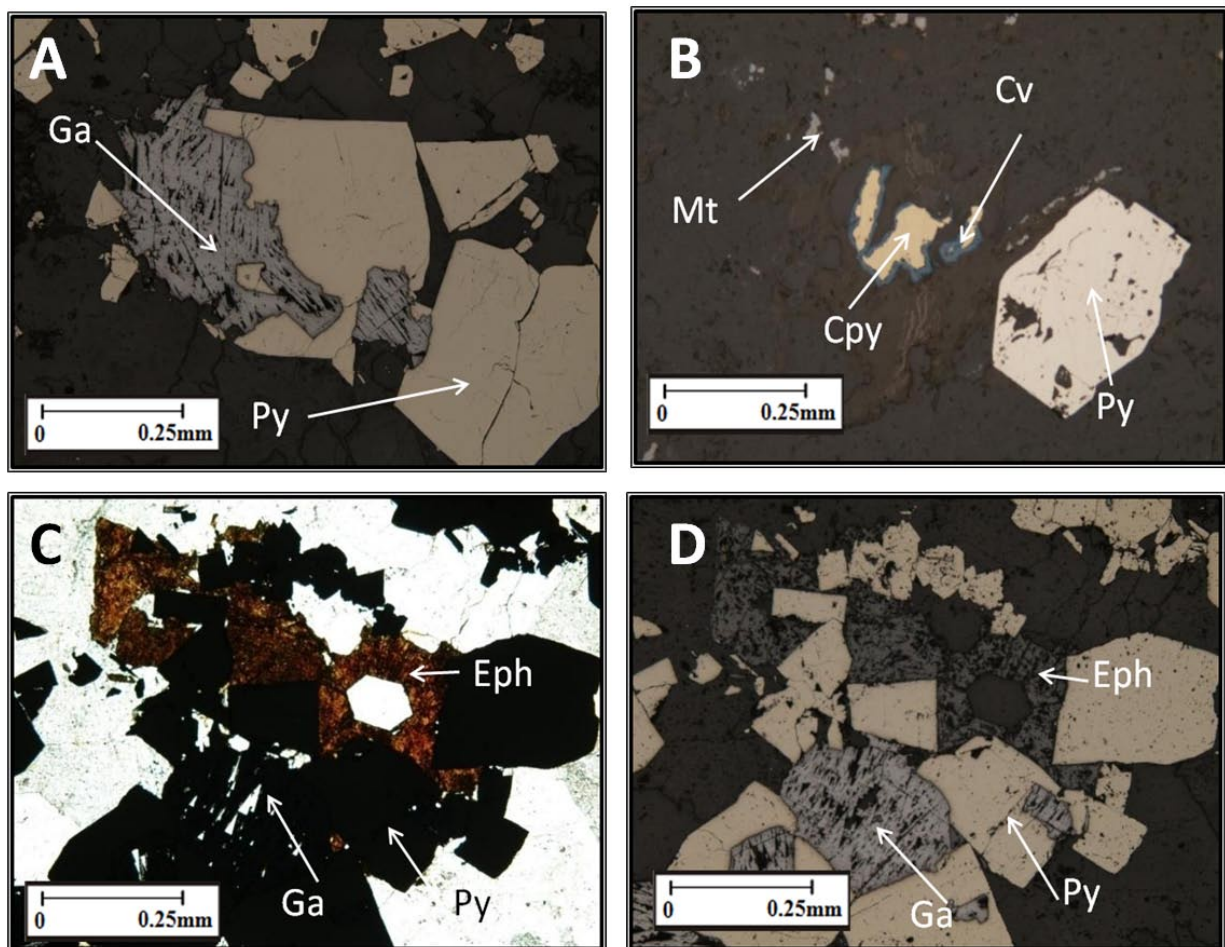


Fig. 4. Minerales de mena comúnmente encontrados en las venas estudiadas, microfotografías tomadas en luz reflejada. A. Pirita (Py) asociada e incluida a Galena (Ga). Fotografía en PPX. B. Pirita (Py) asociada a magnetita (Mt) y calcopirita (Cpy), la última presenta un remplazo en el borde a covelina (Cv). Fotografía en PPX. C. Esfalerita (Eph) asociada a galena (Ga) y pirita (Py). Foto en nicols paralelos. Fotografía en PPL. D. Esfalerita (Eph) asociada a galena (Ga) y pirita (Py). Foto en nicols cruzados. Fotografía en PPX.

terreno.

