

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**ZONACIÓN Y TEMPORALIDAD RELATIVA DE LOS TIPOS DE ALTERACIÓN  
HIDROTHERMAL EN EL SECTOR LOS BRONCES DEL COMPLEJO PORFÍDICO Cu-Mo RÍO  
BLANCO-LOS BRONCES, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO**

**ALVARO ALFREDO ABARZÚA ACEVEDO**

**PROFESORA GUÍA:  
VICTOR MAKSAEV JURCHUC**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
KATJA DECKART  
CESAR MONTENEGRO AMPUERO**

**SANTIAGO DE CHILE  
MAYO 2014**

RESUMEN MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO GEÓLOGO  
POR: ALVARO ABARZÚA A.  
FECHA: 25/03/2014  
PROF. GUÍA: Sr. VICTOR MAKSAEV J.

**“ZONACIÓN Y TEMPORALIDAD RELATIVA DE LOS TIPOS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL EN EL SECTOR LOS BRONCES DEL COMPLEJO PORFÍDICO Cu-Mo RÍO BLANCO-LOS BRONCES, REGIÓN METROPOLITANA, CHILE.”**

El sector Los Bronces, perteneciente a la compañía minera Anglo American, se ubica en la franja metalogénica del Mio-Plioceno de Chile Central alojado en lado oriental del Batolito San Francisco a unos 65 km al noreste de la ciudad de Santiago sobre la Cordillera de los Andes inmediatamente al oeste del sector de Río Blanco, perteneciente a la compañía minera Codelco, a una altura que va desde los 3600 hasta los 4200 m s.n.m. entre las coordenadas geográficas 33°08' latitud sur y 70°15' longitud oeste. Representa uno de los más grandes complejos porfídicos mineralizados conocidos en el mundo (estimado > 1.500 Mt con 1% Cu y 0.02 % Mo).

En este trabajo de tesis se presentan los resultados del estudio geológico de la caracterización y temporalidad relativa de los tipos de alteración hidrotermal en el sector Los Bronces, esto con el objetivo de obtener un modelo conceptual de distribución para la alteración y que sirva como pilar para un futuro modelo de alteración del yacimiento que conjugue los diversos parámetros involucrados.

En base al mapeo de litología y alteración de 16 sondajes, que en conjunto suman más de 11.000 metros, distribuidos en cuatro secciones este-oeste y con el apoyo de una caracterización petrográfica que comprende el estudio de 90 secciones transparentes, se definieron tres grupos principales de alteración: Grupo Potásico, Grupo Fílico y Grupo Propilítico. Cada grupo está conformado por distintas asociaciones minerales de alteración, las que reflejan una extensa y compleja historia de hidrotermalismo la que aún está llena de interrogantes.

Una de las mayores problemáticas en el sector ha sido la diferenciación entre minerales primarios de origen magmático y minerales secundarios de origen hidrotermal, esto se hace altamente complejo ya que la evolución del yacimiento ocurre en paralelo a la evolución más tardía del Batolito San Francisco. Con el estudio de las alteraciones tanto a nivel macroscópico como microscópico fue posible establecer criterios claros para poder discriminar en la mayoría de los casos entre feldespato potásico de alteración y feldespato potásico primario. Obteniendo que en los casos que se tiene texturas de intercrecimiento entre cuarzo y feldespato potásico del tipo mirmequítica y/o gráfica, estas serían de origen magmático o primario, mientras que cuando el feldespato ocurre en halos de vetillas rellanas de cuarzo-anhidrita este corresponde a feldespato potásico producto de alteración, es decir por efecto de fluidos hidrotermales.

Tras considerar las observaciones realizadas se concluye que los eventos de alteración hidrotermal responden a tres etapas (temprana, principal, tardía) no vinculadas a un único evento. La alteración potásica ha tenido un menor desarrollo que en el sector de Río Blanco ubicado al este de Los Bronces, o bien, se encuentra en niveles más profundos. La alteración más abundante reconocida fue la de tipo propilítica y en segundo orden la de tipo fílica la que está claramente controlada por cuerpos de brecha y por estructuras de orientación NE que favorecen la permeabilidad. Muchos de los eventos tardíos poseen minerales ricos en As, Ag, Zn y Pb.

***A Natalia y León, mis motores***

## Agradecimientos

Este trabajo de memoria de título ha sido financiado en su totalidad por la Superintendencia de Geología de la empresa Anglo American. Se agradece especialmente al equipo de trabajo de planta y testigoteca Las Tórtolas, por su buena onda y gran compañerismo. A mi tutor y miembro de la comisión Cesar Montenegro, quien además de brindarme su conocimiento en geología, apoyarme y guiarme en este trabajo fue un compañero y amigo. Agradezco también a todo el personal de Guíñez por brindarme su apoyo y servicio en cada momento.

Agradezco a mi familia por su constante apoyo en este largo camino, a mis hermanos que gracias a su aún niñez me alegran con su simple forma de ser y a Natalia y León quienes me animan y alegran cada día.

A Blanquita, quien siempre estuvo atenta y dispuesta a ayudarme. A muchos de mis profesores que me acompañaron durante la carrera, en especial a Gabriel Vargas, Patilo, Luis Aguirre y Francisco Hervé por su buena onda, simpatía y sabiduría. A Victor Maksaev y Katja Deckart quienes con su amplio conocimiento y experiencia me guiaron y ayudaron a dilucidar múltiples interrogantes.

Agradezco a los científicos que respondieron mis dudas vía e-mail, permitiendo ampliar aún más mi conocimiento. A Miguel Ubilla por ayudarme con las muestras calcográficas. A la Sra. Lan Yen Ip y Carla Latorre por ayudarme con el estudio de las muestras. A muchos de los geólogos que me ayudaron con el estudio e interpretación de resultados, en especial a Mauricio Carranza quien siempre estuvo dispuesto a discutir, aportar y retroalimentar mis ideas. También una especial mención a Mauricio Calderon, quien con su experiencia me ayudo a enfocar ciertas problemáticas desde nuevas perspectivas.

A mis compañeros de Geología y de plan común, en especial a los “cabros”, Juanfi, Venao, Pancho P., Gordo, Flowers, “Los Vi corti”, Feñi, Fel, Flop, Pancha C., Chequetere, Rob y a todos los compas de Campo I, Campo II y el inolvidable Campo III. Con todos ustedes reí, aprendí, canté, bailé, estudié y he compartido momentos realmente valiosos para mí.

Definitivamente me ha faltado gente por mencionar, pero no cabe duda que cada uno de mis recuerdos y personas que han marcado y formado lo que soy estarán siempre en mi corazón.

Sin todos ustedes, sin duda este ni este trabajo ni yo sería lo mismo.... Gracias!



# TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| <b>Capítulo 1 Introducción</b> .....   | 6  |
| 1.1. Objetivos .....   | 6  |
| 1.2. Hipótesis de trabajo .....  | 6  |
| 1.3. Ubicación y vías de acceso .....  | 7  |
| 1.4. Metodología .....   | 8  |
| 1.4.1. Trabajo de terreno .....  | 8  |
| 1.4.2. Trabajo de gabinete .....   | 11 |
| 1.5. Alcances y limitaciones .....   | 11 |
| 1.6. Antecedentes Bibliográficos.....  | 12 |
| <b>Capítulo 2 Marco Geológico Regional</b> .....                                   | 17 |
| 2.1. Generalidades .....   | 17 |
| 2.2. Rocas Estratificadas.....   | 17 |
| 2.2.1. Formación Abanico (Aguirre, 1960) .....                                     | 18 |
| 2.2.2. Formación Farellones (Rivano, 1990).....                                    | 18 |
| 2.2.3. Formación Colorado-La Parva (Thiele, 1980) .....                            | 19 |
| 2.2.4. Cuaternario .....   | 19 |
| 2.3. Rocas Intrusivas.....   | 20 |
| 2.3.1. Intrusivos Miocénicos.....  | 20 |
| 2.3.2. Cuerpos Subvolcánicos del Mioceno tardío al Plioceno .....                  | 20 |
| 2.4. Marco Metalogénico .....  | 22 |
| <b>Capítulo 3 Geología Distrital</b> .....   | 25 |
| 3.1. Litologías del Distrito Río Blanco-Los Bronces .....                          | 27 |
| 3.1.1. Unidades Pre-mineral.....   | 27 |
| 3.1.2. Unidades Intra- a Tardi-mineral .....                                       | 30 |
| 3.1.3. Unidades Post-mineral .....   | 31 |
| 3.2. Estructuras del sector Los Bronces .....                                      | 32 |
| 3.3. Complejo de Brechas Los Bronces (Warnaars et al., 1985; Contreras, 2003)..... | 34 |
| 3.3.1. Generalidades .....   | 34 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.2. Tipos de Brechas .....   | 35        |
| 3.4. Alteración hidrotermal y mineralización .....                                    | 40        |
| 3.4.1. Alteración Potásica .....  | 40        |
| 3.4.2. Alteración Fílica .....  | 41        |
| 3.4.3. Alteración Propilítica .....   | 42        |
| 3.5. Clasificación de Vetillas para Los Bronces .....                                 | 43        |
| 3.5.1. Tempranas .....  | 43        |
| 3.5.2. Transicionales .....   | 44        |
| 3.5.3. Tardías .....  | 46        |
| <b>Capítulo 4 Alteración Hidrotermal en el sector Los Bronces .....</b>               | <b>47</b> |
| 4.1. Introducción .....   | 47        |
| 4.2. Petrografía y Caracterización de alteración hipógena .....                       | 47        |
| 4.2.1. Grupo Potásico .....   | 54        |
| 4.2.2. Grupo Propilítico .....  | 62        |
| 4.2.3. Grupo Fílico .....   | 66        |
| <b>Capítulo 5 Zonación de alteraciones .....</b>                                      | <b>69</b> |
| 5.1. Base del modelo .....  | 69        |
| 5.1.1. Generalidades .....  | 69        |
| 5.1.2. Secciones de trabajo .....   | 70        |
| 5.2. Modelamiento de alteración hidrotermal .....                                     | 72        |
| 5.2.1. Resultados .....   | 73        |
| 5.3. Base de datos .....  | 77        |
| <b>Capítulo 6 Discusión, conclusiones y recomendaciones .....</b>                     | <b>80</b> |
| 6.1. Discusión .....  | 80        |
| 6.1.1. Alteración temprana, procesos tardi-magmáticos y mineralización asociada ..... | 80        |
| 6.1.2. Eventos tardíos .....  | 82        |
| 6.1.3. Secuencia Paragénética .....   | 84        |
| 6.2. Conclusiones .....   | 86        |
| 6.3. Recomendaciones .....  | 87        |
| <b>Capítulo 7 Bibliografía .....</b>  | <b>88</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>   | <b>94</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

| Tablas   | Páginas |
|--|---------|
| 1.1 : Sondajes y secciones de estudio  | 9       |
| 2.1 : Principales características del pórfido cuprífero Río Blanco-Los Bronces | 23      |
| 4.1 : Resumen de 90 muestras estudiadas  | 50      |
| 5.1 : Coordenadas con límites de trabajo                                       | 69      |
| 6.1 : Secuencia paragenética para el sector Los Bronces                        | 85      |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO A: Abreviaciones                              | 94  |
| ANEXO B: Descripciones petrográficas                | 95  |
| ANEXO C: Base de datos modelo – Mapeo de alteración | 186 |
| ANEXO D: Mineralización asociada a evento tardío    | 196 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figuras   | Páginas |
|---|---------|
| 1.1 : Mapa de ubicación y accesos   | 5       |
| 1.2 : Mapa litológico-estructural   | 7       |
| 2.1 : Mapa geológico regional   | 20      |
| 2.2 : Sub-franja metalogénica Neógena de Chile Central                          | 21      |
| 2.3 : Patrón estructural de la franja cuprífera del Mioceno a Plioceno temprano | 23      |
| 3.1 : Mapa geológico simplificado del distrito                                  | 25      |
| 3.2 : Composición de 33 muestras del Batolito San Francisco                     | 28      |
| 3.3 : Mapa estructural de Los Bronces   | 33      |
| 3.4 : Mapa litológico del distrito  | 39      |
| 4.1 : Vista con visualización de muestras recolectadas                          | 48      |
| 4.2 : Microfotografía de vetillas tipo A  | 55      |
| 4.3 : Microfotografía de texturas de intercrecimiento                           | 56      |
| 4.4 : Microfotografía asociaciones Ksil   | 57      |
| 4.5 : Microfotografía asociaciones SGV  | 59      |
| 4.6 : Microfotografía asociaciones BtCl con biotita dominante                   | 61      |
| 4.7 : Microfotografía asociaciones ATE  | 63      |
| 4.8 : Microfotografía asociaciones ClEp   | 64      |
| 4.9 : Microfotografía asociaciones ClBt con clorita dominante                   | 65      |
| 4.10 : Microfotografía asociaciones QS  | 67      |
| 4.11 : Microfotografía asociaciones SCC   | 68      |
| 5.1 : Vista en planta del sector Los Bronces con secciones de trabajo           | 70      |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.2 | : Vista en detalle de secciones de trabajo   | 71 |
| 5.3 | : Vista en planta de secciones de trabajo con modelo litológico de bloques superpuesto | 73 |
| 5.4 | : Vistas isométricas de zonación de alteraciones                                       | 74 |
| 5.5 | : Secciones de trabajo con zonación de alteraciones                                    | 76 |
| 5.6 | : Gráficos con distribución de alteraciones mapeadas                                   | 78 |
| 5.7 | : Gráficos con distribución de clorita v/s biotita dentro de asociación ClBt           | 78 |
| 5.8 | : Gráficos con distribución de grupos modelados y litologías mapeadas                  | 79 |
| 6.1 | : Microfotografía de sondaje LB4706 en metro 141.95                                    | 81 |
| 6.2 | : Vista en planta con distribución de bornita  | 82 |
| 6.3 | : Diagrama de fugacidad de azufre v/s temperatura                                      | 83 |

# Capítulo 1 Introducción

El distrito Cu-Mo Río Blanco-Los Bronces localizado en el arco magmático del Mioceno tardío al Plioceno temprano de Chile central, ha sido foco de exploraciones y actividades mineras desde su descubrimiento en 1864 (Irrarrázaval et al., 2010). La producción a escala pequeña comenzó en 1906, mientras que la producción a gran escala comenzó en 1969 en Río Blanco (Sillitoe y Perelló, 2005). Actualmente se explota de forma subterránea y a través de rajos por las compañías mineras Codelco (sectores Río Blanco, Don Luis y Sur-Sur) y Anglo American (sector Los Bronces: Infiernillo y Donoso).

El Cu y Mo contenidos están asociados al emplazamiento de cuerpos de brechas hidrotermales y pórfidos. Ambos caracterizados por diferentes litologías y alteraciones, lo que trae como consecuencia, una alta complejidad en la distribución de estas últimas, especialmente debido a la sobreimposición de eventos y pulsos porfídicos mineralizadores. Adicionalmente existe incertidumbre sobre la continuidad de dichas alteraciones en profundidad.

Por este motivo la Superintendencia de Geología de la compañía Anglo American - División Los Bronces ha solicitado realizar un estudio sobre la distribución de las alteraciones hidrotermales que afectan al yacimiento. En particular, este estudio se centra en los rajos Infiernillo y Donoso ubicados sobre el Complejo de Brechas Los Bronces en el sector homónimo el que se localiza justo al lado oeste del sector Río Blanco.

## 1.1. Objetivos

El **objetivo general** de este trabajo es obtener un modelo conceptual de la zonación de los tipos de alteración hidrotermal hipógena para el sector Los Bronces, apoyándose en la caracterización y estudio de la temporalidad relativa de los eventos de alteración en el sector.

Para lograr el objetivo general se deben cumplir los siguientes **objetivos específicos**:

- Identificar y caracterizar las distintas etapas y tipos de alteración hidrotermal.
- En base a la mineralogía observada, definir una secuencia paragenética para el sector.
- Establecer la continuidad de los distintos tipos de alteración hidrotermal, además de su posible control litológico y/o estructural.

## 1.2. Hipótesis de trabajo

En el sector Los Bronces existe una sobreimposición de eventos de alteración hidrotermal. Los tipos de alteración reconocidos representarían, a lo menos, una zona de transición externa y distal a un sistema porfídico mineralizado ubicado en el sector Río Blanco, encontrándose el sector de estudio más cerca de una zona propilítica que de una zona potásica de alta intensidad.

### 1.3. Ubicación y vías de acceso

El sector Los Bronces se ubica a unos 65 km al noreste de la ciudad de Santiago, sobre la Cordillera de los Andes, inmediatamente al oeste del sector de Río Blanco en el Valle San Francisco a una altura que va desde los 3600 hasta los 4200 m s.n.m. entre las coordenadas geográficas 33°08' latitud sur y 70°15' longitud oeste.

El acceso a la mina se hace desde Santiago por la ruta que lleva a Farellones hasta el sector de Corral Quemado, tomando la desviación norte por alrededor de 33 km (Figura 1.1).

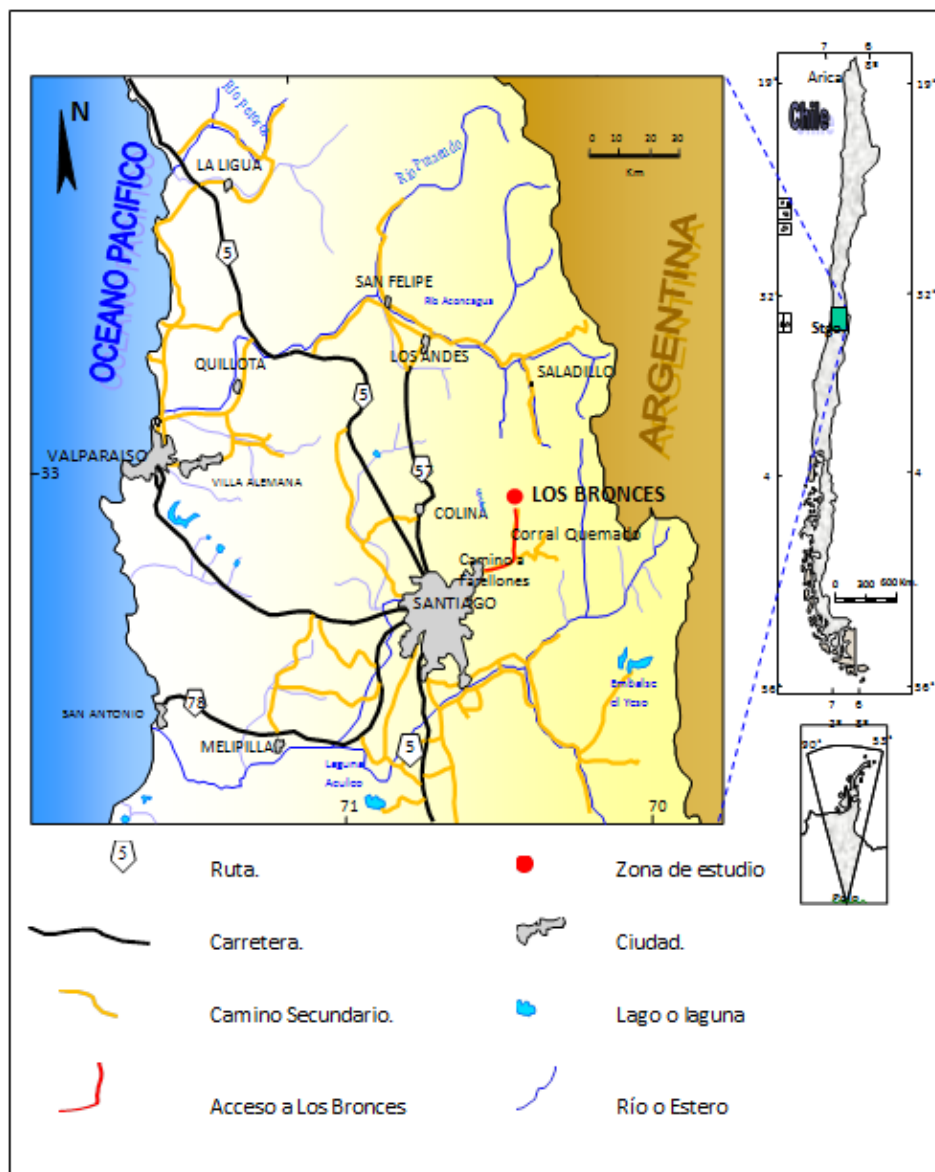


Figura 1.1: Mapa de ubicación y accesos a la mina Los Bronces. (Tomado de Barros, 2007)

## **1.4. Metodología**

La presente memoria se lleva a cabo durante Septiembre de 2013 a Marzo de 2014, en turnos regulares de Lunes a Viernes en la Testigoteca de planta Las Tórtolas. Adicionalmente se realizaron visitas al sector mina en Los Bronces. El sector de estudio se acotó entre las coordenadas mina 98.400N – 100.800N y 99.800E – 101.400E, abarcando un área de 3,84 km<sup>2</sup> (2,4 km de largo x 1,6 km de ancho).

Para cumplir con los objetivos anteriormente planteados, se han realizado las siguientes etapas de trabajo:

ETAPA 1: Estudios bibliográficos de pórfidos cupríferos. En esta etapa se realizó una recopilación de trabajos anteriormente realizados en la zona de estudio, tanto de la geología del yacimiento Río Blanco-Los Bronces como también de otros pórfidos asociados a la franja del Mioceno tardío-Plioceno temprano. Además se revisaron informes internos y memorias relacionadas con el presente estudio.

ETAPA 2: Trabajo de terreno, el cual incluye selección de secciones E-W que abarquen la zona de estudio y muestren la mayor heterogeneidad de litologías y alteraciones; selección de sondajes representativos para cada sección; revisión de sondajes y selección de muestras para caracterizar las alteraciones hidrotermales presentes.

ETAPA 3: Estudio y envío de 90 muestras para corte transparente con el fin de obtener un estudio detallado de la mineralogía de alteración y complementar la caracterización de éstas. Adicionalmente se realizaron 3 cortes pulidos en 2 muestras que se consideraron de interés.

ETAPA 4: Trabajo de gabinete, el cual incluye interpretación de resultados, agrupación de muestras en base a similitudes litológicas y de alteración y confección de un modelo preliminar, en el cual se puede visualizar la zonación de las alteraciones principales, utilizando los software Leapfrog y Minesigth.

ETAPA 5: Redacción de la tesis, conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

### **1.4.1. Trabajo de terreno**

El trabajo en terreno se realizó en la Testigoteca de planta Las Tórtolas donde se encuentran los sondajes de todas las campañas realizadas en el sector por diversas empresas mineras desde tiempos históricos, las cuales suman más de 500.000 metros perforados y abarcan campañas desde los años 1967-1971 por la compañía minera francesa Peñarroya, pasando por campañas realizadas entre 1990 y 1991 por la Compañía Minera Disputada de las Condes (Exxon), hasta campañas que van desde el 2004 y continúan actualmente lideradas por equipo de geólogos de exploraciones de Anglo American Sur. Los sondajes estudiados corresponden a sondajes netamente exploratorios CAT3 y CAT4 realizados en campañas entre el 2004 y el 2011. La base de datos se manejó utilizando el software Acquire.



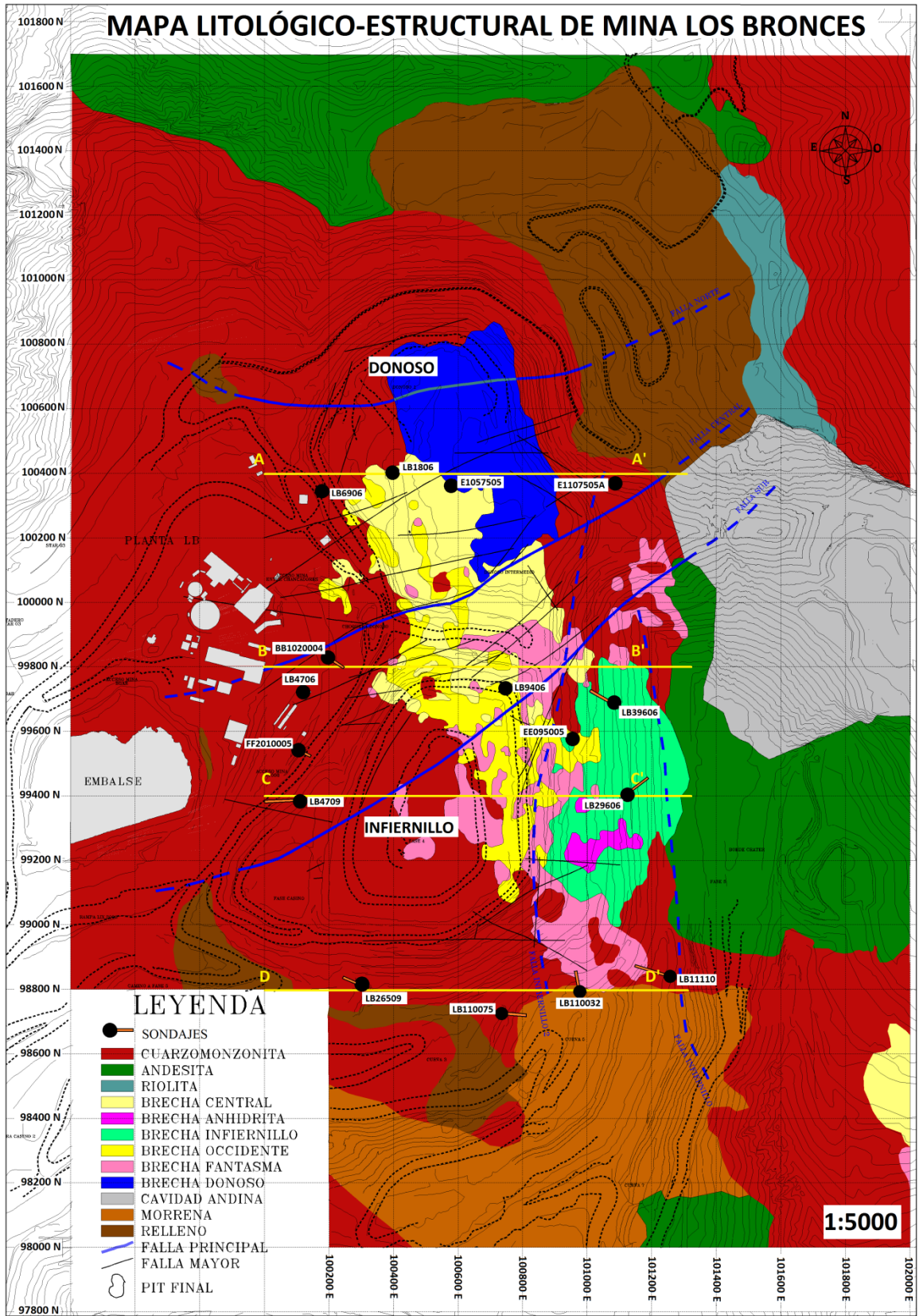


Figura 1.2: Mapa Litológico-estructural a escala 1:5000 del sector Los Bronces abarcando los rajos Donoso al norte e Infiernillo al sur. (Obtenido y modificado desde modelo de bloques litológico 2013)

Se eligieron 4 secciones este-oeste representadas por las coordenadas mina: 98800N (D-D'), 99500N (C-C'), 99800N (B-B') y 100400N (A-A') (Fig. 1.2). Para cada sección se seleccionaron cuatro sondajes de mapeo para representar la zonación de las alteraciones (Tabla 1.1). Los criterios de selección fueron cobertura del área de estudio, continuidad litológica entre las secciones y continuidad entre los sondajes de las secciones adyacentes. A medida que se desarrollaba el mapeo de litología y alteración se seleccionaron muestras representativas de todos los eventos de alteración reconocidos en el sector. Se revisó un total de 16 sondajes sumando más de 11.000 metros de testigos de roca y se seleccionaron 282 muestras las cuales se agruparon en base a similitudes litológicas y de alteración.

Tabla 1.1: Sondajes elegidos para el estudio, distribuidos en 4 secciones este-oeste.

| Sección | Sondajes seleccionados |          |          |          |         |        |
|---------|------------------------|----------|----------|----------|---------|--------|
|         | HOLEID                 | PROJECT  | EAST     | NORTH    | COTA    | DEPTH  |
| 98800N  | LB26509                | CAT42009 | 100304.4 | 98812.3  | 3550.5  | 821.3  |
|         | LB110075               | CAT42011 | 100725.8 | 98725.95 | 3696.91 | 926.1  |
|         | LB110032               | CAT42011 | 100978.3 | 98782.56 | 3783.33 | 1087.6 |
|         | LB11110                | CAT42010 | 101253.3 | 98841.02 | 3914.3  | 839.2  |
| 99500N  | LB4709                 | CAT42009 | 100101.2 | 99386.44 | 3490    | 478.45 |
|         | FF2010005              | CAT42005 | 100107.8 | 99540.54 | 3487.7  | 699.9  |
|         | EE095005               | CAT42005 | 100948.8 | 99577.36 | 3552    | 880.7  |
| 99800N  | LB29606                | LBXP2006 | 101114.7 | 99398.95 | 3727    | 692.3  |
|         | LB4706                 | COND2006 | 100118.5 | 99724.59 | 3460.6  | 610.6  |
|         | BB1020004              | LBXP2004 | 100201.2 | 99825.1  | 3463.5  | 616.2  |
|         | LB9406                 | LBXP2006 | 100746   | 99734.86 | 3422.3  | 551.3  |
| 100400N | LB39606                | LBXP2006 | 101082.7 | 99687.64 | 3702.7  | 636.6  |
|         | LB6906                 | CAT42006 | 100181.3 | 100345.5 | 3521.5  | 421.5  |
|         | LB1806                 | CAT42006 | 100404.4 | 100401.6 | 3592    | 612    |
|         | E1057505               | CAT42005 | 100575.6 | 100360.9 | 3602.9  | 787.9  |
|         | E1107505A              | CAT42005 | 101082   | 100370.8 | 3753.5  | 1120   |

## **1.4.2. Trabajo de gabinete**

Se hizo una breve descripción a escala macroscópica de todas las muestras recolectadas, identificando litología, minerales y sus respectivas alteraciones hidrotermales presentes. Del total de muestras seleccionadas se realizó dos envíos de 40 muestras y uno de 10 muestras, obteniendo así 90 muestras para estudios de microscopía óptica por medio de cortes transparentes; a tres muestras de interés particular se le realizaron estudios calcográficos en base a cortes pulidos. Ambos trabajos fueron realizados por el laboratorio GEOMAQ LTDA., a cargo de la Sra. Lan-Yen Ip y Carla Latorre. Luego se revisaron los cortes en el laboratorio de microscopía óptica de las oficinas de Las Tórtolas, para así, con toda esta información caracterizar y representar los eventos de alteración del sector.

Finalmente se interpretaron todos los datos obtenidos, caracterizándose de esta manera los eventos de alteración hidrotermal y confeccionándose un modelo preliminar para la distribución de la alteración hidrotermal en el sector. Para la elaboración del modelo preliminar se utilizó el software Minesight para la visualización 3D de los sondeos y el software LeapFrog versión Mining para la modelación de los sólidos 3D de alteración.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

Los eventos de alteración y su diferenciación se establecen a partir de la caracterización macroscópica, en primera instancia, y posterior estudio de microscopía óptica. Se utilizó como base para este estudio las asociaciones minerales de alteración descritas en el protocolo de mapeo utilizado actualmente en la testigoteca.

La superposición de eventos, reapertura de vetillas y/o brechización frecuentemente modifican u obliteran las características de la roca, lo que redundo en información incompleta o nula.

Para la visualización de los datos se consideró solamente la alteración dominante; en ocasiones tramos de escasa continuidad se ignoraron y diluyeron dentro de la alteración dominante. Esto con el fin de no modelar tramos de escasos metros que distorsionan la información global. Por esta razón en ocasiones existen muestras de corte transparente que no son representativas del tramo modelado.

Existen cajas de testigos correspondientes a campañas antiguas (aproximadamente desde el 2006 hacia atrás), las cuales no pudieron ser encontradas físicamente en algunos de sus tramos o en todo el sondeo. Sumado a esto existen campañas a las cuales se le han retirado trozos de testigos para diversos estudios previos a éste.

Este estudio busca caracterizar y generar un modelo grueso y preliminar de la distribución de la alteración hipógena del sector. En línea con esto, los grupos principales definidos buscan mostrar una distribución continua y con cierta homogeneidad, considerando la escasa densidad de información

utilizada para la construcción de sólidos. Sin embargo, para obtener un modelo acabado y detallado de alteración para el sector los Bronces, se hace necesario incorporar y actualizar la información de más sondajes, además de separar los grupos en sus respectivas asociaciones minerales de alteración.

## 1.6. Antecedentes Bibliográficos

**Mayer y Ball (1927).** Describen las unidades litológicas que afloran en el yacimiento Río Blanco-Los Bronces, junto con estructuras y mineralización. Definiendo la asociación que existe entre intrusivos cuarzomonzoníticos y un sistema de brechas hidrotermales, con un tren de dirección NNW-SSE.

**Alfaro (1969).** Realiza un estudio geológico de la Mina Los Bronces en el cual plantea el origen hidrotermal de las brechas que en esa zona intruyen al Batolito San Francisco y a los pórfidos tardíos. Para el cuerpo de brechas determinó una extensión alargada N-S y dimensiones del orden de 2.1 x 0.6 Km. Este autor, separó tres zonas de brechas hidrotermales: a) zona norte y sur del complejo de brechas, clastos angulares a subangulares, matriz menor al 15% y mineralización masiva de sulfuros; b) zona central, clastos subangulares a subredondeados, matriz entre 30 a 60% y mineralización diseminada de sulfuros finos en la matriz y c) fase tardía de emplazamiento de turmalina negra, constituyendo porcentajes del orden de 40 a 80% en el volumen de la brecha.

**Blondel (1980).** Estudia los pórfidos de composición cuarzomonzoníticos y cuarzomonzodioríticos en el interior de la mina subterránea Don Luis, del yacimiento Río Blanco, definiéndolos como diques de rumbo N27°W y pequeños apófisis que aumentan de diámetro en profundidad y se agrupan en un cuerpo mayor, que intruye a la granodiorita Río Blanco biotitizada y a las brechas hidrotermales.

**López y Vergara (1982).** Determinan la abundancia de tierras raras y razones isotópicas de Sr y Nd en granodioritas del Batolito San Francisco, obteniendo razones similares a granodioritas del Terciario superior y andesitas pliocuaternarias estériles de la zona; la concentración metálica en Río Blanco-Los Bronces sería producto, principalmente, por fluidos hidrotermales durante las fases finales de la evolución magmática y no por una fuente rica en metal.

**Stambuk *et al.* (1982)** Estudian la geología del yacimiento Río Blanco e indican que el cuerpo de brechas de Los Bronces es equivalente a los cuerpos de brecha de turmalina reconocidos en los sectores Río Blanco y Sur-Sur.

**López y Vergara (1984).** En el sector Río Blanco realizan un estudio del complejo volcánico pliocénico La Copa, proponiendo que este estaría constituido por tres unidades, que representan episodios intrusivos y extrusivos. Las rocas son de composición principalmente dacítica y riolítica, con alto contenido de sílice y bajo de Mg y Ca, mostrando un carácter fuertemente diferenciado.

**Warnaars et al. (1985)** Proponen que el Complejo de Brechas Los Bronces se sobrepone en el lado occidental a un sistema porfídico más joven, además de presentar un conjunto de dataciones radiométricas que son la base cronológica de la descripción de los eventos geológicos y de mineralización- alteración. En el distrito, definen siete tipos de brechas; éstas son de más antigua a más joven en base a relaciones de corte: Brecha Fantasma, Brecha Central, Brecha Occidente, Brecha Infiernillo, Brecha de Anhidrita, Brecha Gris Fina y Brecha Donoso.

**Skewes y Holmgren (1993)**. Mediante un estudio geotermométrico, infieren que entre los 11.3 y 4.9 Ma se produjeron entre 1.500 a 2.000 m de erosión sobre la roca intrusiva que hospeda a la Brecha Donoso y durante los últimos 4.9 Ma se han erosionado entre 500 y 1.000 m de rocas sobre esta brecha. Postulando que la tasa de erosión y la migración del arco magmático hacia el este en el Plioceno, se debió en parte al alzamiento tectónico por la disminución del ángulo de subducción, lo que aceleró el enfriamiento del sistema magmático y liberó gran cantidad de fluidos que fueron responsables de la formación de la Brecha Donoso y en general de las brechas hidrotermales en Chile Central.

**Skewes et al. (1994)** Identifican el tipo de alteración anfíbol y magnetita en un área extensa que rodea a la zona central potásica, en el yacimiento Río Blanco. Proponen que esta alteración puede ser encontrada en zona profunda aún no expuestas en los yacimientos del norte de Chile.

**Stambuk et al. (1994)**. Publican una integración de antecedentes geológicos, incluyendo la actualización de las estructuras, análisis isotópicos, inclusiones fluidas y zonación de la alteración hidrotermal. En esta publicación señalan que los rasgos geológicos y estructurales han llevado a los autores a desarrollar dos hipótesis: a) el emplazamiento de los cuerpos de brechas se encuentra asociado a fallas de rumbo y b) que el emplazamiento de calderas se encontraría en la intersección de megalineamientos de dirección N20°W y N60°W.

**Pichott (1996)**. Realiza un estudio de la distribución de la bornita y minerales diagnósticos de alteración del yacimiento Río Blanco. Analiza la relación entre los minerales de alteración con las unidades litológicas y los pulsos mineralizadores con el fin de conocer el modelo geológico del yacimiento.

**Serrano et al. (1996)**. Indican que el emplazamiento de los pórfidos mineralizadores y las brechas mineralizadas ocurren durante el Mioceno Tardío, en conjunto con los cambios en la química del magma y el engrosamiento de la corteza, en un período de tiempo menor a 3 Ma durante la última etapa de actividad magmática en la zona central de Chile. Además señala que aproximadamente el 50% del Cu contenido en el depósito ocurre en la matriz de brechas, en stockwork y diseminado en una zona de alteración potásica desarrollada durante el emplazamiento de brechas ricas en biotita en el Complejo Río Blanco y la intrusión del Pórfido Cuarzomonzónico. El otro 50% estaría contenido en brechas de turmalina.

**Vargas et al. (1999)**. Relacionan temporal y espacialmente las brechas, litología de las rocas encajadoras y la evolución de las vetillas de la roca de caja como de fragmentos de brechas del sector Río Blanco y Sur-Sur. Ellos consideran que las brechas con matriz de turmalina se transforman en profundidad en

brechas de matriz de biotita con sulfuros y feldespatos potásicos y que en Sur-Sur se encuentran cortadas por vetillas tempranas de cuarzo con sulfuros.

**Contreras (2003).** Mediante el estudio de sondajes profundos, modela la geología de la Mina Los Bronces y considera que esta mina es el resultado de la evolución de un sistema tipo Pórfido de Cobre que presenta todas las etapas de alteración. En este estudio además describe dos tipos de pórfidos: Pórfido Cuarzomonzodiorítico (PQMD) y Pórfido Cuarzomonzonítico (PQM), asociados al sistema y define tres brechas adicionales, a las ya conocidas, estas son: Brecha Ígnea, Brecha de Magnetita-Biotita y Brecha de Biotita.

**Frikken (2003).** Presenta un marco regional estructural de la geología del entorno de Los Bronces- Río Blanco, indicando que el emplazamiento del sistema de pórfidos cupríferos coincide con una zona de transferencia de dos fallas regionales de dirección NS, que denomina Falla San Francisco y Río Blanco, ubicadas cada una en los valles de los ríos homónimos. Junto a esto, presenta una recopilación de las edades radiométricas de las diferentes rocas y componentes de alteración reconocidos en el distrito, confirmando la cronología de eventos propuesta anteriormente. Define una secuencia paragenética para el sector Río Blanco y Sur-Sur.

**Skewes et al. (2003).** Señalan mediante estudios de petrología, inclusiones fluidas e isótopos estables, que la brechización y mineralización que dio origen a la Brecha Donoso, fue causada por la expansión de fluidos magmáticos desde un plutón en enfriamiento. Indica que la alteración sericitica de los clastos en la brecha fue causada por fluidos magmáticos y señala que hay prácticamente una nula participación de aguas meteóricas en la formación de la brecha Donoso. Señala dos eventos de alteración reconocidos en los clastos de la Brecha Donoso, uno vinculado a la generación de la brecha y otro ocurrido en la cuarzomonzonita, previo a la formación de la brecha.

**Sillitoe (2003 a y b).** En dos informes generados durante sus visitas, con el fin de orientar la exploración hacia blancos de pórfidos cupríferos en torno a la mina Los Bronces, propone realizar sondajes profundos que permitan reconocer la alteración potásica la cual se debiera ubicar, según el autor, bajo los 3.100 m de elevación y propone hacer un mapeo geológico orientativo para reconocer áreas de vetas y vetilleos polidireccionales en las rocas encajadoras del Complejo de brechas Los Bronces, un centro de alteración y mineralización prominente en el contexto del modelo de Pórfidos cupríferos.

**Gerencia de Exploraciones Categoría III (2003).** Redefinen las unidades litológicas separando la roca huésped (QM), en cuarzomonzonita de grano grueso (QMG) y cuarzomonzonita de grano fino (QMF). Destacan dos zonas de exploración: Extensión suroeste del Rajo Los Bronces y al lado este del complejo de Brechas Los Bronces. Además proponen un modelo de la distribución de la bornita, indicando un gran núcleo en profundidad en sentido NE-SW.

**Jara (2004).** Estudia la distribución y composición de la bornita, en relación con la génesis de Los Bronces, proponiendo a lo menos dos eventos generadores de bornita. Un primer evento temprano asociado a vetillas tipo A y B, mientras que un segundo evento tardío asociado a vetas tipo D con dirección N50°E. Además concluye a modo de recomendación, que los centros de bornita reconocidos

en profundidad principalmente en el extremo sur, indicarían que la mina tiene un potencial de crecimiento en dicha profundidad.

**Cooke et al. (2005).** Estudian las características, distribución y la tectónica relacionadas a los depósitos gigantes de pórfidos cupríferos. Asociando los grandes pórfidos cupríferos del pacífico a la subducción de dorsales asísmicas, cadenas montañosas submarinas y plateau oceánico bajo islas oceánicas y arcos continentales.

**Davidson et al. (2005).** Estudian los precursores magmáticos de los fluidos hidrotermales que dieron origen al depósito Río Blanco-Los Bronces, ligando esto a los magmas silicatados y al transporte de metales.

**Deckart et al. (2005).** Realizan la cronología de los eventos magmáticos e hidrotermales mediante la utilización de los métodos U-Pb y  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Indica que la mineralización de Cu-Mo está asociada temporalmente al emplazamiento de, al menos, el pórfido cuarzomonzonítico, el pórfido feldespático y el pórfido Don Luis del grupo de los pórfidos tardíos, y fue por lo tanto, contemporánea al ascenso de fundidos dacíticos a niveles subvolcánicos. Además concluye que la mayoría de las edades Ar-Ar y K-Ar publicadas anteriormente corresponden a edades debido al reseteo termal producto de la extensa actividad subvolcánica post-mineralización.

**Frikken et al. (2005).** Identifican una zonación mineralógica e isotópica en Río Blanco y en las brechas de turmalina de Sur-Sur, obteniendo evidencia de mezcla de fluidos, separación de fases, oxidación e interacción agua-roca durante la formación de la brecha Sur-Sur. Se reconoce una gradación en profundidad de las brechas, Pasando de brechas cementadas por turmalina a brechas cementadas por biotita en profundidad, similar a lo observado por Vargas et al., 1999.

**Barros (2007).** Estudia mediante petrografía, calcografía y técnicas de absorción atómica y microsonda electrónica la distribución del arsénico, bismuto, plomo, antimonio y las menas Ag y Au en la mineralización primaria de la mina Los Bronces. Indica que en el sector norte se encuentran altas concentraciones de dichos elementos asociado a estructuras NE profundas, que cortan la zona primaria y a pequeñas estructuras NW con menores concentraciones que solo afectan a la zona secundaria; dichas concentraciones estarían ligadas a eventos hidrotermales tardíos. En el sector sur ocurriría algo similar, pero siendo las estructuras NW las con mayores concentraciones.

**Irarrázaval et al. (2010).** Realiza un resumen de la historia del descubrimiento del yacimiento de clase mundial Los Sulfatos, indicando que la mineralización de cobre-molibdeno estaría relacionada a lo menos a dos centros porfídicos discretos y a un largo y compuesto complejo de brechas magmático-hidrotermal. Se presenta un mapa geológico distrital, mostrando el corredor mineralizado NNW-SSE, que muestra la ubicación de los principales yacimientos y prospectos.

**Piquer y Skarmeta (2012).** Presentan un nuevo modelo que describe la evolución tectónica de los Andes Central en Chile, en el área alrededor del sistema porfídico Río Blanco-Los Bronces. Sugieren que la evolución tectónica del área estaría fuertemente controlada por un sistema de fallas oblicuas NW-NNW

y NE pre-mineral que habría originado fallas normales. Estas controlarían la separación de abanico en dos sub-cuencas. Este sistema habría sido selectivamente reactivado durante la posterior compresión, donde las fallas NW-NNW muestran un movimiento inverso-sinistral, mientras que las fallas NE muestran un movimiento principalmente dextral. La reactivación ocurrió simultáneamente a la depositación de la Fm. Farellones y al emplazamiento de los pórfidos. La actividad magmática e hidrotermal fue fuertemente controlada por estas estructuras oblicuas pre-existentes.

**Carrizo et al. (2013).** Realiza un modelo estructural 3D y plantea siete dominios estructurales preliminares para la mina Los Bronces. Identificando las fallas mayores: Falla Norte (E-W), Falla Central (N60°E), Falla Sur (N60-65°E), Falla Infiernillo (N-S) y Falla Infiernillo 2 (N-S), todas se interpretan como fallas sub-verticales. Además redefine la falla riolita, como un contacto y no una falla.

**Toro et al. (2012).** Realizan un resumen detallado de la prolongada historia hidrotermal del distrito Río Blanco-Los Bronces, señalándolo como el yacimiento con la mayor concentración de cobre en el mundo. Con los recientes descubrimientos de 3.700 Mt @ 0.7% Cu en San Enrique Monolito y 4.500 Mt @ 0.9% Cu en Los Sulfatos, se añaden más de 65 Mt de cobre fino, obteniendo un total de más de 200 Mt de cobre fino para el distrito. En base a tipos de roca, quiebres estructurales y estudio de edades ya publicadas, los autores definen tres bloques, los cuales se hacen progresivamente más jóvenes al este: Los Piches Ortiga, San Manuel-El Plomo y Río Blanco-Los Bronces-Los Sulfatos. Además se indica que en el bloque Río Blanco-Los Bronces-Los Sulfatos, entre el 20 y 30% del cobre está asociado a brechas cementadas con material ígneo e hidrotermal; también señala evidencias del carácter sin-tectónico de la actividad magmática e hidrotermal.

**Deckart et al. (2013).** Estudio realizado en el sector Río Blanco en el que se realiza un refinamiento de la evolución en tiempo y espacio para el sistema porfídico Cu-Mo Río Blanco-Los Bronces, añadiendo nuevas edades U-Pb y Re-Os, además de termocronología  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Indica que el sistema porfídico incorpora, a lo menos, cinco intrusiones subvolcánicas y centros hidrotermales, los cuales se extienden por cerca de 5 Km, desde Río Blanco y Los Bronces en el norte, pasando por Don Luis, Sur-Sur, La Americana y finalmente Los Sulfatos al sur.

**Deckart et al. (2014).** Se realiza un estudio sobre el tiempo y duración de la actividad hidrotermal del sector Los Bronces. Se datan los sectores El Plomo en el extremo norte, Los Piches en el extremo sur y San Manuel y Los Bronces mina en el centro. Las edades más antiguas se obtienen en Los Piches con edades U-Pb de  $10.8 \pm 0.1$  y  $13.4 \pm 0.1$  Ma. En Los Bronces se tiene un rango de edad para los pórfidos de 8.49 a 6.02 Ma (U-Pb). Por otra parte, en Río Blanco se tiene un reseteo general de las edades Ar/Ar, el cual no fue reconocido en Los Bronces, donde las edades Ar/Ar usualmente reflejan la actividad hidrotermal relacionada a la intrusión de pórfidos. Además propone una relación con los patrones presentados en el distrito porfídico Los Pelambres-El Pachón y se establecen diferencias de edades de más antiguo a más joven.



