



# Geología del Valle Quilmenco, escala 1:10.000 y evaluación del potencial de mineralización Cu-Au. Antecedentes de apoyo para la Condensación del sector. Provincia del Choapa, Región de Coquimbo, Chile.

Roguers Fabián Jara Espinoza

**Profesor Guía:** MSc. Abraham Elías González Martínez.

**Profesores Comisión:** Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn y Sr. Ramiro Ulises Bonilla Parra.

## Resumen.

Sociedad Contractual Minera Tres Valles, propietaria de los yacimientos Papomono y Don Gabriel, tuvo la necesidad de evaluar sectores del Valle de Quilmenco, en el cual se tienen las condiciones geomorfológicas óptimas para el emplazamiento de la planta de procesamiento SX-EW, pilas de lixiviación e infraestructura. La decisión respecto a la ubicación definitiva de estas instalaciones, estuvo acompañada de antecedentes geológicos que permitieron condenar estas ubicaciones estratégicas para la compañía.

El presente estudio entrega los antecedentes y resultados obtenidos con el mapeo geológico 1:10.000 del Valle de Quilmenco, con énfasis en la evaluación del potencial económico del área.

En el contexto de este trabajo, se describen todas las unidades litológicas reconocidas, los trends estructurales predominantes y son evaluadas todas las manifestaciones de mineralización en el entorno del valle, definiendo dos sistemas mineralizados: vetas menores de cuarzo con mineralización de oro-cobre de poca potencia y mineralización de cobre a pequeña escala asociada a rocas andesíticas, similar a lo reconocido 15 kms al este en la Mina Don Gabriel, Tipo Estroligado (López, J.M., 2010).

El trabajo de mapeo de superficie es acompañado de resultados de estudios de petrografía-calcografía, geoquímica de rocas (ICP-Absorción Atómica), geofísica TEM y sondajes diamantinos.

**Palabras Claves:** Valle Quilmenco, condensación, sondajes diamantinos, geofísica TEM, vetas de Au-Cu, depósitos estratoligados.

## 1. Introducción

### 1.1 Ubicación.

El área de estudio se encuentra ubicada en la IV Región de Coquimbo en la Provincia del Choapa, Comuna de Salamanca. Se localiza a 196 km al NNW de la ciudad de Santiago y a escasos 8 km al NW de la ciudad de Salamanca (Figura 1).

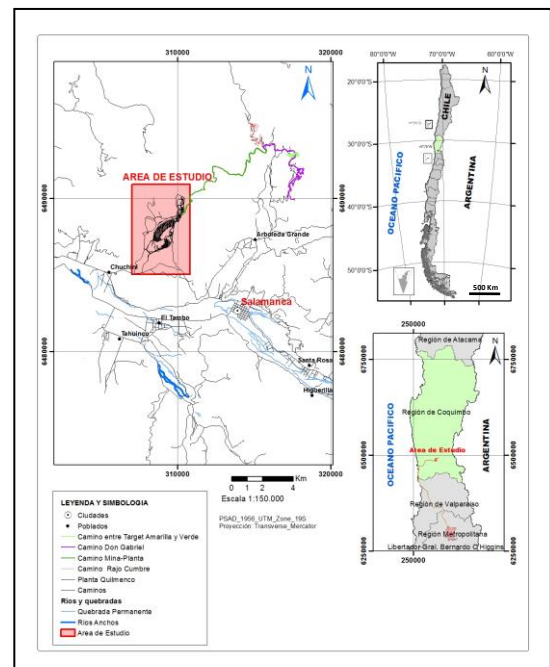


Figura 1. Ubicación área de estudio.

### 1.2 Objetivo General.

El objetivo es entregar la evaluación geológica del área de estudio, con énfasis en los potenciales de mineralización. Para concluir así, con el proceso de condensación de las áreas estratégicas, necesarias para la construcción de la planta de procesamiento y pilas de lixiviación de la S.C.Minera Tres Valles.

### 1.3 Objetivos Específicos.

- Como objetivo específico principal, está el levantamiento en terreno de la mayor cantidad de información geológica en detalle (litología, estructuras, etc.), que permitan la construcción de la base geológica 1:10.000 del sector.

- Levantamiento en detalle de todas las zonas con presencia de mineralización. Identificación de los dominios (oro, oro-cobre, cobre, etc.) y su real potencial en el área de estudio.

- Propuesta y ejecución de campaña de sondajes diamantinos de condenación, en la zona definida para las instalaciones. Evaluación de resultados y definición respecto a la condenación del área.

### 1.4 Agradecimientos.

Se agradece a Sociedad Contractual Minera Tres Valles (durante la administración de la Compañía Minera Vale) por autorizar la recopilación y publicación de los antecedentes obtenidos y financiar en gran medida los estudios realizados.

## 2. Marco Geológico

Las distintas unidades litológicas que se reconoce en el área de estudio forman parte de la geología del Cretácico Inferior a Superior que definen el entorno geológico del Valle del Choapa. En el área de estudio se reconocen rocas volcánico sedimentarias pertenecientes a la Formación Quebrada Marquesa (Cretácico Inferior Barremiano– Albiano?) instruidas por el batolito de la Unidad Chalinga perteneciente a la Súper Unidad Illapel Cretácico Inferior (Rivano y Sepúlveda 1991), el rasgo estructural más importante es la Falla Manquehua de dirección NNW, ubicada 5 km al este. Estos autores definen al paquete de rocas volcánicas reconocido en el sector, como parte de un bloque de roof pendant colgado en el intrusivo perteneciente a la Unidad Chalinga (Figura 2).

## 3. Metodología

### 3.1 Etapa de Gabinete 1

Recopilación y recolección de material bibliográfico público o interno, relacionado con la geología disponible en el área de estudio.

### 3.2 Etapa de Terreno.

Etapas de reconocimiento y mapeo de litología, estructuras, mineralización y alteración presentes en el entorno del Valle Quilmenco. El resultado final de esta etapa, es la confección de un mapa escala 1:10.000, con énfasis en la evaluación y muestreos

de todas las manifestaciones de mineralización reconocidas en el sector y definición de potencial.

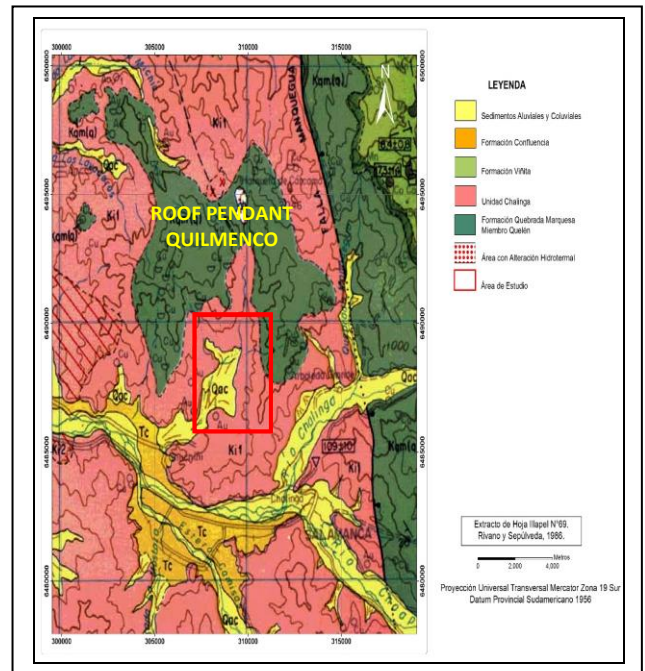


Figura 2. Extracto de Hoja Illapel 1:100.000. Tomado de Rivano y Sepúlveda (1986).

### 3.3 Etapa de Laboratorio.

Esta etapa incluye el proceso analítico de las diferentes muestras de canaletas y chips recolectados en vetas y en afloramientos del área de estudio. Se analizaron 18 muestras con técnicas de ICP y Ensaye a fuego para evaluar la presencia de oro. Estos fueron hechos en el laboratorio **ALS Chemex** con sede en Coquimbo. Se reporta el resultado de 36 elementos para cada muestra (Tabla N°1). En el **Laboratorio de Compañía Minera Tres Valles**, fueron procesadas las mismas 18 muestras anteriores, por la técnica de Absorción Atómica (AA), donde se obtuvieron los resultados de Cobre Total y Cobre Secuencial (CuSol - CuSol H<sup>+</sup> - Cu Insoluble). (Tabla N°2). Se describieron 4 muestras petrográficas y 3 calcográficas del sector de estudio (Figura 3 y Anexo N°1). Este estudio fue ejecutado por **Geointegral Ltda.**

### 3.4 Etapa de Gabinete 2.

Se digitaliza, analiza e integra toda la información recopilada de terreno, para la generación del Mapa Geológico Principal escala 1:10.000 (Figura 3). Fueron incorporados en esta etapa todos los datos de terreno, laboratorio, estudios geofísicos TEM y la información rescatada de las campañas de perforación de sondajes diamantina.

#### 4. Recolección de datos de terreno, geofísica, muestreos y sondajes.

A continuación, se entregan los datos obtenidos a partir del mapeo de detalle 1:10.000.

##### 4.1.- Litología.

El mapeo de las unidades del entorno del Valle de Quilmenco permite identificar una zona de contacto por intrusión entre rocas de la Formación Quebrada Marquesa con rocas intrusivas del Batolito de la Unidad Chalinga perteneciente a la Súper Unidad Illapel. Este contacto cruza toda la parte central y tiene una orientación irregular NS a NNE-SSW, un ancho promedio de 200 m (Figura 3). A continuación, se entregan los datos recolectados en cada unidad reconocida en terreno.

**Formación Quebrada Marquesa** (Aguirre y Egert, 1962). La Formación Quebrada Marquesa corresponde a la unidad litológica basamento en el área de estudio y se distribuye principalmente hacia la vertiente occidental del Valle de Quilmenco (Figura 3). Los afloramientos cubren una superficie de 5 km<sup>2</sup>. Esta secuencia volcánica tiene una disposición entre N10°-15°W/20°NE para el Sector Cecilia, mientras que en el Sector de Mina Esperanza y Cerro Las Cortaderas es N5°-10°E/25°-35°SE. La litología corresponden a andesitas, tobas y brechas volcánicas andesíticas con tonalidades variables entre gris verdosos a pardo rojizos. Hacia el sector más occidental del área, en el entorno del Cerro Las Cortaderas, la secuencia volcánica se distribuye en una franja norte-sur, donde dominan las andesitas. Hacia el sector norte en la Mina Esperanza, se observan andesitas con textura porfídica y abundantes vesículas; y niveles de brecha andesíticas intercalados. Estas rocas son correlacionables con el Miembro Superior "Quelén" perteneciente a la Formación Quebrada Marquesa, definido por Rivano y Sepúlveda, 1991. La edad de estas rocas es Cretácico Inferior (Barremiano-Albiano?).

En el Sector Cecilia y en la franja de contacto centro-norte del área, predominan andesitas porfídicas, andesitas brechosas, brechas andesíticas y algunos niveles de tobas pertenecientes a la Formación Quebrada Marquesa. Estas unidades se encuentran fuertemente afectadas por la zona de contacto con la Unidad Intrusiva Chalinga. En esta zona de contacto se observa fuerte alteración, donde predomina la silicificación pervasiva, localmente con textura bandeada (Fotografía 1),

moderada a fuerte argilización y limonitas-hematita. Esta aureola se extiende en dirección NS, adosada al contacto del intrusivo, afectando a las rocas volcánicas.



Fotografía 1. Rocas andesíticas con silicificación intensa. Textura bandeada en aureola de contacto.