De forma paralela a la recolección de muestras en campo, se realizó en el área la toma de datos estructurales, los cuales contemplan planos y orientaciones de venas y filones, además de datos de diaclasamiento propios de la roca caja. Los datos fueron ordenados, filtrados y procesados, para poder visualizarlos a través de diagramas rosa, mostrados en la figura 5.

En base a esta diagramación se pueden establecer para el diaclasamiento una tendencia principal N45-50°W, además de otras dos menos acentuadas con dirección N10-15°E y N72-77°W. Estos datos fueron obtenidos a través del procesamiento de 673 planos de diaclasamiento tomados en campo.

En el caso de venas y filones la tendencia principal se establece en dirección N44-51°W, acompañada por otra tendencia N19-24°E, la inclinación general de estos planos está entre 50 y 90 grados. El número de datos graficados de planos de venas y filones es 132.

DISCUSION DE RESULTADOS

Las texturas y paragénesis descritas anteriormente son un claro indicio de los procesos que estuvieron implicados en la génesis de la mineralización de las rocas para esta área. Texturas como la crustiforme y coliforme, son desarrolladas a partir de variaciones en las condiciones de

estabilidad de los fluidos, así el bandeamiento claramente establecido en las venas, es reflejo de cambios en la presión y temperatura.

Basados en el trabajo de DONG *et al.* (1995) y SIMMONS *et al.* (2005), se considera que la génesis de estas se da debido al rápido ascenso de fluidos mineralizados hacia zonas más someras, controlados por patrones estructurales y litológicos propios de la roca caja. Como efecto de esto se da un significativo descenso en la presión, lo cual conlleva a la pérdida de gases de los mismos fluidos (CO₂, vapor de agua), posterior ebullición ligada a una elevación en el pH, enfriamiento y subsecuente depositación de minerales de mena y ganga, los cuales actúan como sello en el sistema impidiendo el ingreso de mas fluidos.

Debido a factores tectónicos o a la sobrepresión generada por el mismo fluido (hidrofracturamiento), este sello se rompe generando una reactivación de los conductos de ascenso, por los cuales se inyecta otra vez el fluido mineralizante, de esta manera se inicia de nuevo el proceso descrito anteriormente. La repetición sistemática de esto conlleva a la generación de múltiples bandas en las venas, cuyas características y complejidad varían dependiendo de la composición, temperatura y presión de los fluidos en el momento de su cristalización, además de otros factores intrínsecos de la roca caja como su permeabilidad, susceptibilidad a reacción y patrones estructurales. En el caso de la generación de texturas