## Capítulo 2 Marco Geológico Regional

### 2.1. Generalidades

El mega-yacimiento Río Blanco-Los Bronces se encuentra localizado en el arco magmático del Mioceno tardío al Plioceno temprano, en el límite de la Zona Volcánica Sur y el segmento de bajo ángulo. En el sector afloran rocas andesíticas pertenecientes a las Formaciones Abanico y Farellones de edad Oligoceno a Mioceno medio, intruidas por rocas plutónicas principalmente de tipo cuarzomonzonita y monzonita pertenecientes al Batolito San Francisco, de edad Mioceno inferior a medio, las que a su vez son cortadas en su parte oriental por un complejo de brechas mineralizadas de edad Mioceno superior a Plioceno inferior y pórfidos tardíos de edad Plioceno inferior (Serrano et al, 1996).

Desde el Eoceno al Mioceno temprano (36-20 Ma aproximadamente), un volcanismo continental de carácter toleítico a calcoalcalino (Formaciones Los Pelambres, Abanico y Coya-Machalí, de norte a sur respectivamente), se ha acumulado en cuencas extensionales de tras arco de rumbo N-S. Entre las latitudes 31° y 35° S la evolución magmática del Mio-Plioceno comprende dos etapas principales: (1) Durante el Mioceno temprano a tardío basaltos, dacitas y riolitas de carácter toleítico a calcoalcalino eruptadas desde estrato volcanes y complejos de domo (Formación Farellones), junto al emplazamiento de plutones granodioríticos y stocks mineralizadores. (2) Durante el Mioceno tardío a Plioceno temprano intrusiones de pórfidos en Río Blanco-Los Bronces y el Teniente, seguidos del emplazamiento de diatremas tardí a post-magmáticas no mineralizadas (Toro et al., 2012).

### 2.2. Rocas Estratificadas

Las rocas estratificadas presentes entorno al yacimiento corresponden a secuencias volcánicas y volcano-sedimentarias pertenecientes a las Formaciones Abanico, Farellones y Colorado-La Parva. Estas unidades han sido diferenciadas por la presencia de una discordancia angular que las separa, mayor plegamiento y una mayor intensidad de la alteración de las rocas de la Formación Abanico (Rivano et al., 1990). Además en el área se presentan depósitos no consolidados representados por sedimentos aluviales, fluviales, fluvio-glaciales y depósitos morrénicos.

### **2.2.1. Formación Abanico (Aguirre, 1960)** **Eoceno superior-Mioceno temprano**

La Formación Abanico fue definida por Aguirre (1960) en la provincia del Aconcagua. Las rocas de la formación se disponen en dos franjas norte-sur separadas por los afloramientos de la Formación Farellones (Figura 2.1). El margen oriental de la Formación Abanico está limitado por depósitos mesozoicos puestos en contacto principalmente a través de grandes fallas regionales (Charrier et al., 2002). En la Cordillera Principal de Chile central sobreyace a la Formación Colimapu de edad Hauteriviano – Albiano en un contacto que ha sido descrito como discordante en la zona del río Aconcagua (Aguirre, 1960) y concordante en la zona cordillerana al este de Santiago (Thiele, 1980). El contacto con la sobreyacente Formación Farellones es transicional y con amplias variaciones tanto norte-sur como este-oeste, reportándose en diversos sectores tanto discordante como pseudo-concordante (Charrier et al., 2002). En el Valle Central la Formación Abanico sobreyace discordantemente a las formaciones Lo Valle y Las Chilcas (Gana y Wall, 1997; Sellés, 2000; Fuentes, 2004).

La Formación Abanico es una potente secuencia continental de ca. 3.300 m de espesor compuesta por lavas básicas a intermedias, rocas piroclásticas ácidas e intercalaciones sedimentarias fluviales, aluviales y lacustres, formando lentes de hasta 500m de espesor. De acuerdo a diversas dataciones radiométricas y estudios de fauna fósil se le asigna una edad Eoceno superior – Mioceno (Charrier et al., 2002). En el sector oriental predominan basaltos, andesitas basálticas y rocas volcanoclásticas, de edad Oligoceno a Mioceno temprano. Dataciones radiométricas  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en plagioclasas de flujos de lava le asignan una edad máxima de  $34.4 \pm 0.4$  Ma para la porción inferior y una edad de  $21.4 \pm 1.0$  Ma para la porción media de la sucesión. Los flujos de lava muestran una afinidad calcoalcalina y tienen características geoquímicas típicas de rocas volcánicas de arco generadas en un margen continental activo (Muñoz et al., 2006).

La Formación Abanico se correlaciona hacia el sur con la Formación Coya-Machalí definida por Klohn en 1960 (Thiele, 1980; Charrier et al., 2002).

### **2.2.2. Formación Farellones (Rivano, 1990)** **Mioceno**

La Formación Farellones está constituida por dos miembros: uno inferior, tobáceo a ignimbrítico, de composición riolítico-dacítica, y otro superior, compuesto por flujos andesítico-basálticos intruidos por domos riodacíticos. Mientras el primero representaría el producto de erupciones tipo caldera, el segundo corresponde a una interdigitación de lavas y materiales volcanoclásticos provenientes de estratovolcanes. Entre los paralelos 33° y 34°S, los afloramientos de la formación se restringen sólo al miembro superior, tal como ocurre en el área de Farellones (Rivano et al., 1990).

Esta formación sobreyace a la Formación Abanico con una orientación norte-sur desde los 32°S hasta los 35°S (Figura 2.1). Aunque es motivo de discusión el tipo de contacto entre ambas formaciones, según evidencias más recientes se puede describir como un contacto transicional y con amplias variaciones tanto norte-sur como este-oeste, reportándose en diversos sectores como discordante o pseudo-concordante, dependiendo de la reactivación de fallas asociadas a la inversión tectónica de la cuenca de la Formación Abanico (Charrier et al., 2002).

A la Formación Farellones se le asigna una edad Miocena. Dataciones U/Pb en circones realizadas en el sector Río Blanco entregaron un rango de edad entre  $16.77 \pm 0.25$  Ma y  $17.20 \pm 0.05$  Ma (Deckart et al., 2005). En esta Formación se incluye a la Formación Colorado-La Parva definida inicialmente como Pliocena al correlacionarla litoestratigráficamente con riolitas pliocenas de la localidad de Río Blanco (Thiele, 1980), pero que posteriormente, en base a dataciones K/Ar, Beccar y otros (1986) la incluyen en la Formación Farellones. Su espesor reportado es de 2.500 m, aumentando por los numerosos mantos intrusivos y lacolitos del Mioceno Superior-Plioceno que la intruyen. El techo de esta formación corresponde a la actual superficie del relieve (Thiele, 1980; Rivano et al., 1990).

### **2.2.3. Formación Colorado-La Parva (Thiele, 1980)**

#### **Plioceno**

Se integran en esta Formación domos y cuerpos subvolcánicos de textura porfírica y composición riolítica, asociados a flujos de lavas, tobas y brechas de composición traquítica, andesítica, dacítica y riolítica (Thiele, 1980). Cerca de los centros de emisión, el contacto con la Formación Farellones es levemente discordante.

Beccar y otros (1986) demostraron con dataciones radiométricas K/Ar, que la localidad donde se definió esta formación, corresponde a edad Mioceno y deberían incluirse dentro de la Formación Farellones.

### **2.2.4. Cuaternario**

Rellenando valles aparecen sedimentos aluviales, fluviales y fluvioglaciales, compuestos por materiales de variada granulometría como bloques, gravas, arenas, limos y arcillas (Thiele, 1980).

Los sedimentos morrénicos, se desarrollan en las cabeceras de los ríos por sobre la cota 2.500 m y están compuestos mayoritariamente por morrenas marginales y acumulaciones de detritos provenientes de glaciales de roca los que están ubicados en los circos o nichos de las altas cumbres. Producto de la alta meteorización física se producen acumulaciones detríticas importantes en las bases de las pendientes de los valles (Thiele, 1980).

## **2.3. Rocas Intrusivas**

La actividad intrusiva de la región cordillerana de Chile central tiene una edad que abarca desde el Mioceno al Plioceno. Los cuerpos intrusivos son de poca extensión en superficie y sus edades son progresivamente más jóvenes hacia el oriente (Thiele, 1980). Los intrusivos miocénicos del Batolito San Francisco intruyen a las rocas estratificadas de la Formación Abanico y Farellones, siendo a su vez intruidos por cuerpos subvolcánicos porfídicos del Mioceno superior al Plioceno.

### **2.3.1. Intrusivos Miocénicos**

Estas rocas son representadas por el Batolito San Francisco el que corresponde a cuerpos intrusivos de mayor extensión en el sector, ocupando un área de aproximadamente 200 km<sup>2</sup> (Serrano et al., 1996), dichas rocas intruyen a las Formaciones Abanico y Farellones. Esta unidad fue definida por Thiele (1980) como Unidad Intrusiva I, por Cepeda (1974) como el Plutón Disputada y posteriormente por Stambuk et al. (1982) como Plutón Río Blanco-San Francisco.

Según Serrano et al. (1996) sus tipos litológicos principales son diorita cuarcífera, granodiorita, monzonita cuarcífera (cuarzomonzonita), monzodiorita cuarcífera (cuarzomonzodiorita) y en menor grado granitos y sienitas. Con texturas variables de porfídica a fanerítica, en ocasiones brechosa.

Esta intrusión es fuertemente peraluminosa y con una composición calcoalcalina con afinidad alcalina cálcica (Warnaars et al., 1985), junto con esto, durante el Mioceno en Chile central la mineralogía residual resultante de la liberación de fluidos pasó de dominada por anfíboles a dominada por granate, lo que evidencia un engrosamiento cortical (Hollings et al., 2005).

Serrano et al. (1996) obtiene edades K-Ar en roca total y en minerales con un rango que va desde 20.1 a 7.4 Ma. Deckart et al. (2005) obtiene edades mediante el método U/Pb de 11.96±0.4 Ma en la granodiorita Río Blanco, 8.4±0.23 Ma en la granodiorita Cascada y 8.16±0.45 Ma en la Diorita. Considerando estas edades y la relación de contacto de estos cuerpos con la Formación Farellones se le asigna una edad Mioceno medio superior.

### **2.3.2. Cuerpos Subvolcánicos del Mioceno tardío al Plioceno**

Thiele (1980) los define como Unidad Intrusiva II correspondiendo a microdioritas, pórfidos dioríticos, dacíticos, andesíticos y félsicos, que intruyen a la Formación Farellones y a los intrusivos Miocénicos. Estos intrusivos del Mioceno tardío a Plioceno poseen una extensión areal restringida (stocks, lacolitos, filones-manto y diques, además de algunas chimeneas de brechas).

Dataciones de intrusivos mediante el método U/Pb realizadas en el sector Río Blanco indican edades de emplazamiento de  $6.32 \pm 0.09$  Ma para el Pórfido Cuarzomonzónico,  $5.84 \pm 0.03$  Ma para el Pórfido Feldespático y  $5.23 \pm 0.07$  Ma para el Pórfido Don Luis (Deckart et al., 2005).

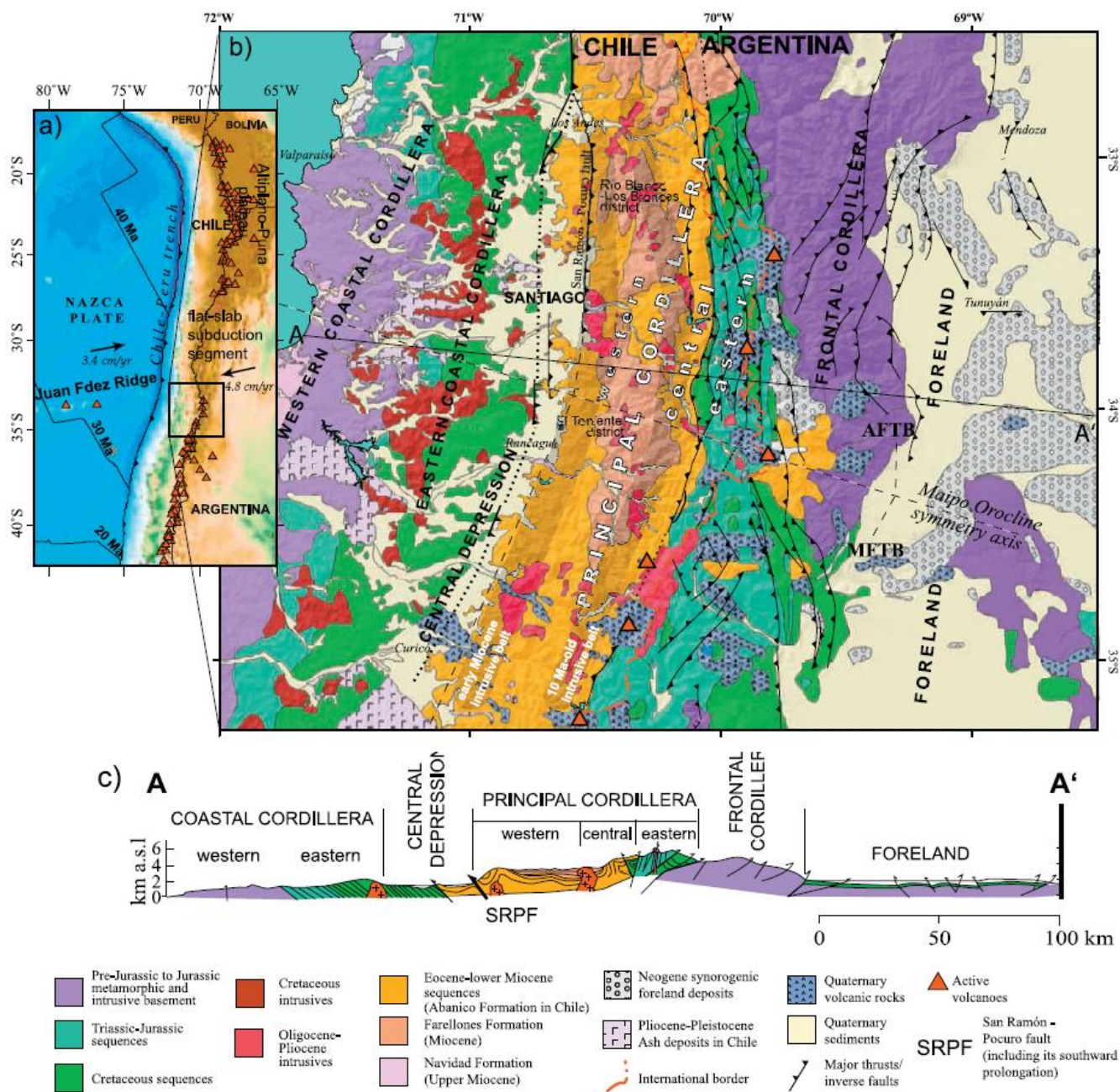


Figura 2.1: a) Localización de la región de estudio en relación con el “flat slab” de Chile central. b) Mapa geológico de los Andes de Chile central y Argentina. Solamente se muestran las principales fallas activas durante el Neógeno. c) Perfil geológico simplificado a la latitud de Santiago. (Farías et al., 2008. Basado en Servicio Geológico Minero Argentino 1997, SERNAGEOMIN 2002, Giambiagi et al., 2003 y Fock et al., 2005).

## 2.4. Marco Metalogénico

El distrito porfídico de Cu-Mo Río Blanco-Los Bronces se ubica en la parte sur de la franja metalogénica cuprífera del Mioceno a Plioceno inferior, la que se extiende de manera semicontinua por aproximadamente 6.000 Km a lo largo de la cordillera desde el suroeste de Colombia hasta la parte central de Chile y Argentina. Regionalmente el distrito se encuentra dentro de la sub-franja de Chile Central la que se extiende por aproximadamente 400 Km a lo largo de la Cordillera Principal, entre las latitudes 32° y 35°S (Sillitoe y Perelló, 2005) (Figura 2.2).

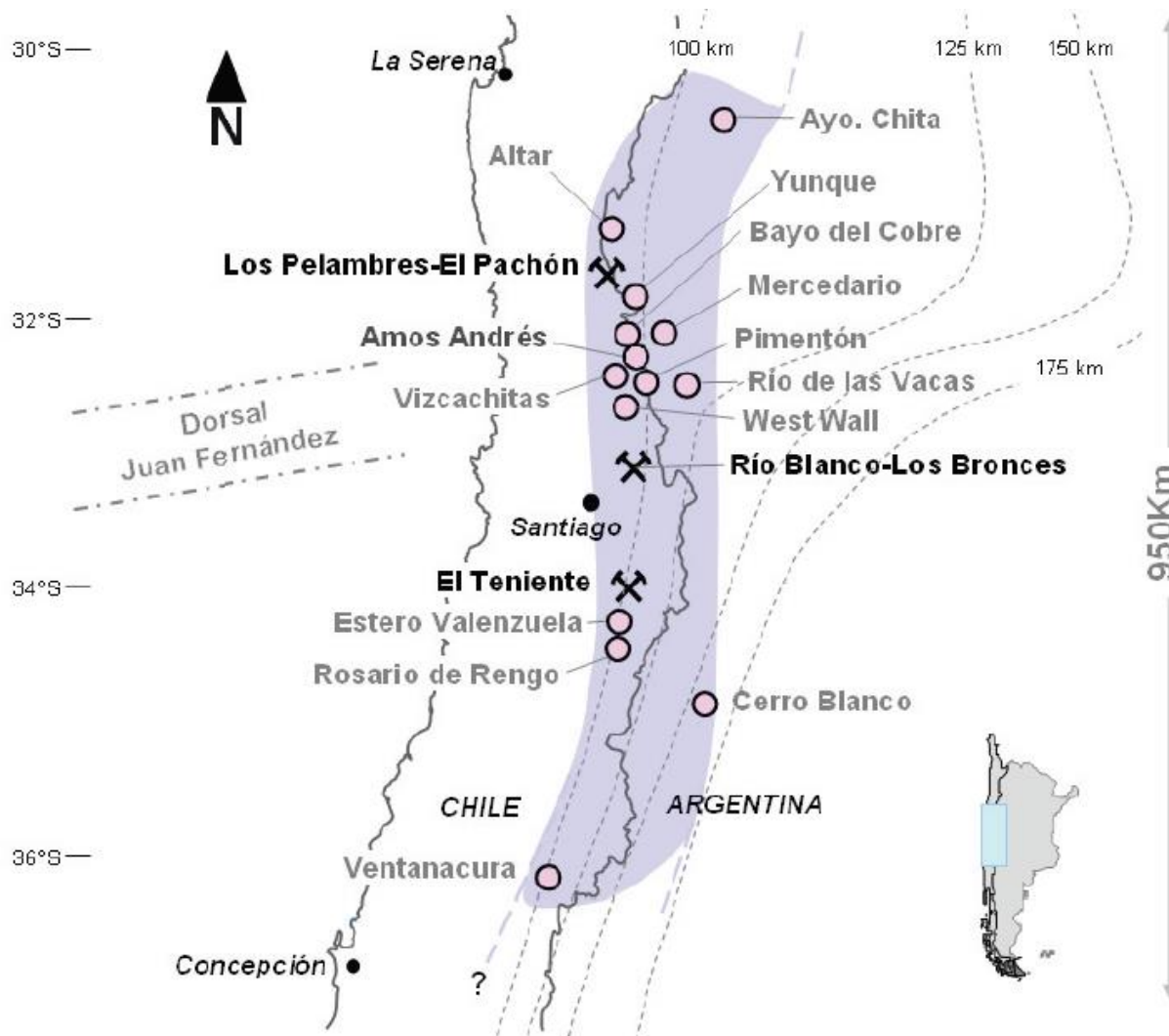


Figura 2.2: Franja Metalogénica Neógena de Chile Central. (Cortés, 2011. Basado en Gigola, 2004 y Yañez et al., 2002).

En la mitad sur de esta sub-franja - desde aproximadamente los 33°S - se encuentran los principales yacimientos de cobre ubicados sobre el segmento norte de la zona de subducción normal el que se caracteriza por la presencia del volcanismo activo de la Zona Volcánica Sur. Por otro lado, la parte norte de esta sub-franja se extiende sobre la zona de subducción plana (*flat slab*), la que carece de volcanismo activo (Stern, 2004).

El aplanamiento progresivo en el ángulo de subducción hacia el norte de los 33°S coincide con la migración hacia el sur de la subducción de la Dorsal de Juan Fernández (Yáñez et al., 2002). La migración de esta dorsal se habría producido entre los 6 y 3 Ma, período durante el cual se produjo la actividad magmático-hidrotermal y la rápida exhumación de los pórfidos de cobre-molibdeno Río Blanco-Los Bronces y El Teniente, además del desarrollo tardío de complejos de diatremas en ambos sistemas (Maksaev et al., 2009).

La sub-franja de Chile Central incluye los mega-yacimientos de clase mundial Los Pelambres, con un recurso de 31 Mt de Cu fino contenido (Perelló et al., 2009) y El Teniente, con un recurso >90 Mt de Cu fino contenido (Vry et al., 2009) ambos en actual producción. Éstos últimos junto al mega-yacimiento Río Blanco-Los Bronces permiten estimar un recurso para la franja que alcanzaría los 300 Mt de cobre fino (Toro et al., 2009). Entre estos mega-yacimientos se encuentran esparcidos una serie de sistemas porfídicos de menor envergadura con leyes medias de cobre menores a 0,7% Cu, entre los que se destacan los prospectos Rosario de Rengo, Estero Valenzuela, Altar, Yunque, West Wall, Vizcachitas, Pimentón y Novicio, a los que se debería agregar los sistemas de Arpa, Leiva, Valle Hermoso y Río de las Vacas (Figura 2.2); los últimos tres prospectos se encuentran en territorio argentino (Cortes, 2011). Estos sistemas porfídicos se habrían formado entre los 15 y 9 Ma (Toro et al., 2009).

Los recursos totales de cobre en la franja que alcanzan los 300 Mt de Cu fino contenido, se debe a los nuevos descubrimientos de clase mundial realizados en el distrito de Río-Blanco-Los Bronces: Los Sulfatos (4500 Mt @ 0.9% Cu) y San Enrique Monolito (3700 Mt @ 0.7% Cu). Estos hallazgos, además de recientes sondajes profundos en el área de Río Blanco-Los Bronces, permiten estimar recursos de más de 200 Mt de cobre fino contenido para este distrito, convirtiéndolo en el distrito cuprífero más grande del mundo (Toro et al., 2012); seguido por el Distrito El Teniente con más de 1200 Mt @ 0.67% Cu y 0.019% Mo (Vry et al., 2009).

Eventos deformativos compresionales, involucrando acortamiento, engrosamiento y alzamiento regional tuvieron lugar aproximadamente entre los 19 a 16 Ma y los 8 a 5 Ma (Kurtz et al., 1997). Los pórfidos cupríferos y prospectos de la sub-franja están asociados a intrusiones porfídicas multifásicas, comprendiendo cuarzomonzonitas, cuarzomonzodioritas, cuarzodioritas, dioritas y/o dacitas que intruyen las rocas volcánicas cenozoicas y plutónicas de las diferentes etapas magmáticas descritas anteriormente (Sillitoe y Perelló, 2005).



A lo largo del lado occidental de la sub-franja, la falla regional Pocuro puede haber controlado el alzamiento Mioceno y la inversión de las cuencas Mesozoicas y Cenozoicas (Figura 2.3). Sin embargo, estructuras de escala más pequeña, corredores estructurales e intersección de fallas son rasgos importantes en todos los depósitos, como por ejemplo el corredor estructural NNW de cerca de 12 Km de largo en todo el sistema Río Blanco-Los Bronces (Sillitoe y Perelló, 2005; Serrano et al., 1996).

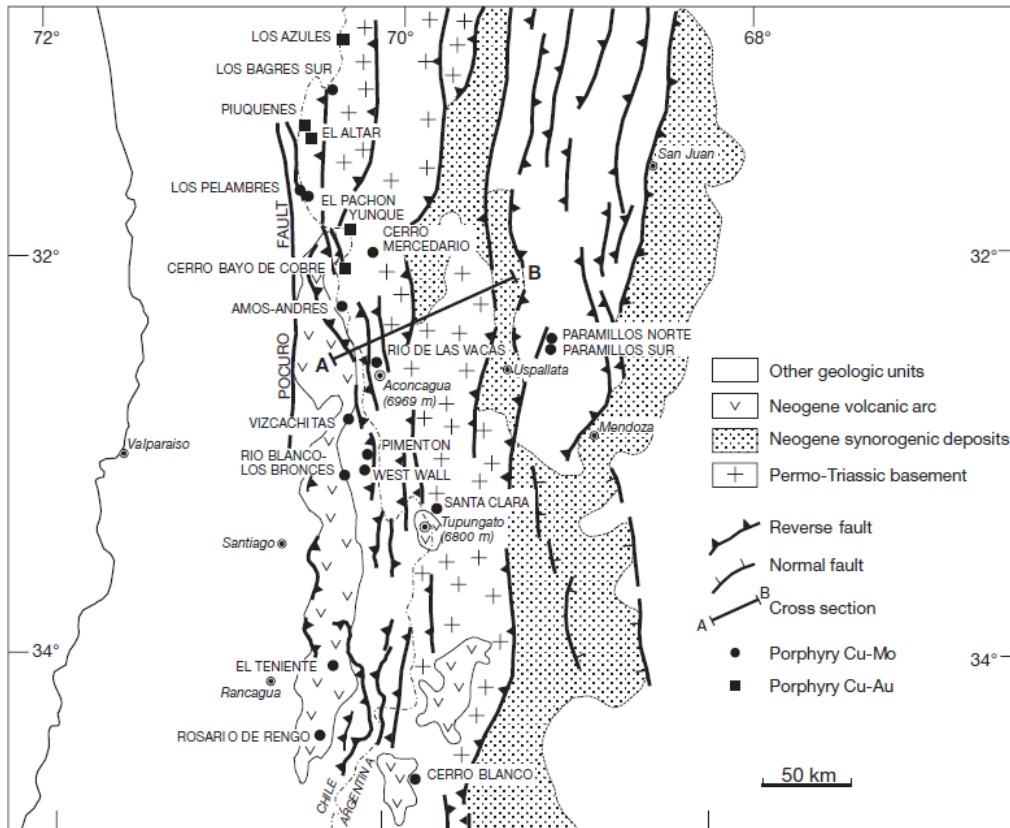


Figura 2.3: Patrón estructural de la franja cuprífera del Mioceno a Plioceno temprano (Sillitoe y Perrelló, 2005).



## Capítulo 3 Geología Distrital

Representando uno de los más grandes sistemas porfídicos conocidos (estimado > 1.500 Mt con 1% Cu y 0.02 % Mo), Río Blanco-Los Bronces posee al menos cinco cuerpos sub-volcánicos y centros hidrotermales, que se extienden por cerca de 5 Km, desde Río Blanco y Los Bronces en el norte, pasando por Don Luis, Sur-Sur, La Americana y Los Sulfatos en el sur (Figura 3.1) (Deckart et al., 2013).

El yacimiento Río Blanco-Los Bronces se ubica en el lado oriental del Batolito San Francisco. Este batolito es temporal y espacialmente compuesto por dos pulsos magmáticos distintos de 14.8 Ma y 11 a 12 Ma (Warnaars et al., 1985; Munizaga 1994; Deckart et al., 2010; Deckart et al., 2014).

El complejo porfídico Río Blanco-Los Bronces previo a las brechas, en general, exhibe alteración propilítica, sericitica, silícica y potásica. Una característica única de este sistema es el reemplazo de los minerales máficos por especularita y/o turmalina dentro de la zona propilítica. El complejo porfídico contiene diseminados y en stockwork sulfuros de hierro, cobre y molibdeno en un área que abarca cerca de 12 km<sup>2</sup> (Warnaars et al., 1985).

Distritalmente se reconocen estructuras N-NNW, que se extienden por más de 10 km, las cuales definen un corredor mineralizado bien definido de 2 km de ancho. El emplazamiento de enjambres de diques, brechas y su mineralización asociada parecen estar en estrecha relación con dicho corredor. Entre el 20 y 30 % del cobre está asociado a brechas cementadas por material ígneo e hidrotermal (Toro et al., 2012); relaciones de corte sugieren que el colapso hidrotermal coincide con el emplazamiento de diversos cuerpos sub-volcánicos y el desarrollo de un cuello de diatrema. Eventos tardíos, generalmente asociados a un fallamiento extensional de rumbo noreste, con una posible componente de rumbo dextral, comprenden vetillas de cuarzo-pirita-tenantita-enargita, galena, esfalerita, pirita-calcopirita, yeso-anhidrita, ankerita y dolomita con sericita, illita, caolinita o halos de epidota-clorita (Toro et al., 2012).

La mineralización tipo pórfido cuprífero, alteración y brechas de turmalina portadoras de cobre fueron formadas durante un periodo de al menos 2.5 Ma entre los 7.4 y 4.9 Ma (Warnaars et al., 1985). El desarrollo de vetillas portadoras de molibdeno, se ha producido, al menos desde, 5.94 Ma a 4.50 Ma (Deckart et al., 2013) en los centros sur y oriental del distrito Río Blanco-Los Bronces; indicando un periodo mínimo de 1.5 Ma para la actividad hidrotermal (Deckart et al., 2013). Sin embargo estudios recientes han reportado una edad más antigua en el sector San Manuel, obtenida desde molibdenita del cemento de brecha, indicando una edad Re-Os de  $8.36 \pm 0.06$  Ma, la cual es 2.2 Ma más joven que la misma datación obtenida en Río Blanco, expandiendo así el rango de edad de mineralización para el distrito, esta coincide con las edades más antiguas de biotitas relacionadas a la mineralización (Deckart et al., 2014).

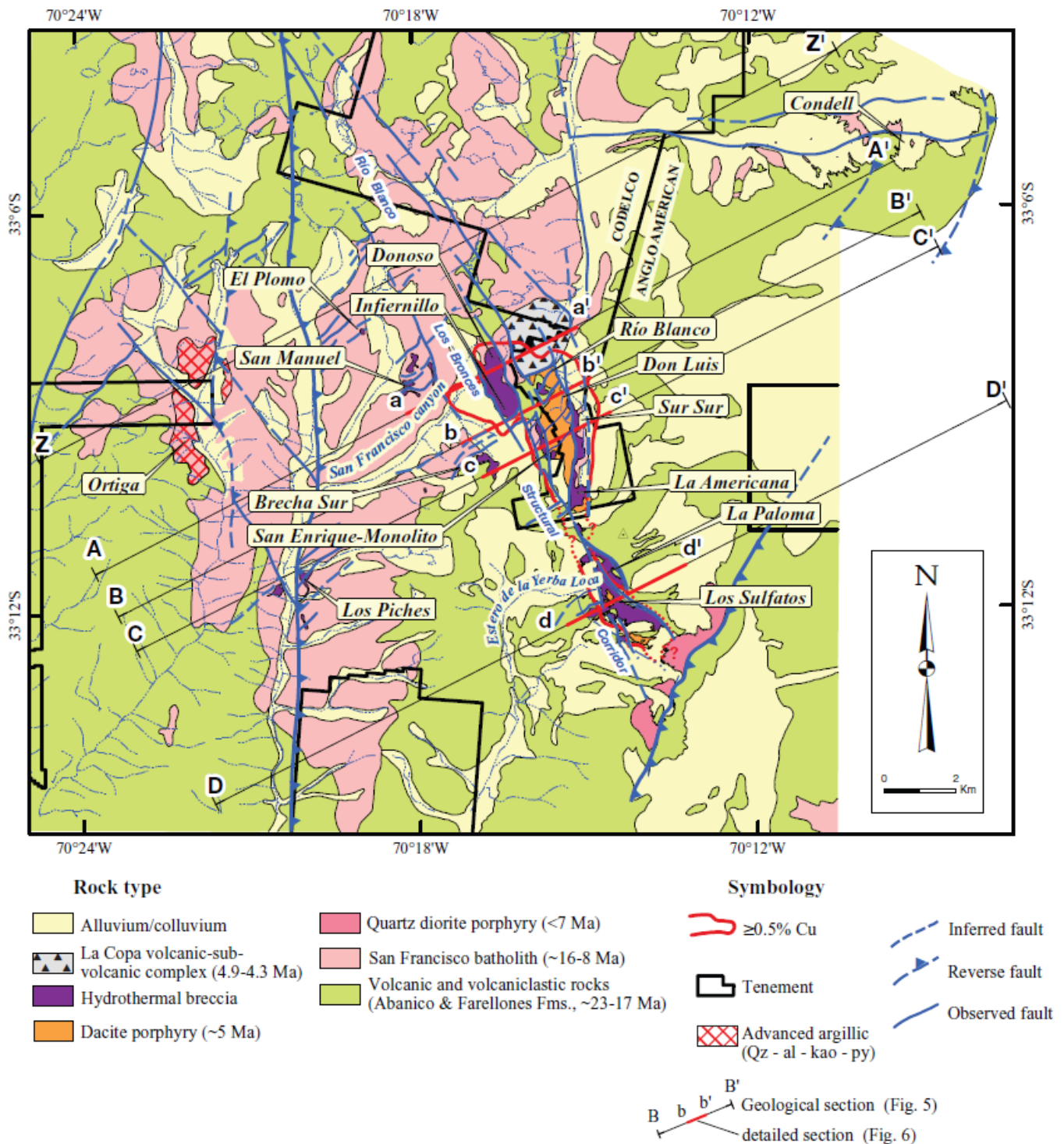


Figura 3.1: Mapa geológico simplificado del distrito, se definen tres dominios geológicos en base a tipos de roca, quiebres estructurales y determinación de edades. Bloque Los Pichas-Ortiga al oeste, San Manuel-El Plomo al centro y Río Blanco-Los Bronces-Los Sulfatos al este. (Toro et al., 2012)

## **3.1. Litologías del Distrito Río Blanco-Los Bronces**

### **3.1.1. Unidades Pre-mineral**

#### **3.1.1.1. Andesita**

Las rocas andesíticas de las formaciones Abanico y Farellones representan la roca caja pre-mineralización, con un rango de edad entre  $22.7 \pm 0.4$  y  $16.8 \pm 0.3$  Ma (U-Pb desde zircones), representando las rocas más antiguas del yacimiento. Subhorizontales a suavemente plegadas las rocas volcánicas y volcanoclásticas de Abanico y Farellones subyacen a gran parte de las rocas del distrito Río Blanco-Los Bronces (Toro et al., 2012) (Figura 3.1). Las rocas de la Fm. Farellones afloran como un *roof-  
pendant* en la parte superior del sistema, mostrando principalmente alteración propilítica y sericitización de plagioclasas. Además se encuentra comúnmente como clasto en casi todas las brechas y en mayor proporción en la Brecha de Anhidrita. Múltiples fases pertenecientes al Batolito San Francisco, de composición y texturas variables, intruyen a estas rocas andesíticas.

Las andesitas del sector Los Bronces se reconocen como una roca de color gris oscuro donde se aprecian fenocristales inmersos en una masa fundamental afanítica con textura tipo hornfels, fuertemente biotitizada, sericitizada y magnetizada; los fenocristales observados se refieren a cristales de feldespato plagioclasa dispuestos según una textura seriada, cuyo tamaño máximo es de aproximadamente 4 mm con formas subhedrales a anhedrales, en ocasiones con escasos cristales apreciables de anfíbola. Además estas rocas presentan sericitización moderada de los fenocristales de plagioclasas y cloritización de las biotitas, reconociéndose en ocasiones una alteración potásica biotítica intensa. Muy localmente se ha observado calcopirita en vetillas.

#### **3.1.1.2. Rocas intrusivas del Batolito San Francisco**

El sistema porfídico Río Blanco-Los Bronces y sus brechas asociadas se encuentran dentro de la parte oriental del Batolito San Francisco. Este cuerpo cubre un área de cerca de  $200 \text{ km}^2$ , 20 km en dirección N-S y 10 km en dirección E-W, intruyendo rocas de las formaciones Abanico y Farellones. Por su parte se encuentra intruído por rocas porfídicas del Mio-Plioceno y por rocas subvolcánicas del Plioceno. El batolito está mayoritariamente compuesto por rocas de tipo cuarzomonzonitas y cuarzomonzodioritas según la clasificación de Streckeisen (1979) (Figura 3.2). Fases apliticas y sianíticas son probablemente las fases más tardías y diferenciadas de la cámara y forman muchos de los diques. Las texturas y litologías que componen este batolito son variables, conteniendo rocas porfídicas, afaníticas y faneríticas de tipo granodiorita, diorita, monzonita, cuarzomonzonita e incluso sienitas y cuarzo-sienitas; el tamaño del grano varía de fino a grueso y las texturas desde equigranulares a

porfídicas. La geoquímica del batolito es altamente peraluminosa y tiene una composición calco-alcalina con afinidad alcalina cálcica (Warnaars et al., 1985).

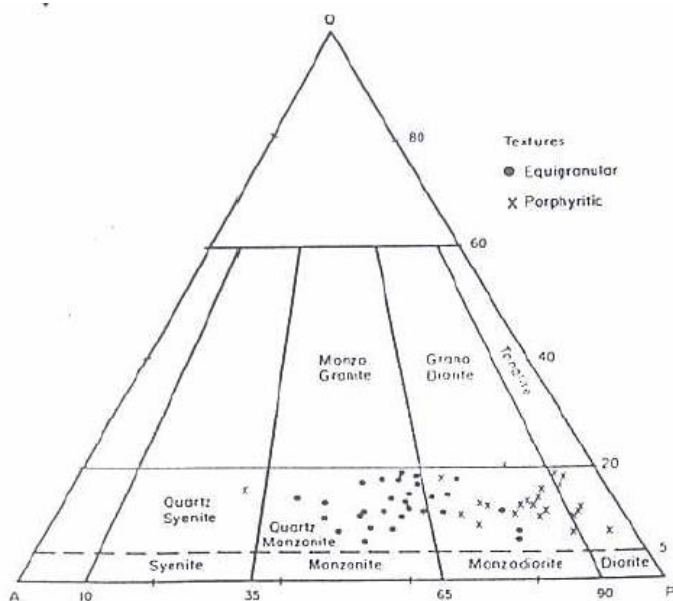


Figura 3.2: Composición de 53 muestras del Batolito San Francisco, recolectadas en las cercanías de Los Bronces y ploteadas en el diagrama de Streckeisen 1979. (Warnaars et al., 1985)

### Cuarzomonzonita (QM)

Roca holocristalina, fanerítica, equigranular donde se reconocen feldespatos alcalinos anhedrales e inequigranulares. Según la clasificación QAP de Streckeisen (1979) la roca está compuesta por 50% de feldespatos alcalinos, 30% de feldespatos plagioclasa anhedrales y 20% de cuarzo anhedral. Entre los minerales de origen magmático se reconocen biotitas las que presentan moderados grados de alteración y escasas anfíbolas. Recurrentemente se observa una alteración potásica moderada a débil de fondo, indicada por la ocurrencia de biotita secundaria reemplazando los máficos y un débil vetilleo A remanente; a esta alteración se superpone una alteración cuarzo-sericita y a su vez un propilitico retrogrado, el que se reconoce por la cloritización de los máficos.

Sus equivalentes intrusivos en el sector Río Blanco son para la QM gruesa la Granodiorita Río Blanco y para la QM fina la Granodiorita Cascada (Toro et al., 2012). Las edades en el sector Río Blanco para estas rocas son: Granodiorita Río Blanco  $11.96 \pm 0.40$  Ma, Granodiorita Cascada de  $8.40 \pm 0.23$  Ma y Diorita de  $8.16 \pm 0.45$  Ma (Deckart et al., 2005).

### **Cuarzomonzodiorita (QMD)**

Roca holocristalina, compuesta por un agregado fino de plagioclasas (50% del total de minerales félsicos), cuarzo (40%) y feldespatos alcalinos (10%). Los minerales máficos representan aproximadamente el 20% del total de la roca. Se distinguen macroscópicamente biotitas primarias y secundarias junto a cristales de hornblenda, la mayoría de estos subhedrales. La alteración de la roca se expresa como alteración potásica en menor proporción, señalada por la ocurrencia de biotita secundaria como reemplazo selectivo de los minerales máficos; más común, alteración propilítica, sobrepuesta a la potásica y como reemplazo selectivo de los máficos por la asociación clorita-epidota. Además, con intensidades variables, se reconoce sericitización de las plagioclasas.

### **Pórfido cuarzomonzodiorítico (PQMD)**

Cuerpo filoneano de textura porfídica y composición cuarzomonzodiorítica, con cristales de tamaño medio y color gris claro a blanco (Warnaars *et al.*, 1985).

La roca está compuesta por un 75% de masa fundamental, presentando un agregado de cuarzo, anhidrita y feldespato potásico, estando estos parcialmente alterados a sericita, clorita, calcita y yeso. Junto a un 25% de fenocristales de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y máficos, los que presentan una débil alteración potásica remanente con biotita, feldespato potásico y en menor grado anhidrita-biotita, evidenciada por el reemplazo de biotita secundaria sobre los máficos y la presencia de escasas vetillas A remanentes. Sobrepuesta a esta alteración se observa una moderada a fuerte alteración filica de sericita-cuarzo-pirita. La alteración propilítica (periférica) se encuentra en forma moderada y está compuesta por clorita, montmorillonita, calcita y epidota (modificado de Contreras, 2003).

En cuanto a sus relaciones de contacto este pórfido corta a las unidades cuarzomonzonita (QM) y cuarzomonzodiorita (QMD), y produjo halos de alteración en ellos. En algunos sectores forma parte de la matriz de una brecha ígnea con clastos de la roca encajadora. El pórfido PQMD se encuentra en contacto gradacional con el pórfido cuarzodiorítico (PQD) (Barros, 2007).

### **Pórfido cuarzodiorítico a diorítico (PQD)**

Intrusivo filoneano con cristales de tamaño fino a medio, color gris oscuro y textura porfídica. Su composición litológica varía de cuarzodiorítica a tonalítica (Warnaars *et al.*, 1985). Se sugiere una posible relación entre el emplazamiento de este pórfido, el que se encuentra biotitizado en el sector de Los Bronces Sur ( $8.49 \pm 0.12$  Ma, U-Pb en zircones), y el evento de la mineralización de Mo ( $8.36 \pm 0.06$  Ma, Re-Os en molibdenita) de la brecha de turmalina del sector San Manuel (Deckart *et al.*, 2014).

La roca se encuentra parcial a totalmente alterada, en ocasiones es posible reconocer que la roca está compuesta por 30% de fenocristales de plagioclasa, biotita – anfíbol y magnetita y un 70% de

masa fundamental con plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y clorita. Estos filones se encuentran mineralizados con calcopirita diseminada y calcopirita-bornita en vetillas tipo A, siendo estas escasas. Su razón pirita/calcopirita + bornita es 0.4 (Contreras, 2003). Presenta una alteración potásica remanente e intensa de biotita secundaria, albita, anhidrita, feldespato potásico y desarrollo de vetillas tipo A, una alteración propilítica moderada de clorita, biotita y montmorillonita, junto a una alteración fílica temprana débil con parches de sericita, andalusita y cuarzo secundario (Contreras, 2003).

Este pórfido intruye a las unidades Cuarzomonzonita (QM) y Cuarzomonzodiorita (QMD). Se encuentra en contacto gradacional con el Pórfido Cuarzomonzodiorítico (PQMD) y con un contacto bien definido con las unidades más antiguas.

### **3.1.2. Unidades Intra- a Tardi-mineral**

Tanto la zona potásica, que contiene una serie de brechas magmáticas-hidrotermal, y algunos cuerpos más jóvenes de brecha de turmalina mineralizados son cortados por una serie de intrusiones porfídicas del Mioceno tardío; siendo el más joven, en el sector Río Blanco, el pórfido Don Luis (PDL) con un rango de edad de 5.2 a 5.0 Ma, luego el pórfido feldespático (PF) con un rango de 5.8 a 5.2 Ma, y finalmente el pórfido cuarzomonzonítico (PQM) con un rango de edad de 7.7 a 6.4 Ma (Deckart et al., 2013). Estos stocks porfídicos son típicamente delgados (<10 m de ancho) y generalmente tienen una orientación N27°W (Serrano et al., 1996).

#### **3.1.2.1. Pórfidos**

##### **Pórfido cuarzomonzonítico (PQM)**

Roca de color gris verdoso intramineral, holocristalina, textura porfídica, con fenocristales de albita ± ortoclasa subhedrales a anhedrales. La masa fundamental microfelsítica está compuesta por feldespatos alcalinos, escasas plagioclasas y cuarzo.

El Pórfido cuarzomonzonítico tiene un rango de edad entre 7.7 a 6.1 Ma (Deckart et al., 2013). Generalmente tiene una orientación N27°W, cortando las rocas con alteración biotítica y las zonas de alta ley de las brechas magmáticas de Río Blanco, truncando el contenido de cobre (Serrano et al., 1996). Este pórfido aumenta su espesor en profundidad y se cree que se une a un stock cuarzomonzonítico en profundidad. En los lugares en que el PQM se emplaza genera un halo cuarzo-sericítico. El PQM está caracterizado por tener alteración silícica y cuarzo-sericita donde no se reconoce biotita hidrotermal (Serrano et al., 1996). Está compuesto de plagioclasas, cuarzo, feldespato potásico y biotitas como fenocristales, estos inmersos en una masa de grano fino similar a la del PF. Al igual que el PF, este también contiene mega-cristales euhedrales de feldespato potásico, mayores a 2 cm (Frikken, 2003).

### **Pórfido feldespático (PF)**

El Pórfido feldespático ha sido reconocido en Río Blanco, pero esta pobremente estudiado. Recientes estudios arrojaron un rango de edad entre 5.8 y 5.2 Ma (Deckart et al., 2013) . El PF tiene una textura porfídica y contiene fenocristales de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico de grano grueso, mayor a 2 cm y biotita prácticamente fresca, dentro de una fina masa aplítica. El PF también contiene zonas de alteración biotítica, generalmente débil, y magnetita. Los contactos con las brechas magmáticas con alteración biotítica son típicamente marcados, y estas brechas muestran una menor alteración en las zonas adyacentes a contacto con el PF. En apariencia, el PF generalmente tiene un color grisáceo más oscuro que otros pórfidos. El PF es generalmente encontrado en sondajes profundos y exposiciones subterráneas. Volumétricamente es el pórfido menos abundante en el sistema (Frikken, 2003).

### **Pórfido Don Luis (PDL)**

Corresponde a un pórfido riódacítico tardimineral que en parte está rodeado por zonas de brechas, las cuales se habrían formado durante el emplazamiento del pórfido; donde el emplazamiento de brechas está ausente los contactos del PDL con las otras unidades de roca es marcado y típicamente inalterado. No obstante se han reconocido localmente zonas de alteración cuarzo-sericita (Frikken, 2003). El PDL tiene un rango de edad entre 5.2 a 5.0 Ma, siendo el pórfido más tardío (Deckart et al., 2013).

Contiene fenocristales de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y menor (<10%) biotita de grano fino, todo en una masa fina aplítica, similar a la descrita en el PF. La menor cantidad relativa de biotita se corresponde con un desarrollo débil de alteración y a los bajos contenidos de cobre (<0.5%) dentro y alrededor del pórfido. El PDL es cortado por vetillas de cuarzo  $\pm$  sericita  $\pm$  anhidrita  $\pm$  sulfuros y vetillas de feldespato potásico, indicando que una menor actividad hidrotermal continuaba luego del emplazamiento del PDL (Frikken, 2003; Serrano et al., 1996).

### **3.1.3. Unidades Post-mineral**

#### **Complejo sub-volcánico La Copa (RIO)**

El Complejo Volcánico Pliocénico tiene un rango de edad que va desde los 4.9 a 4.7 Ma, edades obtenidas en zircones por U-Pb (Deckart et al., 2013). Está constituido por tres unidades, que representan episodios intrusivos y extrusivos. Las rocas son de composición principalmente dacítica y riolítica, con alto contenido de sílice y bajo de Mg y Ca, mostrando un carácter fuertemente

diferenciado. El primer episodio está representado por pórfidos dacíticos y autobrechas, generadas por el ascenso explosivo de gases volcánicos. El segundo episodio lo constituyen flujos piroclásticos extrusivos soldados e intrusivos parcialmente soldados. El tercer episodio lo forma una red filoniana de composición andesítica y dacítica (Latorre y Vergara, 1984). Cabe mencionar que el primer episodio mencionado se refiere al Pórfido Don Luis (el más joven de los pórfidos tardíos), los otros dos episodios corresponden a la chimenea riolítica y a la chimenea dacítica respectivamente ambos descritos en el sector de Río Blanco.