##### Súper Unidad Illapel, Unidad Chalinga.

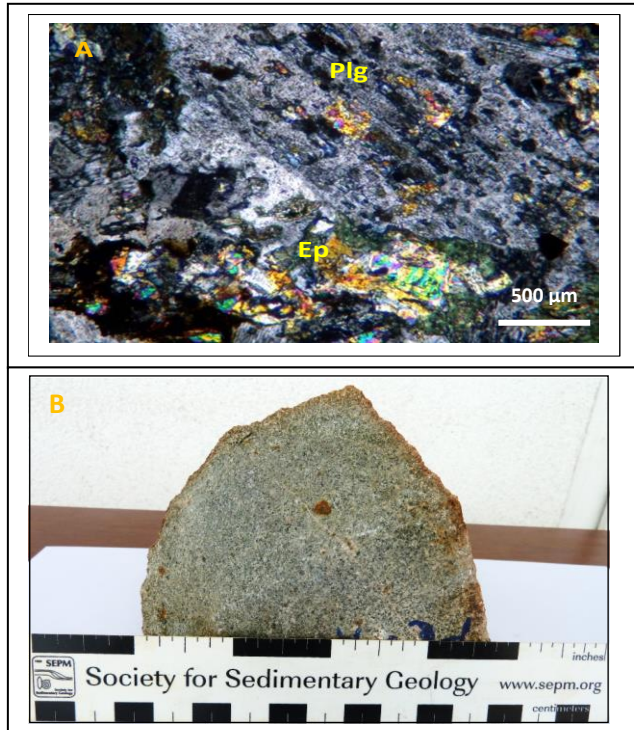
La Súper Unidad Illapel, fue definida por Rivano *et al.*, 1985. Se caracteriza por ser el conjunto intrusivo más importante en la Hoja Illapel. Las rocas en este sector, están incluidas en las rocas intrusivas que forman parte de la Unidad Chalinga perteneciente al Plutón Illapel-Caimanes. Los intrusivos de esta unidad se distribuyen principalmente hacia la vertiente oriental y sur del Valle Quilmenco y en menor proporción en la ladera occidental, hacia el Sector Cecilia. Cubren una superficie de 5,7 km<sup>2</sup> (Figura 3).

La evidencia en terreno muestra que hacia el norte, en el sector Cecilia esta unidad está intruyendo a la Formación Quebrada Marquesa y hacia el sur este contacto se encuentra cubierto por Depósitos no consolidados Cuaternarios.

La litología corresponde a rocas microdioríticas y en menor proporción monzodioritas de color gris claro, que presentan un índice de color que las caracteriza como leucocráticas, con débil alteración a arcillas y epidota, situación confirmada con los estudios petrográficos realizados por Holmgren, 2013 (Fotografía 2A Y B).

En el presente estudio no se han realizado dataciones radiométricas, sólo se cuenta con una datación Pb- $\alpha$  en un intrusivo de esta unidad, ubicado a 3,5 km al SE de la zona de estudio y que entrega una edad de 109 $\pm$ 10 Ma (Munizaga, 1972). Con estos antecedentes es coherente proponer una

edad relativa para esta unidad intrusiva de Cretácico Inferior (Albiano?).



**Fotografía 2.** A. Plagioclasas argilizadas (Plg), maclas difusas, intersticios relictos de ferromagnesianos, con epidota (Ep), opacos y malaquita. Nícoles cruzados, aumento por 40 veces. B.- Muestra de Mano, microdiorita del sector Portería.

#### **Intrusivos Microdioríticos Menores.**

La definición de esta unidad se propone de manera informal en este estudio. Estos cuerpos intrusivos de microdiorita menores, son claramente diferenciables en terreno y aparecen sobreimponiéndose a la unidad intrusiva principal. Rivano y Sepúlveda, 1986, sólo indican la existencia de intrusivos relacionados a la Unidad Chalinga para esta área e incorporan todos los tipos de intrusivos presentes dentro de esta unidad. En este estudio se propone diferenciar estos Intrusivos Microdioríticos Menores en una unidad diferente, aun con la posibilidad que sean parte de la misma Unidad Chalinga. Esta propuesta se apoya, en la evidente presencia de contactos nítidos, ubicación bien definida, características composicionales, mineralógicas y de temporalidad propias, que la hacen algo perfectamente mapeable y diferenciable a la escala 1:10.000 (Figura 3). Estos intrusivos se distribuyen principalmente en el sector central, en el entorno del eje de contacto entre la Unidad Chalinga y la Formación Quebrada Marquesa. Se reconocen

afloramientos en el Sector Cecilia, Monte La Tenca y Centro-Sur. Cubren una superficie total de 0,70 km<sup>2</sup>.

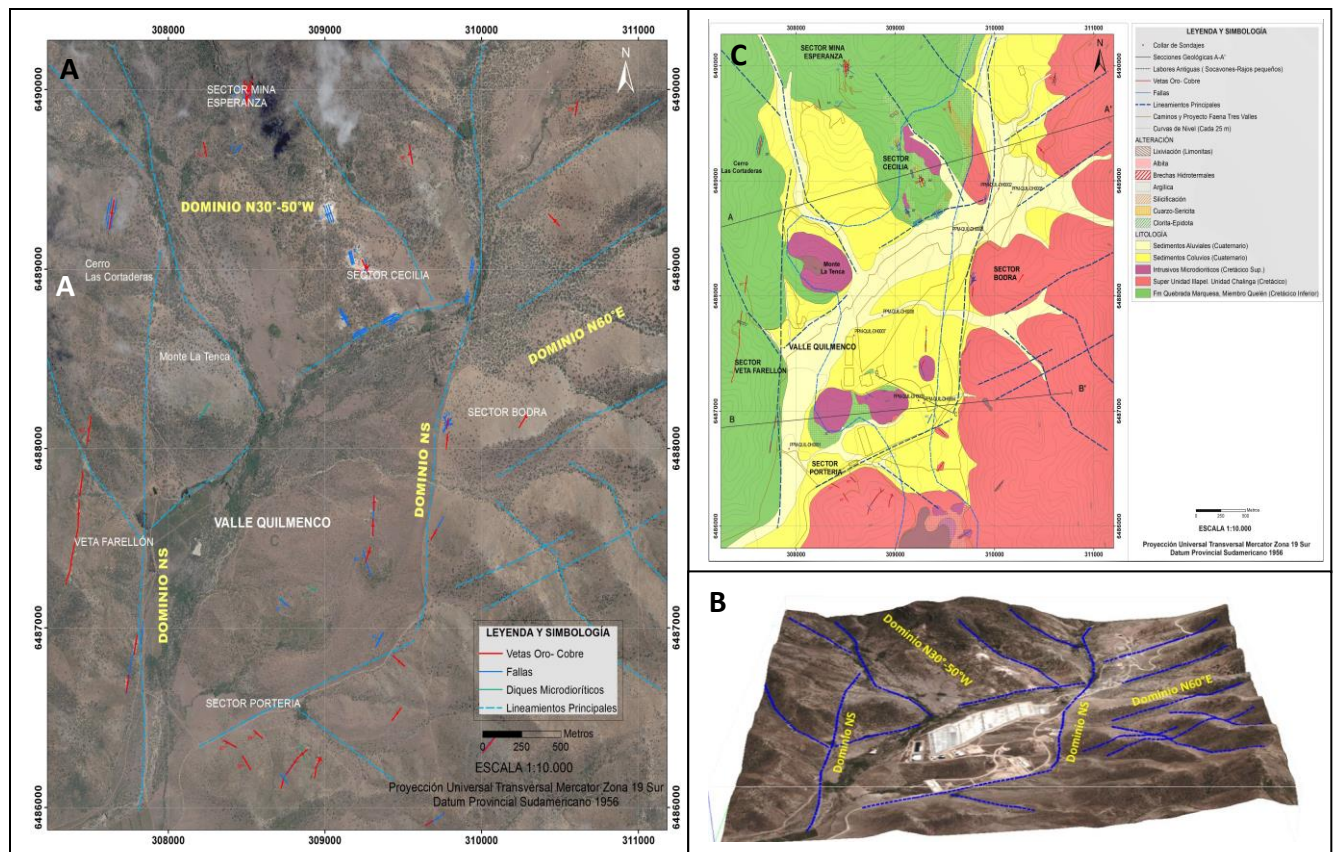
Las relaciones de contacto reconocidas, evidencian que estos cuerpos aparecen intruyendo tanto a la Formación Quebrada Marquesa como a la Unidad Chalinga. Hacia la vertiente occidental del Valle Quilmenco en los sectores Monte La Tenca y Centro-Sur los cuerpos son principalmente subredondeados, mientras que hacia el sector Cecilia tienen formas alargadas en la dirección NW-SE. Los afloramientos reconocidos corresponden a rocas microdioríticas de color gris verdoso a gris oscuro, es decir con tonalidades más oscuras que las microdioritas leucocráticas que pertenecen a la Unidad Chalinga. Esta condición, es producto de la mayor cantidad de minerales ferromagnesianos (biotita, anfíboles y piroxenos) en su composición primaria. No existen dataciones radiométricas para esta unidad, sólo por relaciones de contacto se puede inferir que son posteriores a la Unidad Chalinga Cretácico Inferior.

#### **4.2.-Geología Estructural.**

Fue realizado un análisis interpretativo en la Imagen Satelital IKONOS de los dominios estructurales mayores identificados en el área de estudio. Se entrega una clasificación de estos en base, a sus direcciones principales. Se detalla su relación con los eventos de mineralización de oro-cobre, con las unidades litológicas y el control en rasgos geográficos reconocidos en terreno (Figura 4 A, B y C). La información recolectada en los sectores de vetas o afloramientos fue relevante para aportar en la definición y reconocimiento de los distintos dominios presentados en este capítulo.

Se reconocen de 3 direcciones preferenciales:

**Dominio NS:** Se identifican dos lineamientos principales que cruzan el área de estudio en la parte central y aparecen delimitando de manera clara las vertientes occidental y oriental de la explanada del Valle Quilmenco en su zona más amplia (Figura 4A, C). Estos lineamientos son paralelos a las grandes fallas que dominan distritalmente y que corresponden a las fallas Manquehua y Llimpo (Veliz, 2007). El lineamiento NS del lado oriental, coincide claramente con la zona de contacto de la Unidad Chalinga con rocas volcánicas hacia el norte y controla el emplazamiento de algunas vetas menores. El lineamiento NS del lado occidental, aparece controlando rasgos geográficos en el sector



**Figura 4. Modelo Estructural del área de estudio. A-** Interpretación de dominios estructurales en imagen ICONOS. **B.-** Interpretación estructural presentada en modelo 3D. **C.-** Mapa geológico escala 1:10.000 incorpora dominios estructurales reconocidos.

del Monte La Tenca y también se observan vetas importantes NS-N10°E como la Veta Farellón, con mineralización de cobre-oro asociada a este dominio.

**Dominio N60°E:** Se identifica en el sector central y oriental del área de estudio. En la parte central, se tienen interceptando y conectando los dos lineamientos principales NS, lo cual da forma a un rombo que coincide de manera clara, con la depresión central del Valle Quilmenco (Figura 4A). En base a esta interpretación, se puede asumir como hipótesis, una posible cinemática de Tipo Distensiva (Cembrano, 2001), causada por fallas de rumbo con desplazamiento dextral, lo que da origen a una arquitectura “Tipo Duplex” para el área de estudio. Numerosos lineamientos de este dominio, se reconocen hacia el sector oriental, controlan las direcciones de las numerosas quebradas y también el emplazamiento de algunas vetas pequeñas con mineralización de oro en el sector sur.