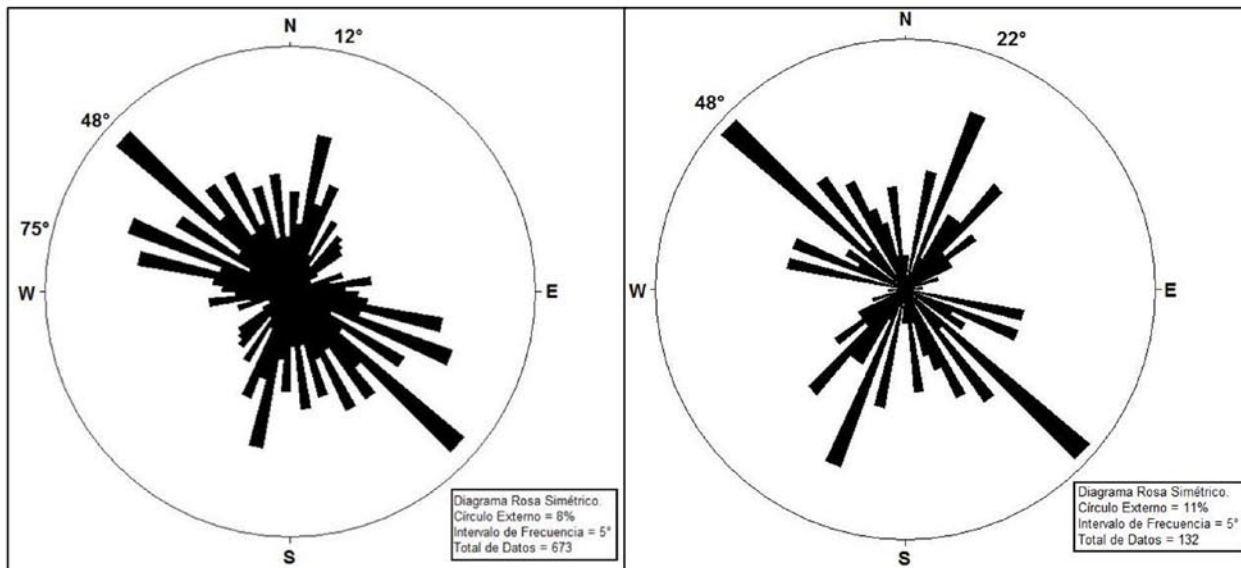


Fig. 5. Diagramas rosa mostrando las tendencias principales en la direcciones de diaclasamiento (izquierda) y de venas (derecha), en las rocas aflorantes en el SW de la vereda Santa Lucía.

tipo peine, se observa la relación directa de estas con la cristalización de minerales de ganga en espacios abiertos, en donde los cristales crecen perpendicularmente al muro de la vena. Para que se de este crecimiento es necesaria la relativa estabilidad de estos espacios.

La asociación de texturas tanto bandeadas como en peine y zonada son características en la generación de venas en profundidades someras de menos de 150 m (HEDENQUIST *et al.* 2000).

La ocurrencia de brechas compuestas por clastos subangulares de roca caja alterada y/o fragmentos de venas anteriores, sugiere según HEDENQUIST & HENLEY (1985), descensos muy violentos en la presión de fluidos, los cuales son atribuidos a eventos sísmicos o a erupciones de tipo hidrotermal.

En el área se reportan minerales de mena en asociación tales como: Pirita, Calcopirita, Magnetita, Galena, Esfalerita, Calcopirita, Estibinita, Pirrotina y Oro, los cuales se encuentran según HEDENQUIST *et al.* (2000) y SIMMONS (2005) contemplados al igual que minerales de ganga como cuarzo, calcedonia y carbonatos, los cuales reflejan condiciones de generación cercanas a pH neutro dentro de la paragénesis de depósitos epitermales de baja sulfuración.

La similitud encontrada entre las tendencias principales establecidas dentro de los diagramas rosa de diaclasas y venas para el área de estudio, sugiere un fuerte control estructural durante el emplazamiento de venas y filones descritos en el trabajo. Aunque también pueden estar controladas por contrastes de permeabilidad entre las rocas hospedantes (HEDENQUIST *et al.* 2000).

HEINRICH (2004) propone que el fluido magmático se puede separar en dos fases durante su ascenso, luego de esto y por medio de un sistema tipo pórfido que genera fracturamiento, la fase menos viscosa asciende al sistema epitermal. Basados en las relaciones de estos sistemas se puede explicar la presencia de algunas de las alteraciones descritas en el trabajo, como la acción fluidos hidrotermales producto del emplazamiento de cuerpos porfíricos cercanos al área de estudio, a los cuales se superponen venas de características epitermales.

CONCLUSIONES

Dentro de las venas encontradas en el área se reconocen algunos patrones texturales que están íntimamente relacionados a procesos de ebullición, los cuales son uno de los mecanismos responsables de la

depositación de metales preciosos y base en el sistema. La asociación de minerales de ganga que componen estas venas sugiere una depositación de los mismos bajo condiciones de pH cercanas a neutro.

La mineralización en rocas y venas del área esta principalmente compuesta por pirita, magnetita y calcopirita, en menor proporción se encuentran ilmenita, galena, covelina y bornita. Se resalta la ocurrencia de minerales como pirrotina, estibina, esfalerita y cinabrio, el último observado dentro de concentrados de batea; como indicadores de un estado de baja sulfuración. A través de la recolección y estudio de concentrados de batea, análisis geoquímicos y gracias a la explotación artesanal de venas y filones se logro observar la presencia de oro en el área.