### **3.2. Estructuras del sector Los Bronces**

La evolución tectono-magmática del distrito de Río Blanco – Los Bronces involucra la interacción de diferentes procesos en el tiempo los que incluye, la herencia estructural pre-Mesozoica, extensión Oligo- Miocena, el acortamiento orogénico y la respectiva inversión tectónica Mio-Pliocena asociada al alzamiento de los Andes (Charrier et al., 2002; Carrizo et al., 2012).

Se sugiere que la evolución tectónica del área es fuertemente controlada por un sistema de fallas oblicuas pre-mineral de orientación NW-NNW y NE que fueron originadas como fallas normales. Estas fallas controlan la separación de la cuenca de Abanico en dos sub-cuencas individuales con características de facies volcano-sedimentarias y engrosamiento. Además, estos sistemas fueron reactivados selectivamente durante la posterior compresión; el sistema NW-NNW muestra un movimiento inverso-sinistral, mientras que el sistema NE muestra un movimiento principalmente dextral. Esta reactivación habría ocurrido al mismo tiempo en que la Fm. Farellones era depositada y el Batolito San Francisco, junto a la serie de pórfidos asociados al sistema Río Blanco-Los Bronces, eran emplazados (Skarmeta y Piquer, 2012).

La abundancia de minerales hidrotermales relleno de espacios con evidencias sintectónicas confirma que la inversión Mio-Pliocena, ocurrió bajo altas presiones de fluidos, como puede ser inferido por el relleno de planos de falla con epidota, clorita, turmalina, cuarzo, calcita y sulfuros de Cu-Fe. Dado el alto ángulo de fallamiento (60°-70°), el régimen tectónico compresivo y la presencia de fluidos hidrotermales durante el fallamiento, las condiciones necesarias para la reactivación de múltiples fallas desorientadas se cumplen, como por ejemplo, que la presión de fluidos sea mayor a la litostática (Skarmeta y Piquer, 2012).

A escala local, en Los Bronces se reconocen cinco fallas principales, representadas de color azul en la Figura 3.3: Falla Norte (E-W), Falla Central (N60°E), Falla Sur (N60-65°E), Falla Infiernillo (N-S) y Falla Infiernillo 2 (N-S); todas se interpretan como fallas sub-verticales. Además se reconoce una serie de estructuras mayores de orientación principalmente noreste que controlarían la alteración más tardía (Figura 3.3) (Carrizo et al., 2013).



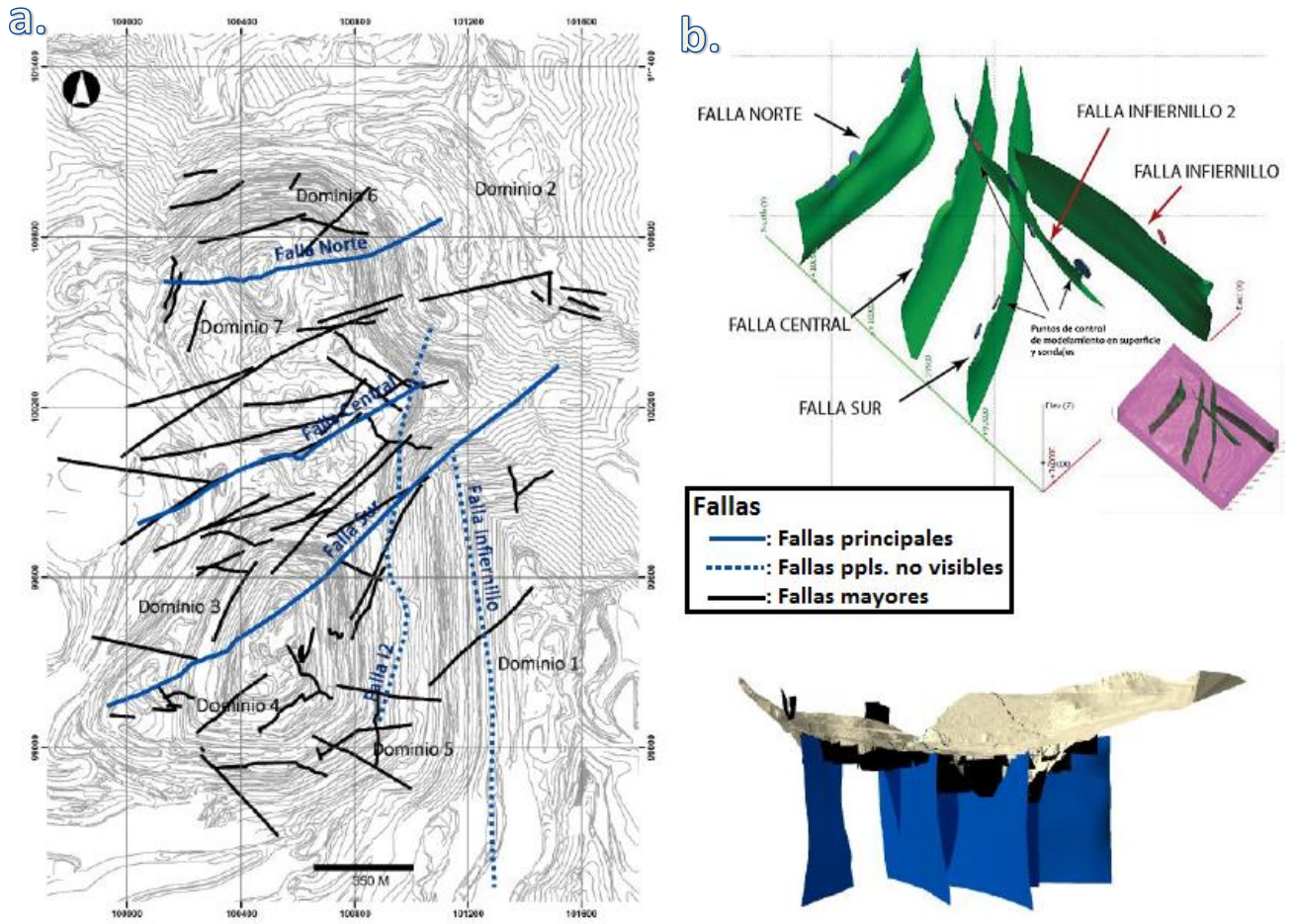


Figura 3.3: a) Vista en planta con las principales estructuras reconocidas en el sector. b) Esquema general de las estructuras principales (azul y verde) y mayores (negro) de Los Bronces. (Carrizo et al., 2013)

### **3.3. Complejo de Brechas Los Bronces (Warnaars et al., 1985; Contreras, 2003)**

#### **3.3.1. Generalidades**

El Complejo de Brechas Los Bronces está compuesto de al menos siete diferentes brechas, las que se distribuyen en superficie con forma de riñón (Ver Figura 3.4), abarcando un área aproximada de 2 Km de largo y 0.7 Km de ancho (Figura 3.4). Los tipos de brecha se caracterizan según su ubicación, tipo y forma de clastos, matriz y grado de alteración-mineralización; además se establecen edades relativas entre ellas en base a relaciones de corte (clastos de una brecha dentro de otra). Las brechas son usualmente monomícticas, pero en algunos casos son polimícticas, siendo la mayoría de sus clastos cuarzomonzonita o andesita; en menor cantidad y localmente se reconocen clastos de pórfido cuarzo-latita, monzodiorita y vetas de cuarzo. La matriz consiste generalmente de cantidades variables de cuarzo, turmalina, especularita, anhidrita, pirita, calcopirita, bornita, molibdenita, sericita, clorita y polvo de roca (Warnaars et al., 1985).

El complejo de brechas tiene contactos abruptos con las rocas del Batolito San Francisco y las andesitas de la Fm. Farellones. Internamente, los contactos de las brechas son localmente bien definidos, pero en otros lugares se unen, interdigitan o muestran un contacto gradacional. Las brechas en Los Bronces son interpretadas como un emplazamiento explosivo, seguido del colapso producto de la despresurización violenta de los fluidos hidrotermales (Warnaars et al., 1985)

El contenido de cobre hipógeno aumenta progresivamente desde la brecha más temprana a la más tardía. Una asociación de cuarzo-turmalina-pirita-calcopirita forma el cemento de las fases de brecha más tempranas (Fantasma, Central y Oeste) con contenidos de cobre hipógeno de hasta 0.2% Cu. Mayores contenidos de calcopirita diferencian a las fases intermedias (Infiernillo, Anhidrita y Gris Fina) con contenidos de cobre hipógeno de hasta 0.6% Cu. La brecha con mayor contenido de cobre hipógeno corresponde a la Brecha Donoso, cuyo cemento corresponde a una asociación de cuarzo-turmalina, pirita-calcopirita y calcopirita-bornita con leyes promedio de 1% Cu (Toro et al., 2012). En la brecha Donoso, cuerpos de alto contenido de calcopirita, pirita y especularita se distribuyen en capas irregulares, en las que alguno de los tres minerales predomina en alguna capa (Warnaars et al., 1985).

Brechas mineralizadas ocurren en muchos depósitos del tipo pórfido cuprífero. Sin embargo, en Río Blanco-Los Bronces su tamaño y cantidad las convierten en un rasgo realmente considerable. En este yacimiento dominado por brechas ocurre una compleja secuencia de etapas de alteración (magmáticas, tardi-magmáticas, hidrotermal, etc), donde ni la alteración ni los grados de mineralización tienen una zonación concéntrica alrededor de un cuerpo plutónico. Una larga celda hidrotermal convectiva, conducida por el enfriamiento de un stock porfídico central, no aparece como el responsable de la alteración ni de la mineralización en Río Blanco-Los Bronces (Warnarss et al., 1985). En su lugar, la mena de cobre es concentrada en la matriz de múltiples cuerpos de brecha mineralizada, o bien, diseminada en los clastos y la roca de caja alrededor de estos cuerpos de brecha. Las brechas ricas en cobre fueron sobreimpuestas unas sobre otras, por un periodo de más de 3 Ma (Warnarss et al., 1985; Skewes y

Stern, 1995; Serrano et al., 1996), durante un progresivo alzamiento y erosión que consecuentemente habrían expuesto este complejo gigante de brechas (Skewes y Holmgreen, 1993; Skewes y Stern, 1994). Los fluidos magmáticos que generaron los múltiples cuerpos de brechas mineralizadas en los depósitos gigantes del Mioceno tardío a Plioceno en Chile central, habrían derivado desde plutones enfriados y cristalizados causados por una disminución de la fuente magmática del sub-arco en el Mioceno tardío. Esto habría sido causado por la disminución del ángulo de subducción de la plaza de Nazca, como resultado de la subducción de la dorsal de Juan Fernandez, el cual eventualmente provoco la migración al este del arco en el Plioceno (Skewes et al., 2003).

### **3.3.2. Tipos de Brechas**

#### **3.3.2.1. Brecha Fantasma**

Los clastos varían de angulosos a subredondeados, consisten en finos a gruesos fragmentos de cuarzomonzonita fina y gruesa. Estos clastos contienen a menudo mineralización diseminada y algunas veces en stockwork. Su matriz está caracterizada por polvo de roca y cuarzomonzonita con pequeños cristales diseminados de cuarzo, turmalina, especularita y sulfuros. Ambos clastos y matriz frecuentemente muestran una homogénea, moderada a intensa alteración cuarzo-sericita que dificulta la distinción entre ambos. Por esta misma razón, el contacto entre brecha y la roca encajante es difícil de reconocer. De ahí el nombre de esta brecha. A menudo, la mineralización primaria de cobre y/o molibdeno en esta brecha es mayor que en las rocas adyacentes. Esta brecha es considerada la más temprana, ya que se han reconocido clastos de ella en todas las otras brechas y se observan remanentes que son cortados por el emplazamiento de cuerpos de brechas más jóvenes.

#### **3.3.2.2. Brecha Central**

Sus clastos son principalmente cuarzomonzonita con excepción del sector Sur donde algunos clastos de andesita y latitas son reconocidos. Los clastos están hidrotermalmente alterados y muestran efectos de alteración cuarzo-sericítica, silícica y argílica. Son en su mayoría subangulosos y algunos más redondeados que en otras brechas. La Brecha Central se caracteriza por un alto volumen de matriz de color negro a gris oscuro, compuesta de turmalina de grano fino con cantidades menores de cuarzo, especularita, sericita, sulfuros y ocasionalmente anhídrita. Los sulfuros están principalmente diseminados y ocasionalmente forman agregados gruesos como ocurre en la Brecha Donoso; adicionalmente, la pirita es más abundante que la calcopirita. La Brecha Central se desarrolló después de la Brecha Fantasma, formando parte de los clastos o siendo cortada por todas las otras brechas.

### **3.3.2.3. Brecha Occidente**

Esta brecha se formó posterior a la Brecha Central y simultánea a la Brecha Infiernillo con una orientación NNW-SSE. Sus emplazamientos destruyeron gran parte del sector sur y oriental de la Brecha Central. La mayoría de sus clastos son fragmentos de cuarzomonzonita que muestran una alteración clorítica y un reemplazo de los minerales máficos por clorita, especularita y/o turmalina; otros minerales de alteración en los clastos son rutilo, leucoxeno, calcita y esporádicamente epidota (Warnaars et al., 1985). La magnetita es estable y las plagioclasas son débilmente alteradas a sericita y cuarzo; el feldespato potásico magmático es raramente alterado (Warnaars et al., 1985). Los clastos son en su mayoría angulosos y escasamente mineralizados. La Brecha Occidente se caracteriza por una matriz verde con abundante clorita y polvo de roca; turmalina y especularita son menos comunes que en otras brechas. Pirita y calcopirita se encuentran principalmente diseminadas en la matriz.

### **3.3.2.4. Brecha Infiernillo**

Sus clastos corresponden a fragmentos angulosos a sub-angulosos de andesita con menores cantidades de pórfido cuarzomonzonítico y pórfido latita. Los minerales máficos en los clastos están intensamente cloritizados y en ciertas áreas muchos de los clastos están silicificados y tienen sus feldespatos argilizados. El volumen de la matriz varía entre un 2 a un 15% y es generalmente menor que en otras brechas. Esta matriz consiste principalmente de clorita y cuarzo, con menores cantidades de especularita, turmalina, epidota, pirita, calcopirita y magnetita. Las oquedades se encuentran siempre presentes. Esta brecha está casi exclusivamente confinada a la andesita en la parte sur del complejo de brechas; el contacto con la no brechizada andesita al este y sur es muy tajante y sub-vertical, en tanto que los contactos con otras brechas al sur, oeste y norte no se encuentran bien expuestos en superficie. Subyaciendo a las brechas de andesita en el sector de Infiernillo, se encuentran brechas de cuarzomonzonita, similares a la Brecha Occidente; la similitud sugiere una relación genética entre estas dos. Diferencias en el porcentaje y tipo de matriz pueden ser explicadas por la diferencia en el comportamiento y competencia de los clastos durante la formación de las brechas.

### **3.3.2.5. Brecha Anhidrita**

La Brecha de Anhidrita es un pequeño cuerpo columnar dentro de la Brecha Infiernillo. Fragmentos de las Brechas Infiernillo y Central son comunes en la Brecha de Anhidrita, evidenciando un emplazamiento relativamente más joven. Andesitas débilmente cloritizadas conforman la mayoría de los clastos, al menos en las partes superiores. En profundidad los clastos de andesita se encuentran mayoritariamente biotitizados. El volumen de la matriz varía entre un 5 a 60% y es caracterizado por

abundante anhidrita de grano grueso. No se observa polvo de roca en la matriz. Los minerales opacos más comunes son especularita, pirita, calcopirita y molibdenita; estos minerales son usualmente más euhedrales y de grano más grueso que la adyacente Brecha Infiernillo. En superficie la anhidrita se encuentra hidratada a yeso.

### **3.3.2.6. Brecha Gris fina**

Sus clastos son principalmente cuarzomonzonita fina y gruesa, esporádicamente cuarzo-latita porfídica y andesita. La mayoría de los clastos exhiben una intensa alteración cuarzo-sericita; silificación y cloritización están localmente presentes. Los sulfuros en los fragmentos se encuentran en brechas y como una fina disseminación de pirita y calcopirita. La Brecha Gris Fina lleva este nombre, debido a la naturaleza de su matriz la que consiste en polvo de roca, típicamente gris y microcristalino; el volumen de la matriz varía entre un 10 a 40% del volumen de la brecha. Clorita de grano fino, turmalina, especularita y sulfuros están presentes en cantidades menores. Esta brecha tiene una forma irregular con abundantes apófisis proyectadas en las brechas adyacentes. Corta y contiene fragmentos de las Brechas Central, Infiernillo y Occidente.

### **3.3.2.7. Brecha Donoso**

Esta brecha es principalmente monomítica. La mayoría de sus clastos son cuarzomonzonita y algunas cuarzo-dioritas, sianitas, y raramente andesita. Los fragmentos son, en general, angulosos a sub-angulosos; la ausencia de clastos redondeados evidencia un bajo grado de transporte. El volumen de la matriz varía entre un 5 y 25% del total de la brecha y consiste de turmalina negra, cuarzo, pirita, calcopirita, especularita y muy ocasionalmente anhidrita y bornita; sericita, clorita y polvo de roca son típicamente escasos. Las oquedades son comunes y el contenido de cobre es mayor a cualquier otra brecha, excepto quizás, con algunas partes de la Brecha Infiernillo. Esta brecha es la de más al norte y la más joven del complejo y tiene una forma elipsoidal en planta con una orientación NNW-SSE. El contacto al este es sub-vertical, sugiriendo una posible inclinación al oeste luego de la formación de la brecha; los contactos con la cuarzomonzonita que la rodea son marcados y los contactos con las adyacentes Brechas Central y Occidente son también marcados, pero en algunos lugares los fragmentos de brecha son completamente mezclados y los límites se tornan muy difusos.

Esta brecha tendría un rango de edad comprendido entre 5.2 y 4.9 Ma según dataciones K/Ar a sericita y biotita en clastos alterados. Con dimensiones de 500 a 700 m hasta la presente superficie, sus raíces no se conocen aún y se reconoce un diámetro mayor a 300 m en los sondajes más profundos. Es la brecha con mayor contenido de cobre y la que mayoritariamente ha sido explotada, con leyes promedios de 1.2% de Cu (Skewes et al., 2003).

Contreras (2003), además de las brechas reconocidas por Warnaars y otros (1985), identificó una brecha ígnea y dos brechas hidrotermales: Brecha de Magnetita – Biotita y Brecha de Biotita.

### **3.3.2.8. Brecha Ígnea**

Corresponde a una brecha monomítica compuesta por clastos redondeados a sub-redondeados del intrusivo circundante y matriz de carácter intrusiva, de similar composición a la de los clastos. La textura de la matriz es de grano fino o porfídico, englobando clastos de textura hipidiomórfica inequigranular. Esta unidad se interpreta como producto de los sucesivos emplazamientos de los intrusivos de composición QMD que cortan a la unidad QM.

### **3.3.2.9. Brecha de Magnetita – Biotita**

Brecha polimítica formada por clastos de intrusivos de composición tonalítica, cuarzodiorítica y diorítica, con alteración potásica. La matriz está compuesta por biotita secundaria, magnetita, clorita, cuarzo, anhidrita, sericita y sulfuros. Los sulfuros predominantes son pirita y calcopirita con presencia subordinada de bornita. Presenta vetillas de tipo A formada por biotita secundaria, feldespato potásico y anhidrita.

### **3.3.2.10. Brecha de Biotita**

Brecha polimítica formada principalmente por clastos principalmente de intrusivos profundos de composición tonalítica, cuarzodiorítica y diorítica, con alteración potásica y vetillas tipo A. La matriz está compuesta de biotita secundaria, sericita, feldespato potásico, cuarzo, sulfuros y escasa turmalina y clorita. Los sulfuros predominantes son pirita, calcopirita y en forma subordinada bornita y molibdenita.

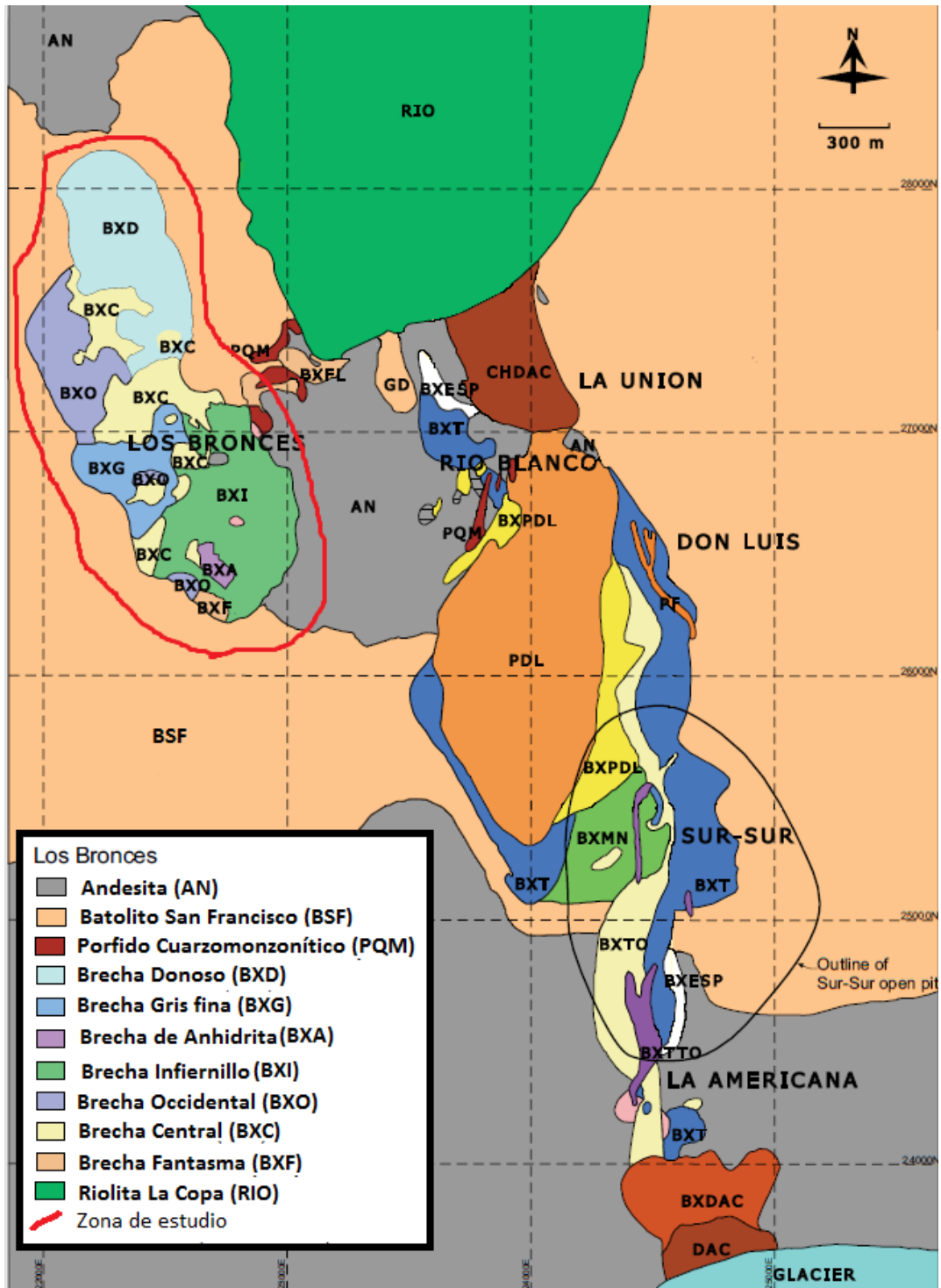


Figura 3.4: Mapa litológico del Distrito Río Blanco-Los Bronces (Modificado de Frikken, 2003).

### **3.4. Alteración hidrotermal y mineralización**

El yacimiento Río Blanco-Los Bronces incluye mineralización de sulfuros de Cu-Mo diseminada y en stockwork. En el sector Río Blanco se encuentra asociada a una zona de alteración potásica caracterizada por una intensa biotitización. Esta zona está temporalmente, espacialmente y genéticamente relacionada al emplazamiento de brechas mineralizadas de biotita ± turmalina ± anhidrita ± especularita y la intrusión de una serie de pórfidos tardíos dentro del Batolito San Francisco y sus sobre-yacientes rocas volcánicas. Los minerales hidrotermales clorita ± epidota y/o parches de alteración sericítica ocurren alrededor de la zona de alteración potásica. Alteración sericítica también ocurre dentro y en los márgenes de intrusiones de pórfidos tardíos, como también en los clastos dentro de las brechas mineralizadas de turmalina (Serrano et al., 1996).

En Río Blanco-Los Bronces, la alteración potásica y fílica se traslapan con los rangos de edad en molibdenita entre 5.89 y 4.24 Ma ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ; Deckart et al., 2005, 2013), siendo la alteración fílica el evento paragénetico más joven (Deckart et al., 2014).

#### **3.4.1. Alteración Potásica**

La zona de alteración potásica y su mineralización diseminada y en stockwork de alta ley, ocurre en el área actualmente explotada por minería subterránea en Río Blanco. La alteración potásica afecta tanto a las rocas granodioríticas del Batolito San Francisco como a las lavas andesíticas que estas intruyen. Esta alteración produce el reemplazo de la mineralogía ígnea primaria por biotita ± magnetita ± sulfuros y la adición de feldespato potásico, como también la formación de un stockwork de vetillas con biotita ± feldespato potásico ± cuarzo ± magnetita ± anhidrita ± sulfuros. Hacia el este y al oeste de la mina subterránea Río Blanco, la intensidad de la mineralización y alteración diseminada decrece, clorita y epidota comienzan a ser minerales comunes de alteración, la razón de calcopirita/pirita disminuye, y la mineralización se asocia cada vez más a stockwork de vetillas en lugar de alteración diseminada. La zona de alteración potásica contiene una alta porción de las brechas mineralizadas del Complejo de Brechas Río Blanco, el que consiste en múltiples pulsos de brechas mineralizadas con biotita ± anhidrita ± turmalina ± especularita emplazados y conteniendo clastos de la granodiorita (o cuarzomonzonita) y andesita. El traslape temporal, íntima asociación espacial y similitud de las asociaciones de alteración potásica y la matriz de brechas, sugiere una relación genética entre el emplazamiento de estas y el desarrollo de la alteración potásica y su mineralización asociada en la roca caja. Resultados de inclusiones fluidas indican que tanto la cristalización de los minerales de la matriz de brechas y alteración potásica involucra fluidos de alta temperatura y alta salinidad a profundidades de 1 a > 3 km bajo la paleo-superficie, lo que es consistente con la posición estratigráfica de esta zona, bajo aproximadamente 1 km de lavas. Resultados de isótopos indican que los fluidos responsables de la



formación de brechas, alteración potásica y su mineralización asociada son de origen magmático (Serrano et al., 1996).

Contreras (2003), ha reconocido a lo menos tres asociaciones minerales dentro de la alteración potásica:

**Biotita-magnetita:** Esta caracterizada por la presencia de abundante biotita de grano fino que reemplaza a los minerales máficos originales y oscurece la textura original de las rocas. Se asocian además magnetita, cuarzo secundario, anhidrita intersticial y en menor cantidad se reconoce clorita, sericita, rutilo y titanita. La mineralización se presenta diseminada con granos aislados y en forma de pseudomorfos según los ferromagnesianos originales. Está constituida por pirita, calcopirita y bornita. En caso de las brechas, la mineralización se observa principalmente en la matriz y en menor proporción, diseminados en los clastos.

**Biotita-feldespatos K:** Formada por biotita secundaria – feldespatos K – cuarzo – clorita – sulfuros. Como núcleos de alteración y con claros contactos transicionales, se reconoce la presencia de esta alteración en las brechas hidrotermales reconocida por matriz de biotita secundaria, sericita, feldespatos K, cuarzo, sulfuros y cantidades subordinadas de turmalina y clorita. La mineralización se encuentra principalmente en vetillas tipo A y en la matriz de las brechas y consiste en pirita, calcopirita, bornita y molibdenita.

**Cuarzo-feldespatos K:** La mineralogía típica está compuesta por la introducción de cuarzo y feldespatos potásico. Es una alteración penetrativa con intensidad moderada a fuerte cuyo hábito principal es el entrecrecimiento intercrystalino de cuarzo y plagioclasa original. Es frecuente observar bandas y vetillas de cuarzo -feldespatos K irregulares con halos de igual mineralogía con intensidad decreciente hacia la roca de caja. La mineralización hipógena reside principalmente en la asociación pirita-calcopirita.

### 3.4.2. Alteración Fílica

La zona de alteración fílica se desarrolla espacialmente con los intrusivos de composición cuarzomonzonítica y cuarzomonzodiorítica que cortan a las unidades que conforman el Batolito San Francisco. Se observa una coexistencia espacial de la zona de alteración fílica con las zonas de la etapa de alteración potásica y un control relacionado con los bordes del complejo de brechas. Esta alteración destruye casi en su totalidad las asociaciones mineralógicas de las etapas de alteración anteriores. (Jara, 2005).

Existe una correlación entre la alteración fílica y los cuerpos de brechas, en especial el cuerpo de brecha Donoso. Dos etapas de alteración son reconocidas en los clastos de la brecha Donoso: una claramente relacionada a la generación de brechas, y otro que aparentemente ocurrió en la cuarzomonzonita huésped previo a la formación de la brecha. La etapa temprana produjo vetillas de

cuarzo-molibdenita, con un fino halo sericítico o de feldespatos potásicos, que son truncados en los bordes de los clastos. En contraste, una alteración hidrotermal asociada con la formación de la brecha ataca pervasivamente a los clastos pequeños, pero en los clastos grandes produce un delgado anillo de alteración alrededor de los bordes. Los clastos grandes (> 1m de diámetro) preservan la textura ígnea primaria en sus centros, aunque la biotita y hornblenda ígnea son pseudomorficamente reemplazadas por clorita, turmalina y/o especularita. Vetillas de cuarzo-molibdenita con finos halos sericíticos en la cuarzomonzonita, se cree asociada a una alteración temprana pre-brecha (Skewes et al., 2003).

Los pórfidos tardíos están variablemente sericitizados y silicificados. Son cortados por vetillas de cuarzo  $\pm$  sericita  $\pm$  anhidrita  $\pm$  sulfuros, como también de delgadas vetillas de feldespatos potásicos, pero no están biotitizados y se encuentran débilmente mineralizados. La alteración sericítica también ocurre en la roca huésped a lo largo de los contactos con estos pórfidos tardíos. Donde la alteración fílica se superpone a la previa alteración potásica y mineralización pre-existente, re-movilizándola y en ocasiones enriqueciéndola. La mineralización de Cu-Mo dentro de los pórfidos tardíos se interpreta como una re-movilización de la previa mineralización e involucra pirita y calcopirita más menor bornita, molibdenita, galena, esfalerita, tenantita-tetraedrita, luzonita, enargita, baritina, calcita y alunita. Estos minerales ocurren generalmente en vetillas de cuarzo-sericita o con las gangas siderita, ankerita, yeso y cuarzo. Menor contenido de arsénico ocurre en pirita, arsenopirita, luzonita y sulfosales de cobre en los pórfidos tardíos (Serrano et al., 1996).

La alteración sericítica de los bordes de los clastos de las brechas y los halos sericíticos alrededor de las vetas tardías de cuarzo-pirita, son ambas atribuidas al mismo fluido magmático que generó los cuerpos de brecha, y no habría sido influencia de aguas meteóricas como a menudo es mencionado para explicar la alteración sericítica en pórfidos cupríferos (Taylor 1974). Sin embargo, no es posible determinar cuál de los múltiples fluidos magmáticos que circularon durante la formación de los cuerpos de brecha y las vetas tardías de cuarzo-pirita causaron la alteración (Skewes et al., 2003).

### **3.4.3. Alteración Propilítica**

En el sector Río Blanco se encuentra restringida a la parte superior del yacimiento en forma de parches alrededor de la alteración potásica, por la que es reemplazada progresivamente a medida que aumenta la profundidad. Su paragénesis está dada por clorita, epidota, calcita, especularita, pirita y siderita (Serrano et al., 1996).

En el sector Los Bronces, los clastos de la parte más norte y oriental de la Brecha Donoso y los de la parte más norte y occidental de la Brecha Occidente están débil a moderadamente alterados con asociaciones propilíticas. Estos contienen biotita magmática, hornblenda y/o clorita deutérica transformados a epidota, turmalina, especularita y/o clorita; la magnetita es en su mayoría estable, las plagioclasas están ligeramente sericitizadas y el feldespatos potásico está en gran parte inalterado. (Warnaars et al., 1985).

Una característica única del sistema es el reemplazo de los minerales máficos, así como, la clorita secundaria por especularita y/o turmalina dentro de esta zona. Muchos agregados de especularita, con o sin turmalina, forman pseudomorfos producto de la alteración de hornblenda, clorita secundaria y/o magnetita. Estos pseudomorfos se preservan dentro de los halos de alteración cuarzo-sericita (Warnaars et al., 1985).

### **3.5. Clasificación de Vetillas para Los Bronces**

La clasificación de vetillas actual, corresponde a la Clasificación de Vetillas S.E.M. 2011, realizada para el sector Los Bronces Sur. Esta utiliza como base la clasificación hecha por Gustafson y Hunt (1975) quienes describen cinco tipos de vetillas bien ubicadas en un diagrama cronológico y las de Gustafson y Quiroga (1995) que incorporan un ambiente transicional y detallan las mineralogías esperadas según el estado de evolución de las vetillas. Los trabajos anteriormente mencionados fueron realizados en el yacimiento El Salvador.

#### **3.5.1. Tempranas**

##### **3.5.1.1. Vetillas M**

Presentan bordes irregulares y difusos cuyo espesor varía a lo largo de la vetilla. Los minerales de ganga presentes en el relleno son magnetita principalmente, y de manera subordinada o ausente anhidrita y cuarzo. Los minerales de mena son calcopirita y pirita, los que están subordinados o ausentes. No presenta halo, pues dichas vetillas se producen en un ambiente frágil-dúctil. Están asociadas a zonas profundas, de altas temperaturas y cuyo ambiente es predominantemente de alteración potásica. Se han reconocido de forma muy escasa en Los Bronces.

##### **3.5.1.2. Vetillas EB**

Se presentan de manera continua, con bordes irregulares y con un ancho constante a lo largo de la vetilla. Los minerales de ganga presentes en el relleno son cuarzo, como dominante, pudiendo observarse anhidrita, albita y feldespato potásico; en ocasiones magnetita y biotita. Los minerales de mena son, en orden de predominancia, calcopirita, pirita y bornita, siendo esta última muy escasa. Presenta un halo continuo, pero con bordes irregulares y su ancho es proporcional al ancho de la vetilla. Los minerales de ganga presentes en el halo son principalmente biotita hidrotermal, en menor cantidad magnetita y sericita temprana subordinada; también se observa cuarzo. Los minerales de mena son abundante calcopirita y pirita en menor cantidad; de manera muy escasa bornita. Todos ocurren de forma diseminada.

### **3.5.1.3. Vetillas A**

Se caracterizan por ser continuas y de bordes regulares y bien definidos. En general, su espesor promedio está entre 2 y 3 mm. Los minerales de ganga reconocidos en el relleno son cuarzo y anhidrita, siendo esta último de menos abundancia; feldespato potásico y albita están subordinados o ausentes. Los minerales de mena son calcopirita y pirita subordinada no obstante se han reconocido vetillas donde la pirita es el mineral preponderante; la bornita es muy escasa. No presenta halos o bien es muy fino y discontinuo. En caso de haber halo los minerales de ganga son feldespato potásico y albita, en menor cantidad cuarzo. Estas vetillas ocurren en zonas profundas cuyo dominio es la alteración potásica, o bien pueden ocurrir con una menor frecuencia como un halo externo de la alteración potásica.

### **3.5.1.4. Vetillas B**

Se caracterizan por ser continuas, con bordes regulares y bien definidos, manteniendo su espesor a lo largo del relleno. En ocasiones la molibdenita es masiva y ocupa todo el relleno con forma sinusoidal, en general teniendo poco espesor. Los minerales de ganga principales son cuarzo y anhidrita, y en menor cantidad feldespato potásico y albita. Los minerales de mena principales son molibdenita y calcopirita, pirita subordinada y bornita muy escasa o ausente. En general su halo está ausente, o bien, es fino pero penetrativo y continuo. Compuesto por los minerales de ganga feldespato potásico, albita, cuarzo y sericita gris verde, en ocasiones puede ocurrir biotita; los minerales de mena son calcopirita y pirita, variando su concentración e importancia. Estas vetillas se caracterizan por encontrarse en zonas intermedias a profundas, siendo más abundantes en zonas profundas. Se asocian a alteración potásica, no obstante pueden encontrarse en zonas de alteración sódica. Cabe mencionar que estas se puede sub-dividir en tres tipos: (1) Aquellas con molibdenita en los bordes del relleno y pueden tener halo fino de feldespatos alcalinos y cuarzo; esta son las más abundantes. (2) Aquellas con molibdenita en la sutura central del relleno, pudiendo tener halo fino de feldespatos alcalinos y cuarzo. (3) Aquellas rellenas exclusivamente de molibdenita masiva y con cuarzo subordinado o ausente; estas no presentan halo.

## **3.5.2. Transicionales**

### **3.5.2.1. Vetillas C**

Este tipo de vetillas, en general se presenta de manera continua, sinusoidal y de bordes irregulares, manteniendo su espesor relativamente constante. Su espesor promedio varía entre 2 y 3 mm. Los minerales de ganga son, en orden de importancia, cuarzo, biotita y magnetita; en ocasiones se observa anhidrita. Los minerales de mena son calcopirita con mineral principal, pirita subordinada y bornita escasa o nula. Tienen un halo continuo, difuso, gradacional y de bordes poco definidos. Su espesor es continuo y proporcional al ancho del relleno. Los minerales de ganga observados en el halo son cuarzo, biotita, sericita gris verde, feldespato potásico y albita; en general la abundancia de estos varía localmente; los minerales de mena son en orden de abundancia, calcopirita, pirita y muy escasa bornita; todos ocurren de forma diseminada. Este tipo de vetillas normalmente se asocia a zonas

profundas donde la alteración potásica es dominante. Sin embargo la zona de ocurrencia principal de este tipo de vetillas es, más bien, una zona transicional entre el potásico y el fílico.

#### **3.5.2.2. Vetillas C1**

Se presentan con límites bien definidos y de forma continua, manteniendo su espesor a lo largo de toda la vetilla. En general, se presentan en espesores variables con un promedio de 2 mm. Los minerales de ganga son cuarzo, como principal y anhidrita de manera subordinada; ocasionalmente se observa feldespató potásico, albita, epidota y clorita. Los minerales de mena son calcopirita y pirita, de manera más escasa, bornita; ocasionalmente se puede distinguir molibdenita. El halo se presenta simétrico y continuo, sin embargo, a veces su límite externo es difuso. Su espesor es proporcional al relleno, teniendo como promedio 4mm. Los minerales de ganga que se presentan en el halo son feldespató potásico y albita, principalmente, cuarzo subordinado y escasa sericita temprana; también se reconoce biotita y clorita. Este tipo de vetillas se asocia a zonas de mayor profundidad, superiores a 500 m, donde la alteración dominante es la potásica; no obstante también se reconoce en ambientes de alteración fílica temprana y alteración del tipo sódica.

#### **3.5.2.3. Vetillas C2**

Este tipo de vetillas se caracteriza por ser continuas, con bordes bien definidos y regulares, su espesor se mantiene constante a lo largo del relleno. En general, su espesor varía entre 2 y 4 mm. Los minerales de ganga son cuarzo, principalmente, y anhidrita subordinada. Los minerales de mena son calcopirita como mineral principal y en menor cantidad pirita, también se puede reconocer molibdenita y muy escasa o nula bornita. Su halo es continuo, de bordes regulares y penetrativos. Su espesor es proporcional al relleno de la vetilla. Los minerales de ganga reconocidos en el halo son principalmente biotita y sericita gris verde, en menor cantidad clorita y magnetita. Estas vetillas se asocian a zonas profundas representando la transición potásico-fílica, ya sea un potásico tardío, o bien un fílico temprano.

#### **3.5.2.4. Vetillas C3A**

Este tipo de vetillas se caracteriza por ser continuas, sus bordes son irregulares y su espesor es, relativamente, constante, variando entre 2 y 3 mm. No obstante, en ocasiones se encuentran más anchos. Los minerales de ganga son por definición turmalina y en menor cantidad cuarzo, subordinadamente puede haber anhidrita, pudiéndose observar también biotita y/o magnetita. Los minerales de mena son pirita y calcopirita, los que varían su concentración en función del ambiente y profundidad. Su halo se caracteriza por ser simétrico, continuo y de bordes irregulares. En general, es proporcional al relleno; los minerales de ganga que se observan en el halo son feldespató potásico y albita como principales, y de manera subordinada cuarzo, en menor cantidad o ausentes clorita y epidota; los minerales de mena reconocidos en el halo son pirita y calcopirita los que varían su

concentraciones función del mineral predominante en el relleno, sin embargo, estos no son muy abundantes. Este tipo de vetillas se encuentran en zonas superficiales a intermedias, siendo menos abundantes en estas últimas. Se asocian a la alteración propilítica, la cual es muy extensa.

#### **3.5.2.5. Vetillas C3B**

Este tipo de vetillas se caracteriza por ser discontinuas, de bordes irregulares y espesor variable; en general son delgadas. Los minerales de ganga principales son epidota y clorita, subordinados o ausente se reconocen, cuarzo, yeso y anhidrita. Los minerales de mena son pirita como mineral principal y subordinadamente calcopirita. Poseen un halo discontinuo, difuso, de bordes irregulares y espesor variable; los minerales de ganga reconocidos en el halo son albita y cuarzo subordinado, en menor cantidad o ausentes clorita, epidota y pirita; los minerales de mena están ausentes.

### **3.5.3. Tardías**

#### **3.5.3.1. Vetillas D**

Este tipo de vetillas se presenta con límites bien definidos y de forma continua, manteniendo su espesor a lo largo de toda la vetilla. Los minerales de ganga son cuarzo principalmente y subordinadamente yeso y anhidrita; los minerales de mena son pirita, de manera dominante, y subordinadamente o ausente calcopirita, muy ocasionalmente se reconoce molibdenita. Su halo se presenta muy penetrativo y bien definido, con límites claros y rectos; su espesor es continuo a lo largo de toda la vetilla, no siempre siendo proporcional al halo de la vetilla. Los minerales de ganga presentes en el halo son cuarzo, sericita y arcillas, como minerales principales, y de manera escasa biotita y clorita; los minerales de mena presentes son pirita dominante y muy escasa o ausente calcopirita, ambas ocurren de forma diseminada. Este tipo de vetillas son características de zonas someras dominadas por la alteración cuarzo-sericita; también se reconocen, de forma más escasa, en ambiente la zona de la alteración propilítica y muy excepcionalmente, posiblemente debido a estructuras, de forma profunda.

#### **3.5.3.2. Vetillas DT**

Caracterizadas por ser continua, de bordes regulares y bien definidos, sus espesores varían entre 1 y 5 mm. No obstante, puede alcanzar espesores mayores, pero de forma local. Puede presentar oquedades. Los minerales de ganga son cuarzo principalmente, y en menor cantidad clorita, carbonatos de hierro (siderita, ankerita), yeso, pirita y specularita, donde la proporción de estos últimos minerales varía; los minerales de mena son calcopirita, cuya proporción varía, y en menor cantidad o ausente molibdenita. Su halo se caracteriza por ser muy penetrativo y destructivo, su espesor es proporcional al ancho del relleno. Los minerales de ganga presentes en el halo son cuarzo, y en menor cantidad arcillas, pirita y carbonatos de hierro; como mena, subordinadamente, se observa calcopirita en proporciones variables. Este tipo de vetillas está asociado a zonas someras con alteración hidrolítica intensa y a fluidos de bajas temperaturas.

## Capítulo 4 Alteración Hidrotermal en el sector Los Bronces

### 4.1. Introducción

La secuencia evolutiva y las etapas de alteración-mineralización conocidas en el yacimiento Río Blanco-Los Bronces, indican que su génesis se produjo a partir de múltiples eventos, que involucran la generación de brechas magmático-hidrotermales, el emplazamiento de cuerpos porfídicos, el desarrollo de vetillas tipo *stockwork* junto a su alteración asociada, y la intrusión de cuerpos subvolcánicos (Serrano et al., 1996).

Los minerales de alteración en el sector Los Bronces tienen una clara pero asimétrica zonación, con variaciones tanto en profundidad como en la horizontal. La distribución de las asociaciones minerales de alteración son mapeadas según intensidad y penetratividad, cuyos valores van de 1 a 10 indicando cualitativamente una alteración muy débil o muy intensa respectivamente. Además se toma registro del volumen relativo de minerales de alteración. Para el mapeo se utilizaron las asociaciones definidas para la mina Los Bronces, las cuales se describen y caracterizan a continuación.

### 4.2. Petrografía y Caracterización de alteración hipógena

Las características petrográficas de las muestras tomadas se expondrán comparativamente, estas fueron clasificadas según alteración dominante y se les asignó una asociación (Ksil, ClBt, SGV, QS, SCC, ClEp o ATE), las cuales se agruparon en tres diferentes grupos principales de alteraciones definidos en base a similitud espacial y evolución temporal: Grupo Potásico, Grupo Fílico y Grupo Propilítico. Para caracterizar cada alteración se utilizó la información petrográfica obtenida desde cortes transparentes y lo observado a nivel macroscópico, clasificando cada muestra según su alteración dominante y su litología (Tabla 4.1). Cabe mencionar que las muestras de corte transparente, pueden no ser representativas de la alteración interpretada en el tramo modelado, ya que debido a la superposición de eventos es común encontrar más de un tipo de alteración en una misma muestra. Además hay tramos donde la intensidad y penetratividad de la alteración carece de continuidad, provocando que la alteración no se mantenga por zonas o tramos de extensión considerable, sino más bien se encuentre restringida a zonas de mayor permeabilidad. Por esta misma razón, para establecer la zonación de las alteraciones, los tramos pequeños se diluyen en los tramos más grandes. La descripción completa y detallada de todos los cortes transparentes puede ser revisadas en el Anexo B.

En las muestras recolectadas (Ver figura 4.1.a y figura 4.1.b) es posible apreciar diferencias significativas en cuanto a la petrografía de las rocas; es decir su textura, mineralogía, estilos de mineralización, intensidad y cantidad de eventos de alteración reconocidos. Como se detalla en esta sección, es posible encontrar rasgos de primer orden como diferencias en los porcentajes de las fases observadas, lo que se debe a diferencias en la intensidad y tipos de alteración.

Para realizar este estudio se utilizó un microscopio polarizador, mediante el cual es posible observar con un aumento máximo de 50X, lo que permite reconocer la mineralogía de matriz, algunas estructuras intracristalinas como bordes de reacción, en ocasiones minerales y/o rasgos accesorios como apatito e inclusiones fluidas, además de relaciones entre los tamaños de los granos. Se estudió un total de 90 muestras, de las cuales 80 fueron descritas petrográficamente por el laboratorio GEOMAQ LTDA.