**Dominio N30°-50°W:** Estos lineamientos se observan con claridad desde el Valle Quilmenco hacia el sector nor-occidental y están controlando principalmente rasgos geográficos (ej. quebradas).

Su dirección preferencial es N30°W (Figura 4 A-C). En el Sector Cecilia este lineamiento tiene dirección N30°W muy marcada, donde se han mapeado fallas y fuerte fracturamiento paralelo a esta dirección, además de alteración hidrotermal asociada con mineralización de vetas de cuarzo de pequeña expresión y sin presencia de oro y cobre. En el Sector Portería, también se pueden observar estructuras relacionadas a estos lineamientos mayores, aunque la tendencia es N50°W. Corresponden a zonas de debilidad (fallas menores) donde se emplazan pequeñas vetas de oro-cobre asociadas a cuarzo cristalino, similares a sistemas de vetas mineralizadas con oro, descritas en El Distrito El Espino (Cembrano, 2008).

#### 4.3.- Geología económica y potencial de exploración.

En el entorno del Valle de Quilmenco se han identificado sistemas de vetas con mineralización de oro, oro-cobre y también sistemas de vetas y mantos con mineralización sólo de cobre. Estas ocurrencias corresponden a eventos menores, con vetas que localmente alcanzan potencias de un metro y poca

corrida. La veta más importante que ha sido explotada a nivel artesanal, corresponde a **La Veta Farellón** que tiene una corrida de 900m y muy localmente alcanza potencias de 1m, en superficie. En este estudio se han detectado y evaluado 4 sectores con alteración y mineralización de interés (Anexo N°1). A continuación se describen:

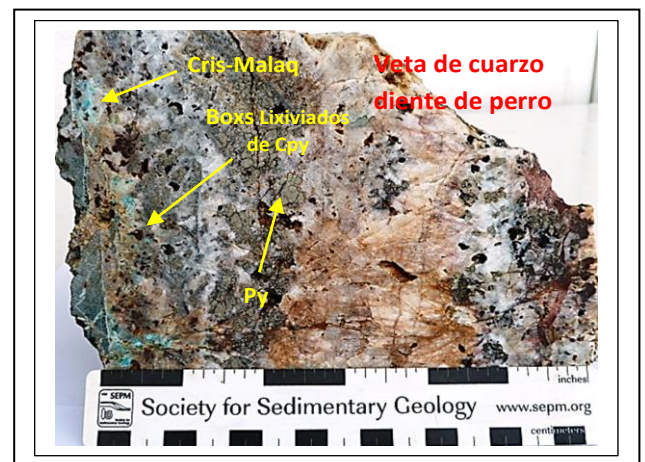
**Sector Portería:** Está ubicado en la parte centro-sur del área de estudio y se caracteriza por la presencia de numerosas vetas pequeñas, explotadas a nivel artesanal en los años ochenta (Magma Geólogos Consultores, 1981). La evaluación de estas en terreno, indica que existen dos grupos diferenciados, de acuerdo a su disposición: un grupo de vetas al N10°-55°E/90° ubicadas al este de la zona y las otras con disposiciones N35°-65°W/57°-65°SW al oeste de la zona. Las corridas de estas, varían desde unos pocos metros hasta los 250 m y las potencias fluctúan desde pocos centímetros hasta máximo 1,0 m. La mineralización, está caracterizada por cuarzo masivo, localmente cristalino, que aloja concentraciones de oro menores, relacionadas a hematita rojiza pulverulenta y limonitas. Además, contienen mineralización de cobre: crisocola, malaquita, copperwad y limonitas.

Varias de estas vetas fueron muestreadas para realizar análisis químicos. El procedimiento analítico utilizado para evaluar cada una de las muestras de este estudio, fue el siguiente: Primero se efectuó un barrido con un análisis de ICP donde se obtienen resultados para 36 elementos, en esta etapa también se incluye el análisis con ensayo a fuego para identificar la presencia de oro (Tabla N°1).

En una segunda etapa las mismas muestras fueron evaluadas por Absorción Atómica (AA) con el objetivo obtener de manera precisa resultados de cobre que tienen valores con sobre-límite en los ensayos de ICP. En esta etapa, también se pudo identificar las concentraciones de cobre que solubilizan en distintos medios (soluble en ácido sulfúrico, en cianuro de sodio y digestión multiácida). Estos análisis fueron hechos en el laboratorio interno de Faena Tres Valles, Salamanca (Tabla N°2). A continuación, se entregan los resultados para las vetas de este sector: 1. Existe sólo un valor anómalo de oro de 0,134 ppm. 2. Las concentraciones de cobre, fluctúan entre 0,22% - 1,23% Cu Total. 3. Las especies de cobre dominante se encuentran en ambiente de oxidación, ya que los resultados de S (azufre) son de muy bajas

concentraciones. 4. En todas las muestras existen bajas a moderadas concentraciones de cobre insolubles (0,10- 0,46%Cu Insol), proveniente de especies insolubles en ambientes de oxidación, como por ejemplo: copperwad. Se concluye que el potencial de mineralización de cobre es más importante que el de oro para el Sector Portería y que es marginal para los intereses de la compañía.

**Sector Veta Farellón:** Está ubicada en el sector más occidental del área de estudio y corresponde a una veta importante, que tuvo fuerte actividad de extracción de oro a nivel artesanal. La disposición principal varía desde NS hasta N10°E con manteos 80°NW-90°. La corrida es de aproximadamente 900 m y las potencias reconocidas en superficie son variables, desde pocos centímetros hasta máximo 1,10 m. El evento de mineralización está caracterizado por vetas de cuarzo blanquecino con cristales tipo “dientes de perro” acompañados de abundantes sulfuros, donde domina la piritita y calcopiritita como evento primario, calcosina producto de enriquecimiento secundario; y crisocola, malaquita y brochantita como resultado de la oxidación de las fases sulfuradas (Fotografía 3).



**Fotografía 3. Veta Farellón.** Abundante cuarzo con texturas “diente de perro”. Piritita, boxworks de calcopiritita y escasa presencia de limonitas, malaquita y crisocola.

En la Veta Farellón se tomaron dos muestras, una de material escogido recolectado por los antiguos mineros que abandonaron el área y la segunda, una muestra de canaleta en la veta en superficie. Los resultados obtenidos, indican:

1. La ley de oro para el material escogido, es de 8,97 gr/ton.
2. Las leyes de oro de canaletas en los dos sectores superficiales en la veta, son del orden de 1 gr/ton.
3. Las altas concentraciones de cobre

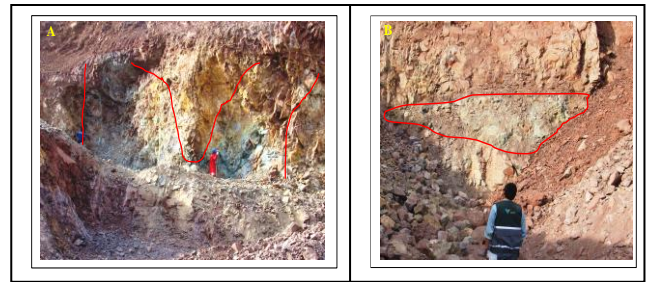
están relacionadas con las de oro y alcanzan valores variables entre 1,16% - 3,35% Cu Total. 4. Las altas concentraciones de cobre en Absorción Atómica (AA) están compuestas de 60% en fase oxidada o lixiviales (malaquita crisocola, brochantita), 7% de minerales cianurables (calcosina, digenita o covelina) y 33% de minerales insolubles (calcopirita).

Se concluye que la Veta Farellón tiene características de mineralización de oro-cobre de buena ley para actividad artesanal (1 gr/ton – 1% Cu Total). La explotación de ésta, debe incorporar necesariamente el proceso de selección del material, para así lograr mejores leyes de venta (8,97 gr/ton-3,35% Cu Total). La evaluación del potencial indica que el recurso de oro-cobre, está confinado estrictamente a la veta de poco espesor (<1m) y con una roca caja poco receptiva (andesita porfídica compacta). Además es importante señalar que la propiedad minera de esta veta es de otro propietario. Se concluye que el potencial de mineralización de oro-cobre para La Veta Farellón, es marginal para los intereses y la escala de producción de la compañía.

**Sector Esperanza:** Está ubicada en el sector NNW del área de estudio, corresponde a un sector con vetas y mantos de cobre, que fueron explotados por mineros artesanales en labores tipo canteras.

**Vetas:** La disposición principal es N10°-30°W/90°, existen otras vetas menores de disposición NW, que confluyen a esta tendencia principal. La potencia observada es del orden de 3-5 m. La roca caja es andesita porfídica de textura gruesa y amigdaloidal. La mineralización está definida por la ocurrencia de crisocola, brochantita, azurita, copperwad, escasa malaquita, cuprita y limonitas ricas en cobre, además de escasa calcosina y covelina, como productos de enriquecimiento secundario de la mena original (Fotografía 4A).

**Mantos:** La disposición es irregular y subparalela a la estratificación N10°E/25°SE y alcanza potencias de hasta 3,0 m (Fotografía 4B). La roca hospedante corresponde a una andesita porfídica gruesa amigdaloidal. La mineralización está definida por minerales de cobre de ambiente de oxidación como crisocola, brochantita, copperwad, escasa malaquita y limonitas ricas en cobre. El tipo de ocurrencia es en fracturas y rellenando amígdalas. La Mina Esperanza fue evaluada, mediante muestras de canaletas para el caso de la veta, y del tipo chip, para los mantos. Los resultados obtenidos indican:



**Fotografía 4.** A. Canteras con explotación de mineralización de cobre con disposición tipo vetas. B. Canteras pequeñas, con explotación de mineralización de cobre con cuerpos tipo mantos (N10°E/25°SE).

1. Las concentraciones de oro no tienen ningún valor de interés. 2. Las leyes de cobre que se obtienen en el análisis de AA indican valores muy altos, desde 1,80% Cu Total a 5,79% Cu Total. 3. Las altas concentraciones de cobre se componen en un 87% de la fase oxidada de minerales de cobre (crisocola, brochantita, malaquita, azurita, etc.), 4% de minerales secundarios (calcosina, covelina) y 9% de minerales insolubles (copper wad o cuprita).

La mineralización reconocida en la Mina Esperanza, tiene características de mineralización exclusiva de cobre (> 1% Cu Total), donde predominan las especies minerales de ambiente de oxidación. Las características de la mineralización, los resultados de las concentraciones de cobre, los tipos de ocurrencia y el entorno geológico de emplazamiento, indicarían similitudes con características ya reconocidas en los depósitos Don Gabriel y Papomono ubicados entre 9-15 km al NEE, definidos como Depósitos Tipo Estratoligados de Cu-Ag (López, 2010). Se recomendaría campañas de geofísica IP y perforación de sondajes para evaluar el potencial en profundidad. Este sector es de propiedad de un pequeño minero, con el cual se debieran tener acercamientos para poder explorar el área.