La similitud entre las principales tendencias en la orientación de diaclasamiento y venas sugiere un fuerte control estructural en el emplazamiento de los fluidos mineralizantes en las rocas caja. Sumado a esto se encontró en la foto interpretación cursos de agua muy rectos y en muchos de ellos se observa una orientación preferencial, que es semejante a las tendencias principales de diaclasas y venas. Esto se puede atribuir a un control estructural dentro de los patrones de drenaje.

El desarrollo de venas y de algunas alteraciones de tipo hidrotermal descritas en este trabajo, son dos de los principales parámetros que permiten deducir la existencia de la parte más basal de un sistema epitermal típico de baja sulfuración emplazado en el área de estudio. La ausencia de otros rasgos característicos de sistemas epitermales como una zona de "Steam Heated" o un "Sinter", puede ser explicada como un truncamiento temprano de la formación de los mismos por migración o empobrecimiento de fluidos mineralizantes. Estos rasgos también pudieron ser borrados debido a una alta tasa de erosión presente a nivel regional.

RECOMENDACIONES

Dentro de las venas encontradas en el área se reconocen algunos patrones texturales que están íntimamente relacionados a procesos de ebullición, los cuales son uno de los mecanismos responsables de la depositación de metales preciosos y base en el sistema. La asociación de minerales de ganga que componen estas venas sugiere una depositación de los mismos bajo condiciones de pH cercanas a neutro.

La mineralización en rocas y venas del área esta principalmente compuesta por pirita, magnetita y

calcopirita, en menor proporción se encuentran ilmenita, galena, covelina y bornita. Se resalta la ocurrencia de minerales como pirrotina, estibinita y esfalerita como indicadores de un estado de baja sulfuración. A través de la recolección y estudio de concentrados de batea, análisis geoquímicos y gracias a la explotación artesanal de venas y filones se logro observar la presencia de oro en el área.

La similitud entre las principales tendencias en la orientación de diaclasamiento y venas sugiere un fuerte control estructural en el emplazamiento de los fluidos mineralizantes en las rocas caja. Sumado a esto se encontró en la foto interpretación cursos de agua muy rectos y en muchos de ellos se observa una orientación preferencial, que es semejante a las tendencias principales de diaclasas y venas. Esto se puede atribuir a un control estructural dentro de los patrones de drenaje.

El desarrollo de venas y de algunas alteraciones de tipo hidrotermal descritas en este trabajo, son dos de los principales parámetros que permiten deducir la existencia de la parte más basal de un sistema epitermal de baja sulfuración emplazado en el área de estudio. La ausencia de otros rasgos característicos de sistemas epitermales como una zona de "Steam Heated" o un "Sinter", puede ser explicada como un truncamiento temprano de la formación de los mismos por migración o empobrecimiento de fluidos mineralizantes. Estos rasgos también pudieron ser borrados debido a una alta tasa de erosión presente a nivel regional.

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio detallado de inclusiones fluidas para poder determinar rangos de salinidad y temperatura durante la formación de venas y vetillas, los cuales contribuirían a un mejor entendimiento en la evolución de los fluidos y una clasificación más certera.

Realizar estudios microtermométricos en inclusiones fluidas y de microquímica mineral en esfalerita, contenida en las venas, con el fin de determinar el estado de sulfuración.

Efectuar una cartografía geológica y de alteración detallada en el área al occidente de la zona de estudio, con el fin de delimitar la ocurrencia de los rasgos caracterizados en este trabajo de una manera más precisa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de