### 4.1.a

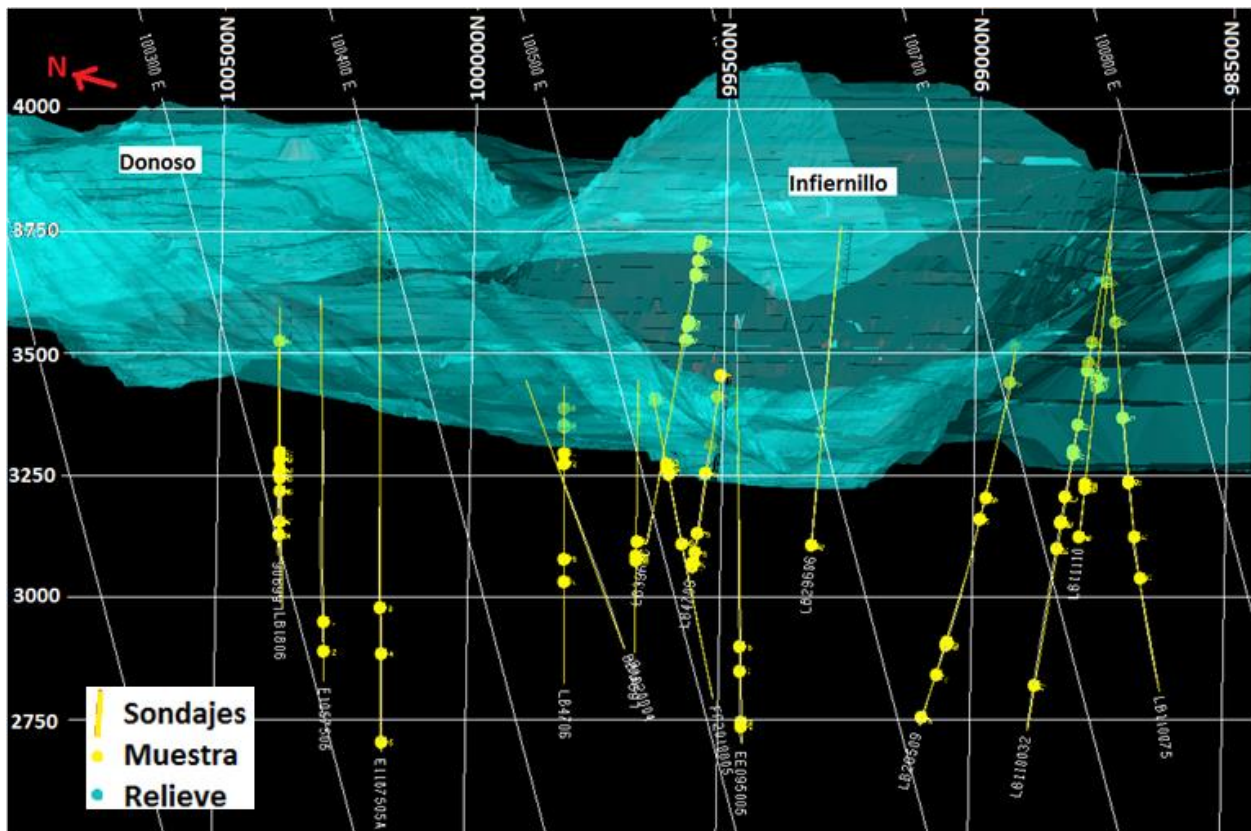


Figura 4.1.a: Vista isométrica con visualización de las 90 muestras numeradas, a las cuales se les confeccionó corte transparente distribuidas entre los rajes Donoso e Infiernillo



# 4.1.b

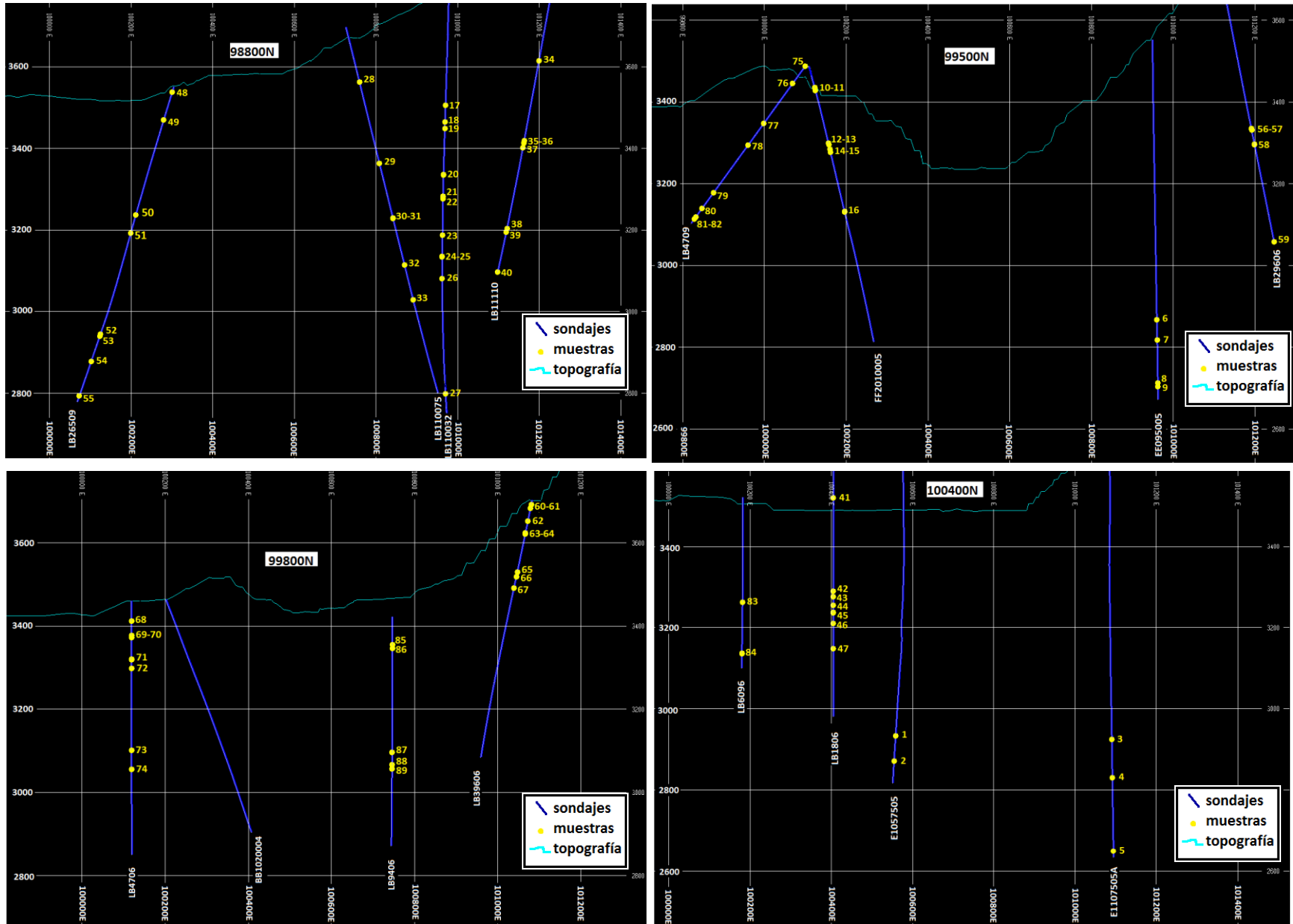


Figura 4.1.b: Vista en secciones, mostrando las cuatro secciones de trabajo con sus respectivos sondajes y muestras numeradas.

Tabla 4.1: Resumen de 90 muestras estudiadas a nivel macroscópico y microscópico. Cada color indica la alteración dominante y la asociación que representa la muestra, en paréntesis se indican las asociaciones de alteración subordinadas (Amarillo: QS; Dorado: SCC; Verde oscuro: ClBt (Clo); Verde claro: ClEp; Blanco: ATE; Café claro: ClBt (Bt); Café oscuro: Ksil; Morado: SGV). Abreviaciones: Bx=Brecha; RS=Reemplazo selectivo; PV=Penetrativo; Ab=albita; Anh=anhidrita; Arc=arcillas; Bar=baritina; Bt=biotita; Cal=calcita; Clo=clorita; Ep=epidota; Esf=esfalerita; FeldK=feldespatos potásico; Mt=magnetita; Qz=cuarzo; Ser=sericita; Tur=turmalina. Nota: Las muestras no necesariamente son representativas del tramo de alteración modelado (Ver Anexo A de abreviaciones).

| N° Muestra | HoleID/profundidad | Sector             | Unidad Geológica  | Asociación Mineral                | Tipo y estilos de alteración                                      |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|---|
| 1          | E1057505/672.3     | Donoso             | QM (Halo vetilla) | Ser- Tur- Clo-opacos              | Fílico temprano: SGV/Estilo: Vetilla, Halo y RS                   |
| 2          | E1057505/733.9     | Donoso             | QM                | Ser-Anh-Qz-Ep-Bt-(Clo)-(Ab)-(Ep)  | Fílico temprano: SGV + (ClBt) + (ATE)/Estilo: Vetilla, Halo y RS  |
| 3          | E1107505A/1105.2   | Donoso             | QM                | Bt-Anh-Qz-(Ser)                   | Potásico biotítico: ClBt (Bt>Cl) + (QS)/Estilo: RS                |
| 4          | E1107505A/829.3    | Donoso             | Bx Ignea          | Bt-Anh-Qz-Clo-(Ser)-(Ep)-(Tur)    | Potásico biotítico: ClBt/Estilo: RS                               |
| 5          | E1107505A/923.5    | Donoso             | QM                | Bt-Anh-Qz-Clo-(Ser)               | Potásico biotítico: ClBt (Bt>Cl) + (QS)/Estilo: RS e intersticial |
| 6          | EE095005/685.5     | Infiernillo-Donoso | AND               | Bt-Qz-Anh-(Clo)-(Ser)-(Ep)        | Potásico biotítico: Ksil/Estilo: PV y vetillas                    |
| 7          | EE095005/735.2     | Infiernillo-Donoso | Bx Anhidrita      | Bt-Anh-Qz-(Ser)-(Clo)             | Potásico biotítico: Ksil/Estilo: Relleno de espacios y PV         |
| 8          | EE095005/839.7     | Infiernillo-Donoso | QM gruesa         | Clo-Bt-Qz-Anh-FeldK-(Ser)         | Potásico biotítico: ClBt + (QS)/Estilo: RS y vetilla              |
| 9          | EE095005/849.1     | Infiernillo-Donoso | AND               | Bt-Qz-Anh-(Clo)-(Ser)             | Potásico biotítico: Ksil + (QS)/Estilo: PV y vetillas             |
| 10         | FF2010005/196.6    | Infiernillo-Donoso | QM                | Clo-Ep-Qz-(Ab)-(Ser)-(Arc)-(Tur)  | Propilítico clorítico: ClEp + (ATE)/Estilo: RS e intersticial     |
| 11         | FF2010005/200      | Infiernillo-Donoso | QM                | Clo-Ep-(Ab)-(Ser)-(Arc)           | Propilítico clorítico: ClEp + (ATE)/Estilo: RS                    |
| 12         | FF2010005/212      | Infiernillo-Donoso | QM                | Ab-Ep-(Clo)-(Ser)-(Arc)           | Propilítico albitico: ATE/Estilo: RS                              |
| 13         | FF2010005/219.7    | Infiernillo-Donoso | Aplita            | Ab-(Ser)-(Clo)-(Arc)-(Bt)-(FeldK) | Propilítico albitico: ATE + (ClBt)/Estilo: RS                     |
| 14         | FF2010005/370      | Infiernillo-Donoso | QM                | Ser-Cal-Arc-Clo                   | Fílico tardío: SCC/Estilo: PV                                     |
| 15         | FF2010005/55.7     | Infiernillo-Donoso | QM                | Ser-Arc-Clo-Qz-(Ab)-(Tur)         | Fílico tardío: SCC + (ATE)/Estilo: PV                             |
| 16         | FF2010005/62.3     | Infiernillo-Donoso | QM                | Clo-Bt-Mtt-(Ab)                   | Propilítico clorítico: ClBt + (ATE)/Estilo: RS                    |
| 17         | LB110032/282       | Infiernillo        | QM fina           | Clo-Ep-Ab-(Ser)-(Arc)             | Propilítico clorítico: ClEp/Estilo: RS                            |
| 18         | LB110032/324       | Infiernillo        | PQMD              | Clo-Ep-Ab-(Ser)-(Arc)-(Cal)       | Propilítico clorítico: ClEp + (ATE)/Estilo: RS                    |
| 19         | LB110032/340       | Infiernillo        | QM fina           | Ser-Cal-Qz                        | Fílico tardío: SCC/Estilo: PV y vetilla                           |

|    |                 |             |               |   |   |
|----|-----------------|-------------|---------------|---|---|
| 20 | LB110032/455    | Infiernillo | QMD           | Ab-Anh-Clo-(Ser)-(Arc)-(Yeso)                 | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y relleno de espacios |
| 21 | LB110032/509    | Infiernillo | QMD           | Clo-Ep-Ab-Anh-(Ser)                           | Propilítico clorítico: ClEp/Estilo: RS e intersticial             |
| 22 | LB110032/515    | Infiernillo | QMD           | Ser-Bt-Clo-Anh-Qz-(Ab)-(Ep)                   | Fílico temprano: SGV + (ATE)/Estilo: RS y Vetilla-Halo            |
| 23 | LB110032/605.2  | Infiernillo | QM            | Ser-FelK-Anh-Clo-(Ab)-(Ep)-(Qz)               | Fílico temprano: SGV/Estilo: Vetilla                              |
| 24 | LB110032/657.6  | Infiernillo | QMD fina      | Clo-Ep-Ab-Anh-Qz-(Ser)-(Arc)                  | Propilítico clorítico: ClEp + (ATE)/Estilo: RS y vetillas         |
| 25 | LB110032/658.8  | Infiernillo | QMD           | Ser-Clo-Qz-Anh-Bt-(Arc)-(Ep)-(Ab)             | Fílico temprano: SGV + (ATE)/Estilo: RS y Vetilla-Halo            |
| 26 | LB110032/713.8  | Infiernillo | QM            | Clo-Ep-Anh-(Ab)-(Ser)-(Arc)-(Qz)              | Propilítico clorítico: ClEp/Estilo: RS y Vetilla                  |
| 27 | LB110032/999.75 | Infiernillo | QM            | Ser-Anh-Qz-(Ab)-(Clo)-(Arc)                   | Fílico principal: QS + (CIBt) + (ATE)/Estilo: RS y vetillas       |
| 28 | LB110075/139    | Infiernillo | QM            | Ser-Tur-Qz                                    | Fílico Principal: QS/Estilo: PV y parches                         |
| 29 | LB110075/344.7  | Infiernillo | QM fina       | Ab-Tur-(Ser)-(Arc)                            | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS                       |
| 30 | LB110075/481.8  | Infiernillo | QMD           | Ab-Ep-Tur-Anh-(Clo)-(Ser)-(Arc)               | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y parches             |
| 31 | LB110075/483.4  | Infiernillo | QMD           | Clo-Bt-Qz-(Anh)-(FeldK)-(Ep)-(Ser)-(Arc)-(Ab) | Propilítico clorítico: ClBt+ (QS) + (Ksil)/Estilo: RS y vetilla   |
| 32 | LB110075/600.9  | Infiernillo | QMD           | Ab-Tur-Anh-(Arc)-(Ser)                        | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS e intersticial        |
| 33 | LB110075/688.8  | Infiernillo | PQM           | Qz-Ser-(Ab)-(Bt)-(Clo)-(FeldK)                | Fílico principal: QS/Estilo: PV y vetillas                        |
| 34 | LB11110/305.7   | Infiernillo | QM            | Ab-(Clo)-(Ep)-(Ser)-(Arc)                     | Propilítico albítico: ATE + (ClEp) + (QS)/Estilo: RS              |
| 35 | LB11110/504.85  | Infiernillo | QMD           | Ser-Clo-Cal-(Anh)                             | Fílico tardío: SCC/Estilo: PV y vetillas                          |
| 36 | LB11110/510.6   | Infiernillo | QMD           | Ser-Yeso-Qz-Cal-Tur                           | Fílico tardío: SCC/Estilo: PV y vetilla                           |
| 37 | LB11110/522.65  | Infiernillo | QMD           | Ser-Clo-Ab-Qz-Anh-(Arc)                       | Fílico temprano: SGV/Estilo: RS y Vetilla                         |
| 38 | LB11110/724.45  | Infiernillo | PQMD          | Ab-Ep-Clo-Qz-Anh-(Ser)-(Arc)                  | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y vetilla             |
| 39 | LB11110/733.8   | Infiernillo | QMD           | Ab-Clo-Anh-Qz-(Ser)-(Arc)                     | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y PV                  |
| 40 | LB11110/834.1   | Infiernillo | QMD           | Clo-Bt-E-Anh-(Ab)-(Ser)-(Arc)                 | Propilítico clorítico: ClBt + (ATE)/Estilo: RS                    |
| 41 | LB1806/303      | Donoso      | QM craquelada | Ser-Arc-Tur-(Ab)-(Clo)                        | Fílico principal: QS + (CIBt)/Estilo: RS y rellenando espacios    |
| 42 | LB1806/316.6    | Donoso      | QM            | Ser-Arc-(Ab)-(Cal)-(Bt)-(Clo)                 | Fílico principal: QS + (CIBt)/Estilo: RS e intersticial           |
| 43 | LB1806/337.8    | Donoso      | QM            | Clo-Bt-(Ser)-(Arc)                            | Propilítico clorítico: ClBt + (QS)/Estilo: RS                     |
| 44 | LB1806/355.6A   | Donoso      | Veta DT       | Qz-Bar-Esf-Arc-Cal-(Anh)                      | Fílico tardío: SCC/Estilo: Veta                                   |

|    |                |                    |              |   |   |
|----|----------------|--------------------|--------------|---|---|
| 45 | LB1806/355.6B  | Donoso             | Veta DT      | Qz-Bar-Esf-Arc-Cal-(Anh)                    | Fílico tardío: SCC/Estilo: Veta                                   |
| 46 | LB1806/382.6   | Donoso             | QM           | Clo-Bt-Mtt-(Ep)-(Ser)                       | Propilítico clorítico: CIBt + (QS)/Estilo: RS y vetilla           |
| 47 | LB1806/443.9   | Donoso             | QMD          | Ab-Tur-(Ser)-(Arc)-(Qz)                     | Propilítico albítico: ATE/Estilo: PV y RS                         |
| 48 | LB1806/73      | Donoso             | Bx Central   | Tur-Qz-Ser-Arc-(Clo)-(Ab)                   | Fílico principal: QS/Estilo: RS y rellenando espacios             |
| 49 | LB26509/13.75  | Infiernillo        | QMD          | Ab-Clo-Tur-(Ser)-(Arc)                      | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y vetillas            |
| 50 | LB26509/330.5  | Infiernillo        | QM           | Ser-Arc-Clo-Cal-Qz-(Bt)                     | Fílico tardío: SCC/Estilo: RS y stockwork                         |
| 51 | LB26509/376.8  | Infiernillo        | QM           | Ser-Qz-Arc-(Ab)-(Tur)                       | Fílico principal: QS/Estilo: PV y stockwork                       |
| 52 | LB26509/641.4  | Infiernillo        | PQM          | Ser-Anh                                     | Fílico principal: QS/Estilo: PV                                   |
| 53 | LB26509/646.7  | Infiernillo        | PQM          | Ser-Arc-Tur-Anh-(Clo)-(Ab)                  | Fílico principal: QS + (CIBt)/Estilo: RS y Intersticial           |
| 54 | LB26509/713.56 | Infiernillo        | QMD          | Bt-Anh-Clo-(Ab)-(Ser)                       | Potásico biotítico: CIBt (Bt>Cl) + (QS)/Estilo: RS y vetilla      |
| 55 | LB26509/806.15 | Infiernillo        | QMD          | Ab-Tur-Anh-(Arc)-(Yeso)                     | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y Relleno de espacios |
| 56 | LB26509/85.95  | Infiernillo        | QM           | Ser-Clo-Qz-(Tur)                            | Fílico tardío: SCC/Estilo: Halo de vetilla                        |
| 57 | LB29606/404.5  | Infiernillo-Donoso | PQD          | Clo-Ep-(Mtt)-(Ab)-(Ser)-(Anh)               | Propilítico clorítico: CIEp + (QS)/Estilo: RS                     |
| 58 | LB29606/408    | Infiernillo-Donoso | QMD brechoza | Ab-Tur-(Ser)-(Arc)-(Clo)-(FeldK)-(Qz)-(Anh) | Propilítico albítico: ATE + (QS) + (Ksil)/Estilo: RS y vetilla    |
| 59 | LB29606/444    | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Cal-Yeso-(Tur)-(Qz)                     | Fílico tardío: SCC/Estilo: RS y vetilla                           |
| 60 | LB29606/689.4  | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Qz-(Ab)-(Anh)-(FeldK)-(Clo)             | Fílico principal: QS + (Ksil)/Estilo: Vetilla y RS                |
| 61 | LB39606/11.2   | Infiernillo-Donoso | AND          | Bt-Clo-Mtt-(Ser)-(Qz)                       | Potásico biotítico: Ksil + (QS)/Estilo: PV                        |
| 62 | LB39606/177.9  | Infiernillo-Donoso | QM           | Ab-Ep-Clo-Tur-(Ser)-(Arc)                   | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS y vetilla             |
| 63 | LB39606/189.4  | Infiernillo-Donoso | Qz-Sienita   | Ser-Arc-(Clo)-(Ep)-(Ab)                     | Fílico principal: QS + (ATE)/Estilo: RS                           |
| 64 | LB39606/20.9   | Infiernillo-Donoso | AND          |   | Potásico biotítico: Ksil + (QS)/Estilo: PV y RS                   |
| 65 | LB39606/217.1  | Infiernillo-Donoso | Qz-Sienita   | Ser-Arc-Tur-(Ab)-(Cl)-(Bt)                  | Fílico principal: QS + (ATE)/Estilo: RS y vetilla                 |
| 66 | LB39606/52.4   | Infiernillo-Donoso | PDIOR        | Bt-Clo-(Ep)-(Ser)-(Ab)                      | Potásico biotítico: CIBt + (ATE)/Estilo: PV y RS                  |
| 67 | LB39606/81.2   | Infiernillo-Donoso | QM           | Ab-Ep-Cl-(Ser)-(Arc)                        | Propilítico albítico: ATE + (QS)/Estilo: RS                       |
| 68 | LB39606/84.4   | Infiernillo-Donoso | QM           | Clo-Ep-Mtt-(Ser)                            | Propilítico clorítico: CIEp + (QS)/Estilo: RS                     |
| 69 | LB4706/141.95  | Infiernillo-Donoso | QM           | Clo-Bt-(Ab)-(Ser)-(Arc)                     | Propilítico clorítico: CIBt + (QS)/Estilo: RS                     |
| 70 | LB4706/162.9   | Infiernillo-Donoso | QMD          | Clo-Bt-Mtt                                  | Propilítico clorítico: CIBt/Estilo: RS                            |

|    |               |                    |              |   |  |
|----|---------------|--------------------|--------------|---|--|
| 71 | LB4706/359.5  | Infiernillo-Donoso | QMD          | Ser-Arc-Anh-Tur-(Yeso)-(Ab)-(Clo)             | Fílico principal: QS + (ATE)/Estilo: RS y vetilla                |
| 72 | LB4706/405.1  | Infiernillo-Donoso | PQD          | Bt-Anh-Ab-Clo-(Ser)                           | Potásico biotítico: CIBt (Bt>Cl + (QS))/Estilo: RS y PV          |
| 73 | LB4706/49.2   | Infiernillo-Donoso | Aplita       | Cl-Ep-(Arc)                                   | Propilítico clorítico: ClEp + (QS)/Estilo: RS                    |
| 74 | LB4706/83.25  | Infiernillo-Donoso | QMD          | Ab-Ep-(Clo)-(Bt)-(Ser)-(Arc)                  | Propilítico albítico: CIBt + (ATE)/Estilo: RS y vetilla          |
| 75 | LB4706/88.7   | Infiernillo-Donoso | Qz-Sienita   | Clo-Bt-(Ab)-(Arc)-(Ser)                       | Propilítico clorítico: CIBt + (QS)/Estilo: RS                    |
| 76 | LB4709/176    | Infiernillo-Donoso | PQMD         | Ser-Clo-Arc-(Ab)-(Ep)-(Qz)-(FeldK)            | Fílico tardío: SCC + (ATE) + (Ksil)/Estilo: RS y vetilla         |
| 77 | LB4709/242.7  | Infiernillo-Donoso | PQMD         | Ab-Clo-Qz-(Ser)-(Arc)-(FeldK)-(Ep)-(Mtt)-(Bt) | Propilítico albítico: ATE + (CIBt) + (Ksil)/Estilo: RS           |
| 78 | LB4709/386.25 | Infiernillo-Donoso | PQMD         | Ab-Tur-Qz-(Ser)-(Clo)-(Arc)-(Cal)             | Propilítico albítico: ATE + (SCC)/Estilo: RS y vetilla tipo C3A  |
| 79 | LB4709/4.2    | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Arc-Qz-Ab-(Clo)-(FeldK)                   | Propilítico albítico: QS + (ATE)/Estilo: RS                      |
| 80 | LB4709/434    | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Clo-Cal-Qz-Arc-(Ab)-(Tur)                 | Fílico tardío: SCC + (ATE)/Estilo: RS, intersticial y vetillas   |
| 81 | LB4709/459.6  | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Arc-Qz-(Clo)-(Anh)-(Tur)-(Ab)             | Fílico principal: QS + (ATE) + (CIBt)/Estilo: RS y vetilla       |
| 82 | LB4709/466.1  | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Clo-Arc-Qz-(Ab)-(Bt)                      | Fílico tardío: QS + (ATE)/Estilo: RS y vetilla                   |
| 83 | LB4709/55.45  | Infiernillo-Donoso | QM           | Ser-Clo-Arc                                   | Fílico tardío: SCC/Estilo: RS y PV                               |
| 84 | LB6906/259.8  | Donoso             | QMD          | Clo-Bt-Mtt                                    | Propilítico clorítico: CIBt/Estilo: RS                           |
| 85 | LB6906/385.4  | Donoso             | QMD          | Clo-Bt-(Ab)-(Ep)-(Ser)-(Arc)                  | Propilítico clorítico: CIBt + (ATE) + (QS)/Estilo: RS            |
| 86 | LB9406/326.7  | Infiernillo-Donoso | QMD brechoza | Ser-Arc-Anh-(Yeso)-(Ab)-(Clo)                 | Fílico principal: QS + (ATE)/Estilo: RS e intersticial           |
| 87 | LB9406/356.4  | Infiernillo-Donoso | PQM          | Clo-Ep-Mtt-(Ab)-(Ser)-(Qz)-(FeldK)-(Anh)      | Propilítico clorítico: ClEp + (QS) + (Ksil)/Estilo: RS y vetilla |
| 88 | LB9406/366.45 | Infiernillo-Donoso | PQM          | Clo-Ep-Mtt-(Ser)-(Ab)-(Anh)-(Qz)              | Propilítico clorítico: ClEp + (QS) + (Ksil)/Estilo: RS y vetilla |
| 89 | LB9406/68.2   | Infiernillo-Donoso | Bx Central   | Qz-Ser-Anh-(Clo)-(Ab)                         | Fílico principal: QS + (ATE)/Estilo: RS y vetilla                |
| 90 | LB9406/76.1   | Infiernillo-Donoso | Bx Central   | Ser-Arc-Qz-Anh-Tur-(Ab)-(Clo)                 | Fílico principal: QS+ (ATE)/Estilo: RS y Relleno de espacios     |

### 4.2.1. Grupo Potásico

Este grupo es el de menor volumen en el sector, sin embargo, se desconoce la extensión de este en profundidad. Está representado por las asociaciones cuarzo-anhidrita- feldespato potásico, abreviada como Ksil y biotita-clorita-magnetita, abreviada como ClBt. Las asociaciones se dan principalmente en vetillas del tipo A según la nomenclatura definida por Gustafson y Hunt (1975) y como reemplazo selectivo de minerales primarios (Figura 4.2). Los máficos son reemplazados por biotita y en ocasiones magnetita, produciendo la re-cristalización de hornblenda en biotita-magnetita y cuando la alteración es un poco más intensa la re-cristalización incluso de las biotitas magmáticas, reconocidas por su hábito en “books”, a diferencia de las biotitas hidrotermales “chasconas” que comúnmente se reconocen como un fino y desorientado agregado cristalino.

También se añade a este grupo la asociación biotita-sericita-feldespato potásico-anhidrita-(turmalina)-(clorita) conocida como sericita gris verde, su abreviación será SGV. En la literatura se ha descrito corindón, andalusita y topacio como minerales presentes en esta asociación, sin embargo, estos no han sido reconocidos en las muestras estudiadas. Dicha asociación representa un evento temprano transicional entre el fílico y el potásico, corresponde a una hidrólisis temprana (posiblemente la primera del sistema).

Cabe mencionar que en las rocas graníticas del sector es común la presencia de biotitas primarias, las cuales se diferencian de las secundarias por su hábito micáceo característico, denominado informalmente hábito en *books*. Además es común la presencia de fases magmáticas tardías y muy diferenciadas de la cámara, conocidas como aplitas, formadas principalmente por cuarzo y feldespato potásico, los que muestran texturas de intercrecimiento observadas en microscopio y a nivel macroscópico; se reconocen por presentar textura sacaroidea afanítica (Figura 4.3). Ambos casos en los cuales se tiene mineralogía primaria rica en potasio no fueron considerados dentro de este grupo, pues no forman parte de minerales producto de alteración hidrotermal, sino de origen magmático.

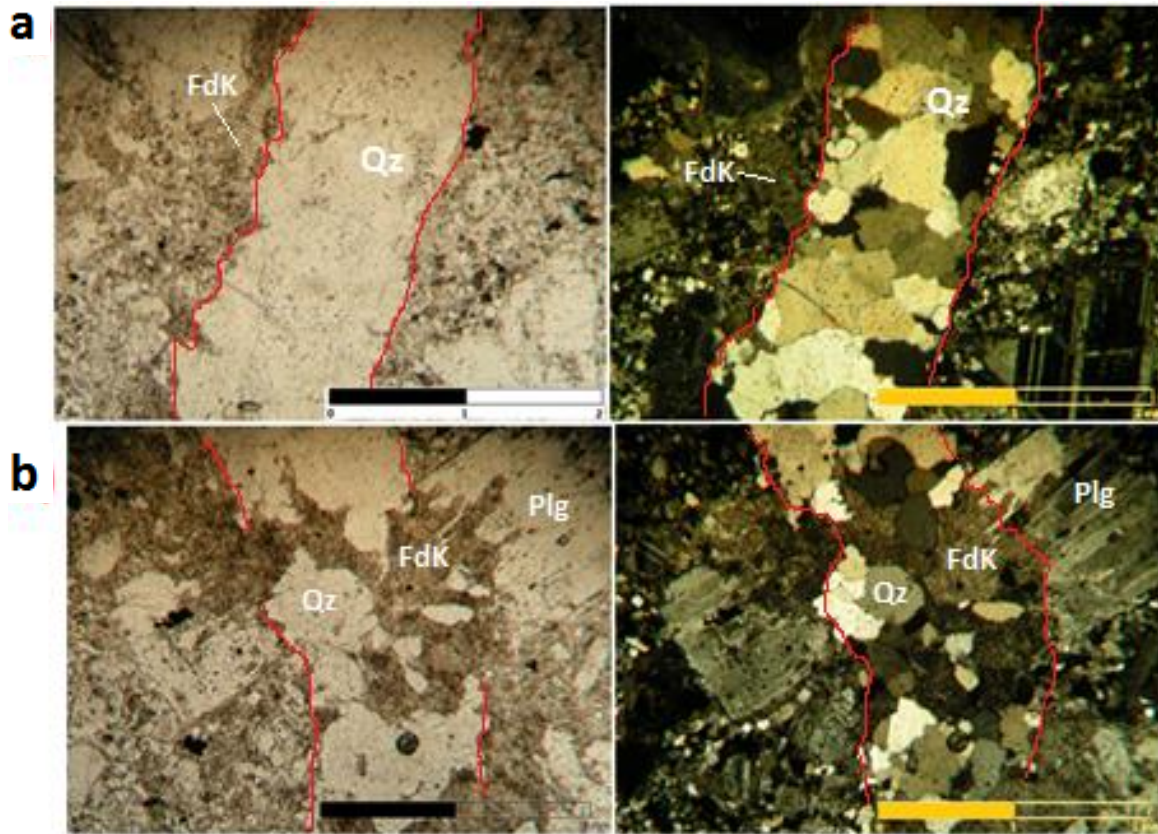


Figura 4.2: a) Micrografía a nicols paralelos (izquierda) y nicols cruzados (derecha) de una vetilla tipo A, con escasa anhidrita. A diferencia de una inyección magmática, en este caso no se observan texturas de intercrecimiento y el feldespato potásico está restringido al halo de la vetilla. b) Micrografía a nicols paralelos (izquierda) y nicols cruzados (derecha), donde se reconoce una vetilla de cuarzo y feldespato potásico alterando a plagioclasas cortadas por la vetilla. Ambas fotos corresponden al sondaje LB4706 en el metro 242.7. Qz: Cuarzo; FdK: feldespato potásico; Plg: Plagioclasa.

En prácticamente todas las rocas del sector es muy común observar una cloritización de los máficos, especialmente de las biotitas, tanto magmáticas como hidrotermales, lo que provoca un enmascaramiento del metasomatismo potásico. Además, sobreimpuesto a los eventos tempranos, se observa una sericitización, la que altera prácticamente a todos los feldespatos de forma débil a intensa y en ocasiones ocurre como halo de vetillas.



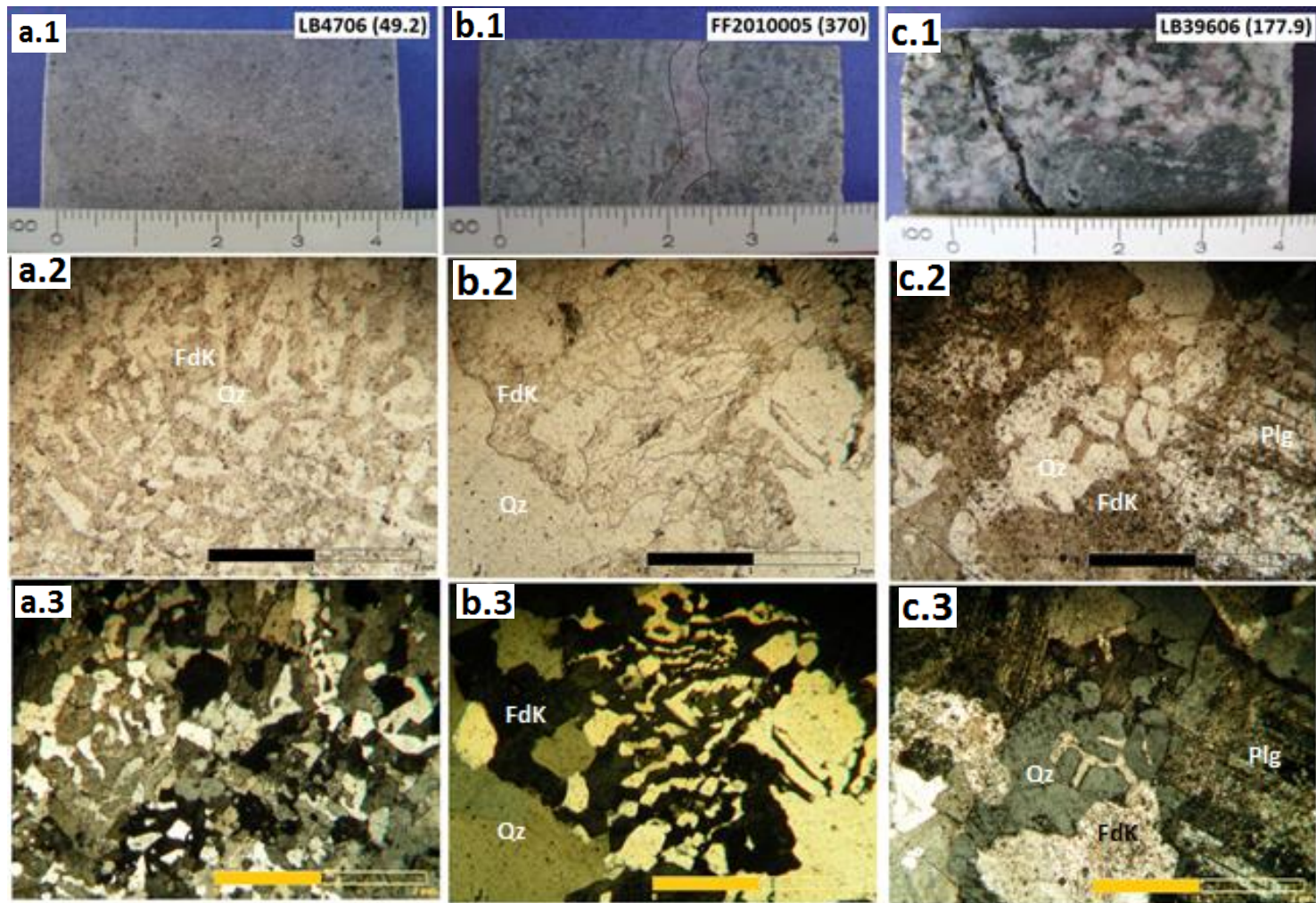


Figura 4.3: a.1) Muestra de color rosado corresponde a filón aplítico con textura sacaroidea, se reconoce abundante Fdk magmático; a.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje LB4706 en el metro 49.2. Se reconoce una textura de intercrecimiento entre cuarzo y feldespato potásico de tipo mirmequitica; a.3) Misma foto que a.2, pero a nicols cruzados; b.1) QM con alteración tipo SCC y cortada por una inyección magmática altamente diferenciada; b.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje FF2010005 en el metro 370. Se reconoce textura tipo gráfica, cuarzo intercrecido con feldespato potásico y prácticamente nula presencia de plagioclasas; b.3) Misma foto que b.2, pero a nicols cruzados; c.1) QM con abundante feldespato potásico y plagioclasas albitizadas y sericitizadas, en la parte inferior se reconoce un enclave máficos; c.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje LB39606 en el metro 177.9. Se reconoce un intercrecimiento de cuarzo y feldespato potásico, este último sin reemplazar a las plagioclasas como ocurre en una alteración de tipo potásica. c.3) Misma foto que c.2, pero a nicols cruzados.



#### 4.2.1.1. Silicatos potásicos: Ksill

Esta asociación se caracteriza por el reemplazo de los silicatos primarios de origen magmático a minerales secundarios producto de alteración hidrotermal ricos en potasio, debido a un metasomatismo por fluidos de alta temperatura. Ocurre principalmente como vetillas rellenas de cuarzo-anhidrita, en ocasiones, con un delgado y difuso halo de feldespato potásico (figura 4.2 y figura 4.4.c). En rocas más básicas, como la andesita, ocurre de forma pervasiva y penetrativa, alterando a todos los máficos de la roca y reemplazándolos por un agregado fino de biotitas (Fig. 4.4.a y figura 4.4.b). Sus minerales principales son biotita-anhidrita-cuarzo-feldespato potásico-magnetita y subordinadamente (clorita)-Albita). Corresponde a la asociación de menor abundancia reconocida en el sector, sin embargo se desconoce su distribución y extensión en profundidad. Para diferenciar entre mineralogía magmática e hidrotermal se utilizaron los siguientes criterios: Las biotitas magmáticas por lo general se dan en *books*, mostrando un hábito reconocible de tipo micáceo. A nivel macroscópico el feldespato potásico magmático se reconoce por presentarse como una fina masa aplítica de cuarzo intercrecido con feldespato potásico, a diferencia del feldespato potásico hidrotermal, el cual se presenta como reemplazo de plagioclasas, o bien, como un fino halo de vetillas. La magnetita se puede afirmar que es de alteración cuando está en vetillas, sin embargo, cuando esta diseminada es difícil determinar si es magmática o producto de alteración; si se encuentra diseminada reemplazando a los minerales máficos y relacionada con biotita, se considera de alteración (Figura 4.4.b). Cabe mencionar que el feldespato potásico intercrecido con cuarzo, comúnmente mostrando texturas de tipo mirmequítica y/o gráfica fue excluido de esta asociación de alteración, pues corresponde a un feldespato potásico primario producto de inyecciones magmáticas tardías, conocidas como aplitas (Figura 4.3). En ocasiones estas inyecciones se entremezclan con la roca dándole un carácter más alcalino a la roca, llegando en ocasiones a rocas de tipo sieníticas a cuarzo-sieníticas según la clasificación QAP de Streckeisen (1979), las cuales están compuestas casi totalmente por feldespato potásico. Esta condición ocurre principalmente en el sector norte de la zona de estudio.

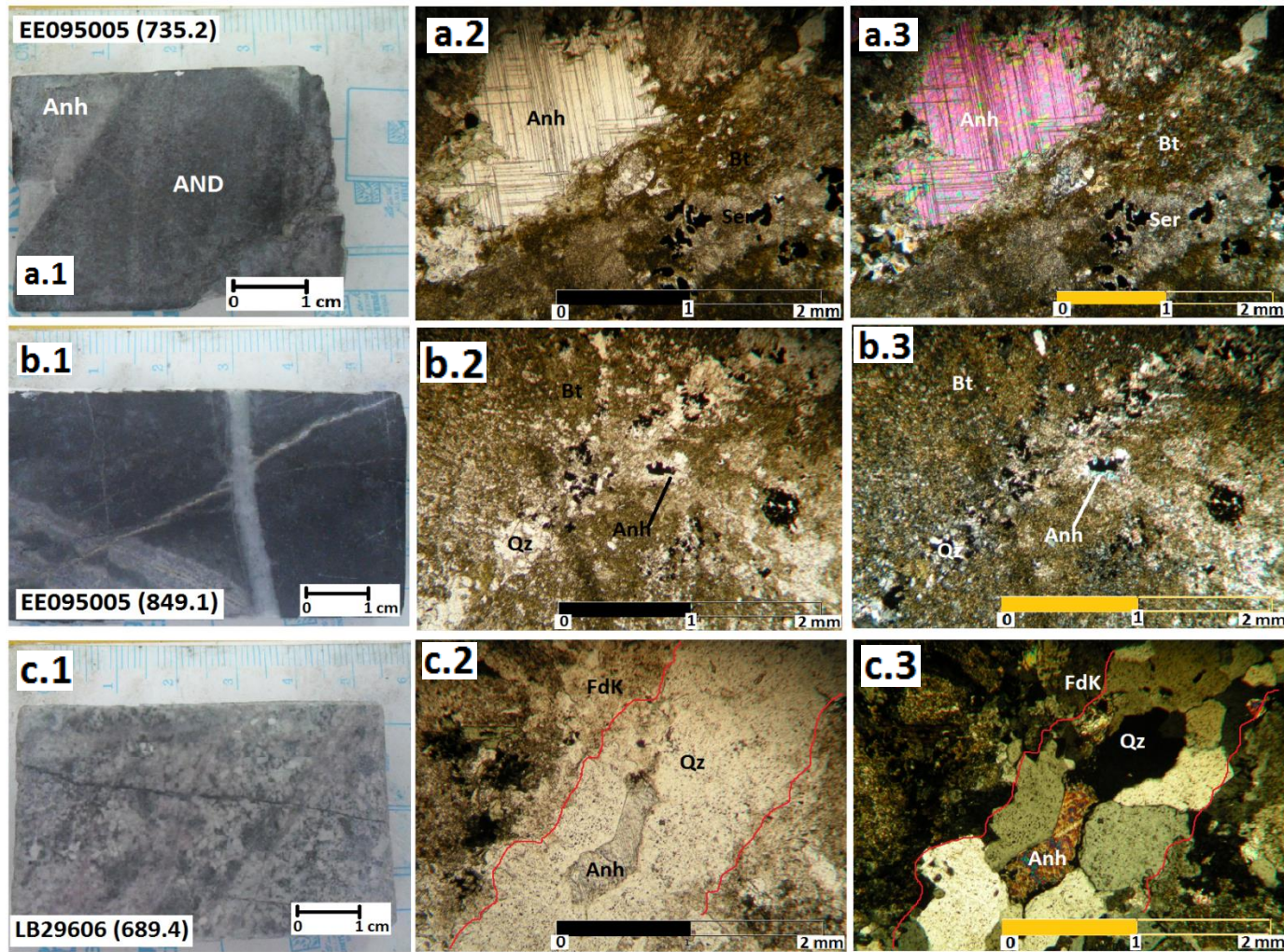


Figura 4.4: a.1 Brecha de anhidrita, en la muestra se observa un clasto de andesita intensamente alterado a biotita y sericita, envuelto por anhidrita, además tanto clasto y matriz son atravesados por fina vetilla con sulfuros; a.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje EE095005 en el metro 735.2. Se observa el clasto de andesita intensamente biotitizado y sericitizado, junto a anhidrita relleno de espacios. a.3) Mismas muestra que a.2, pero a nicols cruzados; b.1) Andesita biotitizada y sericitizada, cortada por diversos tipos de vetillas; b.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje EE095005 en el metro 849.1. Se reconoce una andesita totalmente alterada a biotita y sericita, con anhidrita intersticial y cortada por una venilla de cuarzo. b.3) Mismas muestra que b.2, pero a nicols cruzados; c.1) QM sericitizada, cortada por vetillas tipo A; c.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje LB29606 en el metro 689.4. Se observa una vetilla de cuarzo-anhidrita con pequeño halo feldespático. c.3) Mismas muestra que c.2, pero a nicols cruzados.



#### 4.2.1.2. Sericita Gris Verde: SGV

Esta asociación es producto de una hidrólisis temprana, ocurre en vetillas y como halo de vetillas del tipo C (en terminología mina C, C1 y C2) y presenta abundancia de calcopirita y/o pirita con o sin molibdenita (Figura 4.5). Sus minerales principales son sericita-anhidrita-biotita y subordinadamente clorita-cuarzo-epidota-feldespato potásico. Es difícil distinguirla de una alteración cuarzo-sericita, sin embargo la SGV es más temprana y por lo tanto es cortada por las vetillas tipo D de cuarzo con halo sericítico blanco. Además, la alteración tiende a mostrar un color modal más gris a verde y una mineralogía de mayor temperatura, como, biotita, feldespato potásico, cuarzo y anhidrita, además de su halo sericítico, el que por lo general se reconoce de grano más grueso, en ocasiones con muscovita reconocible en corte transparente. También se caracteriza por presentar abundancia de opacos, los cuales corresponden a magnetita y sulfuros, principalmente pirita y calcopirita, con menor o nula presencia de molibdenita. Esta alteración se reconoce y tiende a aumentar en profundidad (bajo la cota 3.200 a 3.000 m s.n.m.).

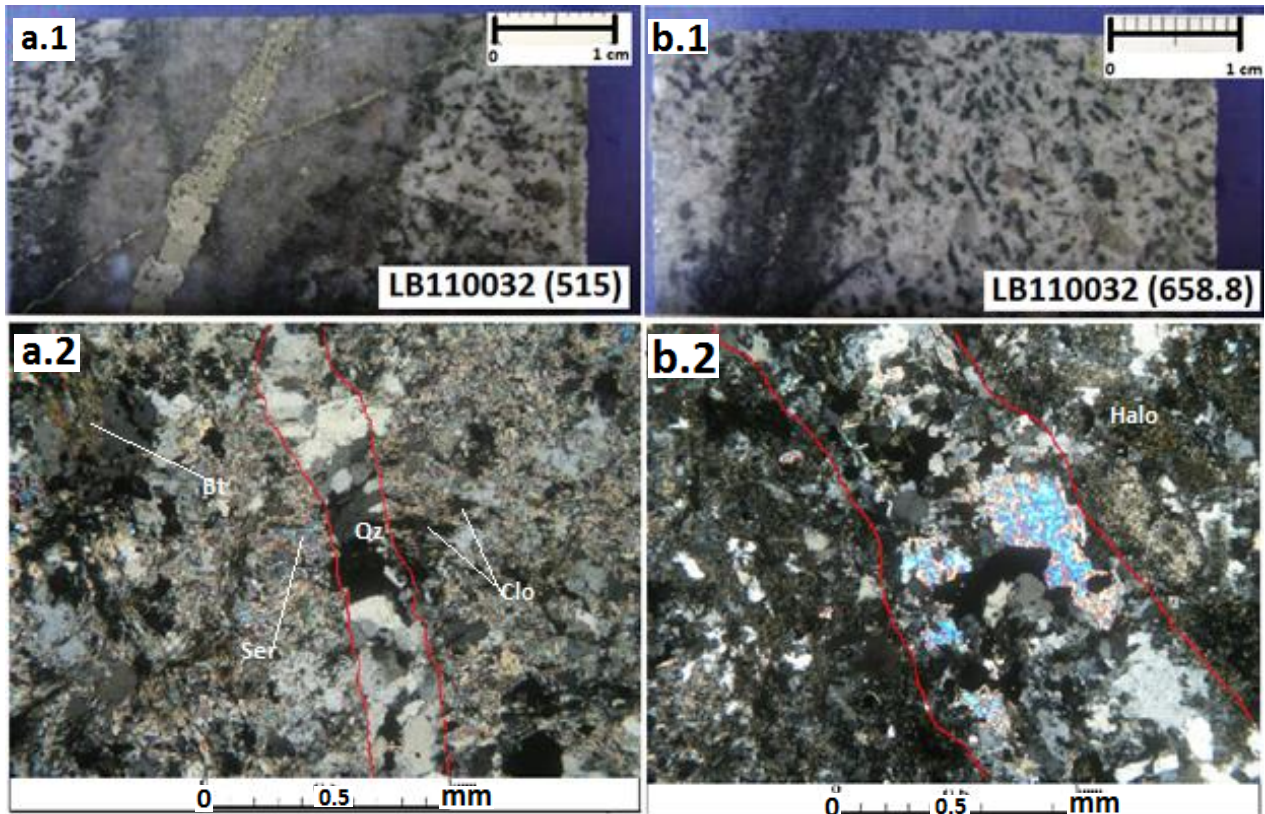


Figura 4.5: a.1) Vetilla C2 con halo de sericita gris verde y sutura central de pirita; a.2) Microfotografía a nicols cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110032 en el metro 515. Se observa una fina vetilla de cuarzo con halo sericítico, clorítico y biotítico; b.1) QMD cortada por vetilla C2 y con máficos cloritizados; b.2) Microfotografía a nicols cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110032 en el metro 658.8. Se reconoce vetilla de cuarzo-anhidrita con halo de alteración de sericita-arcillas-(biotita)-(clorita).