**Sector Cecilia:** El área está ubicada en el sector central-norte del valle y se caracteriza por un evento de brechización hidrotermal (Hernández, 2007). Se encuentra estrechamente relacionada a un trend estructural N30°W, que posee una elongación en ese sentido de 1,2 km y un ancho de 500 m. Se caracteriza por fuerte presencia de sericita-arcillas; moderada a débil cantidad de limonitas-hematita y débil silicificación. En esta zona de alteración hidrotermal existe una cantera de 15 m, donde mineros artesanales intentaron explorar o explotar algunas venillas de cuarzo, centimétricas y tardías

(Fotografía 5). El sector fue muestreado en tres puntos, con muestras del tipo chip. Las primeras dos muestras fueron tomadas en afloramientos representativos con fuerte alteración sericítica-argílica y limonitas; y la otra muestra fue tomada en las vetas de cuarzo. Los resultados fueron los siguientes: 1. No existen concentraciones anómalas de oro y cobre 2. Existen concentraciones de Fe (%) bajas a moderadas y responden a la existencia de limonitas y hematitas en las zonas muestreadas. 3. Las débiles concentraciones de S (%) evidencian la escasa a nula presencia de sulfuros.



Fotografía 5. Perfil de la zona de cantera en Sector Cecilia.

En base a los antecedentes recopilados, se puede indicar que el Sector Cecilia es una zona de alteración hidrotermal relacionada a eventos de brechización. Sin ningún potencial de mineralización.

## 5. Geofísica

Fueron realizados estudios de geofísica a cargo de la Empresa Zonge Ingeniería y Geofísica Chile S.A., con el objetivo principal de evaluar el potencial hídrico del Valle de Quilmenco. La metodología utilizada fue Transiente Electromagnético (TEM), donde los resultados permiten entregar una zonación detallada de las resistividades que caracterizan al subsuelo. Las condiciones de resistividad favorables, pueden ser potenciadas por la porosidad y permeabilidad de la roca, presencia de aguas en especial salinas, de arcillas y también mineralización de sulfuros. Esta última condición, es importante considerarla y evaluar los resultados versus la información de la geología de detalle. Se hicieron 8 perfiles, uno longitudinal y 7 transversales, con estaciones cada 100 m. Lo que completa la ejecución de 8,6 km lineales (Figura 5).

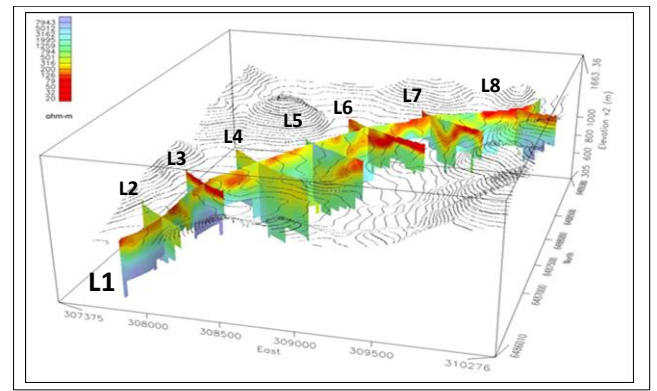


Figura 5. Visualización 3D de las secciones de resistividad modeladas para el estudio de TEM en el Valle de Quilmenco. Visto desde el sur-sureste.

Los valores recolectados varían entre 12 y 20000  $\Omega\text{m}$ , con un valor promedio de 980  $\Omega\text{m}$  y una mediana de aproximadamente 500  $\Omega\text{m}$ , considerada la resistividad típica del sector. Se observa en general, un aumento en la resistividad a mayor profundidad. Resultados de la línea 1, trazada longitudinalmente en el eje de la actual quebrada principal, indica la existencia de una capa superficial de moderada resistividad (100-300  $\Omega\text{m}$ ) con un espesor variable de entre 50 y 150 m (Figura 5).

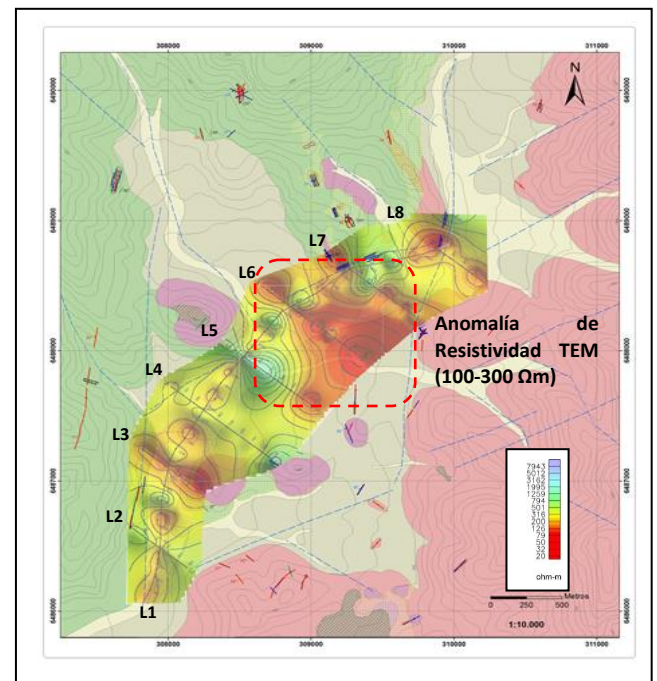


Figura 6. Planta de resistividad TEM ubicada 50 m de profundidad. Comparación con Geología del Valle de Quilmenco 1:10.000.

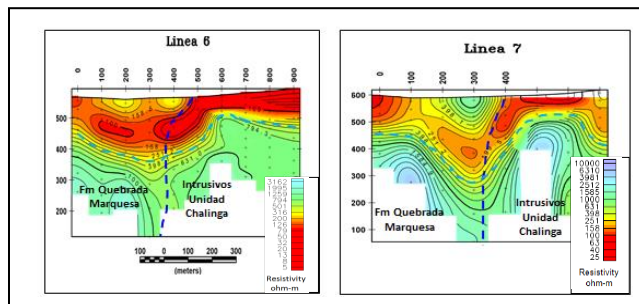
Al contraponer la Geología de detalle con el resultado de los estudios de geofísica TEM, se



observa que la anomalía principal de baja resistividad ubicada en la Línea 6, la que se relaciona con una zona importante de descarga de quebradas secundarias de dirección N20°-30°W hacia la quebrada principal del Valle Quilmenco (Figura 6).

La posición de estas quebradas NW-SE y su descarga en el lecho aluvial de la Quebrada Quilmenco, son las principales responsables de la presencia de agua subterráneas en estos sedimentos y en rocas meteorizadas permeables, lo cual da origen a acuíferos someros. Esta condición, explicaría los valores de resistividad moderada-baja, la forma sub horizontal de la anomalía a lo largo del perfil y lo somero de éstas en el eje longitudinal del valle.

Sin embargo, también se puede observar que entre las secciones 5, 6 y 7 hay penetración de la anomalía hacia niveles más profundos (Figura 7).



**Figura 7: Perfiles geofísico 6 y 7 (TEM).** Línea segmentada azul: Límite interpretado del contacto entre intrusivos y Formación Quebrada Marquesa.

Se reconoce claramente el contacto de una zona de alta resistividad ubicada al este de los perfiles, con una de moderada resistividad más profunda y subvertical. Esta condición, es constante a lo largo de las 3 secciones indicadas y se podría relacionar al contacto de la Unidad Intrusiva Chalinga e Intrusivos Microdioríticos Menores con rocas volcánicas de la Formación Quebrada Marquesa y también la existencia de fallas N20°-30°W profundas en esta zona de contacto.

## 6. Sondajes

Se efectuaron 8 sondajes de diamantina con distintos objetivos en el sector del Valle de Quilmenco. Estos totalizan 355,60 m de perforación con diámetro HQ, 6 de ellos son verticales y 2 con ángulo de manto 55° desde superficie.

Se realizaron dos sondajes de condenación en la posición de la futura planta de lixiviación. Los otros

sondajes fueron ejecutados para evaluar la calidad de suelos de fundación (4) donde serían instaladas las obras de la planta de recuperación (chancadores, pilas, etc.) y también sondajes hidrogeológicos (2).

Los dos sondajes de diamantina condenatorios perforados son: PPM-QUIL-DH0003 y PPM-QUIL-DH0004) fueron mapeados a escala de detalle 1:100 y con la información obtenida se construye la sección geológica del sector evaluado (Figura 8).

La información recolectada indica la presencia de andesitas y andesitas brechosas, pertenecientes a la Formación Quebrada Marquesa, cortadas por intrusivos microdioríticos que forman parte de la unidad de Intrusivos Microdioríticos Menores. Asociada a esta intrusión hacia el oeste del perfil, en las zonas de contacto se identifican brechas de contacto irregulares.

En los niveles más someros por sobre el Límite Redox, ubicado 25 m de profundidad (Figura 8) existe abundancia de limonitas, fracturas rellenas con óxidos de manganeso y moderada argilización, bajo este Límite Redox, la unidad se encuentra fuertemente fracturada y con presencia de piritita diseminada en proporciones moderadas (1-2% vol., pozo PPM-QUIL-DH0003). El Intrusivo Microdiorítico que corta la secuencia volcánica, ha sido reconocido en los dos sondajes y se caracteriza por tener una textura equigranular fina a media. Esta textura está fuertemente obliterada en la zona lixiviada.

En la zona de contacto se observan xenolitos de rocas andesíticas y una zona de brecha de contacto con clastos subredondeados de andesita y zonas de mezcla entre la unidad intrusiva y la roca caja. Se identifican algunas fallas principales, acompañadas de fallas paralelas menores y zonas de fracturamiento moderados. Los manteos de las fallas mapeadas varían desde 75°W a subvertical, pero con la información disponible no se puede definir si corresponde a fallas con azimut pertenecientes al Dominio NS o al Dominio N30°-50°W, ya que la superficie del sector esta cubierta por sedimentos no consolidados.

La alteración y mineralización reconocida es muy discreta, se evidencia alteración clorita-epidota de fondo, con débil especularita y magnetita asociada. En la zona de brecha de contacto, hay calcopirita diseminada a niveles de trazas, asociada a epidota. Localmente y relacionada a zonas estructurales, se tiene alteración sericitica con incremento de piritita diseminada (3% del volumen).

En esta etapa final de evaluación para condenar el sector de estudio, se puede indicar por una parte, que la información rescatada de la perforación con sondajes, es coherente con los distintos aspectos geológicos rescatados en las campañas de terreno (litología, estructuras, mineralización, etc.) y por otra, que el área no constituye una zona de interés con potencial de mineralización de cobre y oro importante.

## 7. Conclusiones y Recomendaciones.

Fueron ejecutadas todas las actividades específicas programadas, que permitirían lograr el objetivo principal de este estudio. Las áreas estratégicas para la construcción propuestas por la Ingeniería en su Etapa de Pre-Factibilidad y las del entorno inmediato del Valle de Quilmenco, fueron estudiadas en terreno.

La evaluación geológica en detalle, de estas áreas con posibles potenciales de mineralización, indica la presencia de 4 zonas con evidencias de mineralización (oro, oro-cobre y cobre), de las cuales sólo el sector de la Mina Esperanza reviste interés, por tener leyes económicas de cobre atractivas y por tener similitudes mineralógicas, de ocurrencia y estilo con zonas mineralizadas del tipo Estratoligados de Cobre (Papomono, Don Gabriel) cercanas en el distrito. Es importante considerar para este sector, que posibles trabajos exploratorios que se pudiesen ejecutar o posibilidades de tener un depósito productivo, no afectarían la ejecución de las obras evaluadas en este proyecto. La ubicación se encuentra 2 km hacia el NW de las áreas estratégicas, incluso se podría considerar como una oportunidad de beneficio, ya que se dispondría de una fuente de alimentación de minerales de cobre lixiviables, cercana a la planta de beneficio.