Colombia y a la empresa CARBOANDES S.A, por aportar la infraestructura, recurso humano y financiero, para el desarrollo de este trabajo. A los participantes del convenio CARBOANDES – Universidad Nacional de Colombia 2008 por todos sus aportes y colaboración en la realización de este trabajo. A los pobladores de la Vereda Santa Lucía, por su hospitalidad y valiosa ayuda en las labores de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COOKE, D.R SIMMONS, S., WHITE, N. & JOHN, D. (2000): Characteristics and genesis of epithermal gold deposits. *Reviews in Economic Geology*, Volume 13. Canada.
- DOWLING, K. & MORRISON, G. (1990): Application of quartz textures to the classification of gold deposits using North Queensland examples. *Economic Geology*, Monograph 6. Canada.
- DONG, G. MORRISON, G. & JAIRETH, S. (1995): Quartz textures in epithermal veins Queensland – classification, origin, and implication. *Economic Geology*, Vol. 90. Canada.
- GARCÍA, C.A. (2007): Caracterización petrográfica y metalográfica del prospecto pórfido aurífero Dos Quebradas – la Cumbre, Quinchía, Risaralda. Tesis de grado para optar el título de geólogo, Universidad de Caldas.
- HEDENQUIST, J. ARRIBAS, A. & GONZALES, E. (2000): Exploration for epithermal gold deposits. *Reviews in Economic Geology*, Volumen 13. Canada.
- HEDENQUIST, J.W., IZAWA, E., ARRIBAS, A. Jr. & WHITE, N.C. (1996): Epithermal gold deposits: styles, characteristics, and exploration: *Resource Geology Special Publication*. Canada.
- HEDENQUIST, J.W. & HENLEY, R.W. (1985): The importance of CO₂ on freezing point measurements of fluid inclusions: Evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition: *Economic Geology*, v. 80.
- HEINRICH, C.A., DRIESNER, T., STEFANSSON, A., & SEWARD T.M. (2004): Magmatic vapor contraction and the transport of gold from the porphyry environment to epithermal ore deposits. *Geology* V 32, United States.
- INESON, P.R. (1989): Introduction to practical ore microscopy. Longman Scientific and Technical, London.
- IZAWA, J.W. ARRIBAS, A. & WHITE, N.C. (1996): Epithermal gold deposits: styles, characteristics, and exploration: *Resource Geology Special Publication*.
- JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) (1987): Informe sobre Exploración de minerales del área de Almaguer, Departamento de Cauca, Colombia. Compilación Fases I, II y III.
- JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) (1985): Informe sobre Exploración de minerales del área de Almaguer, Departamento de Cauca, Colombia. Fase I.
- JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) (1986): Informe sobre Exploración de minerales del área de

- Almaguer, Departamento de Cauca, Colombia. Fase II. Volume. Canadá.
- JAPAN INTERNACIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) (1987): Informe sobre Exploración de minerales del área de Almaguer, Departamento de Cauca, Colombia. Fase III.
- KERR, P. (1965). Mineralogía Óptica. Ed. Mc.Graw - Hill. Madrid, España.
- MUNTEAN, J. & EINAUDI, M., (2001): Porphyry-epithermal transition: Maricunga Belt, Northern Chile. Economic Geology, Vol. 96. Canadá.
- ORREGO, A. & ACEVEDO, A. (1993): Geología de la plancha 364-Timbio, INGEOMINAS. Bogotá, Colombia.
- PARIS, G. & MARIN, P., (1979): Generalidades a cerca de la geología del Departamento del Cauca. INGEOMINAS. Popayán, Colombia.
- SEEDORFF, E. *et al.* (2005): Porphyry Deposits: Characteristics and Origin of Hypogene Features. Society of Economist Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary
- SILLITOE, R. (2000): Gold-rich porphyry deposits: descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery. Reviews in Economic Geology, Volume 13. Canadá.
- SILLITOE, R. & PERELLÓ, J. (2005): Andean Copper Province: Tectonomagmatic Settings, Deposit Types, Metallogeny, Exploration, and Discovery. Society of Economist Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume. Canada.
- SIMMONS, S., WHITE, N. & JOHN, D. (2005): Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits. Society of Economist Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume. Canadá.
- UNAL-CARBOANDES S.A. (2008): Socialización y Delimitación de Prospectos en las Áreas Piedra Sentada Y Dominical, Departamento del Cauca, Colombia. Informe interno, Universidad Nacional de Colombia & CARBOANDES S.A. Bogotá, Colombia.

Manuscrito recibido Septiembre 2009; aceptado Diciembre 2009.