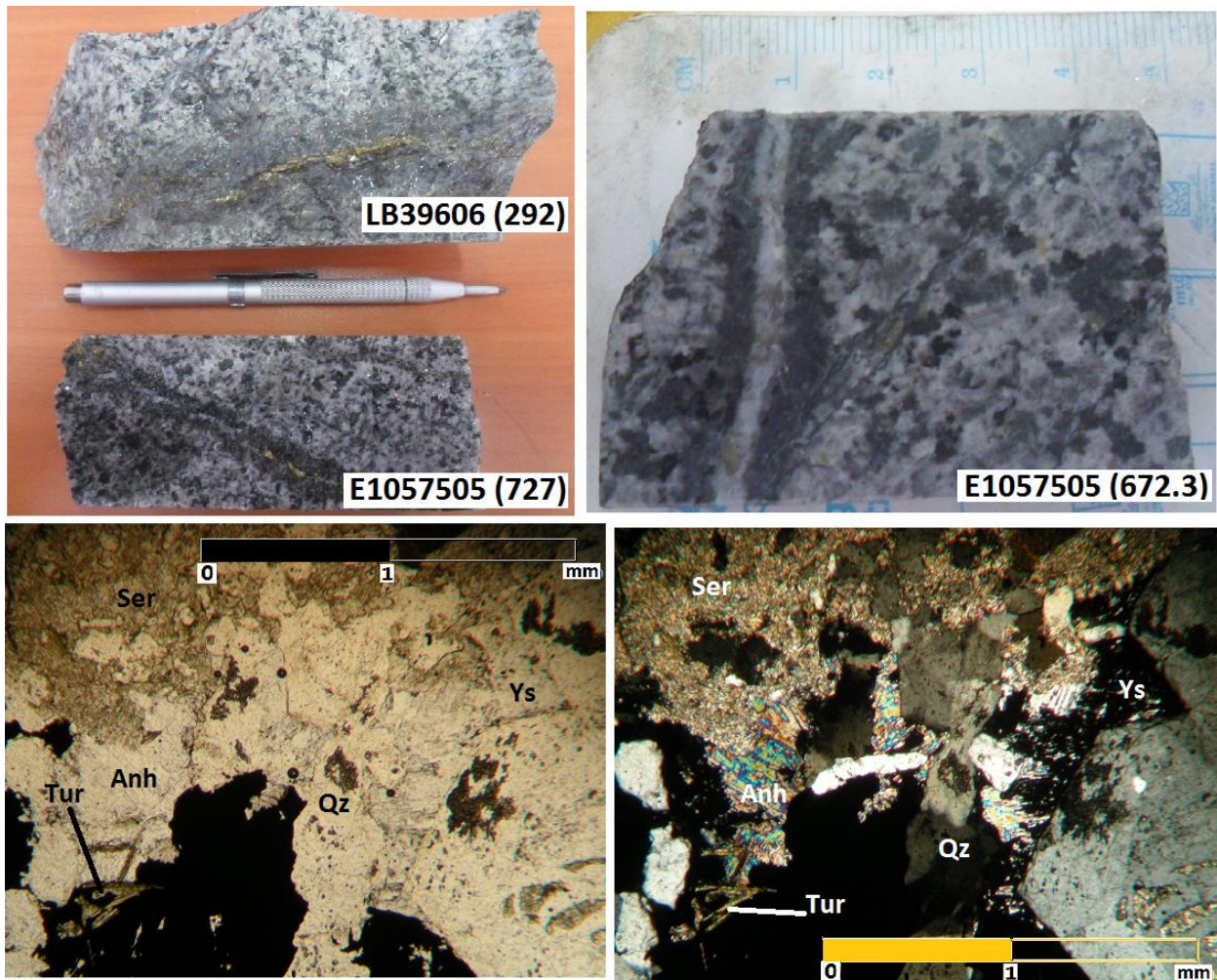


Figura 4.5: c) Dos muestras de sondaje, arriba LB39606 en metro 292 con posible vetilla de sericita verde, inferido por su color grisáceo y la alta cantidad de calcopirita en sutura central. Abajo muestra del sondaje E1057505 en metro 727 con vetilla C2 más evidente, dado su color gris verde oscuro y sutura central de calcopirita; d.1) QM con feldespatos sericitizado y máficos cloritizados, cortada por una vetilla de tipo C2; d.2) Microfotografía a nicoles paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje E1057505 en el metro 672.3. Se reconoce vetilla rellena de cuarzo-anhidrita-(yeso) con halo sericítico y algo de turmalina; d.3) Misma microfotografía que c.2, pero a nicoles cruzados.

#### 4.2.1.3. Biotita-Clorita: BtCl (biotitización)

Este tipo de asociación representa un evento potásico biotítico más débil y es extensamente reconocido en el sector, variando su intensidad y razón relativa de clorita:biotita. Si el porcentaje de biotita secundaria es mayor al porcentaje de clorita de alteración, esta se interpreta como una biotitización que domina por sobre una cloritización posterior más débil (Figura 4.6). Su mineralogía principal corresponde a clorita-biotita-magnetita y subordinadamente albita-cuarzo-feldespato potásico. A diferencia del Ksill abarca una zona mucho más extensa ocurriendo como reemplazo selectivo de los máficos y no en vetillas. Cuando la alteración es moderada a intensa ocurre como reemplazo parcial o total de biotitas primarias y hornblenda por un agregado de biotitas de grano más fino. Cuando es débil, se



preservan las biotitas primarias, mostrando un hábito en *books* y la hornblenda es parcial a totalmente reemplazada por biotita secundaria de grano más fino. En general, el volumen de biotita secundaria tiende a aumentar en profundidad, lo que indica que la intensidad de la alteración biotítica aumenta conforme aumenta la profundidad.

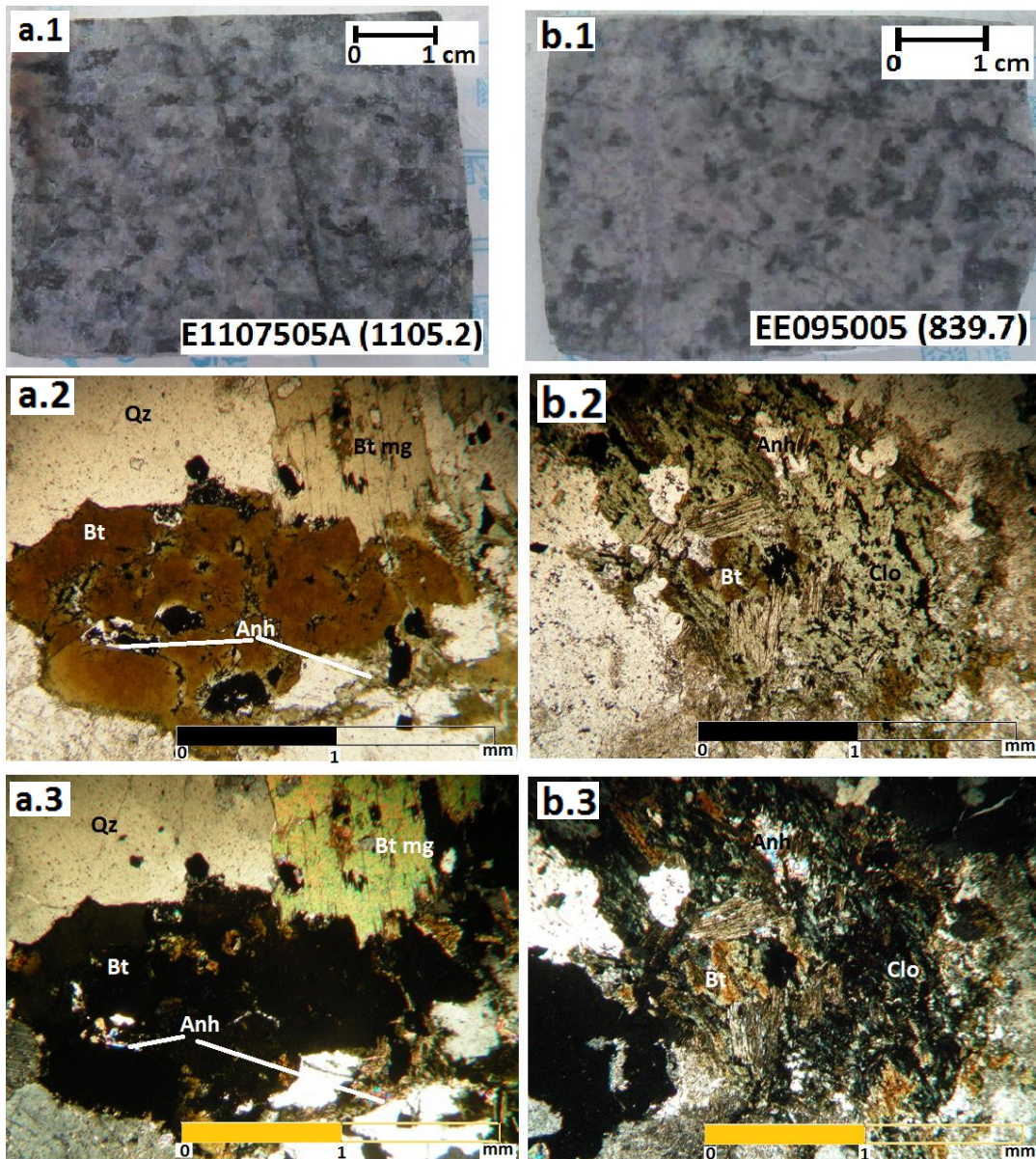


Figura 4.6: a.1) Muestra más profunda obtenida, QM de grano grueso con alteración potásica biotítica; a.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje E1107505A en el metro 1105.2. Se observa un mineral máfico biotitizado y levemente cloritizado con opacos diseminados y anhidrita intersticial. En el borde superior derecho se observa una biotita aparentemente fresca; a.3) Misma muestra que a.2, pero a nicols cruzados; b.1) QM de grano grueso con feldespatos levemente sericitizados, máficos cloritizados y biotitizados, es atravesada por fina vetilla tipo A; b.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje EE095005 en el metro 839.7. Se reconoce mineral máfico biotitizado y cloritizado, con opacos diseminados y anhidrita intersticial; b.3) Misma foto que b.2, pero a nicols cruzados.

## **4.2.2. Grupo Propilítico**

Este grupo corresponde al de mayor volumen y está prácticamente en todas las rocas del sector variando de zonas de cloritización incipiente a zonas de una intensa albitización que obliteran la textura original de la roca. Clorita, epidota, cuarzo y albita son las fases minerales principales de este grupo, siendo la clorita la fase más común y abundante en el sector. Estos minerales ocurren como reemplazo selectivo de los máficos para el caso de la clorita y epidota, y como reemplazo de plagioclasas para la albita y epidota; aunque también es común encontrar vetillas de clorita y vetillas (o parches) de turmalina con halo albítico. Ocurre como halo gradacional y distal de la alteración potásica, variando su mineralogía principalmente en función de la temperatura y Ph del fluido, abarcando desde estadios tempranos a más tardíos (previos a la hidrólisis principal del sistema) e incluso en etapas retrógradas.

Asociado a este grupo se han reconocido reemplazos minerales producto de procesos deutéricos, los que corresponden a una alteración temprana durante etapas tardías de cristalización de un magma, producto de volátiles que alteran los minerales primarios ya cristalizados. Por este tipo de procesos se podría explicar la presencia de actinolitas reemplazando parcialmente hornblendas primarias, algunas cloritas que reemplazan a máficos y albitización de plagioclasas. Sin embargo dada la escasa presencia de actinolita y la imposibilidad de reconocerla a nivel macroscópico, esta no se consideró dentro de los minerales de alteración.

### **4.2.2.1. Albita-Turmalina-Epidota: ATE**

Esta asociación es reflejo de un metasomatismo de tipo sódico-cálcico y está caracterizado por los minerales de alteración albita-epidota-turmalina-cuarzo y subordinadamente clorita-sericita-arcillas-anhidrita (Figura 4.7). Ocurre como un reemplazo selectivo de las plagioclasa a albita, las que posterior y muy comúnmente son alteradas a sericita y/o arcillas. También ocurre en vetillas del tipo C3A, según terminología usada para el mapeo, las que corresponden a vetillas de turmalina con halo albítico, reflejando procesos de tipo advectivo (Figura 4.7.c); la misma asociación Turmalina-Albita es reconocida en parches de turmalina con halo albítico, las que a diferencia de las vetillas reflejan un proceso más bien difusivo. La epidota ocurre como reemplazo de plagioclasas más cálcicas, pero también ocurre como reemplazo de minerales máficos. La turmalina, muy comúnmente aparece de forma intersticial y por ser un mineral muy estable se tiende a preservar ante la sobreimposición de otros eventos.



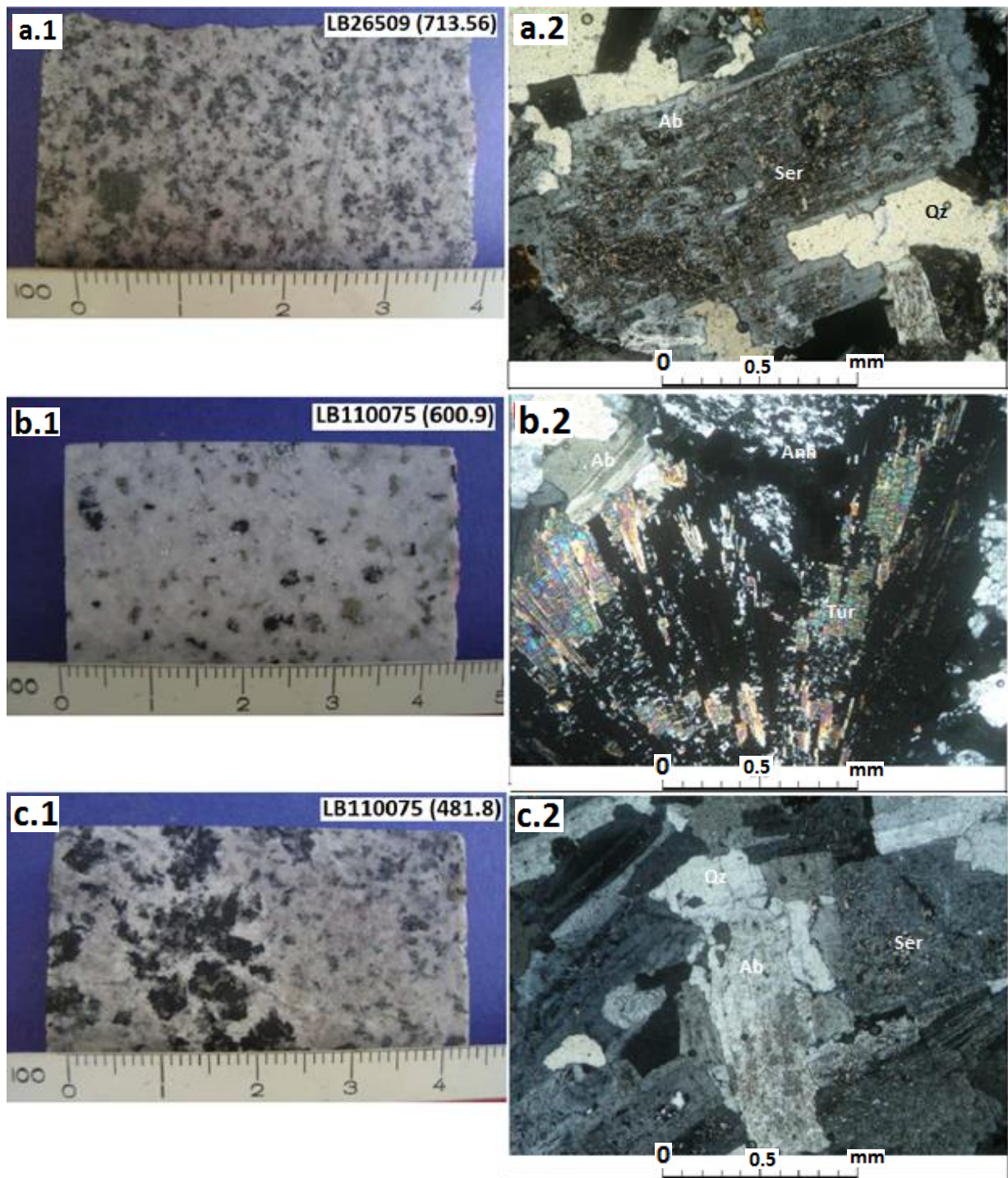


Figura 4.7: a) QM de biotita alterada a albita y biotita; a.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB265092 en el metro 713.56. Se observa un cristal de plagioclasa albitizado y sericitizado; b.1) Diorita alterada a albita, turmalina y anhidrita; b.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110075 en el metro 600.9. Se observan cristales de turmalina con hábito acicular radial; c.1) QMD con turmalina en parches con halo albitico; c.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110075 en el metro 481.8. Se reconocen cristales de plagioclasa alterados a albita, sericita y arcillas junto a cuarzo de aspecto fresco. Tur: Turmalina; Ser: Sericita; Ab: Albita; Qz: Cuarzo.

#### 4.2.2.2. Clorita-Epidota: ClEp

Esta asociación corresponde al halo más distal del propilítico y está caracterizado por la asociación clorita-epidota y subordinadamente albita-cuarzo-anhidrita-yeso-calcita. La epidota aparece reemplazando selectivamente a las plagioclasas y máficos, mientras que la biotita secundaria ocurre como reemplazo selectivo de los minerales máficos (Figura 4.8). También se da en vetillas del tipo C3B, según nomenclatura usada en mapeo, las que se caracterizan por tener un relleno de clorita y epidota, en menor cantidad cuarzo, yeso y anhidrita, y un halo difuso que puede estar presente o ausente de albita. A diferencia de la cloritización retrograda, esta asociación representa la etapa más distal y prógrada del propilítico. Esta asociación carece de biotita secundaria.

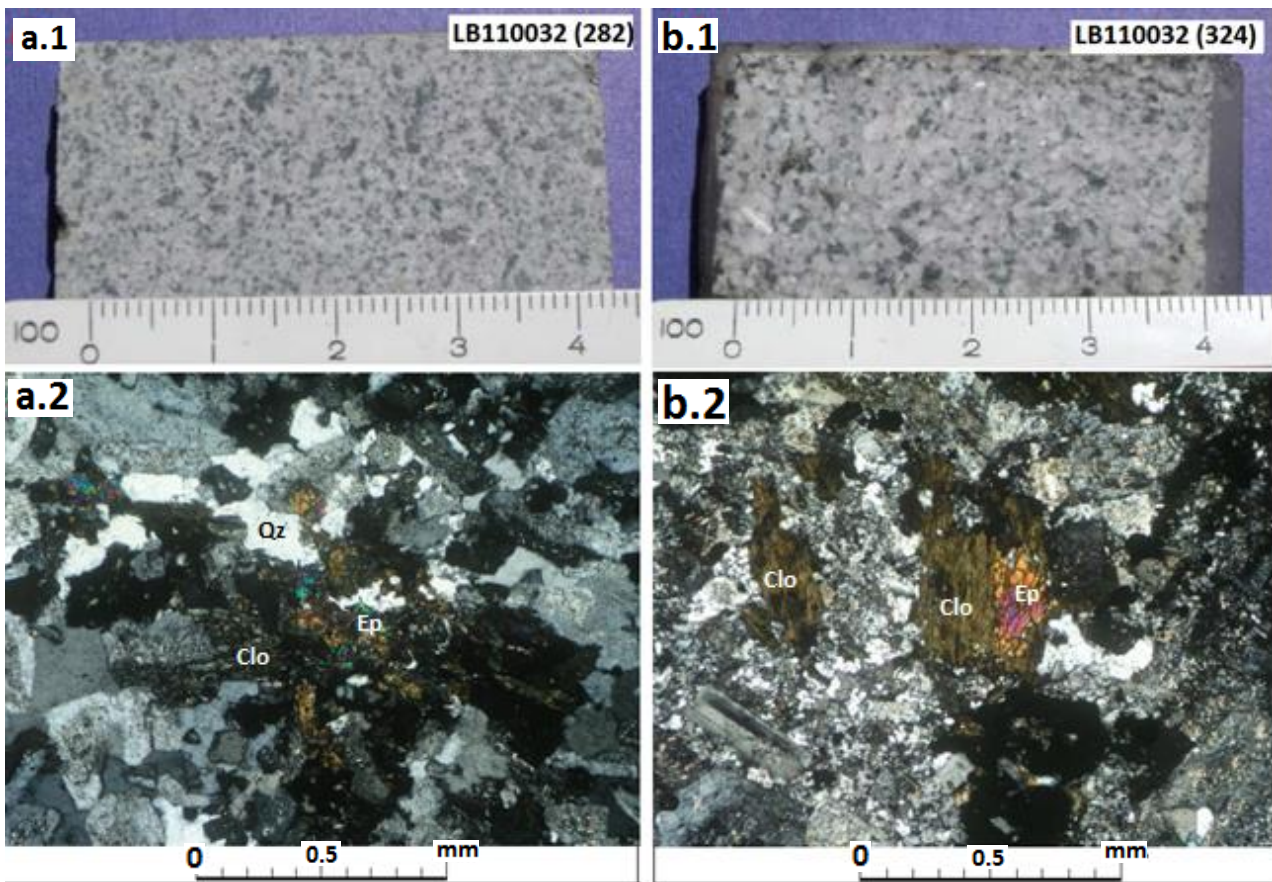


Figura 4.8: a.1) QM fina de biotita alterada a clorita, albita, sericita y epidota; a.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110032 en el metro 282. Se observa en la parte central clorita y epidota intersticial, alrededor hay cristales de plagioclasa levemente albitizados y sericitizados; b.1) PQMD de biotita alterada a clorita, albita y epiota; b.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110032 en el metro 324. En la parte central se observa biotita cloritizada y epidotizada.



#### 4.2.2.3. Clorita-Biotita: CIBt (cloritización)

Esta asociación es reflejo de procesos retrógrados, los que corresponden a una cloritización de los minerales máficos, tanto primarios como secundarios. Está caracterizada por los minerales clorita-biotita-magnetita y subordinadamente epidota-albita-anhidrita-cuarzo (Figura 4.9). Para diferenciarla de una biotitización se utiliza el criterio clorita > biotita, es decir que la clorita domina por sobre la biotita secundaria en volumen relativo. Cabe mencionar que la cloritización de los máficos es un rasgo muy común observado en prácticamente todas las rocas del sector Los Bronces.

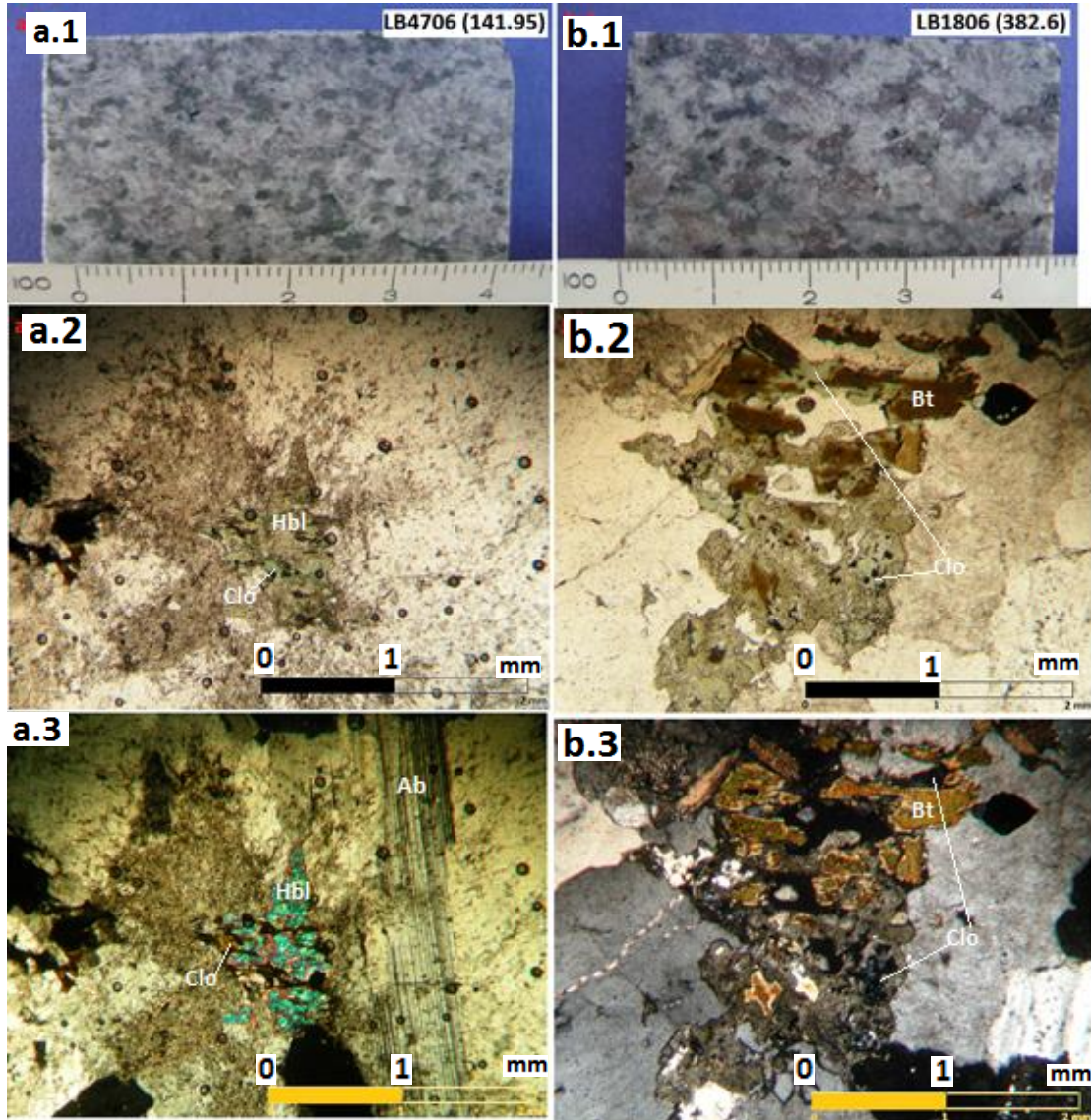


Figura 4.9: a.1) QM de hornblenda, aparentemente fresca con máficos levemente cloritizados; a.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje LB110032 en el metro 141.95. Se observa en la parte central anfíbola parcialmente cloritizada y ortoclasa argilizada; a.3) Misma foto que a.2, pero a nicols cruzados; b.1) QM de biotita y hornblenda alterada levemente a albita y sericita, con máficos cloritizados y levemente biotitizados; b.2) Microfotografía a nicols paralelos y aumento 5X de muestra del sondaje LB1806 en el metro 382.6. Se observa un cumulo de biotita, clorita y opacos diseminados, producto del reemplazo de un mineral máfico primario; b.3) Misma foto que b.2, pero a nicols cruzados.

### **4.2.3. Grupo Fílico**

Este grupo se sobrepone a los otros dos y está prácticamente siempre presente, variando su intensidad de muy débil o incipiente a intensa y destructiva, provocando la obliteración de la textura original de la roca. Esta caracterizado por las asociaciones cuarzo-sericita y clorita-sericita, representando los eventos de hidrolisis del sistema, principal y tardía respectivamente. En base a lo descrito en la literatura y a lo observado en los testigos de roca, se reconoce un claro control para este tipo de alteraciones, principalmente litológico, el cual a su vez es controlado por estructuras. Los cuerpos de brecha, por lo general, controlan la alteración cuarzo-sericita, mientras que estructuras NE controlan los eventos más tardíos. Fuera de las brechas no se reconocen zonas extensas y penetrativas de esta alteración, sino más bien, se encuentra restringida a estructuras y/o zonas de mayor permeabilidad.

#### **4.2.3.1. QS: Cuarzo-Sericita**

Esta asociación ocurre principalmente como reemplazo selectivo de los feldespatos, variando de parcial a total. Además se observa en vetillas del tipo D, según la nomenclatura definida por Gustafson y Hunt (1975), las cuales presentan un relleno de cuarzo-sulfuros y un halo sericítico. Se ha reconocido asociada con turmalina en brechas, donde la turmalina ocurre relleno de espacios y formando la matriz, mientras que los clastos se encuentran parcial o totalmente reemplazados por cuarzo y/o sericita (Figura 4.10). La sericita corresponde a un agregado microcristalino de distintas variedades de mica blanca, las cuales corresponden principalmente a muscovita, fengita e illita, esta varía su tamaño de grano y grado de cristalinidad en función de la temperatura. Se ha reconocido mica blanca (muscovita) reemplazando a biotitas y sericita reemplazando a los feldespatos. Cuando la interacción agua-roca es intensa y la hidrolisis persiste incluso se pueden llegar a reconocer arcillas, como reflejo de fluidos más ácidos.

#### **4.2.3.2. SCC: Clorita-Sericita-Arcillas**

Ocurre como de forma penetrativa y pervasiva, pero siempre restringida a estructuras y/o zonas de mayor permeabilidad. Se presenta como un reemplazo selectivo total o parcial de los feldespatos por sericita y/o arcillas, o bien, en halos de vetillas de grosor variable (de centímetros hasta escasos metros), reflejando procesos de intensa interacción agua-roca; cuando la alteración no es tan intensa el feldespato potásico se tiende a preservar por sobre las plagioclasas, mientras que si la alteración hidrolítica persiste los feldespatos son totalmente reemplazados a arcillas (Figura 4.11). Corresponde al evento más tardío y se sobrepone a los demás eventos. Se reconoce una amplia mineralogía caracterizada por sericita-arcillas-carbonatos-yeso-silice-baritina-clorita con mineralización de galena, esfalerita, enargita, tenantita, especularita, pirita y calcopirita (Ver Anexo C). Debido a que en zonas donde este tipo de alteración ocurre de forma más intensa se han reconocido peaks de As y Ag se decidió realizar cortes pulidos dentro de los que se reconoció mineralización de galena, esfalerita, enargita y tenantita (Ver Anexo C). Los carbonatos corresponderían a ankerita y siderita, estos muestran un hábito característico con forma de "lenteja" y reaccionan muy poco con HCl, a diferencia de la calcita.



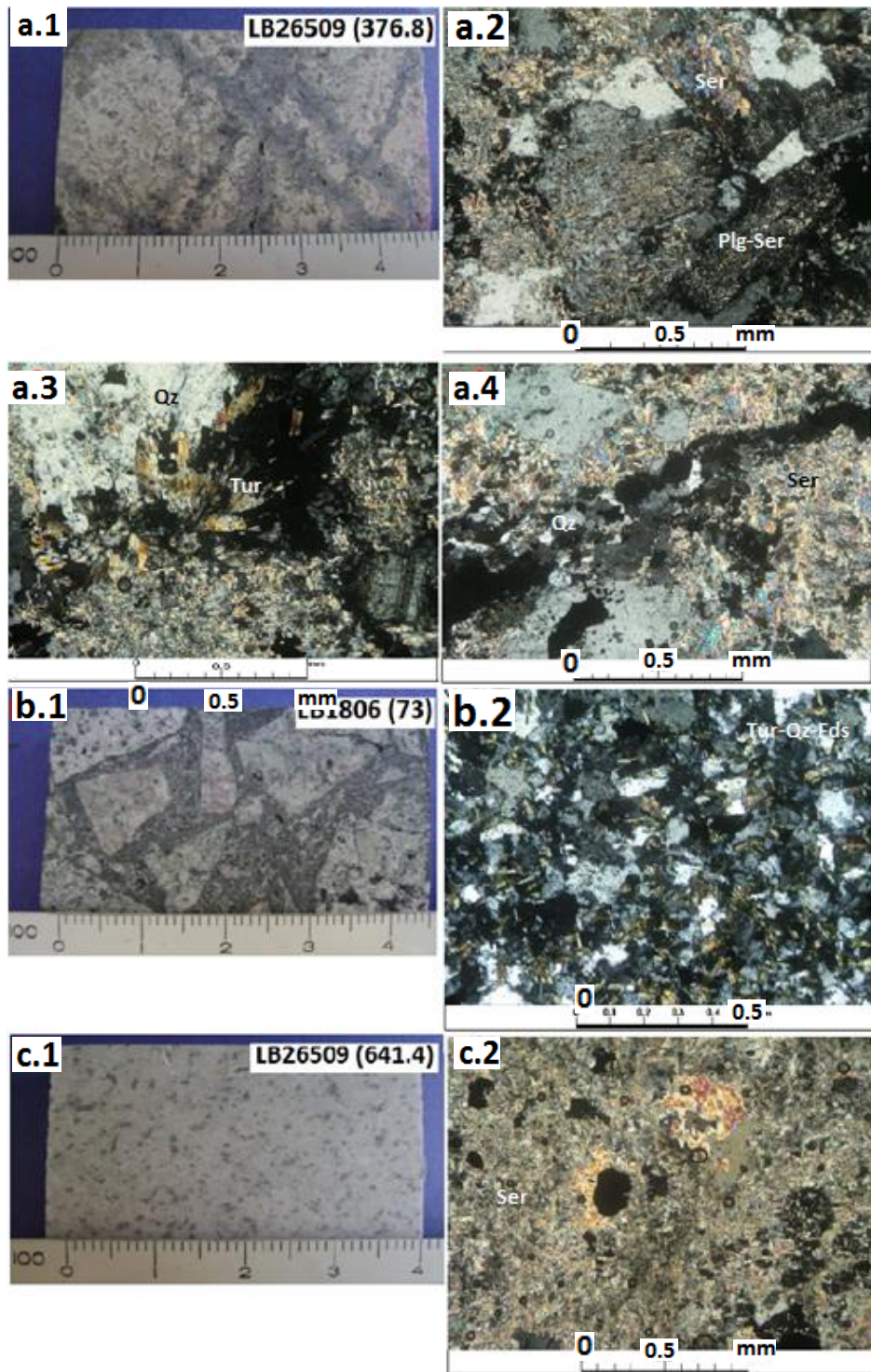


Figura 4.10: a.1) Roca obliterada producto de vetilleo tipo stockwork de qz-ser; a.2) Microfotografía a NX y aumento 5X de muestra del sondaje LB26509 en el metro 376.8. Se observan cxs. de plagioclasa albitizados y sericitizados; a.3) Microfotografía del mismo tramo de sondaje que a.2. Se observa en la parte central cxs. de turmalina con habito acicular radial con sericita diseminada; a.4) Microfotografía del mismo tramo de sondaje que a.2. Se observa una fina vetilla de cuarzo-opacos con halo sericítico; b.1) Brecha de turmalina con clastos de QM sericitizados, se observa feldK preservado; b.2) Microfotografía a NX y aumento 5X de muestra del sondaje LB1806 en el metro 73. Se observa un agregado de qz-feldK-tur correspondiente a la matriz. c.1) PQM obliterada, producto de fuerte alteración sericítica; c.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB26509 en el metro 641.4. Aspecto general de la muestra, se encuentra fuertemente sericitizado y con anhidrita intersticial.

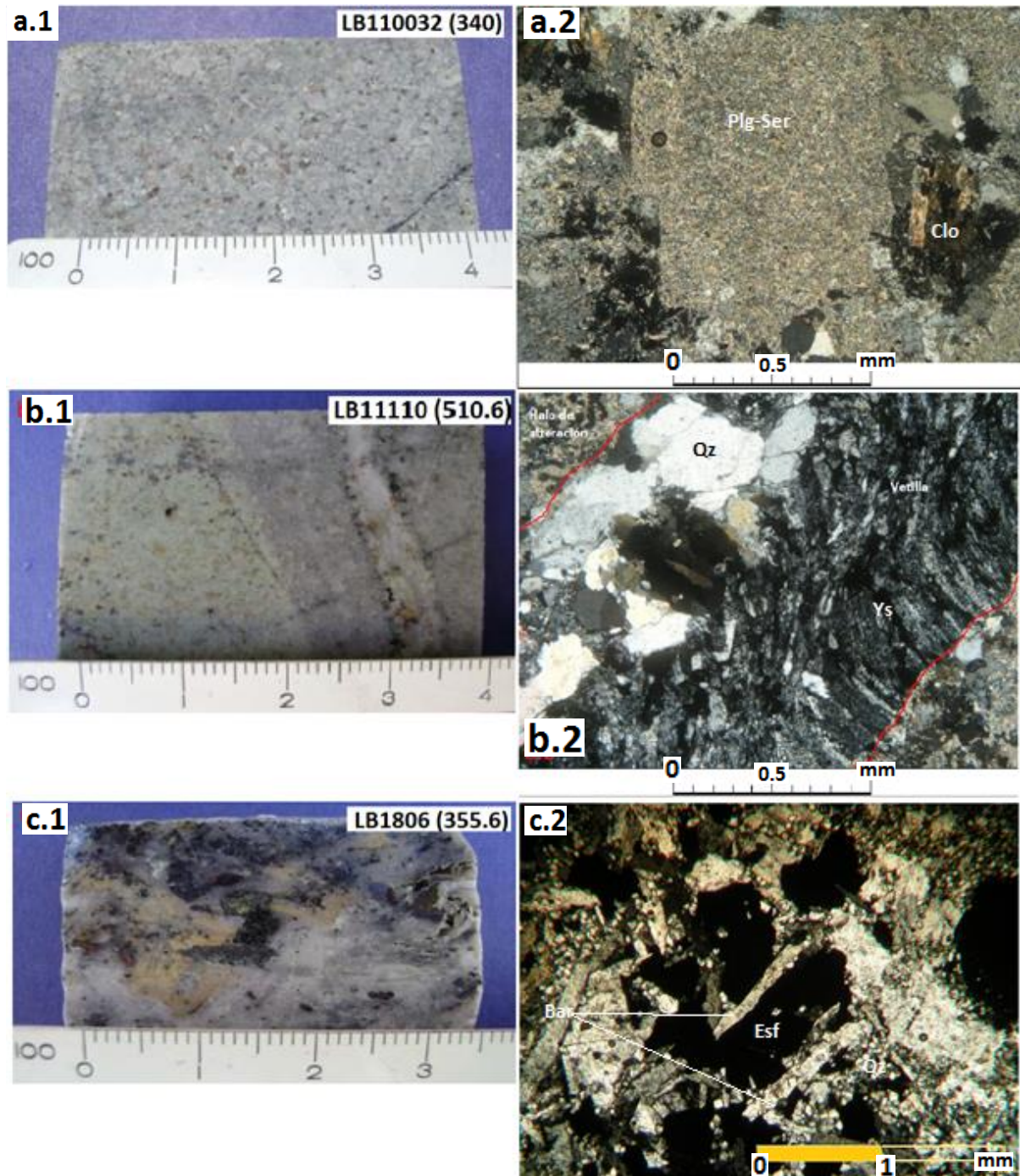


Figura 4.11: a.1) Roca obliterada por fuerte alteración sericítica y subordinadamente calcita, puede haber correspondido a un PQMD; a.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB110032 en el metro 340. Cristal de plagioclasa totalmente sericitzado y carbonatizado; b.1) Vetilla DT con halo sericítico que oblitera la textura original de la roca; b.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB11110 en el metro 510.6. Se observa vetilla de yeso-cuarzo que atraviesa la muestra, con halo sericítico. Corresponde a una estructura híbrida, pues se observa relleno y deformación simultáneos; c.1) Agregado hidrotermal de baritina, cuarzo y esfalerita. Corresponde al relleno de una veta DT; c.2) Microfotografía a nicoles cruzados y aumento 5X de muestra del sondaje LB1806 en el metro 355.6. Se observan cristales tabulares de baritina, cuarzo intersticial muy fino y semi-opacos correspondientes a esfalerita, probablemente ricas en Zn.



## Capítulo 5 Zonación de alteraciones

Con el propósito de visualizar la zonación de alteración en el sector Los Bronces, se realizó el estudio de 16 sondajes distribuidos en cuatro secciones de rumbo este-oeste. Se revisó un total aproximado de 11.725 metros de sondaje de los cuales se extrajo información de litología y de las asociaciones minerales de alteración. El resultado final del trabajo consiste en la construcción de un modelo conceptual tri-dimensional de la distribución de las asociaciones minerales de alteración, las cuales se agruparon en tres grupos: Grupo Propilítico, Grupo Fílico y Grupo Potásico; estos grupos y asociaciones se describen en detalle en el Capítulo 4. El modelamiento de cada sólido fue construido utilizando el software Leapfrog 3D versión Mining y la información de alteración obtenida desde el mapeo, ésta puede ser revisada en el Anexo B.

### 5.1. Base del modelo

#### 5.1.1. Generalidades

Como base topográfica del modelo fueron utilizados los datos del Vuelo LIDAR 2012 del distrito Los Bronces, el cual fue acotado a las siguientes coordenadas locales (coordenadas mina):

Tabla 5.1: Coordenadas y límite superior e inferior de caja de trabajo.

| Este   |         | Norte  |         | Elevación |       |
|--------|---------|--------|---------|-----------|-------|
| Min    | Max     | Min    | Max     | Min       | Max   |
| 99.800 | 101.400 | 98.400 | 100.800 | 2.260     | 4.660 |

Este bloque se limita con la topografía para generar el sólido tridimensional “*bajo topo*”. Luego se comienza a modelar por los eventos más tardíos, correspondientes al grupo fílico, luego se sigue con el sólido de menor tamaño, correspondiente al grupo potásico y finalmente el grupo propilítico, que lo constituye el complemento de los otros dos sólidos. Esta es la forma apropiada, en general, para modelar geológicamente cuerpos 3D, donde se comienza por los cuerpos más tardíos y se continúa en base a relaciones de corte por los cuerpos posteriores, para terminar con el cuerpo más antiguo que es cortado por todos los otros y conforma el complemento de los demás sólidos. Los datos obtenidos desde sondajes corresponden a datos de ubicación (*collar*), desvíos (*survey*), litología y alteración. Éstos fueron ordenados, interpretados y agrupados en archivos de tipo .csv en base a observaciones macroscópicas, microscópicas, porcentajes minerales y continuidad de las alteraciones.

### 5.1.2. Secciones de trabajo

Dispuestas en forma de buscar una perpendicularidad aproximada a la anisotropía mayor del depósito, se definieron cuatro secciones de trabajo (Figura 5.1 y 5.2).

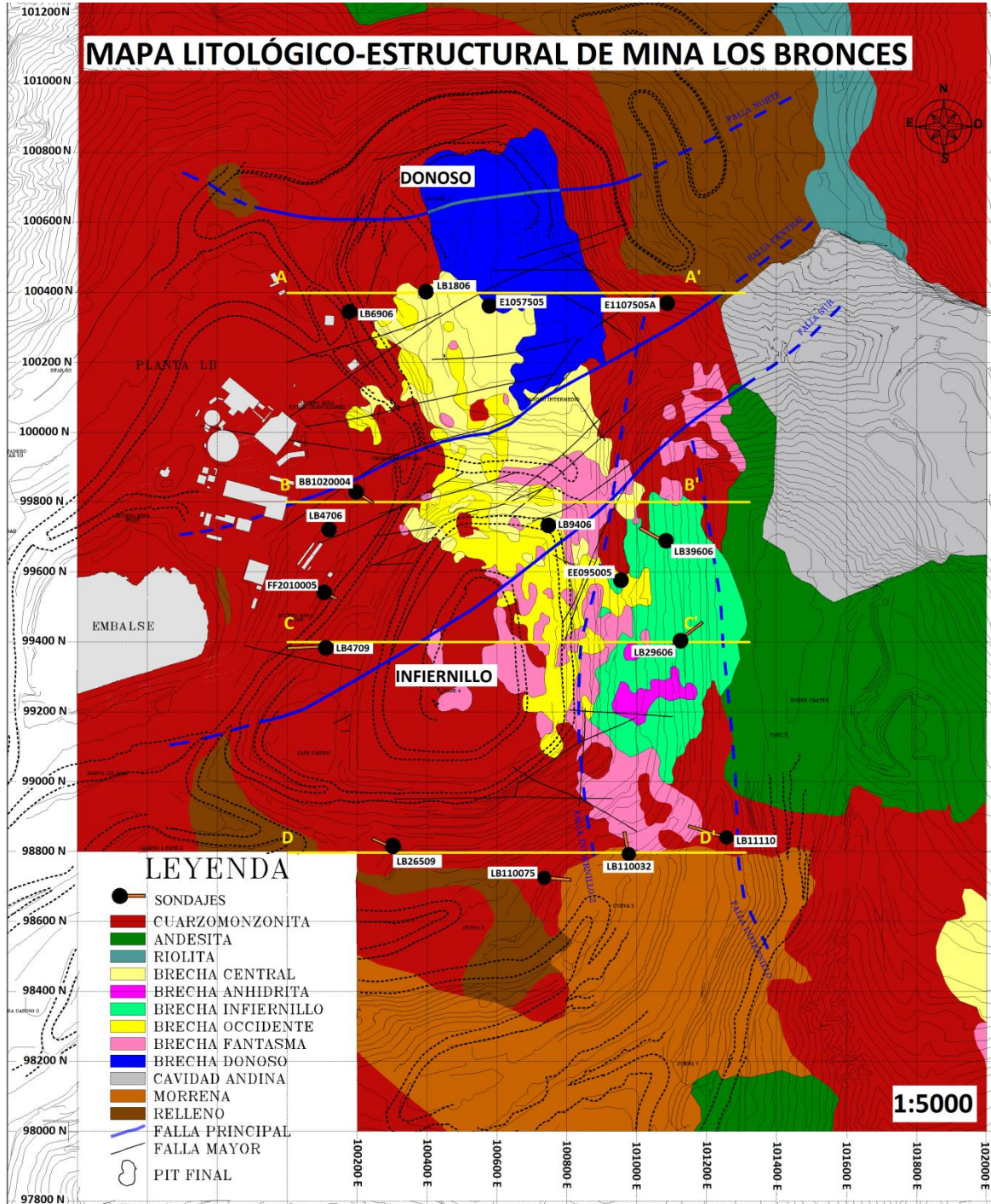


Figura 5.1: Vista en planta del sector Los Bronces, se incluyen secciones de trabajo (amarillo) con sus respectivos sondajes (puntos negros), además se muestran las estructuras principales (azul).