Como conclusión de esta etapa de condenación o descarte, se puede indicar que los sectores donde se propone construir, no poseen ningún potencial económico de importancia, que pudiera implicar algún posible cambio de ubicación o la re-evaluación de estos sectores, por lo tanto se recomienda ocupar los terrenos propuestos para la construcción de las obras necesarias para S.C. Minera Tres Valles.

## 8. Referencias.

- AGUIRRE, L., & EGERT, E. 1962. Las Formaciones Manganíferas de la Región de Quebrada Marquesa y Viñita en la Provincia de Coquimbo. *Revista Minerale* N° 76: 25-37. Santiago.
- CEMBRANO, J. 2001. *Geología Estructural y Tectónica para la Exploración Minera*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile. 115 pp.
- CEMBRANO, J. 2008. *Structural Geology of fault-vein systems at El Espino District: Preliminary results and recommendations for further studies*. 7 pp. Santiago, Chile.
- HERNANDEZ, G. 2007. *Evaluación Preliminar del Sector Mina Esperanza, Quilmenco*. Informe Reservado Sociedad Contractual Minera Tres Valles. Salamanca, Chile.
- HOLGREM, C. 2013. *Informe Petrográfico y Calcográfico*. GeolIntegral. Santiago, Chile.
- JARA, R. 2008. *Reporte de levantamiento geológico parcial del área de Quilmenco, escala 1:10.000 y Discusión de programa de condenación*. Informe Reservado Sociedad Contractual Minera Tres Valles. Salamanca, Chile.
- JARA, R. 2009. *Informe ejecutivo de Observaciones geológicas relacionadas con la Geofísica de Transiente Electromagnética (TEM) en el Valle Quilmenco*. Informe Reservado Sociedad Contractual Minera Tres Valles. Salamanca, Chile.
- LOPEZ, J. M. 2010. *Geología y Microtermometría del Yacimiento Estratoligado Don Gabriel*. Comuna de Salamanca, Región de Coquimbo, Chile.
- MAGMA GEÓLOGOS CONSULTORES ASOCIADOS Y OTROS. 1981. *Actualización del banco de datos mineros de la IV Región*. 28 Vol. de fichas, 2 Vol. fichas resumen, 1 Vol. antecedentes; 2 mapas plegados. Santiago, Chile.
- MUNIZAGA, F. 1972. *Edades radiométricas de rocas chilenas*. Instituto de Investigaciones Geológicas. Jornadas de Trabajo. Antofagasta, Chile. Vol. 2. Sec. 1. p. 132-145.
- RIVANO, S. Y SEPÚLVEDA, P. 1991. *Hoja Illapel*. Región de Coquimbo. Serie Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja N°69. SERNAGEOMIN. 132 pp. Santiago, Chile.
- RIVANO, S.; SEPÚLVEDA, P., HERVÉ, M., & PUIG, A. 1985. *Geocronología K-Ar de las rocas intrusivas entre los 31°-32°S, latitud sur, Chile*. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 24: 63-74. Santiago, Chile.
- SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA TRES VALLES, 2008. *Estudio de Impacto Ambiental: 508 pp*. Salamanca, Chile.
- VELIZ, J. 2006. *Proyecto Papomono Quilmenco*. Informe Reservado Sociedad Contractual Minera Tres Valles. Salamanca, Chile.
- VELIZ, J. 2007. *"Copper ore shoots" en bloque estructural Manquehua – Llimpo*. Reporte interno Sociedad Contractual Minera Tres Valles. 6 pp. Salamanca, Chile.
- ZONGE INGENIERÍA Y GEOFÍSICA CHILE S.A. 2009. *Informe Final Estudio de Transiente Electromagnético (TEM) en el Proyecto Quilmenco, IV Región*, Salamanca, Chile. 16 pp.

**ANEXO N°1**

Informe Petrográfico y Calcográfico

Preparado por Carmen Holmgren

Junio de 2013

**Listado de Muestras Estudiadas**

Orden	Nº Muestra	Corte transp.	Corte pulido
1	QUIL 04	X	
2	QUIL-10	X	X
3	QUIL 12	X	X
4	QUIL-15	X	
5	QUIL 11-A		X

## **Muestra QUIL 04**

### **Descripción macroscópica**

Roca fanerítica fina, donde se observan cristales de color gris claro y en intersticios otros finos de color negro. La granulometría es bastante homogénea. Hay magnetismo, la reacción a la tinción para detectar feldespatos potásicos es muy escasa y local.

### **Descripción microscópica**

Roca de textura subofítica con 75% de cristales tabulares de plagioclasas, con tamaños promedio de 0,8 mm por el eje c. También hay algunos que alcanzan tamaños mayores, como 1.5 mm pero son excepcionales. Presentan maclas con planos difusos debido a varios procesos de alteración, sin embargo, es posible definir la composición que corresponde a labradorita. Hay turbidez general por la presencia de arcillas del tipo montmorillonita, sobrepuesta aparece sericita-illita fina. De manera tardía hay formación de prehnita y en ocasiones se sobreponen cúmulos de epidota.

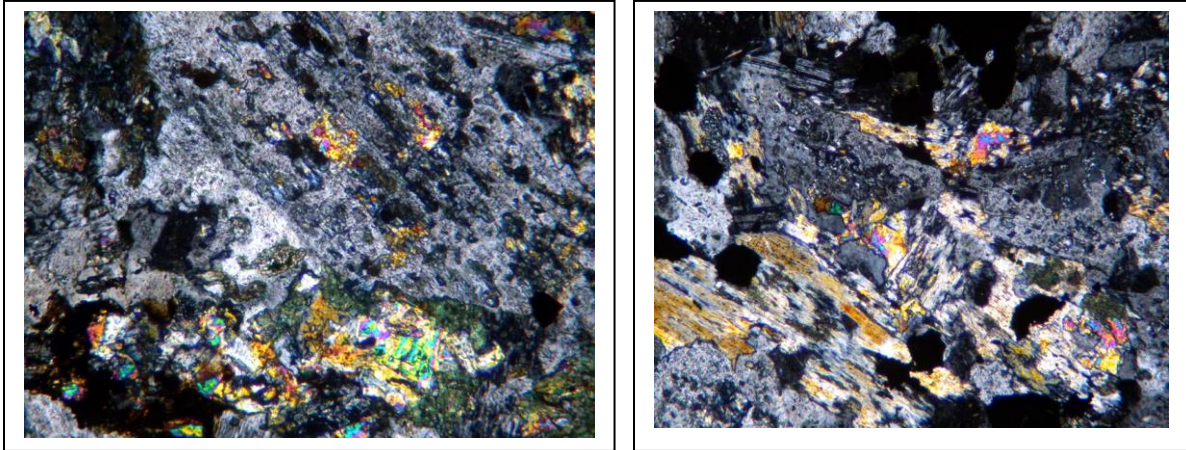
En intersticios hay relictos de ferromagnesianos (20%), no están bien desarrollados, corresponden a piroxenos y algo de anfíbolos, ambos con actinolitización, epidotización y cloritización. La presencia de estos minerales secundarios anhedral es selectiva. Los tamaños son muy variables por ser intersticiales, desde 0.3 a 0.6 mm.

En intersticios acompañando a los relictos de ferromagnesianos se observan disseminaciones de opacos (5%) en agregados anhedral de variados tamaños, junto a ellos también en esas zonas aparecen agregados radiales de malaquita.

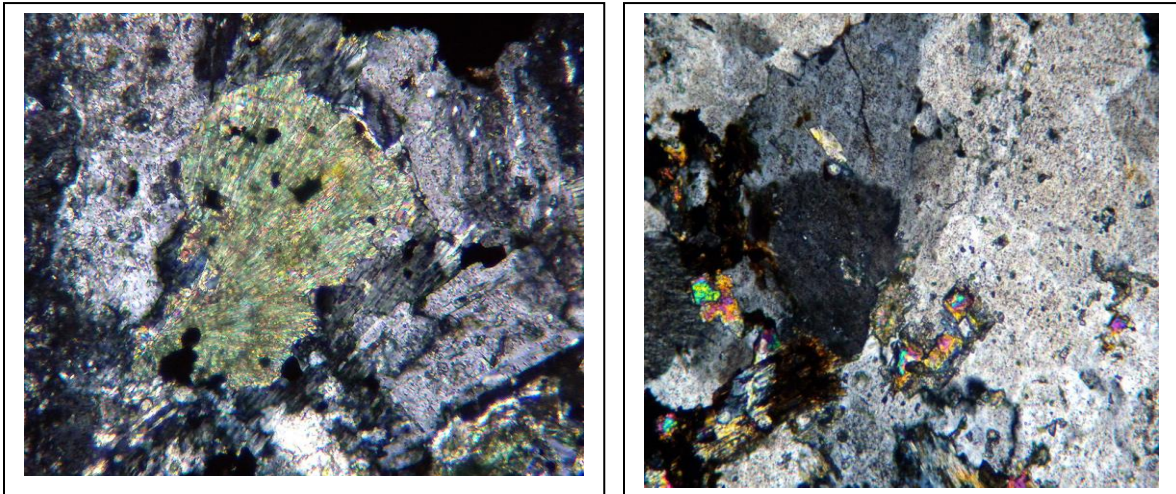
La distribución de feldespato potásico secundario en la muestra de mano es irregular y en el corte se observa en una vetilla sinuosa discontinua, el mineral forma algunos agregados de tamaño medio.

**Nombre de la roca: Microdiorita alterada.**

Sericita-illita	Epidota	Clorita	Actinolita	Malaquita	Prehnita	Arcillas	Feld.K
débil	débil	débil	débil	débil	débil	débil	débil



**Muestra QUIL 04.** Izquierda: Tablillas de plagioclasas argilizadas, maclas difusas, en intersticios relictos de ferromagnesianos, con epidota, opacos y malaquita. Derecha: Plagioclasas, en intersticios relictos de anfíbola actinolitizada, epidota y disseminaciones de opacos. En ambas fotos nicoles cruzados, aumento por 40 veces.



**Muestra QUIL 04.** Izquierda: Agregado fibroso radial de malaquita entre clorita; en su entorno plagioclasa de aspecto turbio. Derecha: Formación de feldespato potásico en vetilla sinuosa y truncada. Ambas con fotos nicoles cruzados, aumento por 65 veces.

## **Muestra QUIL 10**

### **Descripción macroscópica**

Roca de textura porfídica con fenocristales blancos de formas prismáticas cortas y otras alargadas. La masa fundamental es microcristalina de color gris algo verdoso. Hay cúmulos aislados de color pardo oscuro y otros verde oliva. No se observan vetillas ni fracturas. No hay reacción a la tinción para detectar feldespato potásico y la roca no es magnética.

### **Descripción microscópica**

Roca de textura porfídica, cuyos fenocristales de plagioclasas alcanzan el 30 % del volumen de la roca. La presencia de ferromagnesianos es muy escasa y aparecen como posibles relictos pequeños de piroxenos (5%). Los fenocristales de plagioclasa tienen formas tabulares, bien desarrolladas, con tamaños entre 0.4 y 1 mm por el eje c., dando un aspecto algo seriado a la textura. Las maclas indican que la composición es oligoclasa-andesina, algunos alcanzan a labradorita. Aparecen levemente turbios por la presencia de arcillas. Alterando a plagioclasas hay agregados de epidota y en algunas fracturas hay cuarzo.

De los relictos de fenocristales de ferromagnesianos sólo se deduce su presencia por sombras prismáticas cortas sustituidas en su totalidad por epidota y en algunos bordes se conserva clorita de birrefringencia azul anómala. No hay evidencias claras de la presencia de ferromagnesianos.

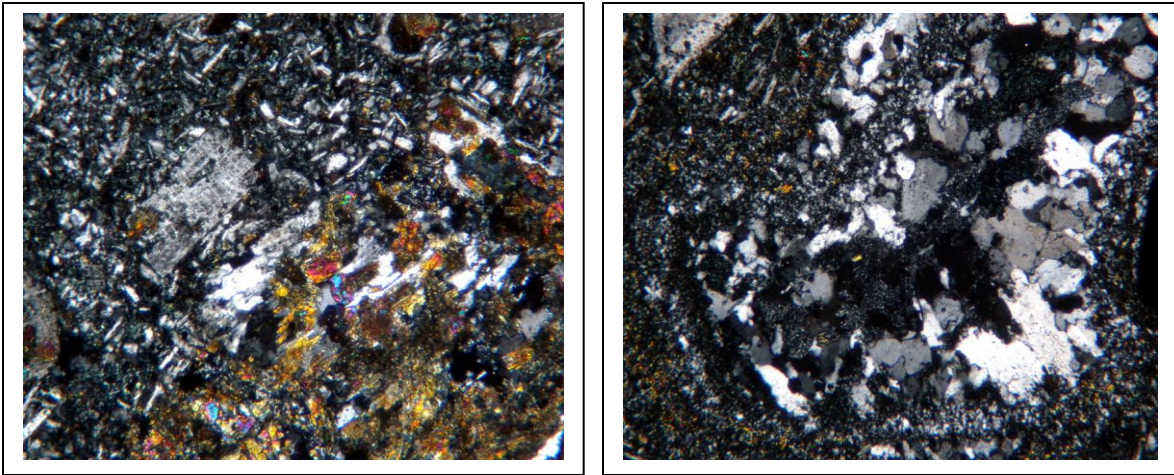
La masa fundamental tiene textura intersertal fina, formada por microlitos de plagioclasa; en los intersticios hay abundante clorita y finas diseminaciones de opacos, entre estos hay también titanitas.

La roca presenta además formación de amígdalas, estas tienen variadas formas y tamaños, aparecen rellenas por agregados de cuarzo microcristalino y epidotas, en ocasiones agregados de clorita.

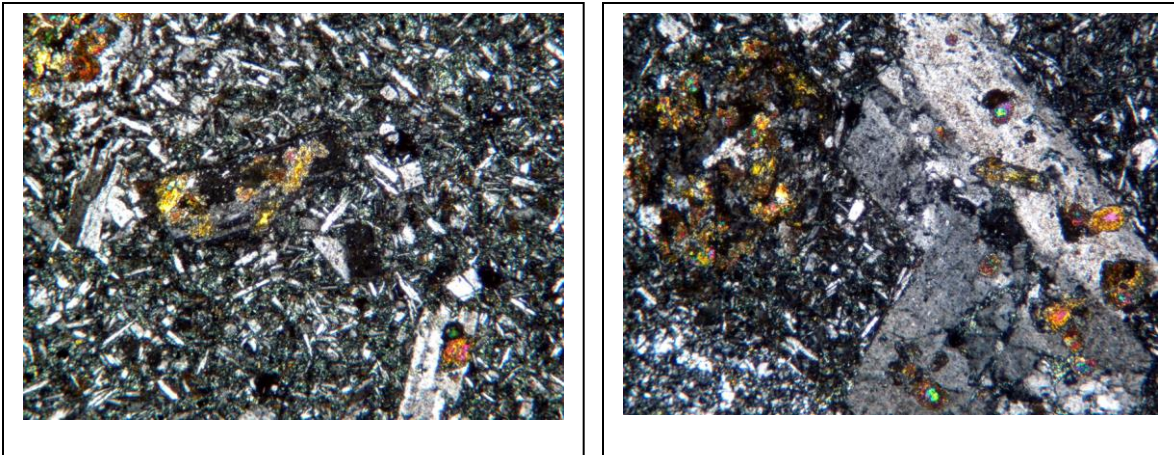
En general hay zonas de la masa fundamental que están siendo sustituidas por cuarzo microcristalino.

### **Nombre de la roca: Andesita**

<b>Epidota</b>	<b>Clorita</b>	<b>Cuarzo</b>
<b>Moderada</b>	<b>Débil</b>	<b>moderada</b>



**Muestra QUIL 10.** Izquierda: Fenocristal de plagioclasa sustituido por epidota, menor cuarzo, masa fundamental intersertal con clorita intersticial. Derecha: Amígdala rellena de cuarzo y clorita central. Ambas fotos con nicoles cruzados, aumento por 40 veces.



**Muestra QUIL 10.** Izquierda: Detalle de la masa fundamental, textura intersertal con microlitos de plagioclasa, clorita intersticial, cúmulos de epidota sustituyendo a posible fenocristal de ferromagnesiano. Derecha: similar, fenocristal de plagioclasa, cúmulos de epidota sobrepuestos, al lado, relicto de ferromagnesiano epidotizado. En ambas fotos nicoles cruzados, aumento por 40 veces.

## **Muestra QUIL 12**

### **Descripción macroscópica**

Roca de textura porfídica, con abundantes vesículas de diferentes tamaños y formas. Se observan fenocristales tabulares de color blanco en masa fundamental microcristalina de color gris oscuro. No hay reacción a la tinción para detectar feldespatos potásicos, tampoco hay magnetismo.

### **Descripción microscópica**

Roca de textura porfídica con fenocristales de plagioclasas (20%) con tamaños variables entre 0.6 y 1,5 mm por en eje C. Se presentan en individuos aislados o formando glomerocristales. Están maclados y la composición es labradorita. Presentan argilización leve que les imprime aspecto turbio. Hay fina sericita en algunos de ellos pero lo más notable es la albitización de los cristales que se manifiesta como la "limpieza" en forma de anillos en algunos cristales, también penetra por planos de maclas y fracturas. No hay relictos de fenocristales de ferromagnesianos.

La masa fundamental está formada por pequeños microlitos de plagioclasas. En intersticios se conservan relictos de clorita y hay abundante presencia de cuarzo criptocristalino con hematita y limonitas.

La roca presenta un proceso de brechización en estado semiplástico, no hay planos rectos y durante este proceso penetró en las cavidades o poros una lava hematizada formada por microlitos de mayor tamaño y vidrio oxidado. Esta lava se diferencia de la primaria y ocupa sólo intersticios entre las fracturas.

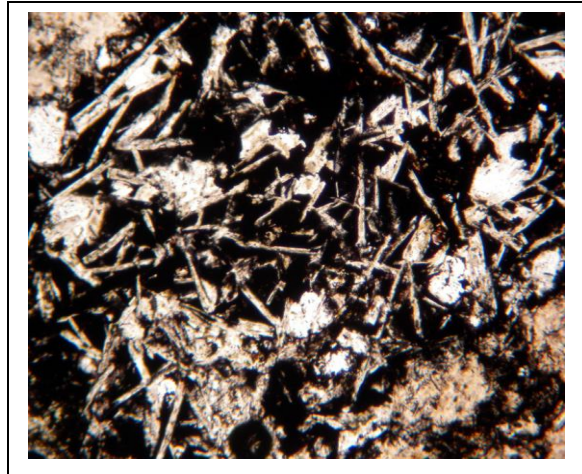
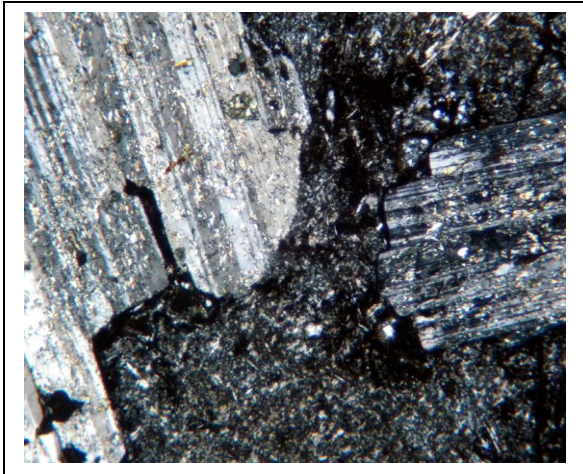
Los planos de fracturas están suturados y marcados por hematita.

El proceso descrito no es posible observarlo con claridad en la muestras de mano.

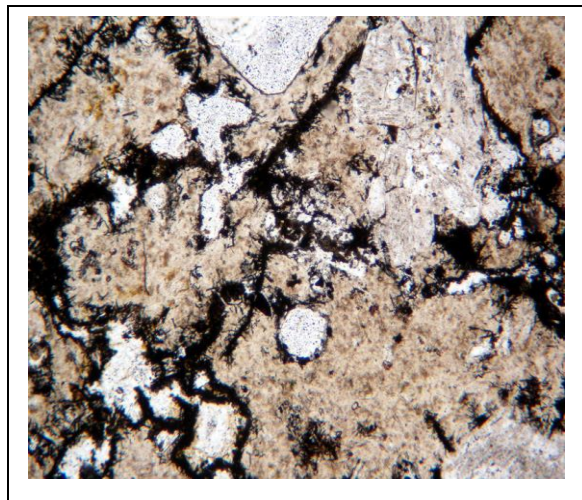
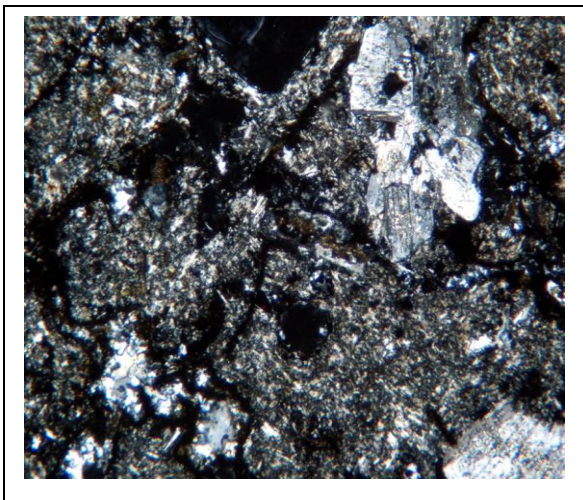
**Nombre de la roca: Andesita autobrechizada.**

Sericita	Cuarzo	Albita	Hematita
Débil	Moderada	débil	moderada





**Muestra QUIL 12.** Izquierda: Fenocristales de plagioclasas argilizados con sericita fina sobrepuesta, masa fundamental fina formada por microlitos de plagioclasa, clorita y cuarzo intersticial. Hematita en planos de fractura. Nicoles cruzados, aumento por 40 veces. Derecha: Andesita oxidada formada por microlitos de plagioclasa en intersticios hematita. Esta roca rellena cavidades e intersticios de brechización. Nicole paralelos. Aumento por 40 veces.



**Muestra QUIL 12.** Izquierda: Detalle de la masa fundamental rechizada, donde hay desorden en la distribución de los microlitos y agregados de cuarzo microcristalino en cavidades. Las fracturas marcadas por hematita. Nicoles cruzados, aumento por 40 veces. Derecha: similar a foto superior con nicoles paralelos.

## **Muestra QUIL 15**

### **Descripción macroscópica**

Roca de color claro, levemente rosado, conserva relictos de textura porfídica, no hay reacción a la tinción para detectar feldespatos potásicos, no hay magnetismo. Se observan zonas con mayor o menor presencia de hematita, en la muestra de mano, éstas aparecen como bandas de color pardo intercaladas con otras más claras.