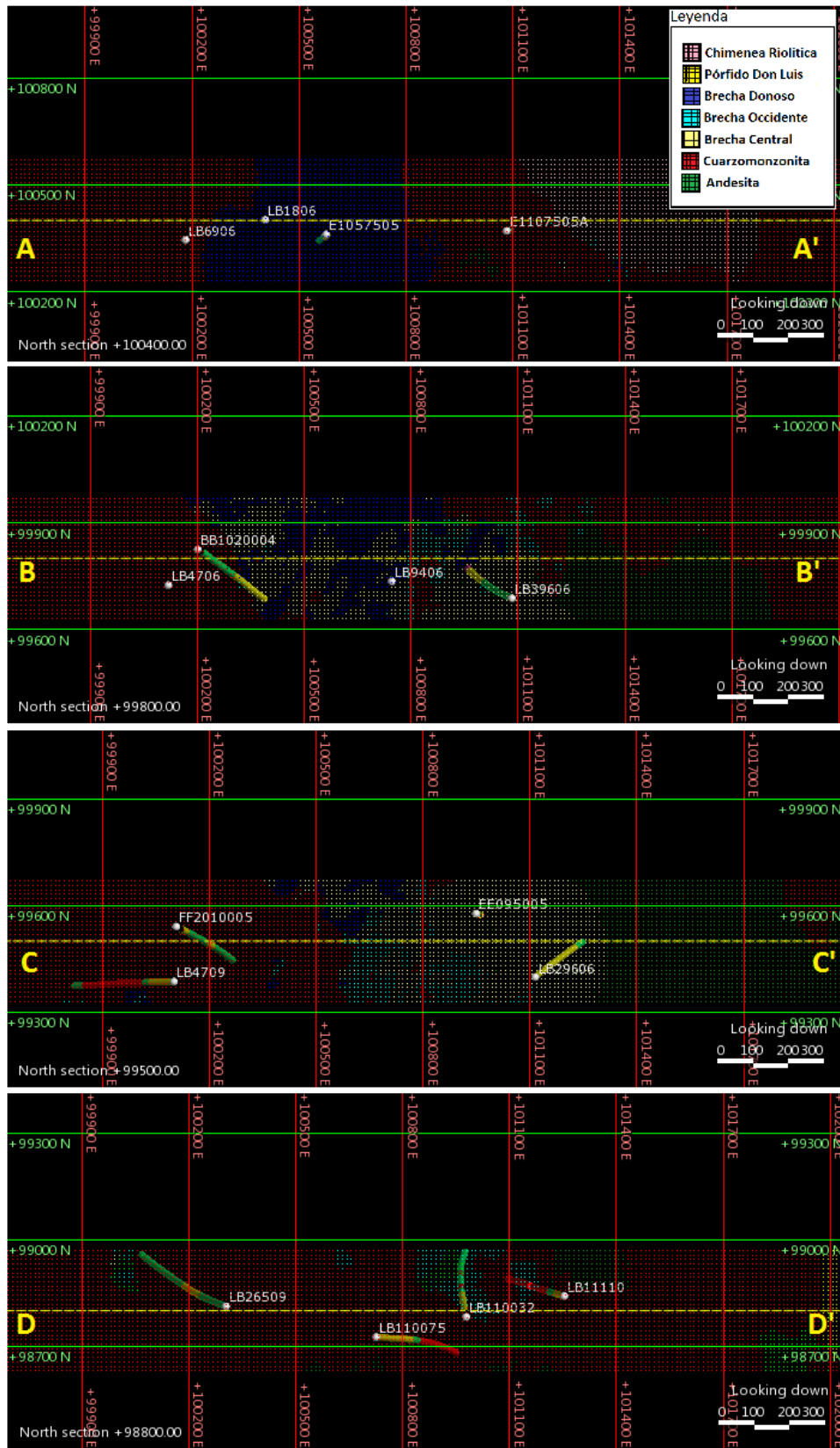


Figura 5.2: Vista en planta con detalle de secciones de trabajo con sus respectivos sondajes con sus trazas. En achurado se observan las diferentes litologías obtenidas desde el modelo de bloques.

## 5.2. Modelamiento de alteración hidrotermal

La gran cantidad y duración de eventos de hidrotermalismo ocurridos en el sector, genera una muy compleja zonación de los tipos de alteración hidrotermal. Con el fin de simplificar la zonación se tuvieron los siguientes criterios al momento de modelar:

- Para enfrentar la sobreimposición de eventos se consideró solamente la alteración dominante. Ésta depende de la mayor presencia volumétrica del o los minerales de alteración. La alteración resultante será la que tenga más alta presencia volumétrica.
- Los sólidos se construyeron utilizando como límites los generados por los tres grupos principales: Grupo Potásico, Grupo propilítico y Grupo Fílico. Obteniendo así cuerpos continuos y en los que los tramos pequeños de alteración no generan distorsión.
- Desarrollo de un modelo conceptual, en donde los aspectos litológicos, de alteración hidrotermal, estructuras y zonas mineralizadas, interaccionan entre sí, pues el comportamiento de un parámetro incide y/o dependen de los otros.
- Se consideró y utilizó como soporte el modelo de estimación de recursos.
- Para la alteración fílica se consideró un control litológico dado por cuerpos de brechas emplazados en el corredor estructural principal de orientación NNW. Además se le dio un control estructural dado por la reactivación de fallas de orientación NE-ESE, generando una clara anisotropía para este tipo de alteración. Sin embargo la información de ambos, litología y estructuras, debe ser actualizada y re-integrada al actual modelo. Esto con el fin de afinar e incorporar más datos, para obtener un modelo más detallado y final.

Para el modelo no se consideró una sub-clasificación en base a intensidad y penetratividad, sin embargo esta puede ser incluida realizando una equivalencia entre los parámetros de mapeo de carácter numérico a parámetros de carácter cualitativo que representen la intensidad y penetratividad de la alteración. Se sugiere dividir en no más de cinco rangos de carácter cualitativos (débil, moderado-débil, moderado, moderado-intenso e intenso).

Tampoco se sub-clasificaron los grupos en sus asociaciones respectivas, debido a la baja densidad de sondajes utilizadas para construir los sólidos, lo que genera poca continuidad de los cuerpos. Por esta misma razón, se hace necesario incorporar una mayor densidad de sondajes y re-afinar los sólidos obtenidos, con el fin de sub-clasificar en base a sus asociaciones minerales de alteración.

Además se sugiere separar la asociación ClBt en Cl, que representaría una cloritización por sobre una biotitización y Bt, que representaría una biotitización por sobre una cloritización. Esto con el fin de obtener los datos de alteración utilizando asociaciones claras y que reflejen uno solo evento.



### 5.2.1. Resultados

Al observar una vista en planta es posible reconocer un lineamiento NNW-SSE correspondiente al corredor estructural principal del distrito el que controlaría el emplazamiento de los cuerpos de brechas y a su vez la dominancia del grupo filico. Tambien es posible reconocer un lineamiento aproximadamente NE del grupo filico, que correspondería a un control producto de estructuras de menor envergadura que el corredor principal (Figura 5.3).

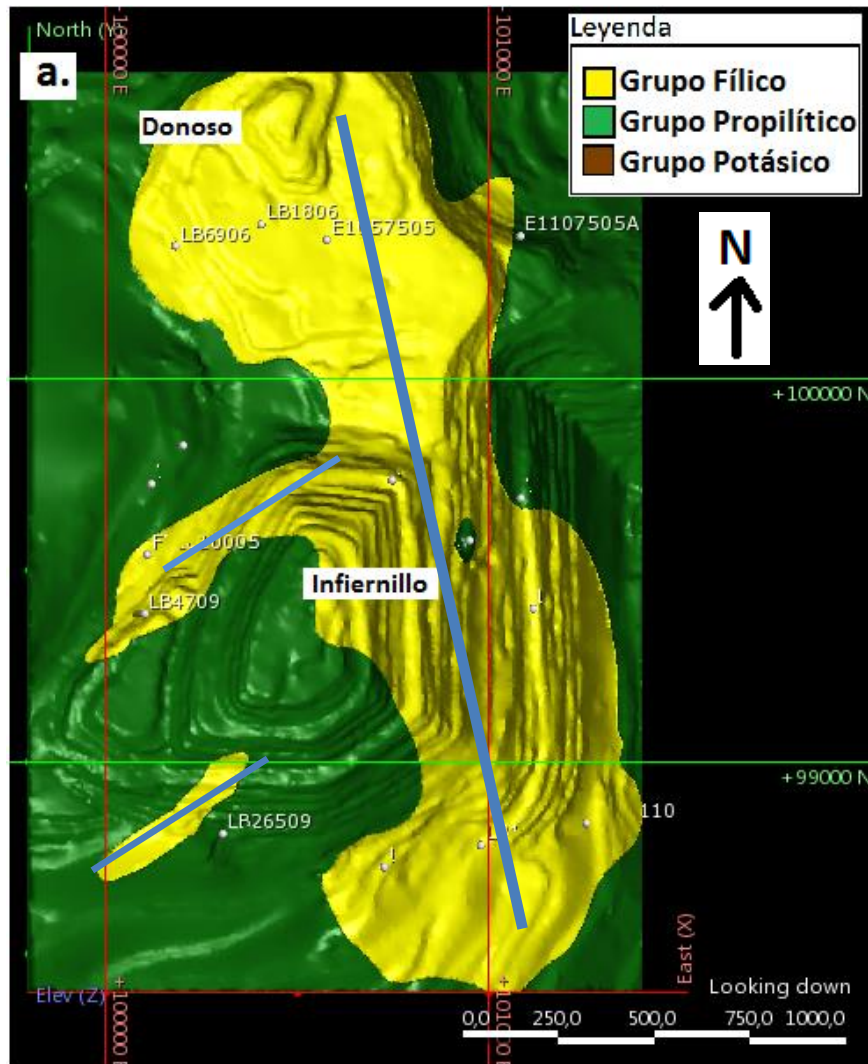


Figura 5.3: Vista en planta de los sólidos modelados. Se observan los grupos filico (amarillo) y propilítico (verde), el grupo potásico se encuentra en profundidad y por esto no se observa en la imagen.

Los sólidos obtenidos muestran una extensa zona de alteración propilítica, la que corresponde a la alteración de fondo junto a la alteración potásica (Figura 5.4). En segundo orden se reconoce una zona de alteración filica, la que posee un control litológico que es descrito en la literatura y fue reconocido al observar la alteración de los diferentes testigos de roca. Dicho control está dado por los diferentes cuerpos de brechas cuyos fluidos que las formaron generaron una alteración hidrolítica intensa, el emplazamiento de los diferentes cuerpos de brecha esta a su vez controlado por el corredor estructural principal NNW-SSE (Figura 5.4. a y c). Finalmente la alteración de menor volumen reconocido corresponde a la alteración potásica, ésta es reconocida en la zona más profunda y se interpreta con continuidad en la vertical desconociéndose su extensión total (Figura 5.4 b).

La extensión y forma de los cuerpos esta sesgada a la cantidad de información disponible, es decir a la densidad de sondajes, por lo que la prolongación y continuidad de los cuerpos no debe entenderse como un límite duro, sino que como el resultado de la interpretación e información utilizada. Es muy probable y lógico pensar que los cuerpos continúen, especialmente hacia la zona sur y en profundidad.

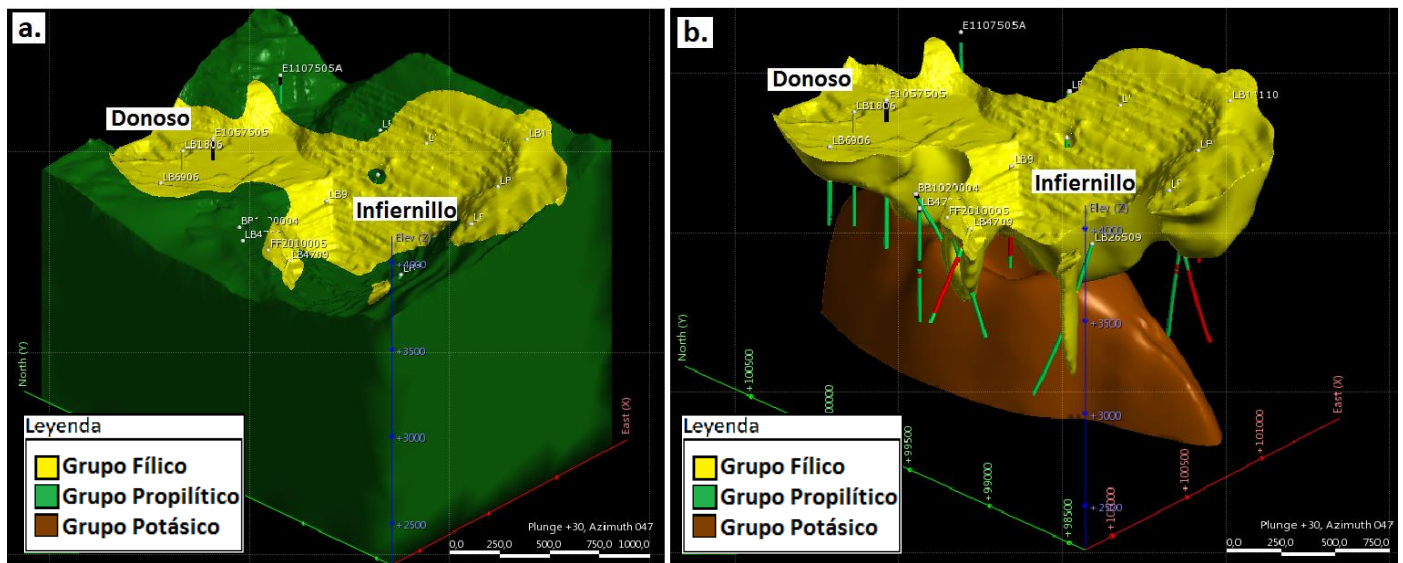


Figura 5.4: a) Vista en planta de la zona de estudio, se muestra la zonación de los diferentes grupos definidos, en verde grupo propilítico, en amarillo grupo filico y en café grupo potásico; b) Vista isométrica mostrando los sólidos de los grupos filico (amarillo) y potásico (café), además se puede ver las trazas de algunos sondajes.

A las secciones obtenidas se agregó una capa con información litológica obtenida desde el modelo de bloques. Se puede observar que los cuerpos de brechas tienden a disminuir en dirección sur, teniendo su máxima expresión en la sección de más al norte representada por el cuerpo de la brecha Donoso. Además se reconoce una clara correlación entre el sólido del grupo filico y los cuerpos de brechas (Figura 5.5 a).

En las secciones se puede notar un claro dominio del grupo de alteración propilítico el que afecta principalmente a la cuarzomonzonita caja. En la parte oriental de la sección 99800N (B-B') se reconoció roca andesítica en los primeros metros del sondaje LB39606, ésta pertenece a la Fm. Farellones y representa un *roof pendant* producto del emplazamiento del Batolito San Francisco (Figura 5.5.b).

La profundidad del solido del grupo filico fue estimada considerando la alteración filica reconocida a mayor profundidad (cerca a la cota 2.800 m s.n.m. en el sondaje EE095005), bajo esta cota comienza el dominio de una alteración potásica biotítica, o bien, una alteración hidrolítica temprana representada por vetillas con halo de sericita gris verde (Figura 5.5.c).

El grupo potásico corresponde al de menor volumen reconocido en el sector, éste comienza a dominar en profundidad (bajo la cota 2.800 m.s.n.m.) y muy probablemente continuando y aumentando su intensidad conforme aumenta la profundidad. En la sección 99400N (C-C') entre los metros 685 y 880 del sondaje EE095005 se reconoció brecha de anhidrita, la que está formada casi exclusivamente por clastos de andesita totalmente biotitizados proveniente de las formaciones Abanico y/o Farellones (ver Figura 4.4.c).

En la sección de más al sur correspondiente a la 98800N (D-D'), se reconoce un cuerpo de alteración filica aislado en el lado occidental, reconocido por el sondaje LB26509. Éste no posee un control litológico, pues ahí no se reconocen brechas, por lo que se interpreta como una posible estructura no reconocida que controlaría dicha alteración y muy probablemente el emplazamiento de pulsos porfídicos (Figura 5.5.d).

En ocasiones el contacto de los sólidos pareciera no estar ajustado al contacto de los sondajes, pero esto se debe a un efecto visual debido a que los sondajes no se encuentran justamente en la sección, sino que en las imágenes estos son proyectados a la sección para poder visualizar todos los sondajes en una misma imagen. Para efectos de sólidos 3D estos sí se ajustan a los contactos mapeados, por lo que el modelo carece de inconsistencias.

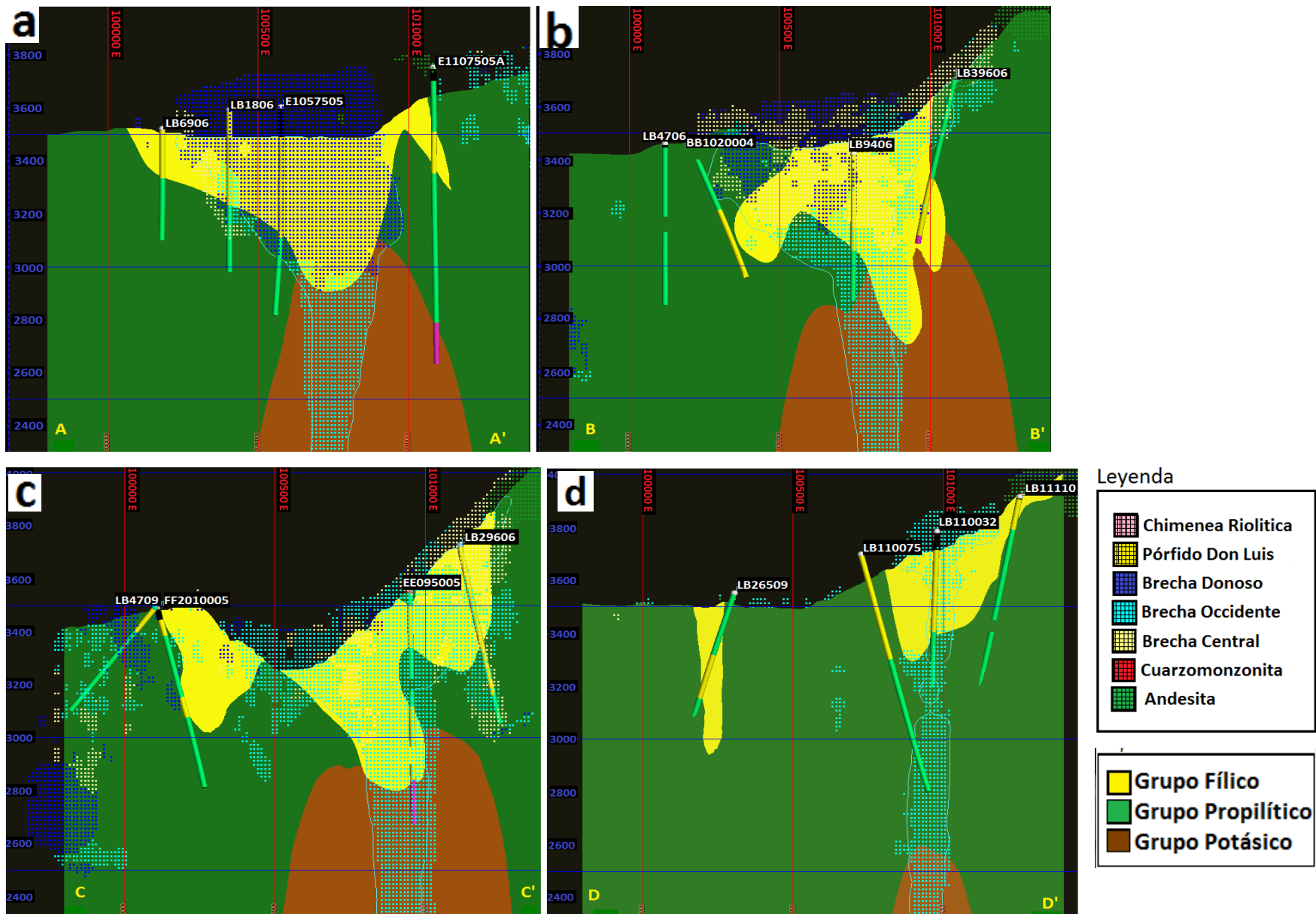


Figura 5.5: a) Sección 100400N, se observa un claro control del grupo fílico pro el cuerpo de brechas. b) Sección 99800N, hacia el lado oriental se observa un cuerpo de andesita. c) Sección 99500N, el cuerpo de brechas comienza a disminuir. d) Sección 98800N, en el lado occidental se reconoce alteración fílica no vinculada a cuerpos de brechas, podría corresponder a una estructura. Los sondajes indican según color el grupo: En verde grupo propilítico, en morado grupo potásico y en amarillo grupo fílico.

### 5.3. Base de datos

Para la generación de los sólidos se utilizó una base de datos con formato .csv obtenida desde el mapeo de testigos de roca y generada utilizando el software Acquire. La captación de la información de alteración se realiza en base a asociaciones minerales de alteración, las que fueron definidas y caracterizadas en el Capítulo 4. La base de datos soporta hasta tres tipos de alteración (Alteración 1, Alteración 2 y Alteración 3), las que se deben captar en orden decreciente de más intensa a menos intensa. Además para realizar el modelo se agregó una columna de información correspondiente a “Alteración interpretada”, la que junto con considerar la alteración dominante agrega información de litología y estructuras. Finalmente a cada alteración interpretada se le asigno uno de los tres grupos definidos (Potásico, Fílico o Propilítico) en base a la continuidad de los sólidos, diluyendo los tramos que no poseen continuidad o son de muy escasos metros, estos son considerados como “no modelables”. Finalmente se realiza una breve estadística de la base de datos con el fin de dar un mayor sustento a las secciones interpretadas.

Dentro de la alteración dominante la asociación de mayor presencia es la CIBt, perteneciente al grupo propilítico y en segundo lugar la asociación QS perteneciente al grupo fílico, lo mismo ocurre para la alteración interpretada (Figura 5.6.a y b). Los gráficos de la alteración secundaria y la de tercer orden muestran distribuciones similares, en estas se reconoce un aumento relativo de las asociaciones Ksil y SGV, este aumento se debe a que este tipo de alteraciones se reconocieron mayoritariamente en stockwork de baja intensidad o bien en vetillas aisladas, por lo que a pesar de poder ser intensas su penetratividad es baja; dejando estas asociaciones como alteración secundaria o de tercer orden (Figura 5.6.a y c).

Dentro de la alteración dominante la asociación de mayor presencia es la CIBt y en segundo lugar la asociación QS, una distribución muy similar ocurre para la alteración interpretada (Figura 5.6.a.b). Los gráficos de la alteración secundaria y la menos intensa muestran distribuciones similares, pero en estas se reconoce un aumento relativo de las asociaciones Ksil y SGV, este aumento se debe a que este tipo de alteraciones se reconocieron mayoritariamente en stockwork de baja intensidad o bien en vetillas aisladas, por lo que a pesar de poder ser intensas su penetratividad es baja; dejando estas asociaciones como alteración secundaria o en tercer orden (Figura 5.6.a.c).

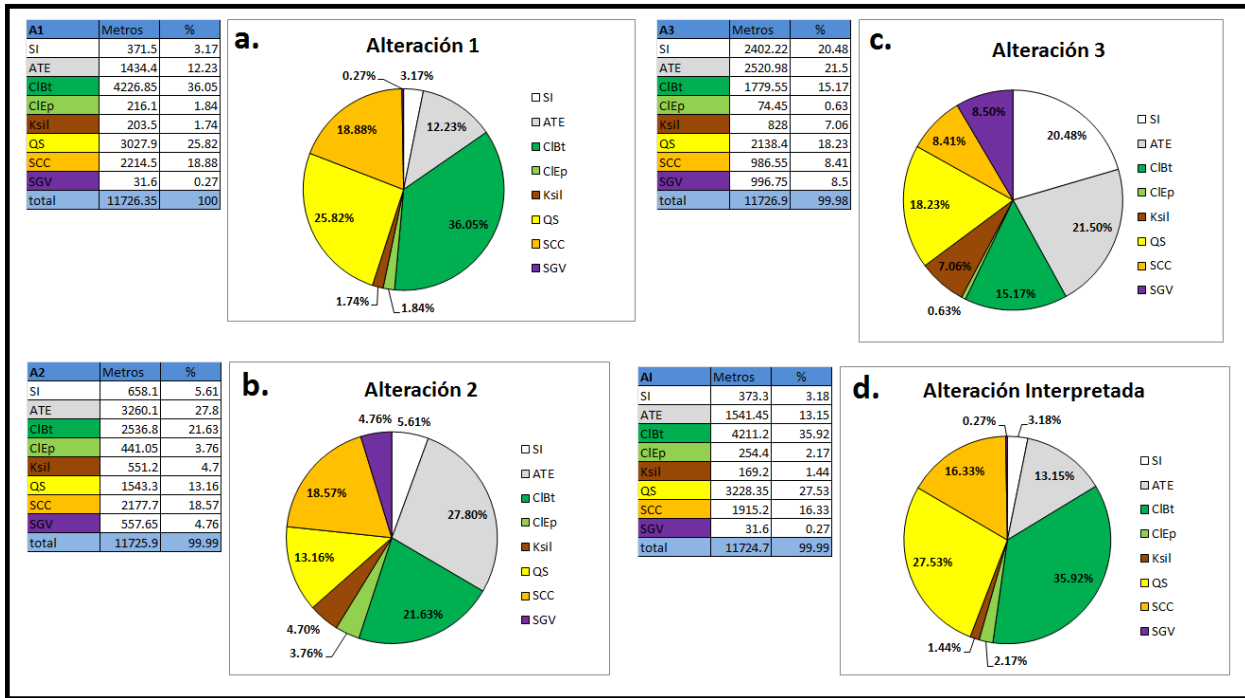


Figura 5.6: a) Distribución de asociaciones minerales en la alteración principal. b) Distribución de asociaciones minerales de alteración secundaria. c) Distribución de asociaciones minerales de alteración de tercer orden, se observa un aumento de los datos sin información ya que no siempre fueron reconocidos tres eventos. d) Distribución de las asociaciones minerales de la alteración interpretada, este grafico es muy similar al de la alteración principal ya que esta por lo general ésta corresponde a la alteración dominante.

La asociación CIBt fue dividida en Cl que representa clorita dominante y Bt que representa biotita dominante. Se realizaron dos gráficos, uno para la alteración 1 y otro para la alteración dominante en los que se observa que la clorita aparece con una notable mayor presencia que la biotita (Figura 5.7). Esta condición debería cambiar para testigos profundos, realizados desde labores subterráneas por ejemplo, donde hacia una mayor profundidad la biotita pasaría a dominar por sobre la clorita.

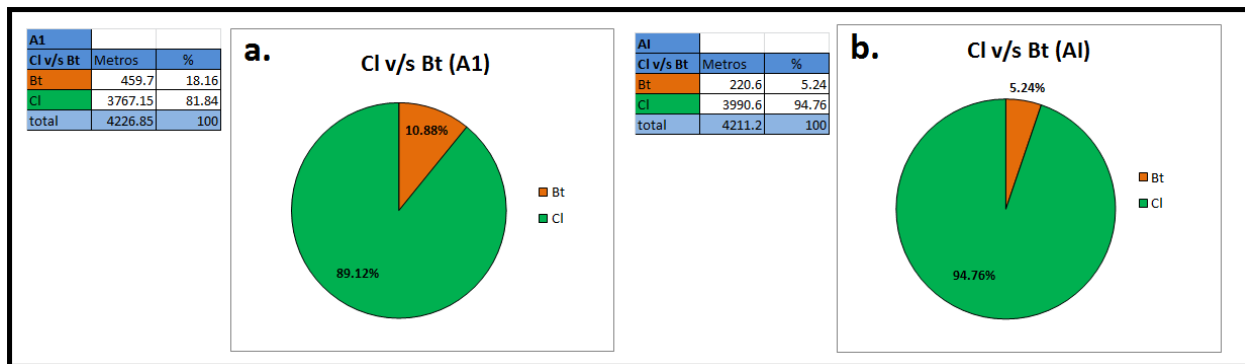
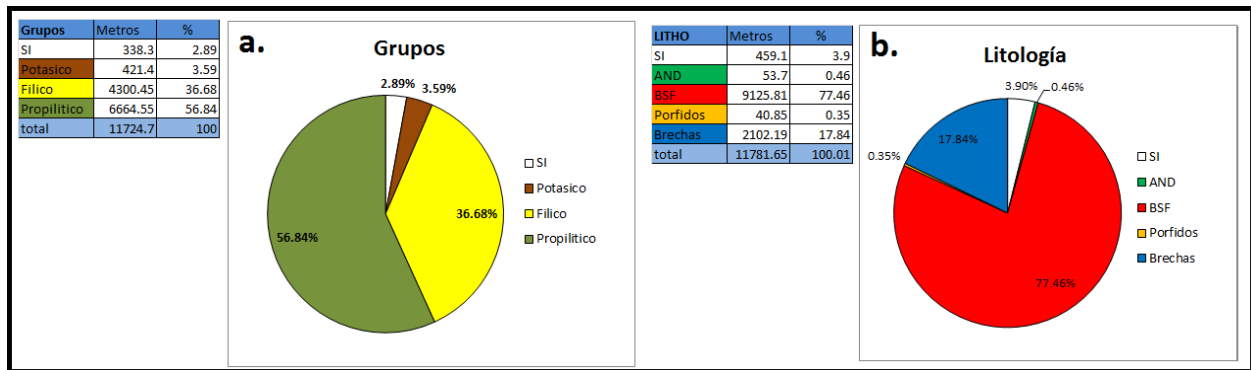


Figura 5.7: a) Distribución de clorita y biotita por separado dentro de asociación clorita-biotita para alteración 1. b) Distribución de clorita y biotita por separado dentro de asociación clorita-biotita para alteración interpretada. Se produce una disminución de la biotita en comparación con el grafico de la alteración 1, ya que dentro de la alteración interpretada los tramos muy pequeños de alteración (alteración potásica) son diluidos por los tramos de alteración con mayor continuidad (alteración propilítica).

De un total de aproximadamente 11.725 metros estudiados de los que se extrajo información de litología y alteración se obtiene que: El grupo con mayor presencia corresponde al grupo propilítico con un total de 6664.55 metros reconocidos representando un 56.84% del total, luego le sigue el grupo filico con 4300.45 metros reconocidos y en tercer lugar se encuentra el grupo potásico con 421.4 metros reconocidos representando un 3.59% del total de metros de sondaje estudiados. Un total de 338.3 metros representando un 2.89% corresponden a metros de sondaje que no estaban disponibles para análisis (Figura 5.8.a).

Sobre las litologías reconocidas se tiene que un 77.46% del total de metros estudiados corresponden a rocas del Batolito San Francisco (QM, QMD y PQMD) estas unidades son previas a la mineralización (pre-mineral), un 17.84% corresponde a brechas las cuales son unidades contemporáneas a la mineralización (intramineral), un 0.46% corresponde a andesita (pre-mineral) y solamente un 0.35% corresponde a pórfidos (PQM, PQD) los que serían contemporáneos a la mineralización (intramineral) (Figura 5.8.b).



**Figura 5.8:** a) Distribución de los grupos, se observa una dominancia del grupo propilítico y un bajo volumen del grupo potásico. B) Distribución de las principales litologías reconocidas. Se reconoce un claro dominio de las rocas pertenecientes al Batolito San Francisco (QM, QMD y PQMD) por sobre las demás (brechas, pórfidos).

## Capítulo 6 **Discusión, conclusiones y recomendaciones**

### **6.1. Discusión**

En este capítulo se analizan e interpretan los resultados obtenidos en cuanto a la petrografía y zonación de los distintos tipos de alteraciones reconocidos.

Se cumple con el objetivo de la generación de un modelo conceptual de la zonación de los diferentes tipos de alteración, agrupados en tres grupos principales. Sin embargo la extensión y forma de los cuerpos debe ser actualizada en base a mayor información por medio de sondajes. Estos en muchos casos deben ser re-mapeados, teniendo en cuenta la problemática de la alteración potásica errática.

#### **6.1.1. Alteración temprana, procesos tardi-magmáticos y mineralización asociada**

Microvetillas dentro de cuerpos graníticos ígneos pueden ocurrir durante todas las etapas de cristalización desde etapas magmático tempranas hasta tardi a post-magmáticas (Hibbard, 1980). En este trabajo se establecieron diferencias claras y reconocibles a nivel macroscópico y microscópico entre feldespatos potásico primario y secundario. Permitiendo distinguir entre inyecciones aplíticas, que ocurren muy comúnmente en pórfidos mineralizadores saturados en agua y que han exsuelto la fase acuosa, de vetillas del tipo A y B. Además se establece que, en general, ha ocurrido una sobreestimación del feldespatos de alteración y biotita secundaria, lo que ha provocado la interpretación de una alteración potásica errática. Por el contrario al sector Río Blanco, en el sector Los Bronces hay un evidente menor desarrollo de la alteración potásica, o bien, esta se encuentra más profunda.

En rocas del lado occidental (sondajes LB4706 y LB6906) se recocieron hornblendas aparentemente frescas y otras levemente actinolitizadas (Figura 6.1), esta alteración se debería posiblemente a procesos de tipo deutéricos ocurridos justo en las etapas finales de cristalización del magma y producto de volátiles, hidratando y empobreciendo en Al a las hornblendas primarias.



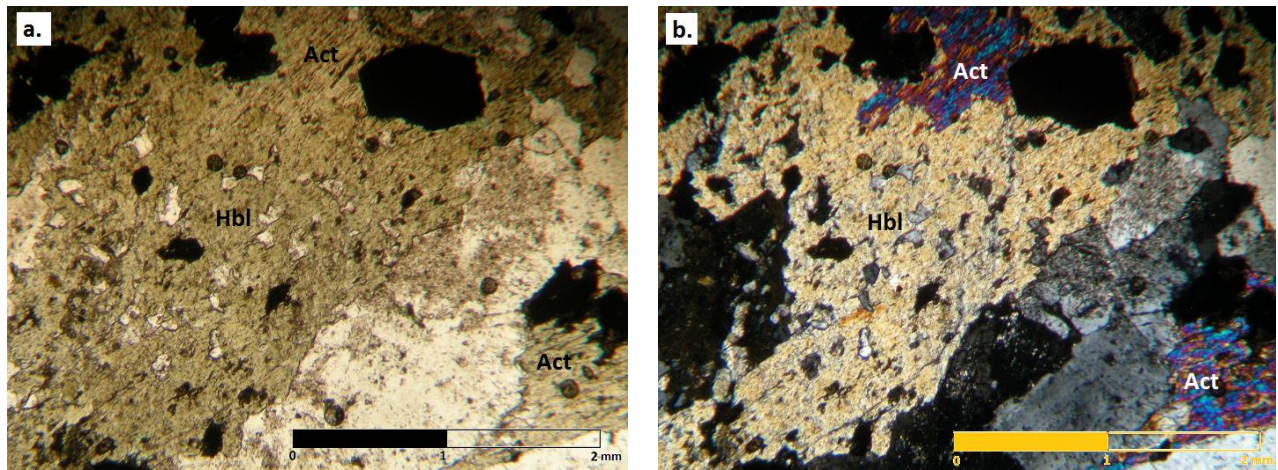


Figura 6.1: a) Microfotografía a nicols paralelos de sondaje LB4706 en metro 141.95, se observa un cristal de hornblenda parcialmente actinolitizado en su parte superior, es reconocido en base a sus colores de interferencia mayores y una apariencia levemente fibrosa. b) Misma microfotografía, pero a nicols cruzados. Hbl: Hornblenda; Act: Actinolita. Ambas fotos con aumento de 5x10.

En el sector Los Bronces se habría producido un aumento, aun mayor, en la concentración de cobre debido a la superposición de eventos producto de múltiples pulsos porfídicos mineralizadores e inyección de fluidos que provocaron diversos pulsos de brechas conocido como Complejo de Brechas Los Bronces. Hacia el lado oriental de la zona de estudio en los sectores de Río Blanco y Sur-Sur se reconoce un aumento en las leyes de cobre (Conversaciones con geólogos CAT4). Este aumento de la ley corresponde a zonas con mayor densidad de vetillas y/o brechas mineralizadas y/o alteración potásica intensa, sin embargo este último rasgo no ha sido reconocido de manera notable en el sector de estudio. La extensión y continuidad de la alteración potásica y cuerpos de brecha en profundidad se desconoce, por lo que no es descartable pensar que en profundidad la concentración de cobre podría aumentar. En el sector de Los Bronces sur existe un sistema con importante mineralización en profundidad.

Asociado a zonas de alta ley de cobre se encuentran zonas con mayor volumen de bornita, Según los estudios de Jara (2005) se reconocen tres zonas con aumento del volumen de bornita, estas podrían estar relacionadas a: (1) la Brecha Donoso y vetas tardías, (2) desarrollo de alteración potásica en el sector Río Blanco y (3) zona de alta ley reconocido en Los Bronces Sur (Ver Figura 6.2). Lo que indicaría a lo menos dos sistemas mineralizadores independientes entre sí, uno en el sector norte (Río Blanco-Los Bronces) y otro hacia el sector sur (San Enrique – Sur-Sur).

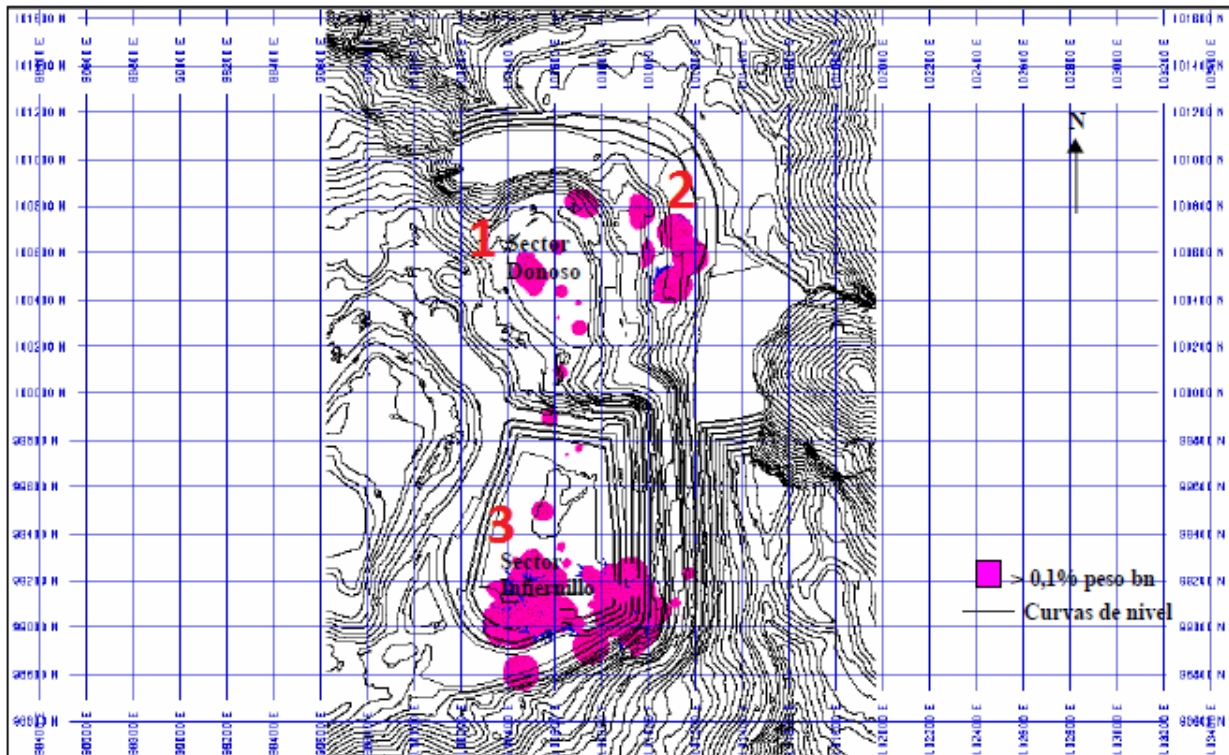


Figura 6.2: Vista en planta de modelo de distribución de bornita en Mina Los Bronces. (1) Aumento de bornita relacionado a cuerpos de brecha y vetas tardías. (2) Aumento de bornita relacionado a mineralización de Río Blanco. (3) Aumento de bornita relacionado a mineralización de Bronces Sur. (Modificado de Jara, 2005).

Las rocas de cuarzomonzodiorita aparentemente fresca, con muy poca alteración, abundantes minerales primarios inalterados y con algo de mineralización encontradas en el lado occidental, se podrían explicar por el control en la mineralización dado por la permeabilidad, indicando que estas zonas son o fueron muy poco permeables al momento de ocurrir la mineralización. Con el fin de dar una explicación a las rocas aparentemente frescas, sería interesante datar estas muestras, ya sea usando el método Ar/Ar en biotitas, las cuales podrían no estar reseteadas y dar edades mayores a los 6 Ma, o bien, U/Pb en zircones para estimar una edad de emplazamiento.

### 6.1.2. Eventos tardíos

En el sector se reconocieron zonas con aumentos en la concentración de Cu, As, Pb y Zn asociados a tenantita-engargita, galena y esfalerita respectivamente. Esto se interpreta como la mineralización asociada a los eventos más tardíos, los que se producirían debido a la evolución natural de los fluidos de un pórfido cuprífero. Pasando de un estado de alta sulfuración evidenciado por la engargita a un estado de sulfuración intermedia evidenciado por la tenantita (Ver Figura 6.3 y Anexo C).

En el siguiente diagrama (Figura 6.3) se ilustran los diferentes ambientes de fluidos para pórfidos cupríferos, pórfidos cupríferos relacionados a vetas de metales base y epitermales de Au-Ag en términos de los posibles patrones de enfriamiento. En rojo se observa el trend reconocido para el sector. La flecha con la etiqueta “*Porphyry Cu-Au-Mo*” se refiere a las asociaciones tempranas a intermedias de aproximadamente 500 a 350°C y estados bajos a intermedios de sulfuración. Asociaciones transicionales a tardías con estados de alta sulfuración y pórfidos relacionados a “zona de vetillas de metales base” (“*Zone base-metals veins*”) ocurren a temperaturas bajo los 350°C y son indicadas por la flecha gris etiquetada con la letra “T”.

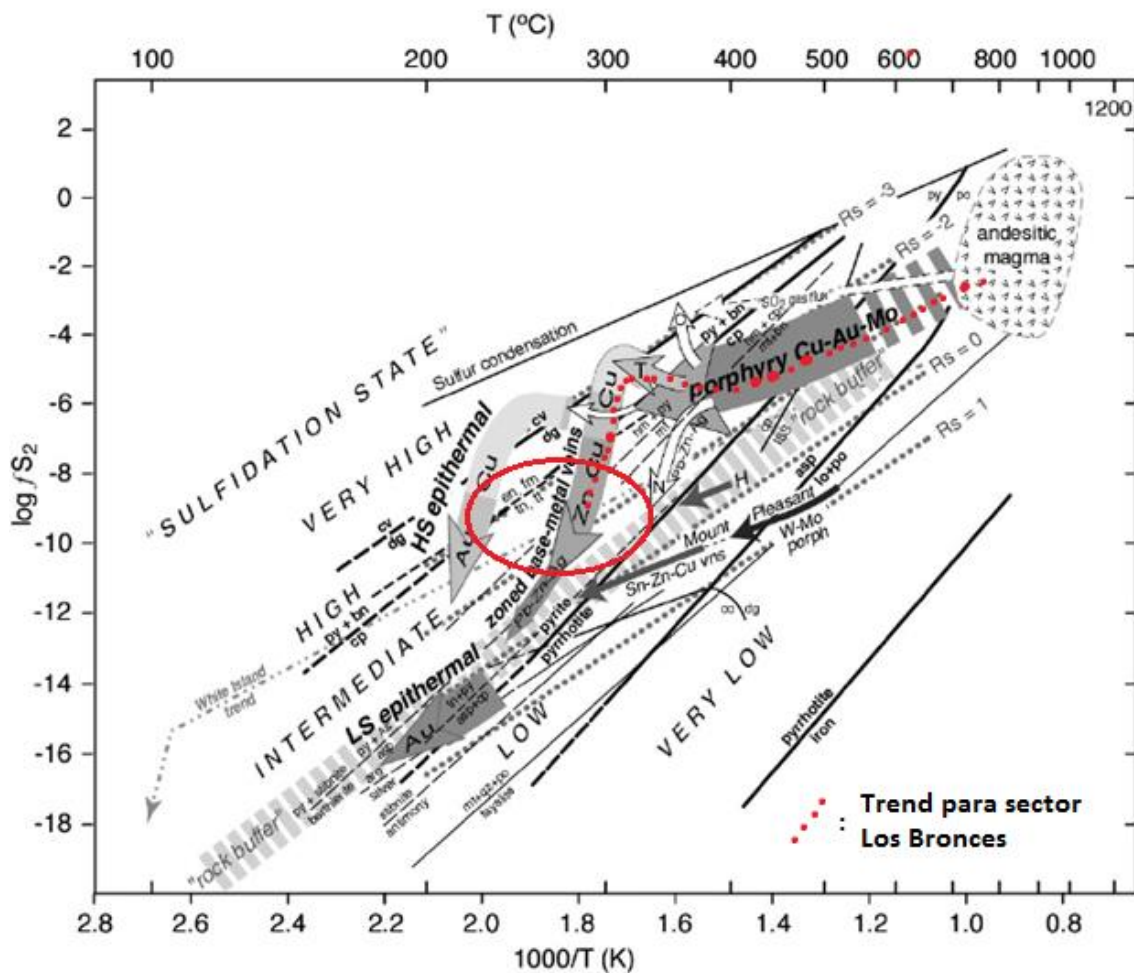


Figura 6.3: Diagrama de fugacidad de azufre v/s temperatura.  $R_s \approx \log(X_{H_2S}/X_{H_2O})$  (Modificado de Einaudi et al., 2003).

En cuanto a la Brecha Donoso, la cuarzomonzonita que la hospeda ya estaba solidificada cuando esta se emplazó, además los fluidos formadores de brecha no provienen de dicha cuarzomonzonita (Skewes et al., 2003). Esto indicado por la angularidad de los clastos en la brecha, y también por la diferencia en los datos isotópicos de neodimio y estroncio obtenidos desde minerales de la matriz de brecha (anhidrita, turmalina, biotita) y la roca huésped, los que indican que los minerales de la matriz de la brecha y la cuarzomonzonita plutónica huésped no están en equilibrio isotópico (Skewes y Stern, 1996). El plutón del cual los fluidos magmáticos formadores de brecha exsolvieron, no se encuentra aún expuesto. Basado en la ocurrencia de diques silíceos porfídicos brechizados, alterados y mineralizados cortando las brechas de Sur-Sur en Río Blanco, sugieren que las intrusiones de pórfidos y la formación de la brecha mineralizada de turmalina en Sur-Sur tienen una cercana relación genética. En contraste, no se reconocen intrusiones porfídica cortando la brecha Donoso, y, en realidad no ocurren intrusiones porfídicas mayores dentro del depósito Los Bronces; lo más cercano a una intrusión de gran envergadura es el complejo volcánico La Copa, el que ocurre a más de 1 km al este y esta datado en 4.9 a 4.7 Ma (Deckart et al., 2013), es decir este cuerpo puede ser más joven que la Brecha Donoso. Pequeñas intrusiones porfídicas silíceas, tardías y estériles han redistribuido la mineralización previa en Río Blanco-Los Bronces, pero estas no han sido las responsables de la mineralización, como ocurre dentro de numerosos cuerpos gigantes de brecha (Skewes et al., 2003).