### **Descripción microscópica**

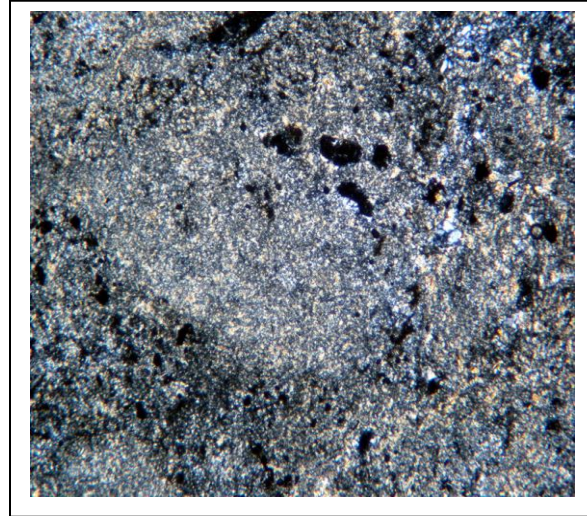
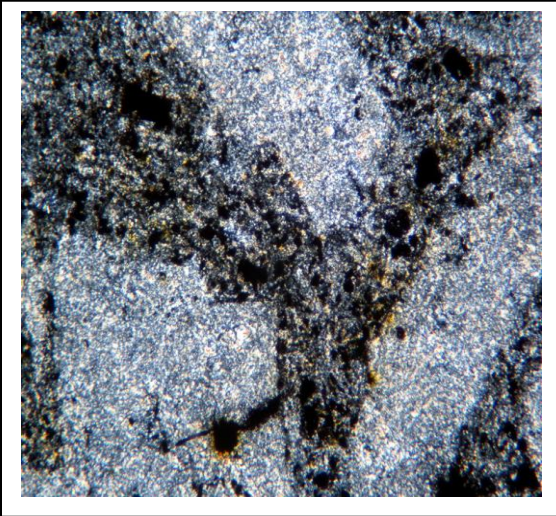
Roca de textura porfídica con sombras relictas de fenocristales de plagioclasa, en cristales individuales o glomerocristales, estos relictos aparecen sustituidos por sericita muy fina se conservan los contornos pero no hay restos de planos de maclas o zonación. Los relictos alcanzan el 35% del volumen de la roca. No se observan restos de ferromagnesianos.

La masa fundamental al igual que los fenocristales aparece sustituida por sericita fina, en zonas se conservan relictos de clorita, cúmulos de montmorillonita y en general hay diseminación de opacos, en especial hematita y algo de cuarzo criptocristalino.

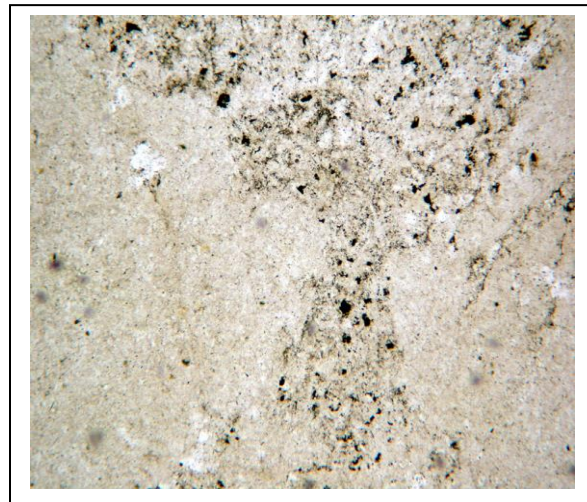
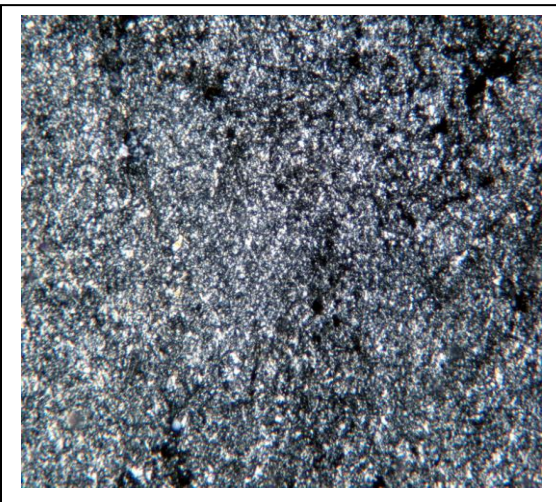
La distribución de la hematita responde a las bandas descritas en la muestra de mano, hay zonas más enriquecidas que otras, hay guías con limonitas. En la zona con mayor hematización hay cuarzo cristalino relleno de cavidades.

**Nombre de la roca: Andesita alterada.**

Sericita	Hematita	Cuarzo
Fuerte	Moderada	Débil



**Muestra QUIL 15.** Izquierda: Relictos de fenocristales de plagioclasa sericitizados, masa fundamental alterada, con sericita fina, clorita intersticial, abundantes opacos diseminados, foto corresponde a banda enriquecida con hematita. Derecha: Zona intermedia con mayor sericitización y disminución de los opacos. Ambas fotos con nicoles cruzados, aumento por 40 veces.



**Muestra QUIL 15.** Izquierda: Detalle de fenocristales de plagioclasas sericitizados, los contornos difusos por la alteración, nicoles cruzados, aumento por 40 veces. Derecha: la misma foto con nicoles paralelos, es posible diferenciar la masa fundamental con sericita, algo de clorita y diseminaciones de opacos.

## QUIL 10A

### Corte pulido

### Textura

Zona de veta maculosa con manchas gruesas de sulfuros (1mm y más) entre ganga blanca cuarzo y algo de limonitas en guías.

### Descripción microscópica

Zona de veta de pirita-calcopirita cuya ganga principal es cuarzo lechoso bien cristalizado. La pirita es el mineral principal, en general euhedral a veces en hábito piroédrico y con tamaños de cristales entre 0.5 y 1 mm.

La calcopirita se depositó importantemente rodeándola pero ahora quedan relictos centrales de pirita, en casos metasomatizada casi por completo por calcopirita. Las manchas originales de calcopirita tenían diámetros de hasta 1 cm

La calcosina secundaria es digenita. Parece acompañarse de una cierta disminución de volumen respecto de la calcopirita reemplazada lo que se suple con limonitas dándole un efecto de textura esponjosa compuesta de calcosina y limonitas. Este par de minerales pueden conformar manchas gruesas, sin relictos de calcopirita, de hasta 5mm También hay finos rebordes de limonitas por pirita en sectores sin calcosina.

Se recorrió el corte sistemáticamente en aceite y con 500 aumentos No se encontró oro visible. La pirita contiene frecuentes inclusiones de calcopirita de no mas 0.5 um

Raro en calcopirita y en cuarzo se divisa "gusanito" talvez de electrum pero muy dudoso.

### Minerales presentes

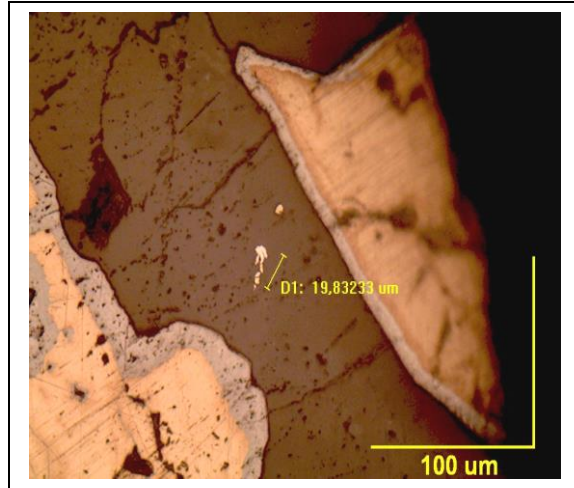
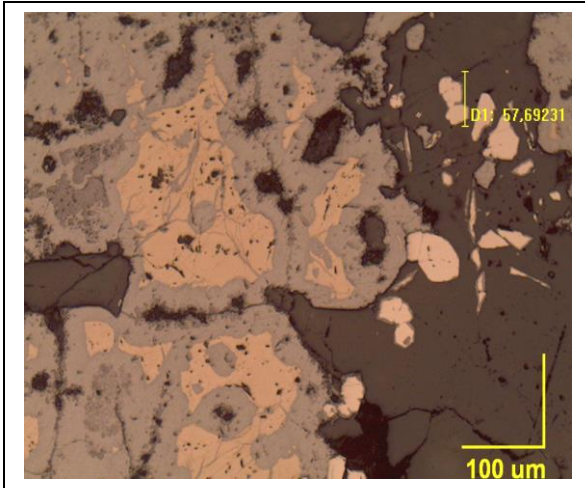
Mineral	% en Volumen	Mineral	% en Vol.
pirita	25	limonitas	1
calcopirita	5		
calcosina	10		

### Sucesión para genética tentativa

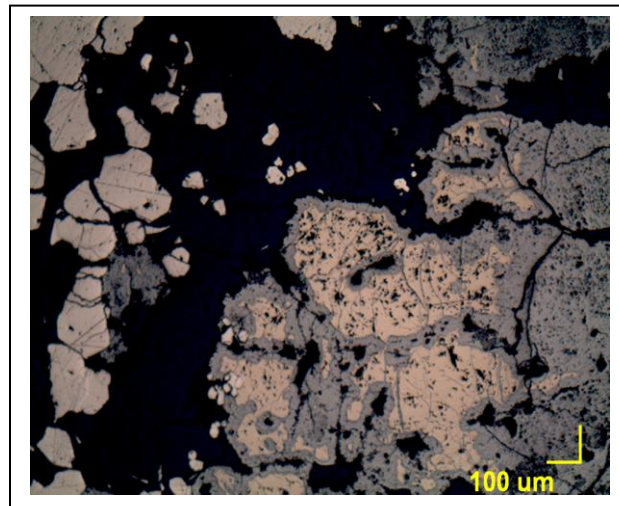
Pirita-calcopirita-calcosina-limonita

### Tipo de mena.

Veta de cuarzo pirita - calcopirita muy secundariamente enriquecida.



**Muestra QUIL 10.** Izquierda: Calcopirita con bordes gruesos de calcosina, algo de limonita (gris) A la derecha, cristales de pirita bien conservados en cuarzo. Aumento por 100 veces Derecha: al centro en cuarzo cristales deformados alargados vermiformes (dudoso electrum) y, a izquierda y derecha, calcopirita, con borde de calcosina. Aumento por 200 veces. N. paralelos.



**Muestra QUIL 10 A** A la izquierda pirita sin mayor calcopirita y, a la derecha, sector con abundante calcopirita siempre reemplazándose de borde a centro de sus granos por calcosina celeste. Aumento por 40 veces. N. paralelos

## **QUIL 11 A**

### **Corte pulido**

Zona de veta cuarcífera con sulfuros de Fe y Cu fuertemente limonitizados y con abundante ox de Cu verde bien cristalizados radiales tono verde de brochantita y otro celeste de crisocola menor.

### **Descripción microscópica**

Veta cuarcífera con buenos cristales subhedrales a euhedrales de cuarzo que marcan sus zonas de crecimiento acompañan un mena básicamente formada por pirita y calcopirita originalmente La pirita bastante euhedral esta en hábito cúbico y dodecaédrico, con cristales median originalmente hasta 3 mm La pirita estaba muy pura, raras veces con inclusiones menores de calcopirita. La mena se esta lixiviando y la pirita se rodea de amplios rebordes concéntrico bandeados de limonitas, goethita e hidrogenoethita.

La calcopirita se dispuso en pecas anhedrales casi siempre independientes de pirita y ahora también se encuentra importantemente transformada en calcosina, algo de covelina y limonita como borde exterior. Se conservan pecas pequeñas anhedrales dentro de cristales de cuarzo que la preservaron del avance de la oxidación

Se revisa todo el corte sistemáticamente para buscar trazas de oro pero no se encontró.

### **Minerales presentes**

Mineral	% en Vol.	Mineral	% en Vol.
Pirita	3	Ox. de Cu verdes	5
Calcopirita	0.4	Tipo crisocola	0.5
calcosina	0.1	Grupo limonitas	10
covelina	0.2		

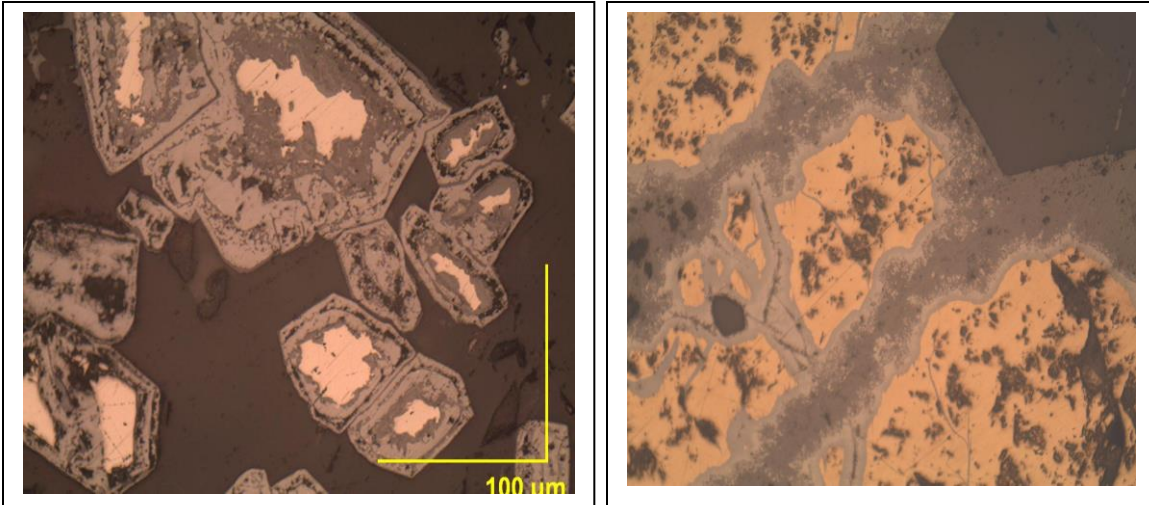
Los minerales verdes a veces en haces radiales finos sugieren brochantita. Hay algo de crisocola. dudosa de tono celeste y en menor cantidad.

### **Sucesión paragenética tentativa**

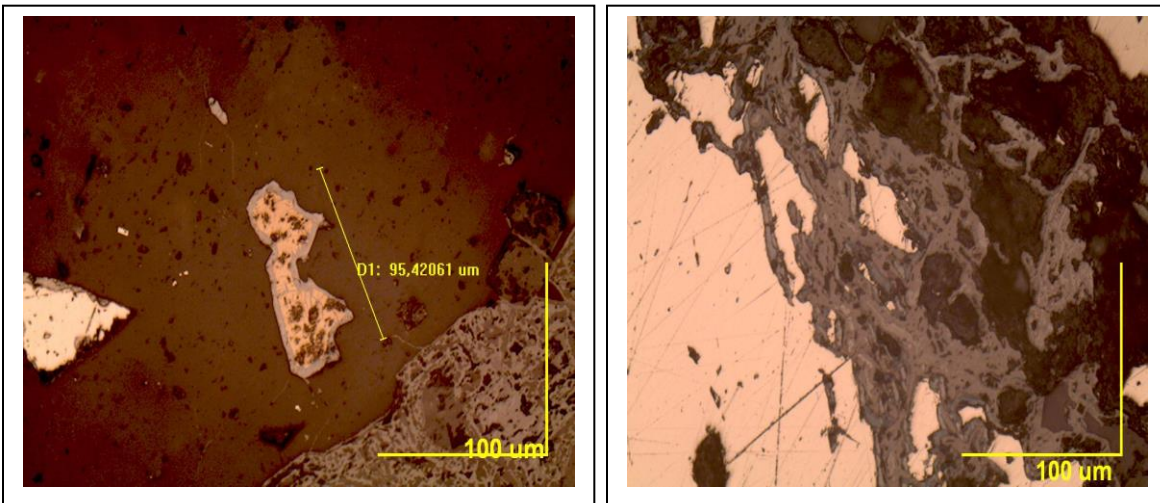
Pirita-calcopirita/ calcosina-covelina// grupo limonitas / brochantita crisocola

### **Tipo de mena**

Vetas piritocalcopiríticas en avanzado estado de oxidación.



**Muestra QUIL 11 A.** Izquierda: Cristales euhedrales de pirita con relictos centrales de la misma rodeados por sucesivas capas del grupo limonitas con distintas cristalinidades. Aumento por 200 veces. N. paralelos. Derecha: excepcional peca mayor de calcopirita conservada pero con bordes continuos de calcosina y trazas de covelina y francas limonitas hacia los bordes externos. Aumento por 200 veces. N. paralelos.



**Muestra QUIL 11 A.** Izquierda: Gránulo preservado en cuarzo con calcopirita rodeada de un borde fino de calcosina, abajo pirita completamente limonitizada y ya algo porosa. Aumento por 200 veces. N. paralelos. Derecha: avance de limonitización en pirita pero que deja capas con escasa covelina y calcosina entre la goethita. Ídem condiciones de observación. Aumento por 200 veces.

## **Muestra QUIL 12 A**

### **Corte pulido**

### **Textura**

En vetillas e intersticial.

### **Descripción microscópica**

Casi no hay minerales metálicos primarios.

Se trata de un roca porfídica bastante cataclastizada y cortada por vetillas de variados espesores con cuarzo y oxidados de Cu verdes al parecer brochantita y crisocola con frecuente hematita especular fina en conjuntos de haces desordenados. Hay posiblemente otros oxidados no reconocibles y algo de jarosita.

Muchas veces las ex magnetitas (0.3 mm de diám.) están ahora completamente alteradas. Sólo se conserva el reticulado cristalino típico entre leucoxeno y está reemplazado preferencialmente por esta suite secundaria de oxidados de Cu.

En vetillas más amplias hay dentro de brochantita, malaquita, escasas migajas finas diminutas de covelina secundaria. (<0.01mm) Demuestra que hubo sulfuros y no todo el mineral oxidado es indígena respecto de su ubicación actual. Tal vez solo en las vetillas de menor espesor (< 1mm) los óxidos de Cu serían exóticos respecto de su lugar de precipitación actual

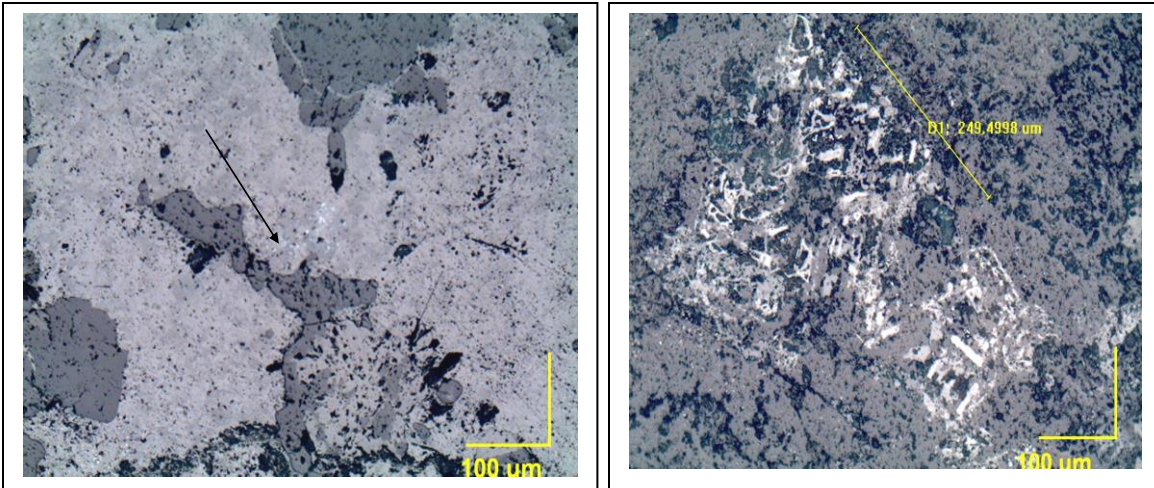
### **Minerales presentes**

Mineral	% en Vol.
brochantita	5
crisocola y malaquita	0.5
Especularita secund.	3
leucoxeno	2

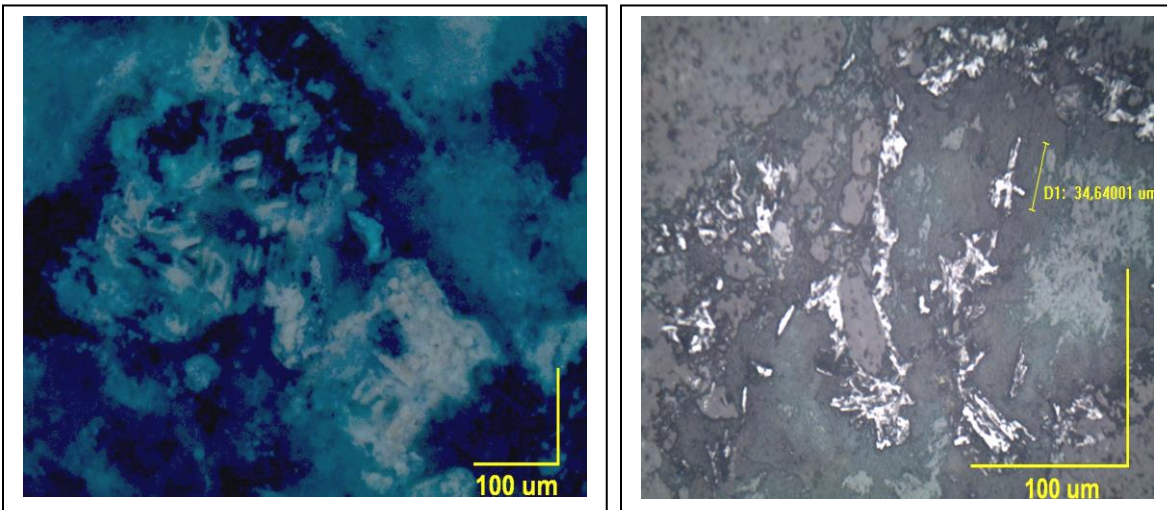
### **Tipo de mena**

Restos de enriquecimiento secundario pero ahora prima el óxido de Cu brochantita y otros.





**Muestra QUIL 12 A.** Izquierda: Zona de vetilla amplia con brochantita y, al centro, puntos blancos de covelita y calcosina secundaria preservadas .Aumento por 100 veces. N. paralelos. Derecha: ex magnetita de la que queda su sombra textural marcada por titanita y leucoxeno, ahora invadida por óxidos verdes y algo de cuarzo .Aumento por 100 veces. N. paralelos



**Muestra QUIL 12 A.** Izquierda: La misma foto anterior pero a nicols cruzados mostrando los reflejos verdes de brochantita entre leucoxeno y titanita En negro hematita secundaria Derecha: especularita en bastoncillos finos, secundaria entre cuarzo y óxidos verdes rellenando intersticios en la roca encajadora. Aumento por 200 veces. N. paralelos.