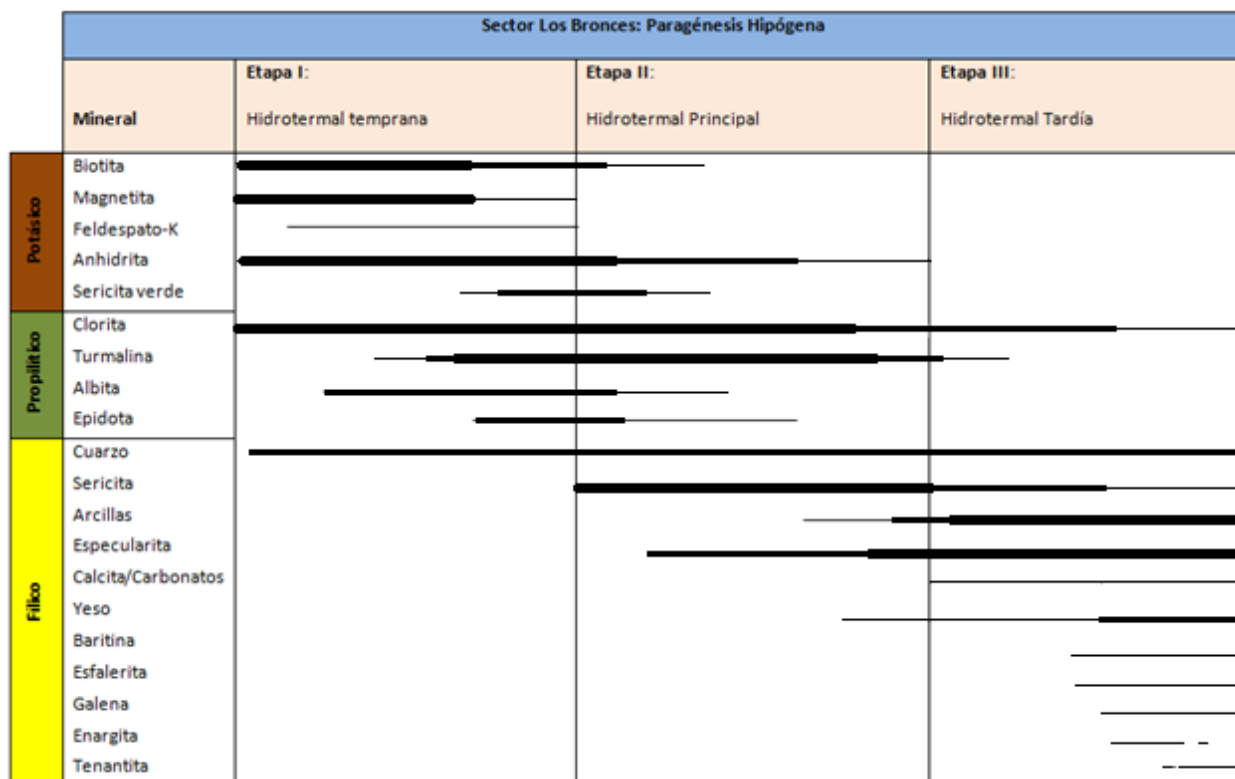
### **6.1.3. Secuencia Paragénética**

La secuencia de formación de las fases minerales de alteración fue definida en base a la integración de las observaciones realizadas a escala macroscópica y microscópica (Tabla 4.2). Esta se divide en tres partes: Hidrotermal temprana, donde ocurren los procesos ortomagmáticos finales, eventos potásicos, propilíticos tempranos y finalmente una hidrolisis temprana, la que corresponde a una etapa transicional entre la etapa temprana y principal. Luego sigue la etapa hidrotermal principal donde cesa el evento potásico y continúa la hidrolisis, generando, la alteración fílica. Finalmente ocurre el evento hidrotermal tardío, caracterizado por procesos retrógrados (cloritización) y la hidrolisis más tardía del sistema, la que incluye mineralización de especies ricas en Ag, As, Pb y Zn.

El desarrollo de actividad hidrotermal se inicia con un evento de alteración potásica, que incluye en una primera etapa el desarrollo de vetillas de biotita-magnetita del tipo EB y cuarzo-anhidrita del tipo A, además del reemplazo de los minerales máficos por biotita secundaria; previo a contemporáneo a esta etapa ocurrirían también procesos de tipo deutéricos, como al cloritización temprana de máficos y actinolitización de hornblenda reconocidos por medio de microscopía óptica, sin embargo estos procesos están poco estudiados y deben ser tratados con más detalle, pues se encuentran entre la

transición de los procesos ortomagmáticos y los hidrotermales tempranos. Más tarde, dentro de la etapa temprana, se desarrollan vetillas de cuarzo rectilíneas, como reflejo de un comportamiento más frágil, del tipo B estos incluyen precipitación de magnetita, calcopirita y molibdenita; además cortando las vetillas B, se desarrollan vetillas del tipo C, caracterizadas por un halo de sericita gris verde, producto de los primeros procesos de hidrólisis (hidrólisis temprana), correspondientes a una etapa transicional entre la etapa temprana y la principal. Contemporáneo al evento potásico se desarrolló el halo de alteración propilítico, en primera instancia produciendo albitización, luego epidotización y posterior cloritización, durante la etapa temprana del propilítico también habría ocurrido la turmalinización en parches y/o vetillas del tipo C3A. Posteriormente, se produjo la superposición de la alteración filica, ocurriendo como vetillas tipo D o en alterando los clastos de brechas de turmalina, esto asociado a fluidos de origen magmático generadores de múltiples pulsos de brecha, los que concentraron una gran cantidad de minerales de mena de cobre (principalmente calcopirita) (Skewes et al., 2003). Finalmente el último evento es el filico tardío, el cual se superpone y tiende a borrar los eventos previos, este se caracteriza por minerales de baja temperatura ocurriendo en vetillas tipo DT con mineralización de sulfosales de plata como la enargita y tenantita, además de sulfuros de Pb y Zn (galena y esfalerita respectivamente).

Tabla 6.1: Secuencia paragenética para el sector Los Bronces. El grosor de las líneas es proporcional a la abundancia relativa del mineral.



## 6.2. Conclusiones

El trabajo realizado muestra que en el sector Los Bronces (principalmente en rocas del Batolito San Francisco) se reconoce un menor desarrollo que en Rio Blanco de la alteración potásica y en cambio un mayor volumen y desarrollo de alteración propilítica. Pero no es claro, si esta zonación responde a un mismo evento, o bien, a diferentes centros ocurridos en profundidades y épocas diferentes. Adicionalmente en el sector se reconoció alteración-mineralización tardía con mineralogía rica en As, Ag, Pb y Zn, la que corresponde a la evolución más tardía y distal de algún evento porfídico mineralizador.

Las zonas de alteración son producto de múltiples eventos provenientes de diferentes centros y ocurridas en tiempos diferentes, razón por la cual ocurre la sobreimposición de un tipo de alteración sobre otra, a distintos niveles y en distintas porciones del sistema. Para el sector Los Bronces se ha logrado definir y agrupar adecuadamente las distintas asociaciones minerales de alteración en tres grupos principales relacionados a alteración potásica, fílica y propilítica. Además estas se han ubicado espacialmente obteniendo una zona potásica profunda, una zona propilítica de fondo y una alteración hidrolítica principal a tardía que se sobreimpone a las otras dos, controlada litológica y/o estructuralmente por cuerpos de brechas y estructuras NE respectivamente.

En base a una secuencia paragenética se ha establecido una temporalidad relativa entre los distintos tipos de alteración obteniendo tres etapas principales: una etapa temprana con el desarrollo de alteración potásica y propilítica; una etapa principal con el deceso de la alteración potásica, inicio de una alteración fílica y continuo desarrollo de un propilítico a etapas más tardías; finalmente una etapa tardía, donde ocurre la obliteración de la textura original de la roca y desaparición de las alteraciones previas producto de intensos procesos de hidrolisis. Sin embargo, no se reconoce en el sector el desarrollo de alteración de tipo argílica avanzada.

La alteración predominante del sector fue la alteración propilítica, siendo la cloritización de los minerales máficos el rasgo más común reconocido. En segundo orden se encuentra la alteración fílica, caracterizada por la sericitización de los feldespatos, variando su intensidad en función de la permeabilidad controlada por estructuras y/o cuerpos de brecha. La alteración que presentó el menor volumen reconocido fue la alteración potásica, la que se presenta como un débil vetilleo de tipo A y B principalmente, y en ocasiones como una débil a intensa biotitización de los máficos dependiendo del protolito; la mayor intensidad de la biotitización ocurre en clastos de andesita reconocidos en la brecha de anhidrita.

Se reconoce un aumento hacia zonas más profundas (bajo la cota 3.000 ms.n.m.) de la biotita secundaria y de la cantidad de vetillas con halo de sericita gris verde.



### 6.3. Recomendaciones

Tras la realización de este trabajo, se hace evidente que la alteración potásica ha sido sobreestimada, esto producto de la alta cantidad de biotita y feldespato potásico de origen primario. La alteración de tipo potásico comienza a predominar en profundidad (bajo la cota 3.000 m.s.n.m.) y se desconoce su continuidad y extensión hacia zonas muy profundas (> 2km). Por esta razón se recomienda revisar los mapeos de alteración, en especial la alteración potásica en base a lo aquí expuesto, pudiendo así discriminar cuando realmente corresponde a alteración y cuando lo observado corresponde a procesos magmáticos.

Se sugieren los siguientes criterios macroscópicos y microscópicos para poder determinar entre minerales primario y minerales de alteración:

- Biotitas con habito en “books” se consideran primarias
- Feldespato potásico intercrecido con cuarzo, mostrando texturas de tipo gráfica y/o mirmequitica se considera primario de tipo aplítico
- Feldespato potásico en halo de vetillas rellenas de cuarzo-(anhidrita), por lo general del tipo A o B se considera como feldespato potásico de alteración
- Magnetita en vetillas se considera producto de alteración

Se recomienda realizar dataciones Re-Os a molibdenita en vetillas y en matriz de brechas para obtener edad de mineralización; U-Pb en zircones a distintas litologías, en especial a litologías complejas como distintos tipos de pórfidos y brechas para edad de emplazamiento; Ar-Ar a biotitas en rocas aparentemente frescas y alteradas del batolito para obtener edades de alteración. Las edades mayores a los 10 Ma aproximadamente deberían estar escasa o nulamente mineralizadas.

Estudiar desplazamientos en la vertical de fallas principales. Para esto se sugiere estudiar sondajes que intersecten las fallas y fijarse en cambios litológicos, de alteración y/o algún otro parámetro relevante como la ley, techo de sulfato, razón pirita:calcopirita, etc.

La sericita gris verde se distingue de la sericita “blanca” asociada a la alteración fílica por su color modal, pero las razones que generan esta diferencia no son claras y poco se conoce de las características químicas y mineralógicas de este tipo de sericita. Se sugiere realizar estudios mineralógicos y geoquímicos, con el fin de diferenciar claramente entre la sericita “blanca” (QS), asociada a la hidrólisis principal y la sericita gris verde (SGV), asociada a la hidrólisis temprana. Pues esta última correspondería a un evento mineralizador importante en cuanto a ley y volumen dentro del yacimiento.

Para evitar ambigüedades y dificultades al momento de captar la información de alteración. Se sugiere separar la asociación ClBt utilizada en la mina en ClBt, que representaría una cloritización por sobre una biotitización y BtCl, que representaría una biotitización por sobre una cloritización.

## Capítulo 7 Bibliografía

**AGUIRRE, L. 1960.** "Geología de Los Andes de Chile Central, Provincia de Aconcagua". Instituto de Investigaciones Geológicas. Vol. 9. Pp. 70. Santiago, Chile.

**ALFARO, M. 1969.** "Estudio Geológico de la Mina Los Bronces, Provincia de Santiago". Memoria de Título, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

**BECCAR, I.; VERGARA, M. y MUNIZAGA, F. 1986.** "Edades K-Ar de la Formación Farellones, en el Cordón del Cerro La Parva, Cordillera de los Andes de Santiago, Chile". Revista Geológica de Chile. N° 28-29. Pp. 109-113. Santiago, Chile.

**BLONDEL, J. 1980.** "Pórfido de Composición Granodiorítica de la Mina Río Blanco". Memoria de Título (Inédito). Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Pp. 88. Santiago, Chile.

**BULNES, A. 2013.** "Alteración cuarzo-sericita en yacimiento topo pórfido cuprífero: estudio mineralógico, litogeoquímico y termodinámico en mina Radomiro Tomic, Distrito Chuquicamata". Tesis de magister, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

**CARRIZO, D.; BARROS, C.; GALLARDO, S. 2013.** "Modelo estructural 3D de la Mina Los Bronces, Anglo American Sur S.A.". (Inédito) Anglo American, Santiago.

**CARRIZO, D.; SILVA, W.; VELA, I. y COMTE, D. 2012.** "Búsqueda del control estructural en la evolución de la permeabilidad del Yacimiento Río Blanco - Los Bronces". T1 13° Congreso Geológico Chileno.

**CHARRIER, R.; BAEZA, O.; ELGUETA, S.; FLYNN, J.; GANS, P.; KAY, S.; MUÑOZ, N.; WYSS, A.; ZURITA, E. 2002.** "Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36°S.L)". Journal of South American Earth Sciences 15 (2002) 117-139.

**CONTRERAS, A. 2003.** "Geología Sondajes Profundos en la Mina Los Bronces". Informe Interno de la Compañía Minera Anglo American, División Los Bronces. Superintendencia de Geología. Pp. 38. Santiago, Chile.

**COOKE, D.; HOLLINGS, P. y WALSHE, J. 2005.** Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Control, Economic Geology, v. 100, pp. 801-818.



**CORBETT, G.; LEACH, T. 1997.** Short course manual: Southwest Pacific rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization, G Corbett & T Leach, 5/97 Edn.

**CORTÉS, J. 2011.** “Evolución geológica de los Sistemas Porfídicos de Cu-Mo Amos y Andrés. Andes Centrales de Chile y Argentina”. Tesis de magister, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

**DECKART, K.; CLARK, A. H.; AGUILAR, C.; VARGAS, R. 2005.** “Magmatic y hydrothermal chronology of the supergiant Río Blanco Porphyry Copper Deposit, Central Chile: Implications of an integrated UPb y  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  database”. *Economic Geology* 100, p.905-934.

**DECKART, K.; CLARK, A. H.; CUADRA, P.; FANNING, M. 2013.** “Refinement of the time-space evolution of the giant Mio-Pliocene Río Blanco-Los Bronces porphyry Cu-Mo cluster, Central Chile: new U-Pb (SHRIMP II) and Re-Os geochronology and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  thermochronolog data”. *Miner Deposita* (2013) 28: 57-79.

**DECKART, K.; SILVA, W.; SPRÖHNLO, C.; VELA, I. 2014.** “Timing and duration of hydrothermal activity at the Los Bronces porphyry cluster: an update”. *Miner Deposita* DOI 10.1007/s00126-014-0512-9.

**EINAUDI, M.T.; HEDENQUIST, J.W.; y INAN, E., 2003.** “Sulfidation state of hydrothermal fluids: The porphyry-epithermal transition and beyond”, in Simmons, S.F, and Graham, I.J., eds., *Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: Rulers and witnesses of processes within the Earth: Society of Economic Geologists and Geochemical Society, Special Publication 10, Chapter 15, p. 285-313.*

**FOCK, A., 2005.** “Cronología y tectónica de la exhumación en el neógeno de los Andes de Chile central entre los 33° y los 34° S”. Tesis para optar al grado de magister en Ciencias, mención Geología, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, 235p.

**FRIKKEN, P.H., 2003.** “Breccia-Hosted Copper-Molybdenum Mineralization at Rio Blanco, Chile”. Memoria de Doctorado, Universidad de Tasmania, Australia.

**FRIKKEN, P.; COOKE, D.; WALSH, J.; ARCHIBALD, D.; SKARMETA, J., SERRANO, L. y VARGAS, R. 2005.** “Mineralogical and Isotopic Zonation in the Sur - Sur Tourmaline Breccia, Río Blanco-Los Bronces Cu-Mo Deposit, Chile: Implications for Ore Genesis”. *Economic Geology*, v. 100, pp. 935-961.

**FUENTES, F., 2004.** Petrología y metamorfismo de muy bajo grado de unidades volcánicas oligoceno-miocenas en la ladera occidental de los Andes de Chile Central (33°S). Tesis de Doctorado, Departamento de Geología, Universidad de Chile, 398 p.

**GERENCIA DE EXPLORACIONES, EXPLORACIONES CATEGORÍA III. 2003.** “Los Bronces Porphyry Copper Target”. Informe Interno de la Compañía Minera Anglo American, División Los Bronces. Superintendencia de Geología. Santiago, Chile.

**HIBBARD, M. J., 1980.** "Indigenous Source of Late-Stage Dike and Veins in Granitic Plutons". *Economic Geology*, vol. 75, 1980, pp. 410-423.

**HOLLINGS, P.; COOKE, D. y CLARK, A. 2005.** "Regional Geochemistry of Tertiary Igneous Rocks in Central Chile: Implications for the Geodynamic Environment of Giant Porphyry Copper and Epithermal Gold Mineralization". *Economic Geology*, v. 100, pp. 887-904.

**IRARRAZAVAL, V.; SILLITOE, R.; WILSON, A.; TORO, J.** "Discovery History of a Giant, High-Grade, Hypogene Porphyry Copper-Molybdenum Deposit at Los Sulfatos, Los Bronces-Río Blanco District, Central Chile". 2010 Society of Economic Geologists, Inc. *Special Publication* 15, pp. 253-269.

**JARA, S. 2005.** "Distribución y Composición de la Bornita, en relación con la Génesis de la Mina Los Bronces, Yacimiento Río Blanco-Los Bronces, Región Metropolitana, Chile". Memoria de título, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ciencias de la Tierra, Concepción, Chile.

**BARROS, C. 2007.** "Distribución y Modelamiento preliminar del Arsénico, Bismuto, Plomo, Zinc, Plata y Oro en la mineralización profunda de la Mina Los Bronces, Región Metropolitana, Chile". Memoria de título, Universidad Católica del Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Departamento de Ciencias Geológicas, Antofagasta, Chile.

**KLOHN, C. 1960.** "Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, Provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó". Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín N° 8. Pp. 95. Santiago, Chile.

**KURTZ, A.; KAY, S.M.; CHARRIER, R. y FARRAR, E., 1997.** "Geochronology of Miocene plutons and Andean uplift history in the El Teniente region, central Chile (34°-35°S)". *Revista Geológica de Chile*, v. 24, no. 1, p. 75-90.

**LÓPEZ, L. y VERGARA, M. 1982.** "Geoquímica y Petrogénesis de Rocas Ígneas Asociadas al Pórfido Cuprífero Río Blanco - San Francisco". Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

**LÓPEZ, L. y VERGARA, M. 1984.** "El Complejo Volcánico Pliocénico de Río Blanco, Santiago". Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

**MAKSAEV, V., MUNIZAGA, F., ZENTILLI, M. y CHARRIER, R., 2009.** "Fission track thermochronology of Neogene plutons in the Principal Andean Cordillera of central Chile (33°-35°S): Implications for tectonics evolution and porphyry Cu-Mo mineralization". *Andean Geology*, 36 (2), p. 153-171.

**MAYER y BALL, 1927.** "Geological Report on the Property of the Río Blanco Cooper Company, Provincia de Aconcagua". Memorandum Interno. CODELCO Chile, Departamento de Geología, División Andina, Santiago, Chile.

- MUÑOZ, M.; FUENTES, F.; VERGARA, M.; AGUIRRE, L.; NYSTRÖM, J.; FÉRAUD, G. y DEMANT, G. 2006.** "Abanico East Formation: petrology and geochemistry of volcanic rocks behind the Cenozoic arc front in the Andean Cordillera, central Chile (33°50'S)". *Revista Geológica de Chile*, Vol. 33, No. 1, p. 109-140.
- MUÑOZ, M. 2011.** "Petrogénesis de rocas intrusivas del yacimiento El Teniente y evolución del magmatismo Cenozoico de Chile Central (33°00'-34°30'S)". Tesis de doctorado, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- PERELLÓ, J.; SILLITOE, R.H.; BROCKWAY, H.; POSSO, H. y MPODOZIS, C. 2009.** "Contiguous Porphyry Cu-Mo and Cu-Au Mineralization at Los Pelambres, Central Chile". S11\_026, 12° Congreso Geológico Chileno, Santiago.
- PICHOTT, S. 1996.** "Distribución de La Bornita y Minerales Diagnósticos de Alteración en el yacimiento Río Blanco, V Región, Chile". Memoria de Título, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- PIQUER, J. y SKARMETA, J. 2012.** "Structural control on stratigraphy, magmatism and mineralization in the Rio Blanco-Los Bronces district, Central Chile". T1 13° Congreso Geológico Chileno.
- RIVANO, S.; GODOY, E; VERGARA, M. y VILLAROEL, M. 1990.** "Redefinición de la Formación Farellones de los Andes de Chile Central (32°-34°S)". *Revista Geológica de Chile*. N°15. Pp. 59-70. Santiago, Chile.
- SERRANO, L.; VARGAS, R.; STAMBUCK, V.; AGUILAR, C.; GALEB, M.; HOLMGREN, C.; CONTRERAS, A.; GODOY, S.; VELA, I; SKEWES, M. y STERN, C. 1996.** "The Late Miocene Early Pliocene Río Blanco - Los Bronces Copper Deposit, Central Chilean Andes. In *Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny*". Society of Economic Geologists. Special Publication N°5. Pp. 119-130.
- SKEWES, M.; y HOLMGREN, C. 1993.** "Solevantamiento Andino, Erosión y Emplazamiento de Brechas Mineralizadas en el Depósito de Cobre Porfírico Los Bronces, Chile Central (33°S); Aplicación de Geotermometría de Inclusiones Fluídas". *Revista Geológica, Chile*. Vol. 20. Pp. 71-84. Santiago, Chile.
- SKEWES, M. y STERN, C. 1994.** "Tectonic Trigger for the Formation of Late Miocene Curich Mega-Breccias in the Andes of Central Chile". *Geology*. Vol 22. N° 6. Pp. 551-554.
- SKEWES, M., HOLMGREN, C. y VARGAS, R. 1994.** Alteración a Anfibolita y Magnetita en el Megayacimiento Río Blanco-Los Bronces, Chile Central., VII Congreso Geológico Chileno, Vol. 2, Concepción, Chile, pp. 1623-1626.
- SKEWES, M. y STERN, C. 1995.** "Genesis of the late Miocene to Pliocene copper deposits of Central Chile in the context of Andean magmatic and tectonic evolution". *International Geology Review*, v. 37 p. 71-84.

**SKEWES, A.; HOLMGREN, C.; y STERN, CH. 2003.** "The Donoso Copper-Rich, Tourmaline-Bearing Breccia Pipe in Central Chile: Petrology, Fluid Inclusion and Stable Isotope Evidence for an Origin from Magmatic Fluids". *Mineralium Deposita*. N°38. Pp. 2-21.

**SILLITOE, R. 2003.** "A Selective Review of Exploration Programmes at the El Soldado, Los Bronces and Manto Verde Mines, Chile". Informe Interno de la Compañía Minera Anglo American. Superintendencia de Exploraciones. Santiago, Chile.

**SILLITOE, R. 2003.** "Exploration Potential and Recommendations, Los Bronces District, Central Chile". Informe Interno de la Compañía Minera Anglo American. Superintendencia de Exploraciones. Santiago, Chile.

**SILLITOE, R.H. & PERELLÓ, J., 2005.** "Andean copper province: tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery". *Economic Geology* 10<sup>th</sup> Anniversary Volume: 845-890.

**SILLITOE, R.H. 2010** "Porphyry Copper Systems". Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology*, V. 105, PP. 3-41.

**STAMBUCK, V.; SERRANO, L. y BLONDEL, J. 1982.** Geología del Yacimiento Río Blanco. III Congreso Geológico Chileno, Tomo II, Concepción, Chile.

**STAMBUCK, V.; HOLMGREN, C.; CONTRERAS, A.; SERRANO, L.; GODOY, S.; GALEB, M. y VELA, I. 1994.** "Geología del Megayacimiento Río Blanco-Los Bronces, Chile Central". VII Congreso Geológico Chileno. Vol. 2. Pp. 1627-1628. Concepción, Chile.

**STERN, C., 2004.** "Active Andean Volcanism: its geologic and tectonic setting". *Revista Geológica de Chile*, Vol. 31 (2), p. 161-206.

**STERN, C.R. y SKEWES, M.A. 2004.** "Origin of Giant Miocene and Pliocene Cu-Mo Deposits in Central Chile: Role of Ridge Subduction, Decreased Thickening, and Long-lived, Batholith-size, Open-system Magma Chambers". T.M. (Ed.), *Super Porphyry Copper & Gold Deposits: A Global Perspective*; PGC Publishing, Adelaide, pp ###.

**STRECKEISEN, A. 1979.** "Classification of Igneous Rocks of Lamprophyres, Carbinites, and Mililitic rock". *Geology*. Vol. N° 7. Pp. 331-335.

**THIELE, R. 1980.** "Hoja de Santiago". Carta Geológica. Instituto de Investigaciones Geológicas. N° 39. Pp. 51. Santiago, Chile.

**TORO, J.C.; ORTÚZAR, J.; MAKSAEV, V. y BARRA, F. 2009.** "Nuevos antecedentes geocronológicos franja de pórfidos Cu-Mo del Mioceno-Plioceno, Chile Central: Implicancias metalogénicas". S11\_047. 12° Congreso Geológico Chileno, Santiago.

**TORO, J.; ORTÚZAR, J.; ZAMORANO, J.; CUADRA, P.; HERMOSILLA, J. Y SPRÖHNLE, C. 2012.** "Protracted Magmatic-Hydrothermal History of the Río Blanco-Los Bronces District, Central Chile: Development of World's Greatest Known Concentration of Copper". Society of Economic Geologists, Inc. *Special Publication* 16, pp. 000-000.

**VERGARA, M.; CHARRIER, M.; MUNIZAGA, F.; RIVANO, S.; SEPULVEDA, P.; THIELE, R. y DRAKE, R. 1988.** "Miocene volcanism in the central Chilean Andes (31°30'S-34°35'S)". *Journal of South American Earth Sciences*. Vol 1, No. 2, Pp. 199-209.

**VARGAS, F.; GUSTAFSON, L.; VUKASOVIC, M. y SKEWES, A. 1999.** "Ore Breccias in the Rio Blanco-Los Bronces Porphyry Copper Deposit, Chile". Society of Economic Geologists. *Special Publication* N° 7. Pp. 281-297.

**VRY, V.; WILKINSON, J.; SEGUEL, J. y MILLÁN, J. 2009.** "A new vein paragenesis for the El Teniente Porphyry Cu-Mo Deposit, Chile". S11\_051. 12° Congreso Geológico Chileno, Santiago.

**WARNAARS, F.; HOLMGREN, C. y BARASSI, S. 1985.** "Porphyry Copper and Tourmaline Breccias at Los Bronces, Chile". Society of Economic Geologists. Vol. 80. Pp. 1544-1565.

**YÁÑEZ, G., CEMBRANO, J., PARDO, M., RANERO, C. & SELLES, D., 2002.** "The Challenger-Juan Fernández-Maipo major tectonic transition of the Nazca-Andean subduction system at 33–34°S: Geodynamic evidence and implications". *Journal of South American Earth Sciences*, v. 15, p. 23–38.

## **ANEXO A**

### **ABREVIACIONES**


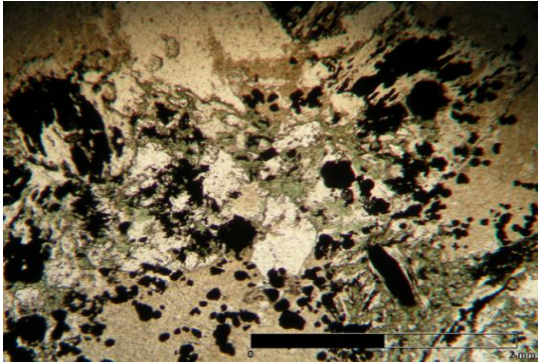
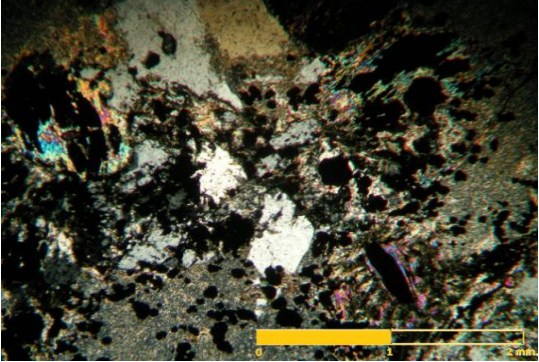
## ABREVIACIONES

|                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| ?: Porcentaje indeterminado         | I2: Intensidad 2                   |
| -1: Sin dato                        | I3: Intensidad 3                   |
| 1: Valor mínimo                     | Ksill: Silicatos potásicos         |
| 10: Valor máximo                    | Mt: Magnetita                      |
| A1: Alteración 1 (dominante)        | n/a: No se reconocen               |
| A2: Alteración 2 (subordinada)      | NP: Nicoles paralelos              |
| A3: Alteración 3 (subordinada)      | NX: Nicoles cruzados               |
| Ab: Albita                          | P1: Penetratividad 1               |
| Al: Alteración interpretada         | P2: Penetratividad 2               |
| AND: Andesita                       | P3: Penetratividad 3               |
| Anh: Anhidrita                      | PDL: Pórfido Don Luis              |
| ATE: Albita-epidota-turmalina       | PF: Pórfido feldespático           |
| Bar: Baritina                       | Plg: Plagioclasa                   |
| Bt mg: Biotita magmática (primaria) | Pot: Potásico                      |
| Bt: Biotita                         | PQD: Pórfido Cuarzodiorítico       |
| BtCl: Biotita-clorita               | PQMD: Pórfido cuarzomonzodiorítico |
| Bx: Brecha                          | PropAb: Propilítico albítico       |
| Cal: Calcita                        | PropCl: Propilítico clorítico      |
| ClBt: Clorita-biotita               | PV: Penetrativo                    |
| ClEp: Clorita-epidota               | QM: Cuarzomonzonita                |
| Clo: Clorita                        | QMD: Cuarzomonzodiorita            |
| Cxs: Cristales                      | QS: Cuarzo-sericita                |
| Ep: Epidota                         | Qz: Cuarzo                         |
| Esf: Esfalerita                     | RS: Reemplazo selectivo            |
| Fdk, FeldK: Feldespato potásico     | SCC: Clorita-sericita-arcillas     |
| Fil: Fílico                         | Ser: Sericita                      |
| GEOLFROM: Desde                     | SGV: Sericita gris verde           |
| GEOLTO: Hasta                       | SI: Sin información                |
| HOLEID: Código sondaje              | Tur: Turmalina                     |
| I1: Intensidad 1                    | Ys: Yeso                           |



## **ANEXO B**

### **DESCRIPCIONES PETROGRÁFICAS**

| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA   |                      |   |                        |
|--|----------------------|---|------------------------|
| Nº Muestra: (1)  |                      |   |                        |
| Hole ID  | Coord. Este          | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| E1057505   | 100575.61            | 100360.91   | 672.30                 |
| Clasificación  | QM (halo de vetilla) |   |                        |
| Textura  | Obliterada           |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |                      | Macrofotografía   |                        |
| QM con feldespatos totalmente sericitizados y con magnetita. Se reconoce mineralización diseminada de pirita. Corresponde a una roca afectada por un extenso halo de vetilla                                 |                      |           |                        |
| Minerales primarios  | %                    | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Cuarzo   | 30                   | Cristales anhedrales de aspecto fresco  |                        |
| Plagioclasa  | 55                   | Cristales subhedrales alterado a sericita y arcillas. Alguno preservan macla polisintética. |                        |
| Ortoclasa  | 10                   | Cristales subhedrales alterados a arcillas y albita, algunos con textura peritética         |                        |
| Biotita  | 5                    | Cristales subhedrales alterados a mica blanca y clorita                                     |                        |
| Minerales secundarios  | %                    | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Sericita   | 45                   | Reemplazo selectivo de feldespatos  |                        |
| Clorita  | 10                   | Reemplazando selectivamente a biotitas  |                        |
| Turmalina  | 5                    | Ocurre de forma intersticial  |                        |
| Anhidrita  | 2                    | Ocurre de forma intersticial  |                        |
| Alteraciones   | 62                   |   |                        |
| SGV  | Intenso              |   |                        |
| Fotomicrografía  |                      |   |                        |
|   |                      |         |                        |
| Izquierda: Microfotografía a nicoles paralelos se observa abundantes opacos diseminados, clorita, sericita y mica blanca reemplazando a biotitas. Derecha: Misma imagen, pero a nicoles cruzados. Aum: 5x10. |                      |   |                        |

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (2)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| E1057505 | 100575.61   | 100360.91    | 733.90                 |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Clasificación</b> | QM   |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular, cortada por vetilla |

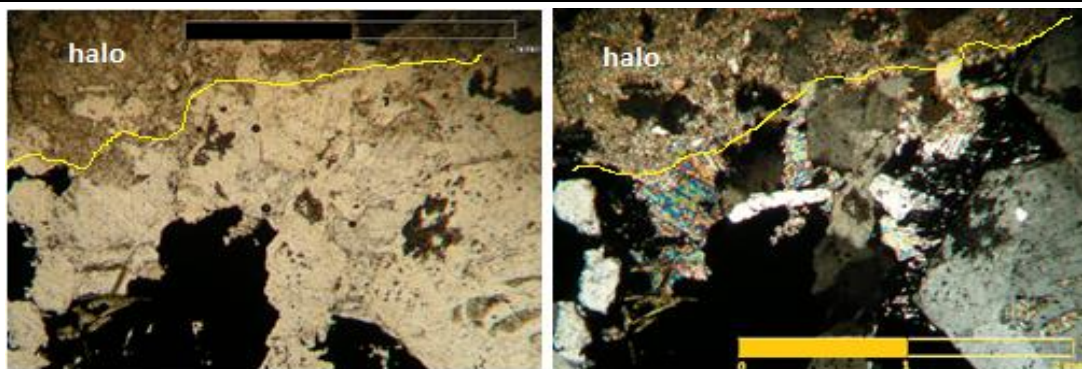
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QM de grano grueso cortada por vetilla de cuarzo con halo de sericita verde y una fina venilla B con molibdenita. Cumulos de turmalina con halo albitico y epidota diseminada. Feldespatos levemente sericitizados. Se reconoce magnetita.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 70 | Cristales subhedrales alterados a sericita   |
| Cuarzo              | 20 | Cristales anhedrales de aspecto fresco y como relleno de vetilla                             |
| Ortoclasa           | 10 | Cxs anhedrales levemente alterados a arcillas y albita. Algunos presentan textura pertítica. |


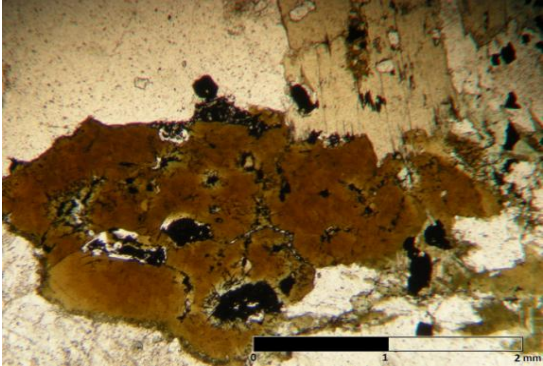
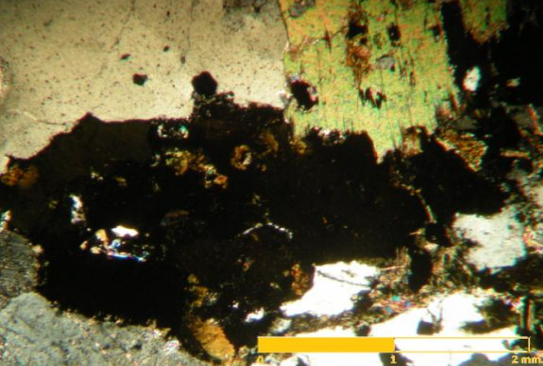
| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                               |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 20 | En halo de vetilla y reemplazando parcialmente a los feldespatos |
| Biotita               | 7  | Biotita secundaria en halo                                       |
| Clorita               | 6  | Reempalzando selectivamente a los minerales máficos              |
| Epidota               | 5  | Diseminada reemplazando máficos y plagioclasas más calcicas.     |
| Anhidrita             | 2  | De forma intersticial dentro de vetilla                          |
| Cuarzo                | 3  | Cuarzo secundario rellenando vetilla                             |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 43       |
| SGV                 | Moderado |
| ATE/CIBt            | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Microfotografía a nicoles paralelos. Se observa una vetilla rellena de opacos, turmalina, cuarzo y anhidrita con halo de sericita verde. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicoles cruzados. Aum. 5x10.

| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA  |                         |   |                        |
|---|-------------------------|---|------------------------|
| Nº Muestra: (3)   |                         |   |                        |
| Hole ID   | Coord. Este             | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| E1107505A   | 101081.95               | 100370.76   | 1105.20                |
| Clasificación   | QM                      |   |                        |
| Textura   | Hipidiomorfica granular |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |                         | Macrofotografía   |                        |
| QM de grano grueso con alteración potásica biotítica. Cortado por finas venillas de turmalina con mineralización restringida principalmente a los máficos. Se reconoce magnetismo.  |                         |               |                        |
| Minerales primarios   | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa   | 45                      | Cxs subhedrales alterados a sericita, albita y arcillas. Algunos preservan macla polisintética. |                        |
| Cuarzo  | 13                      | Cristales anhedrales de aspecto fresco  |                        |
| Biotita   | 7                       | Cristales subhedrales alterados a biotita secundaria y a clorita                                |                        |
| Ortoclasa   | 35                      | Cristales alterados levemente a arcillas, algunos con textura peritítica                        |                        |
| Minerales secundarios   | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Biotita   | 10                      | Reemplazo selectivo de minerales máficos  |                        |
| Clorita   | 5                       | En vetillas y como reemplazo selectivo de biotitas  |                        |
| Anhidrita   | 3                       | Ocurre de forma intersticial  |                        |
| Sericita  | 5                       | Reemplazo selectivo y parcial de feldespatos  |                        |
| Arcillas  | 5                       | Reemplazo leve de ortoclasa   |                        |
| Alteraciones  | 28                      |   |                        |
| ClBt (biotitización)  | Moderado                |   |                        |
| Fotomicrografía   |                         |   |                        |
|    |                         |             |                        |
| <p>Izquierda: Microfotografía a nicols paralelos. Se observa anfibola reemplazada a biotita, opacos y anhidrita intersticial y biotita de aspecto fresco parcialmente reemplazada a biotita secundaria. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicols cruzados. <b>Aum. 5x10.</b></p> |                         |   |                        |



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (4)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| E1107505A | 101081.95   | 100370.76    | 829.30                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | Bx Ignea? |
| <b>Textura</b>       | Brechoza  |

### Descripción macro/microscópica general

Aparente brecha ignea con clastos redondeados de cuarzo y feldespato potásico. Masa fundamental biotitizada y sericitizada con anhidrita intersticial. Se observa mineralización en vetillas.

### Macrofotografía



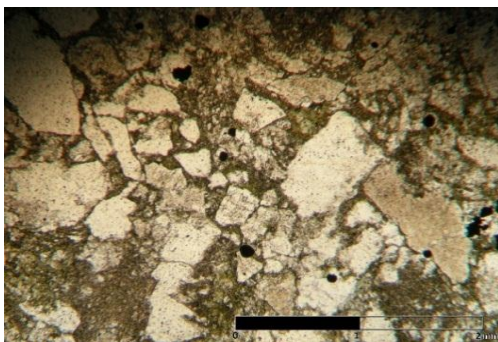
| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                      |
|---------------------|----|---|
| Cuarzo              | 60 | Como clastos inmersos en matriz de turmalina-biotita                    |
| Plagioclasa         | 25 | Cristales subhedrales alterados a sericita                              |
| Ortoclasa           | 15 | Cristales subhedrales alterados a arcillas inmersos en masa fundamental |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia             |
|-----------------------|----|--|
| Biotita               | 25 | Alterando masivamente la matriz                |
| Turmalina             | 10 | Diseminada en matriz creciendo junto a biotita |
| Sericita              | 15 | Alterando plagioclasas y masa fundamental      |
| Anhidrita             | 3  | De forma intersticial                          |
| Arcillas              | 5  | Reemplazando selectivamente a ortoclasa        |
| Clorita               | 2  | Reemplazo selectivo de los minerales máficos   |

|                     |    |
|---------------------|----|
| <b>Alteraciones</b> | 60 |
|---------------------|----|

|      |                  |
|------|------------------|
| CIBt | Moderado-intenso |
|------|------------------|

### Fotomicrografía



Izquierda: Microfotografía a nicols paralelos. Se observa una masa fundamental biotitizada y sericitizada con anhidrita intersticial. Clastos de cuarzo y ortoclasa con opacos diseminados. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicols cruzados. **Aum. 5x10.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (5)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| E1107505A | 101081.95   | 100370.76    | 923.50                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

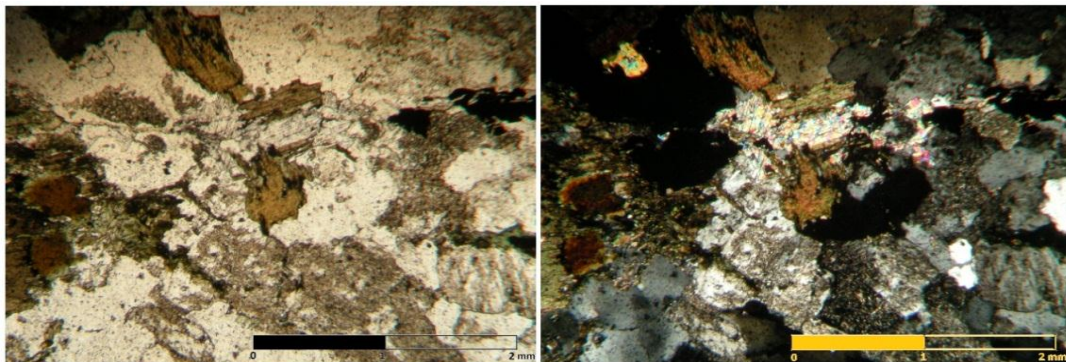
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM de grano grueso aparentemente fresca con magnetita, clorita y mineralización de piritita disemianda y en finas venillas. Atravesada por una vetilla de qz-feldK. Feldespatos levemente sericitizados</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 50 | Cristales subhedrales alterados a sericita                                |
| Cuarzo              | 25 | Cristales anhedrales de aspecto fresco                                    |
| Ortoclasa           | 20 | Cristales subhedrales alterados a arcillas. Algunos con textura pertitica |
| Biotita             | 5  | Cristales subhedrales a clorita   |


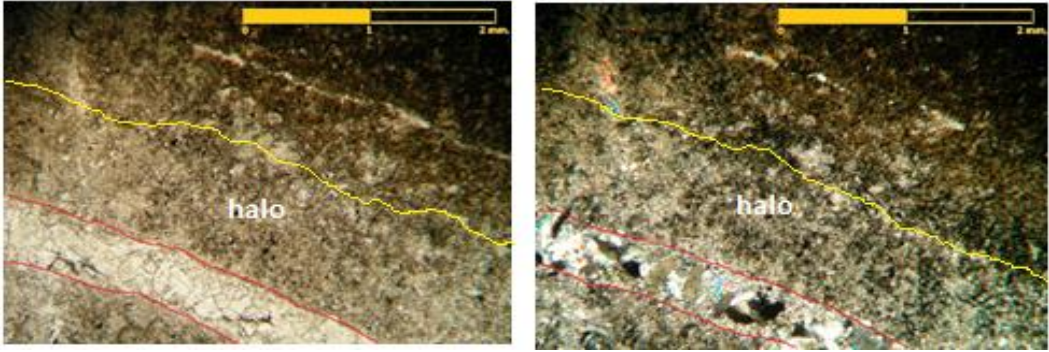
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia                                |
|-----------------------|---|---|
| Biotita               | 8 | Reemplazando selectivamente a los minerales máficos               |
| Clorita               | 6 | Reemplazando selectivamente a los minerales máficos y en vetillas |
| Anhidrita             | 2 | En vetillas e intersticial  |
| Arcilla               | 3 | Como remplazo selectivo de ortoclasa                              |
| Sericita              | 5 | Reemplazo selectivo de feldespatos                                |

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b>  | 24             |
| ClBt (biotitización) | Moderada-debil |
| QS                   | Debil          |


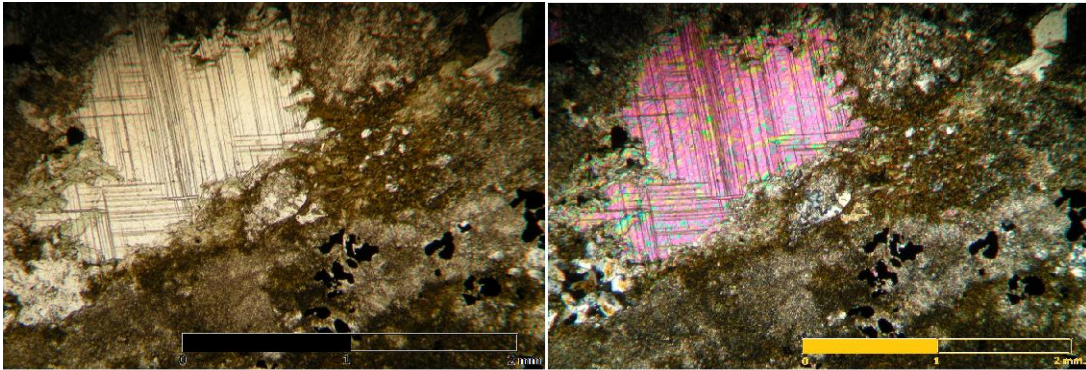
### Fotomicrografía

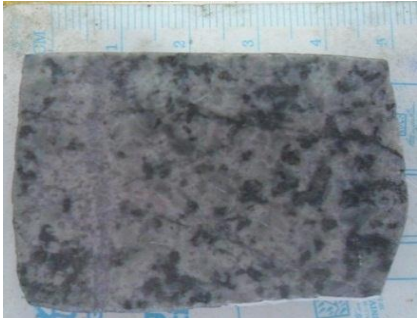
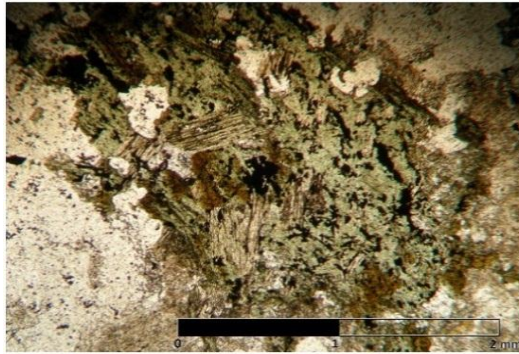
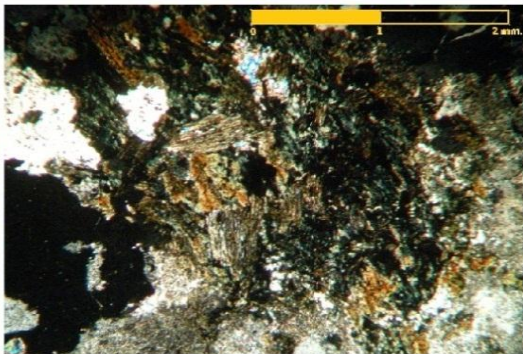



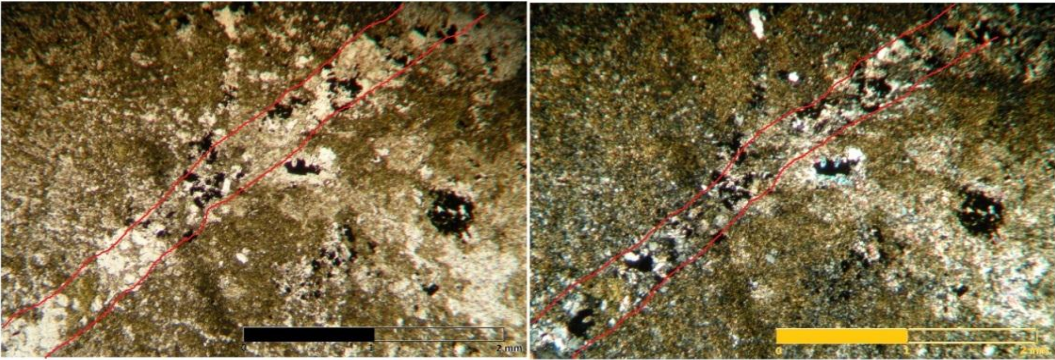
Izquierda: Microfotografía a nicols paralelos. Se observan biotitas cloritizadas y biotitizadas, anhidrita intersticial y opacos con turmalina. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicols cruzados. Aum. 5x10.

| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA   |             |  |                        |
|--|-------------|--|------------------------|
| Nº Muestra: (6)  |             |  |                        |
| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| EE095005   | 100948.82   | 99577.36   | 685.50                 |
| Clasificación  | AND         |  |                        |
| Textura  | Hornfels    |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |             | Macrofotografía  |                        |
| Andesita totalmetne alterada a biotita y sericita, con textura tipo hornfel. Cortada por vetillas de cuarzo-pirita con halo sericitico.  |             |  |                        |
| Minerales primarios  | %           | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa  | ?           | Totalmente alterados a sericita  |                        |
| Máficos  | ?           | Totalmente biotitizados  |                        |
| Minerales secundarios  | %           | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Biotita  | 40          | De forma penetrativa alterando la masa fundamental.                                |                        |
| Sericita   | 35          | En halo de vetilla y alterando plagioclasas  |                        |
| Anhidrita  | 5           | Rellando espacios e intersticial   |                        |
| Clorita  | 10          | En vetilla y halo  |                        |
| Cuarzo   | 10          | Cuarzo secundario en relleno de vetillas   |                        |
| Alteraciones   | 100         |  |                        |
| Ksill  | Intensa     |  |                        |
| QS   | Moderado    |  |                        |
| Fotomicrografía  |             |  |                        |
|    |             |  |                        |
| Izquierda: Microfotografía a nicolas paralelos. Se observa una vetilla de Qz-Anh con halo sericitico cortando a una andesita totalmente biotitizada. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicolas cruzados. Aum. 5x10. |             |  |                        |



| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA  |                     |  |                        |
|---|---------------------|--|------------------------|
| Nº Muestra: (7)   |                     |  |                        |
| Hole ID   | Coord. Este         | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| EE095005  | 100948.82           | 99577.36   | 735.20                 |
| Clasificación   | Brecha de anhidrita |  |                        |
| Textura   | Brecha              |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |                     | Macrofotografía  |                        |
| Brecha de anhidrita con clasto de andestia biotitizado. Clasto y brecha cortados por fina vetilla de sulfuros. Matriz de anhidrita.   |                     |  |                        |
| Minerales primarios   | %                   | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa   | ?                   | Totalmente alterados a sericita  |                        |
| Maficos   | ?                   | Totalmente alterados a biotita   |                        |
| Minerales secundarios   | %                   | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Biotita   | 50                  | De forma penerativa alterando masa fundamental de clasto de andesita               |                        |
| Sericita  | 30                  | En halos de vetilas y alterando masa fundamental de clasto de andesita             |                        |
| Anhidrita   | 15                  | Rellenando espacios e intersticialmente  |                        |
| Clorita   | 4                   | En halo de vetilla   |                        |
| Yeso  | 1                   | Intersticial junto a anhidrita   |                        |
| Alteraciones  | 100                 |  |                        |
| Ksil  | Intenso             |  |                        |
| Fotomicrografía   |                     |  |                        |
|   |                     |  |                        |
| Izquierda: Microfotografía a nicles paralelos. Se observa el clasto de andestia intensamente biotitizado y la anhidrita rellenando espacios, constituyendo la matriz de la brecha. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicles cruzados. Aum. 5x10. |                     |  |                        |

| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>  |                         |   |                        |
|--|-------------------------|---|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (8)</b>   |                         |   |                        |
| Hole ID  | Coord. Este             | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| EE095005   | 100948.82               | 99577.36  | 839.70                 |
| Clasificación  | QM                      |   |                        |
| Textura  | Hipidiomórfica granular |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |                         | Macrofotografía   |                        |
| <p>QM de grano grueso con feldespatos levemente sericitizados, atravesado por vetilla de qz con halo de feldespatoK. Maficos cloritizados. Se reconoce cuarzo y anhidrita intersticiales.</p>  |                         |                 |                        |
| Minerales primarios  | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa  | 60                      | Cxs subhedrales alterados a albita, arcillas y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |                        |
| Ortoclasa  | 10                      | Cristales subhedrales alterados a arcillas  |                        |
| Cuarzo   | 30                      | Cristales anhedrales de aspecto fresco  |                        |
| Minerales secundarios  | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Sericia  | 25                      | Reemplazando selectivamente a plagioclasas  |                        |
| Arcillas   | 5                       | Reemplazando selectivamente a feldespatos   |                        |
| Biotita  | 10                      | Se observa biotita secundaria reemplazando a minerales máficos                                    |                        |
| Clorita  | 8                       | Reemplazando parcialmente a biotitas  |                        |
| Cuarzo   | 5                       | Cuarzo secundario en vetillas   |                        |
| Anhidrita  | 3                       | De forma intersticial   |                        |
| Alteraciones   | 56                      |   |                        |
| ClBt (Biotitización)   | Moderado                |   |                        |
| QS   | Debil                   |   |                        |
| Fotomicrografía  |                         |   |                        |
|   |                         |               |                        |
| <p>Izquierda: Microfotografía a nicolas paralelos. Se reconoce mineral máfico biotitizado y cloritizado con opacos diseminados; anhidrita intersticial. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicolas cruzados. <b>Aum. 5x10.</b></p> |                         |   |                        |

| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>  |             |  |                        |
|--|-------------|--|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (9)</b>   |             |  |                        |
| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| EE095005   | 100948.82   | 99577.36   | 849.10                 |
| Clasificación  | AND         |  |                        |
| Textura  | Obliterada  |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |             | Macrofotografía  |                        |
| <p>Andesita totalmente alterada a sericita y biotita. Es cortada por distintos tipos de vetillas, las cuales muestran relaciones de corte. Se reconoce vetilla de cuarzo de ordes rectos con mineralización diseminada y vetillas con halo sericitico.</p>   |             |  |                        |
| Minerales primarios  | %           | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa  | ?           | Totalmente alterados a sericita  |                        |
| Máficos  | ?           | Totalmente alterados a biotita   |                        |
| Minerales secundarios  | %           | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Biotita  | 40          | De forma penerativa alterando masa fundamental de clasto de andesita               |                        |
| Sericita   | 35          | En halos de vetilas y alterando masa fundamental de clasto de andesita             |                        |
| Anhidrita  | 6           | Rellenando espacios e intersticialmente  |                        |
| Clorita  | 2           | Reemplazando selectivametnte a los minerales máficos                               |                        |
| Turmalina  | 2           | En vetillas con habito acicular radial   |                        |
| Cuarzo   | 15          | Cuarzo secundario en relleno de vetillas   |                        |
| Alteraciones   | 100         |  |                        |
| Ksil   | Intenso     |  |                        |
| QS   | Moderado    |  |                        |
| Fotomicrografía  |             |  |                        |
|    |             |  |                        |
| <p>Izquierda: Fotomicrografía a nicols paralelos de andesita totalmente biotitizada y en sectores sericitizada. Cortada por una vetilla de relleno de cuarzo. Se observan opacos diseminados y anhidrita intersticial. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicols cruzados. <b>Aum. 5x10.</b></p> |             |  |                        |



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (10)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| FF2010005 | 100107.75   | 99540.54     | 196.60                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

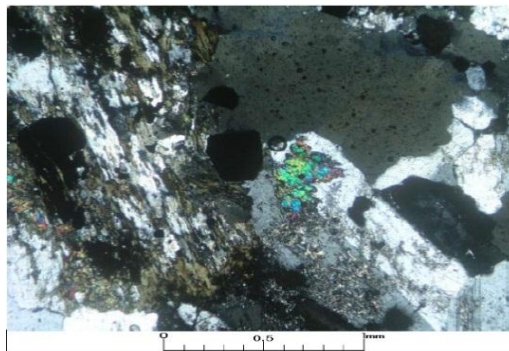
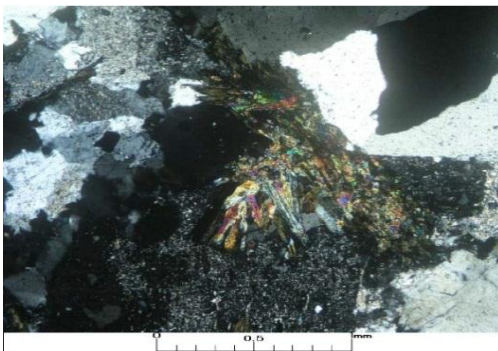
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QM alterada a clorita, sericita, arcillas, epidota y turmalina. Es atravesada por vetillas poco definidas de cuarzo-opacos-(sericita-clorita). |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 68 | Cristales subhedrales alterados levemente a albita, sericita, arcillas y epidota. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 10 | Cristales anhedrales alterados a arcillas y sericita.                             |
| Biotita             | 10 | Cristales alterados completamente a clorita.                                      |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Clorita               | 11 | Está rellenando cavidades, alterando a biotita y en vetilla.                     |
| Sericita              | 9  | Se encuentra alterando a plagioclasas, ortoclasas y en vetilla.                  |
| Albita                | 7  | Como alteración de las plagioclasas a partir de sus bordes.                      |
| Cuarzo                | 5  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.   |
| Epidota               | 4  | Alterando a ortoclasas y plagioclasas.   |
| Arcillas              | 4  | Cristales granulares diseminados, asociado a clorita y alterando a plagioclasas. |
| Turmalina             | 2  | Cristales con hábito acicular radial se encuentran diseminados.                  |

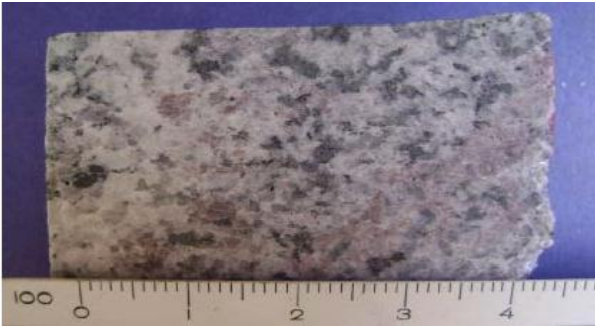
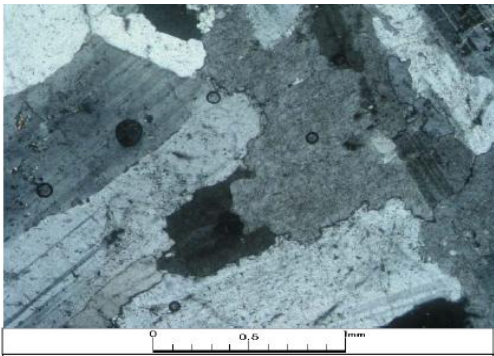

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 42       |
| CIEp                | Moderada |
| ATE                 | Moderada |

### Fotomicrografía



Derecha: en la parte central, cristales de turmalina con hábito acicular radial y epidota.

Cuarzo de aspecto fresco y plagioclasa alterada a sericita. Derecha: cristales anhedrales de cuarzo de aspecto fresco, plagioclasa albitizada y alterada a epidota y clorita diseminada (izquierda). Aum.: 5X10; Nic. cruzados.


| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA  |  |  |                        |
|---|--|--|------------------------|
| Nº Muestra: (11)  |  |  |                        |
| Hole ID   | Coord. Este                              | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| FF2010005   | 100107.75                                | 99540.54   | 200.00                 |
| Clasificación   | QM de bioita alterada a clorita y albita |  |                        |
| Textura   | Hipidiomórfica granular                  |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |  | Macrofotografía  |                        |
| <p>Roca de color gris de origen intrusivo con textura hipidiomórfica granular. La muestra está formada por cristales subhedrales de plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa alterada a arcillas, algunos cristales presentan textura pertítica y biotita alterada a clorita y epidota.</p> |  |    |                        |
| Minerales primarios   | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa   | 60                                       | Cristales subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas.                       |                        |
| Cuarzo  | 14                                       | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |                        |
| Ortoclasa   | 18                                       | Cristales anhedrales alterados a arcillas y albita, algunos con textura pertítica    |                        |
| Biotita   | 8  | Cristales subhedrales alterados a clorita.   |                        |
| Minerales secundarios   | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Clorita   | 9  | Se encuentra alterando a las biotitas.   |                        |
| Albita  | 7  | Alterando a los cristales de plagioclasas.   |                        |
| Sericita  | 5  | Como alteración de las plagioclasas.   |                        |
| Arcillas  | 4  | Está alterando a las plagioclasas y arcillas.  |                        |
| Epidota   | 3  | Como alteración de las biotitas.   |                        |
| Alteraciones  | 28                                       |  |                        |
| CIEp  | Moderada                                 |  |                        |
| ATE   | Moderada                                 |  |                        |
| Fotomicrografía   |  |  |                        |
|    |  |  |                        |
| <p>Izquierda: plagioclasa alterada levemente a albita, ortoclasa alterado a arcillas y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: cuarzo intersticial, cristales de ortoclasa y plagioclasa a argilizados y albitizados y biotita alterada a clorita. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</p>  |  |  |                        |

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (12)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| FF2010005 | 100107.75   | 99540.54     | 212.00                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

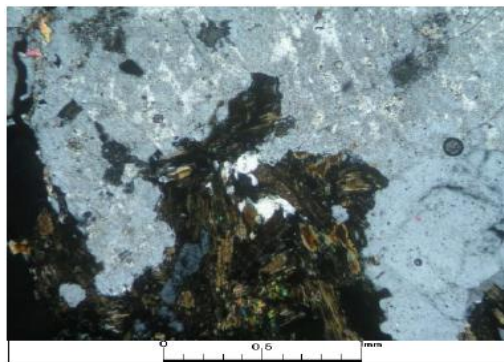
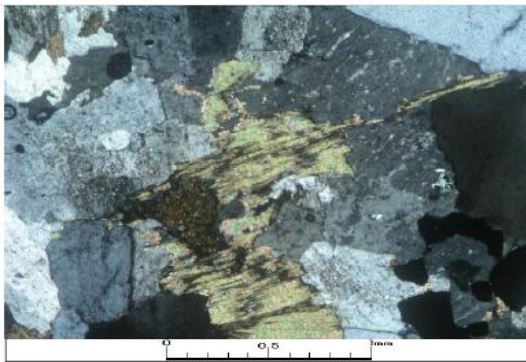
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>Roca de color gris de origen intrusivo con textura hipidiomórfica granular. La muestra está constituida por cristales subhedrales de plagioclasa alterados levemente a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa, con textura perítica, alterada a arcillas y biotita alterada a clorita y epidota.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 62 | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas; algunos preservan macla polisintética. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco  |
| Ortoclasa           | 14 | Cxs anhedrales levemente alterados a arcillas y albita. Algunos presentan textura perítica.     |
| Biotita             | 12 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.  |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia                |
|-----------------------|---|---|
| Albita                | 8 | Como alteración de las plagioclasas y ortoclasas. |
| Arcillas              | 8 | Se encuentra alterando a ortoclasa y plagioclasa. |
| Sericita              | 6 | Alterando a los cristales de plagioclasas.        |
| Clorita               | 6 | Está alterando a las biotitas.                    |
| Feldespato-K          | 5 | Se encuentra de forma intersticial.               |
| Epidota               | 2 | Cristales granulares alterando a biotitas.        |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 35       |
| ATE                 | Moderada |

### Fotomicrografía



Izquierda: en la parte central, cristal de biotita, plagioclasa alterada a albita y arcillas y ortoclasa con textura perítica. Derecha: cristal de ortoclasa con perfitas, cuarzo anhedral y biotita intersticial. Aum.:

5X10; Nic. Cruzados.

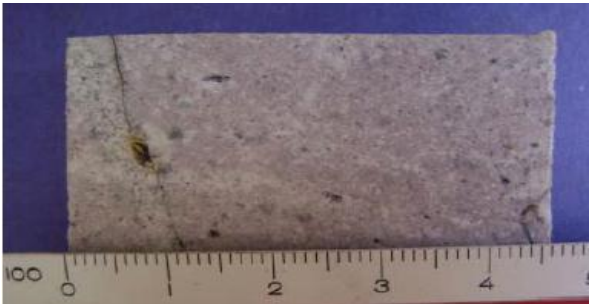


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (13)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| FF2010005 | 100107.75   | 99540.54     | 219.70                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | Filón aplítico          |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

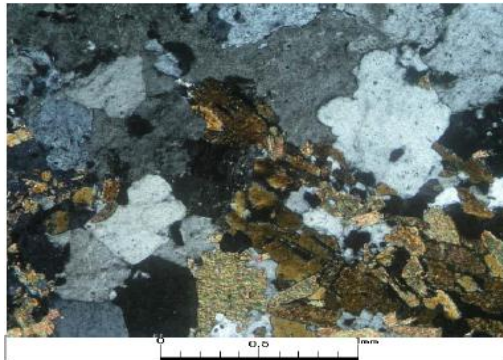
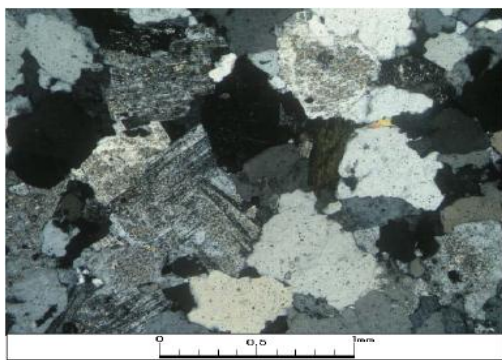
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>Filón aplítico alterado a albita, feldespato K y subordinadamente a arcillas. Se observa agregado de ortoclasa, cuarzo, plagioclasa y biotita alterados a albita, feld-K y subordinadamente a arcillas.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 30 | Cxs subhedrales alterados a albita, arcillas y sericita; algunos preservan macla polisintética. |
| Cuarzo              | 30 | Cristales anhedrales de aspecto fresco. Intercrecido con ortoclasa, textura mirmequitica.       |
| Ortoclasa           | 35 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Intercrecido con cuarzo.                             |
| Biotita             | 5  | Se encuentra alterada a clorita   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                         |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 10 | Alterando a plagioclasas                                   |
| Feldespato-K          | 10 | De forma intersticial                                      |
| Arcillas              | 6  | Como alteracion de plagioclasa y ortoclasa                 |
| Sericita              | 5  | Alterando a cristales de plagioclasa y de forma diseminada |
| Clorita               | 4  | Alterando a biotitas                                       |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 35             |
| ATE                 | Moderado-debil |
| ClBt                | Moderado-debil |

### Fotomicrografía



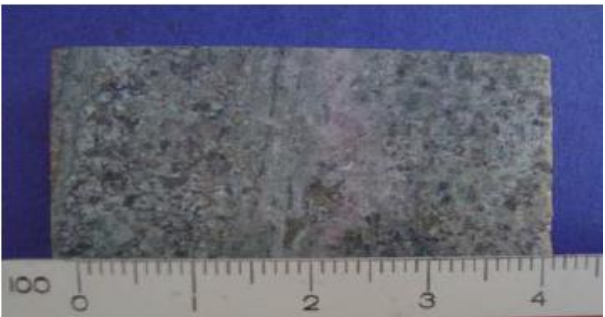
Izquierda: cristales anhedrales de cuarzo de aspecto fresco y ortoclasa alterados a arcillas. Derecha: se observa biotita diseminada, ortoclasa argilizada, algunos presentan textura pértica y cuarzo de aspecto fresco. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (14)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| FF2010005 | 100107.75   | 99540.54     | 370.00                 |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Clasificación</b> | QM obliterada cortada por inyección tardía                |
| <b>Textura</b>       | Obliterada con relictos de textura hipidomorfica granular |

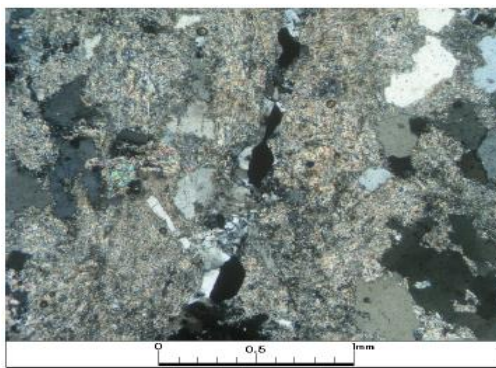
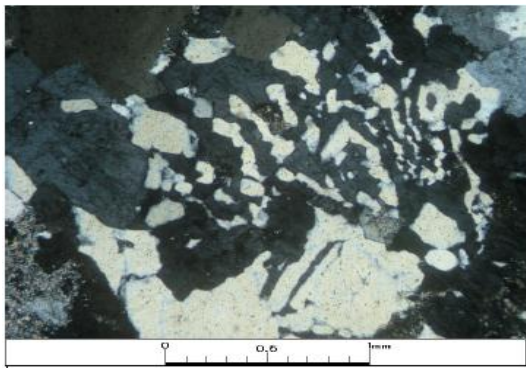
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM obliterada por fuerte alteración sericitica con calcita y arcillas subordinada; cortada por inyección tardía de cuarzo-feldespatos potásico.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 48 | Relictos de cristales subhedrales sericitizados y alterados a calcita.               |
| Cuarzo              | 20 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 30 | Cristales anhedrales alterados a arcillas y sericita; algunos con textura perfitica. |
| Biotita             | 2  | Cristales subhedrales alterados a calcita y clorita.                                 |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 40 | Se encuentra alterando a las plagioclasas. Ortoclasas y en halo de alteración. |
| Calcita               | 8  | Alterando a biotita y plagioclasa.   |
| Arcillas              | 8  | Como alteración de ortoclasa.  |
| Clorita               | 4  | Está alterando a las biotitas.   |
| Feldespatos-K         | 2  | Rellenando vetillas.   |
| Cuarzo                | 2  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.   |

|                     |         |
|---------------------|---------|
| <b>Alteraciones</b> | 64      |
| SCC                 | Intensa |

### Fotomicrografía



Izquierda: textura de intercrecimiento entre cuarzo y ortoclasa. Derecha: en la parte central fina vetilla discontinua de opacos-cuarzo en contacto con roca sericitizada. Aum.: 5X10; Nic. cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (15)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| FF2010005 | 100107.75   | 99540.54     | 55.70                  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Clasificación</b> | QM  |
| <b>Textura</b>       | Obliterada, en sectores textura hipidiomórfica granular |

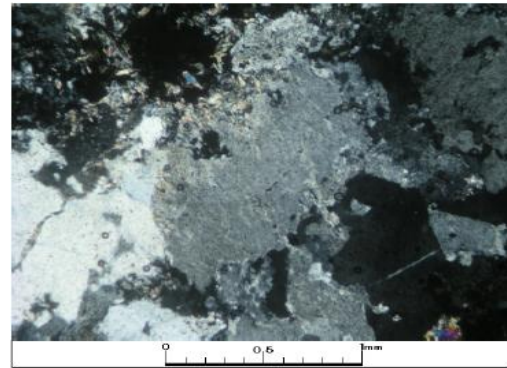
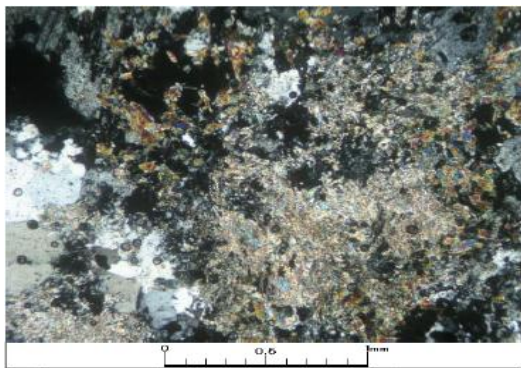
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM obliterada por fuerte alteración de albita y sericita. Es atravesada por vetillas de opacos-cuarzo poco definidas. Se reconoce una oquedad de casi 1 cm de diametro.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 55 | Cristales subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas; preservan maclas polisintéticas |
| Cuarzo              | 20 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 20 | Cristales anhedrales alterados a arcillas y sericita. Presentan textura pertítica.             |
| Biotita             | 5  | Cristales subhedrales alterados a clorita.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                         |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 10 | Alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.       |
| Sericita              | 20 | Como alteración de las plagioclasas y ortoclasas.          |
| Arcillas              | 6  | Está alterando a los cristales de ortoclasa y plagioclasa. |
| Clorita               | 5  | Alterando a biotita y de forma intersticial.               |
| Turmalina             | 4  | Se encuentra de forma diseminada.                          |
| Cuarzo                | 3  | Como cuarzo secundario rellenando vetillas.                |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| <b>Alteraciones</b> | 48               |
| SCC                 | Moderado-intenso |
| ATE                 | Moderado-debil   |

### Fotomicrografía



Izquierda: sector obliterado de la muestra, alterado a sericita y turmalina. Se observan relictos de cuarzo de aspecto fresco intersticiales. Derecha: en el centro, ortoclasa argilizada con textura pertítica y cuarzo de aspecto fresco. **Aum.: 5X10; Nic. cruzados.**

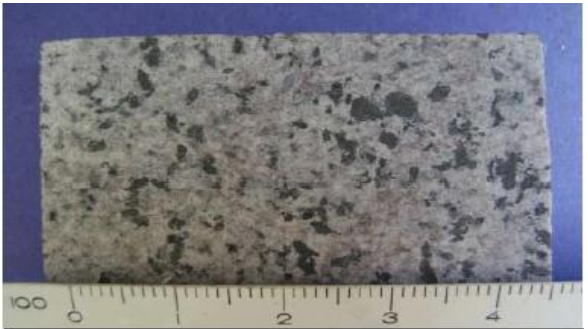


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (16)

| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|-----------|-------------|--------------|------------------------|
| FF2010005 | 100107.75   | 99540.54     | 62.30                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

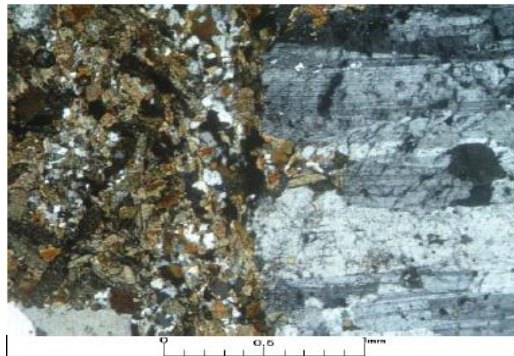
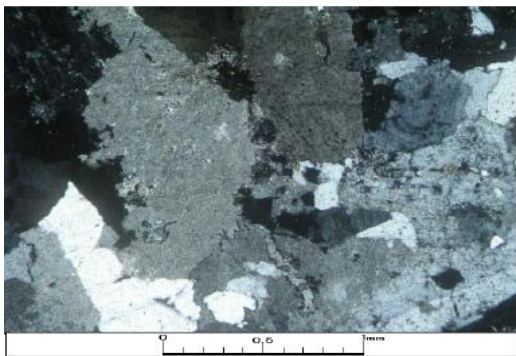
| Descripción macro/microscópica general               | Macrofotografía  |
|--|--|
| QM de biotita alterada levemente a albita y clorita. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 63 | Cristales subhedrales alterados a albita, conservan sus maclas polisintéticas y muestran zonación |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 10 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan pertíticas.                          |
| Biotita             | 15 | Cristales subhedrales alterados levemente a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                |
|-----------------------|----|---|
| Albita                | 12 | Se encuentra alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes. |
| Clorita               | 8  | Está alterando a las biotitas y de forma diseminada.              |
| Arcillas              | 6  | Alterando a las plagioclasas y ortoclasas.                        |
| Biotita               | 4  | Biotita secundaria diseminada.                                    |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 30       |
| CIBt                | Moderado |
| ATE                 | Debil    |

### Fotomicrografía



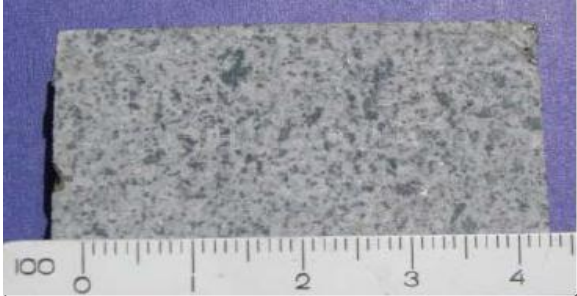
Izquierda: se observan cristales anhedrales de ortoclasa con textura pertítica, cuarzo de aspecto fresco y plagioclasa. Derecha: en la parte izquierda de la foto, cúmulo de biotitas, en el sector derecho cristal de plagioclasa alterado a albita y arcillas. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (17)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 282.00                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM fina                 |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

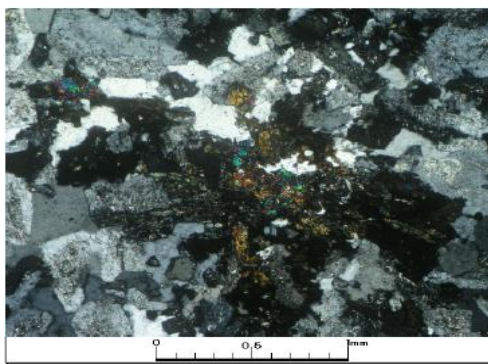
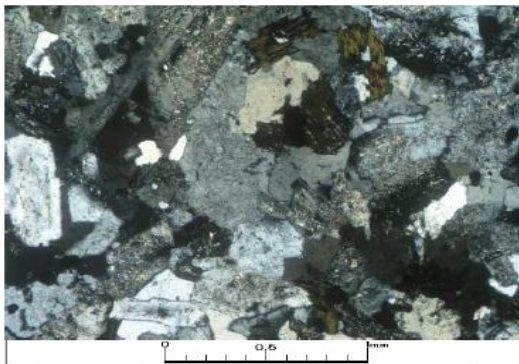
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QM fina de biotita alterada a clorita, albita, sericita, arcillas y epidota. Se reconoce magnetismo. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 70 | Cristales subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas. Algunos preservan macla polisintética. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 8  | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritica.                        |
| Biotita             | 12 | Cristales subhedrales cloritizados y epidotizados.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                      |
|-----------------------|----|---|
| Clorita               | 12 | Se encuentra alterando a las biotitas.                  |
| Albita                | 10 | Está alterando a los cristales de plagioclasa.          |
| Sericita              | 8  | Como alteración de los cristales de plagioclasas.       |
| Arcillas              | 8  | Alterando a los cristales de plagioclasa y ortoclasa.   |
| Epidota               | 6  | Cristales granulares diseminados y alterando a biotita. |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 44       |
| CIEp                | Moderado |

### Fotomicrografía



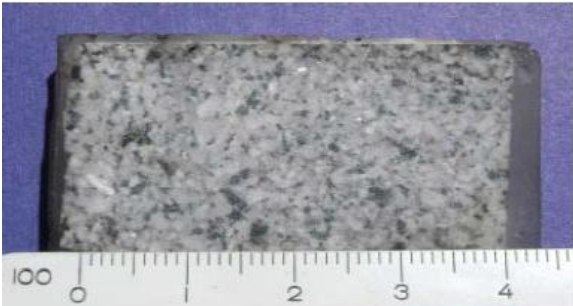
Izquierda: cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa argilizada y biotita cloritizada. Derecha: Clorita y epidota intersticial. Plagioclasa albitizada, sericitizada y argilizada, cuarzo de aspecto fresco y ortoclasa argilizada. **Aum.: 5X10; Nic. cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (18)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 324.00                 |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Clasificación</b> | PQMD  |
| <b>Textura</b>       | Hipidomórfica granular, en sectores porfídica |

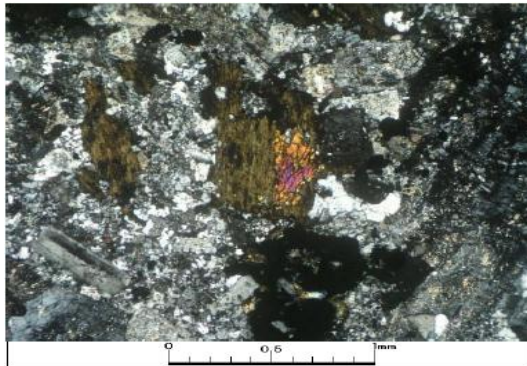
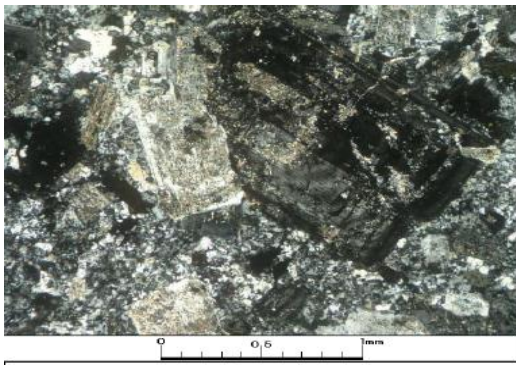
| Descripción macro/microscópica general                           | Macrofotografía  |
|--|--|
| PQMD de biotita alterado a clorita, sericita, albita y arcillas. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 78 | Cristales subhedrales alterados a albita, sericita y calcita. Algunos preservan macla polisintética. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco   |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Clorita               | 10 | Se encuentra alterando a los cristales de biotita y de forma intersticial. |
| Sericita              | 10 | Está alterando a las plagioclasas.   |
| Arcillas              | 8  | Alterando a los cristales de plagioclasas y feldspatos.                    |
| Albita                | 8  | Como alteración de los cristales de plagioclasas.                          |
| Epidota               | 6  | Cristales granulares alterando a las biotitas y de forma diseminados.      |
| Calcita               | 4  | Se encuentra alterando a plagioclasas y de forma intersticial.             |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 46       |
| CIEp                | Moderado |
| ATE                 | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: sector con textura porfídica con plagioclasas albitados y argilizados y cuarzo intersticial. Derecha: En la parte central biotita cloritizada y epidotizada, plagioclasa alterada a sericita y cuarzo de aspecto fresco. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (19)

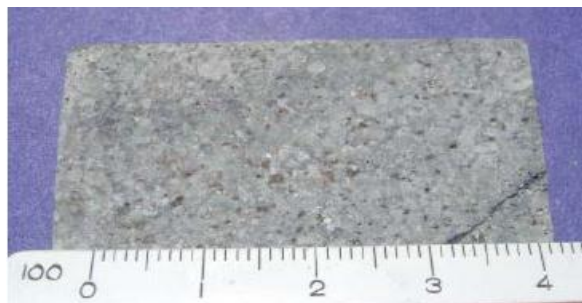
| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 340.00                 |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Clasificación</b> | QM fina    |
| <b>Textura</b>       | Obliterada |

### Descripción macro/microscópica general

QM fuertemente alterada a sericita y a calcita. Es atravesada por una fina vetilla continua e irregular de opacos-cuarzo.

### Macrofotografía



| Minerales primarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|---------------------|---|------------------------------------|
|---------------------|---|------------------------------------|

|             |    |   |
|-------------|----|---|
| Feldespatos | 85 | Se encuentran completamente sericitizados y carbonatizados. |
| Cuarzo      | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.                     |
| Biotita     | 5  | Cristales subhedrales alterados a calcita.                  |

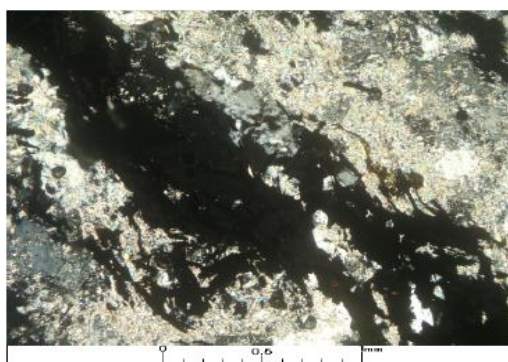
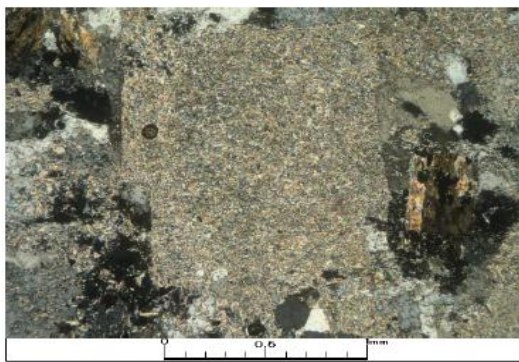
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|-----------------------|---|------------------------------------|
|-----------------------|---|------------------------------------|

|          |    |  |
|----------|----|--|
| Sericita | 42 | Como alteracion de los cristales de plagioclasa/feldespato |
| Calcita  | 15 | Esta alterando a los cristales de plagioclasa/feldespato   |
| Cuarzo   | 5  | Cuarzo secundario relleno de vetillas.                     |

| Alteraciones | % |
|--------------|---|
|--------------|---|

|     |         |
|-----|---------|
| SCC | Intenso |
|-----|---------|

### Fotomicrografía



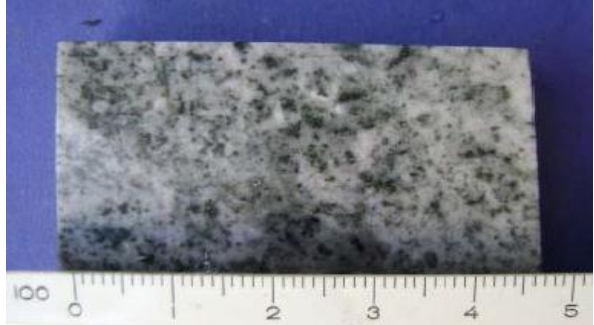
Izquierda: fuerte alteración de sericítica que afecta a los cristales de plagioclasa/feldespato con calcita intersticial. Derecha: Vetilla continua e irregular de opacos-cuarzo. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (20)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 455.00                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

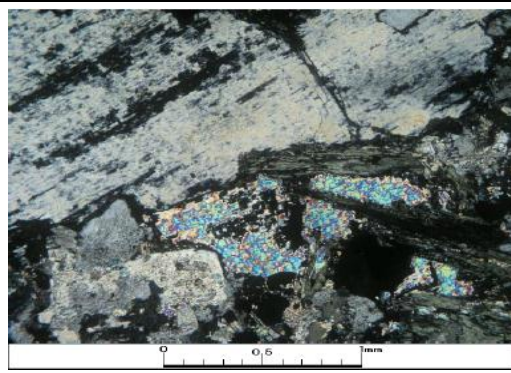
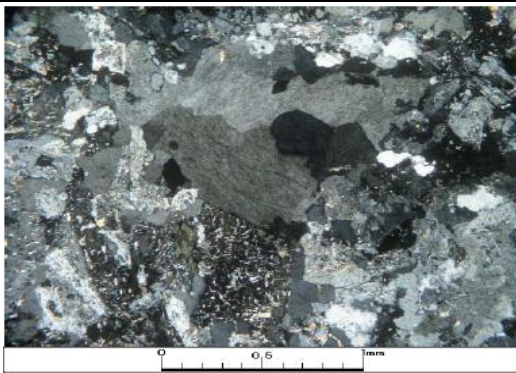
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QMD alterada a sericita y albita con clorita, anhidrita y yeso relleno de espacios abiertos. Se observan cristales de clorita, anhidrita y yeso relleno de cavidades. Se observa mineralización diseminada.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 70 | Cristales subhedrales alterados a albita, sericita, arcillas y anhidrita.          |
| Cuarzo              | 15 | Cristales anhedrales de aspecto fresco   |
| Ortoclase           | 15 | Cristales anhedrales alterados a arcillas y albita. Algunos con textura peritítica |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                          |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 10 | Esta alterando a los cristales de plagioclasa               |
| Albita                | 10 | Alterando a ortoclase y plagioclasa a partir de sus bordes  |
| Clorita               | 8  | Se encuentra de forma intersticial                          |
| Arcillas              | 6  | Como alteración de plagioclasa y ortoclase                  |
| Yeso                  | 3  | De forma intersticial                                       |
| Anhidrita             | 3  | Rellenando espacios abiertos y alterando a las plagioclasas |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 40       |
| ATE                 | Moderado |
| QS                  | Debil    |

### Fotomicrografía



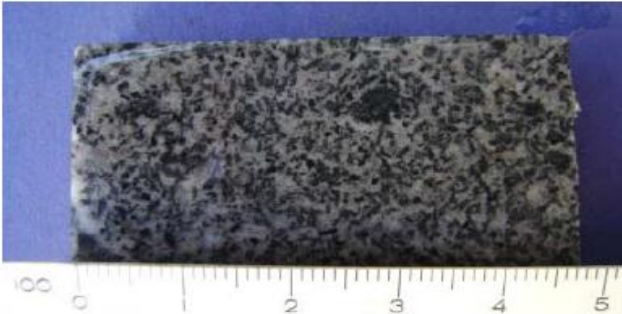
Izquierda: cristales de plagioclasa albitizados y sericitizados, cuarzo de aspecto fresco y ortoclase argilizada y albitizada. Derecha: Se observa yeso y anhidrita relleno de cavidades con clorita intersticial. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (21)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 509.00                 |

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                    |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfca granular |

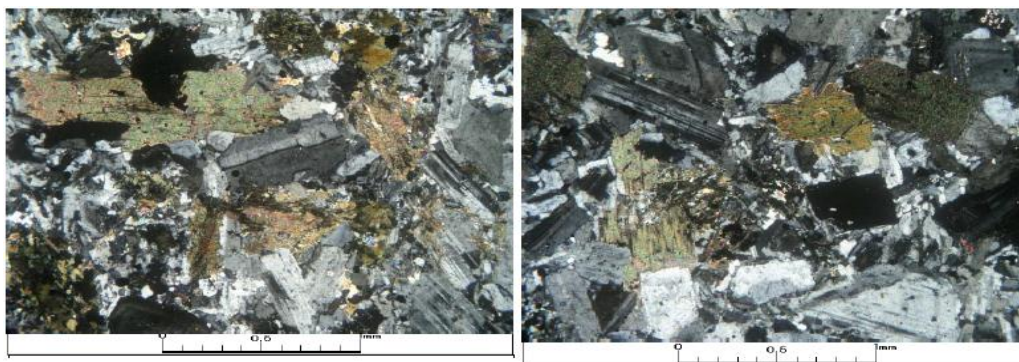
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| QMD de botita con alteración clorítica. Se reconoce magnetismo. Cristales de clorita, anhidrita y epidota relleno de cavidades. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 70 | Cxs subhedrales alterados levemente a albita y anhidrita. Algunos preservan macla polisintética y zonación. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco  |
| Biotita             | 20 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                              |
|-----------------------|----|---|
| Clorita               | 11 | Esta alterando a los cristales de biotita                       |
| Albita                | 6  | Se encuentra alterando a las plagioclasas                       |
| Anhidrita             | 5  | Cristales subhedrales intersticiales y alterando a plagioclasas |
| Epidota               | 2  | Cristales granulares alterando a biotitas                       |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 24       |
| CIEp                | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: Textura hipidiomórfica granular formada por cristales de plagioclasa, cuarzo y biotita cloritizada. Derecha: Se observan cristales de plagioclasas alterados a albita y biotita alterada a clorita. **Aum.: 5X10; Nic. cruzados.**




## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (22)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 515.00                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD cortada pr vetilla  |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

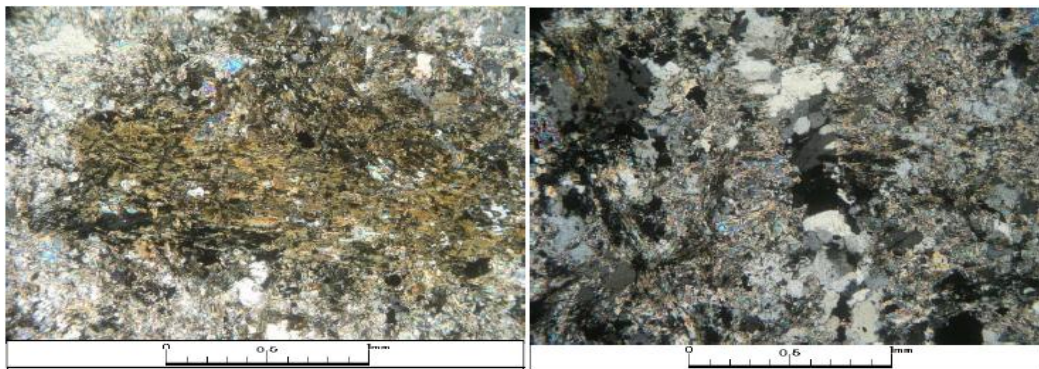
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QMD de biotita alterada a sericita, en su parte central, es atravesada por una vetilla continua de pirita-cuarzo con halo de alteración continuo y definido de sericita gris verde, biotita y clorita.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 70 | Cristales subhedrales alterados a sericita, albita, biotita y anhidrita. Algunos preservan macla polisintética |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 5  | Cristales anhedrales intersticiales.   |
| Biotita             | 15 | Se encuentra alterada a clorita y epidota.   |

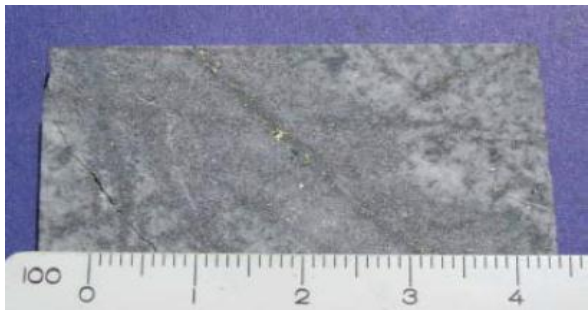
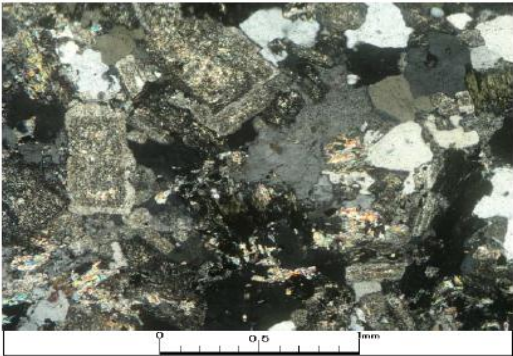
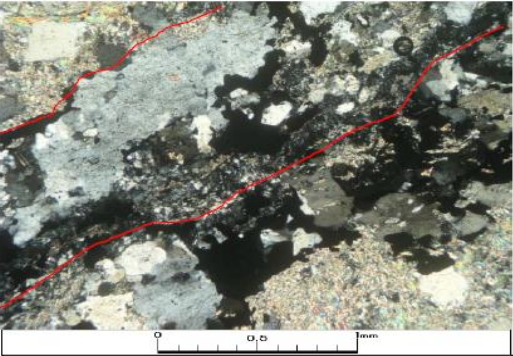
| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                             |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 11 | En halo de alteración y alterando a plagioclasas.              |
| Biotita               | 9  | Biotita secundaria en halo de alteración.                      |
| Clorita               | 9  | Diseminada en halo de alteración y alterando a biotita.        |
| Albita                | 6  | Como alteración de plagioclasas.                               |
| Anhidrita             | 5  | Se encuentra de forma intersticial y alterando a plagioclasas. |
| Cuarzo                | 5  | Cuarzo secundario en vetillas.                                 |
| Epidota               | 3  | Cristales granulares alterando a biotita.                      |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 48       |
| SGV                 | Moderado |
| ATE                 | Debil    |

### Fotomicrografía




Izquierda: Halo de alteración, formado por sericita, biotita y clorita. Derecha: Fina vetilla de cuarzo-opacos con halo de alteración sericítico, biotítico y clorítico.  
 Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>   |                         |   |                        |
|---|-------------------------|---|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (23)</b>   |                         |   |                        |
| Hole ID   | Coord. Este             | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| LB110032  | 100978.34               | 98782.56  | 605.20                 |
| Clasificación   | QM                      |   |                        |
| Textura   | Hipidiomórfica granular |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |                         | Macrofotografía   |                        |
| <p>QM de biotita alterada a sericita, albita y clorita. La mayor parte de la muestra es atravesada por una vetilla continua de cuarzo-opacos-feldespatos K y halo de alteración de sericita-clorita. Subordinadamente es atravesada por un enjambre de vetillas de cuarzo -opacos.</p>        |                         |                               |                        |
| Minerales primarios   | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa   | 72                      | Cxs subhedrales alterados a sericita, arcillas, albita y anhidrita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas |                        |
| Cuarzo  | 10                      | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |                        |
| Ortoclasa   | 8                       | Cristales anhedrales alterados a arcillas y sericita. Algunos presentan textura peritica.                       |                        |
| Biotita   | 10                      | Cristales alterados a clorita y a epidota.  |                        |
| Minerales secundarios   | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Sericita  | 14                      | En halo de alteración y alterando a las plagioclasas y ortoclasa.   |                        |
| Albita  | 8                       | Está alterando a plagioclasas a partir de sus bordes.   |                        |
| Clorita   | 8                       | En halo de alteración, alterando a biotita y de forma intersticial.   |                        |
| Anhidrita   | 6                       | De forma diseminada y alterando levemente a plagioclasas.   |                        |
| Cuarzo  | 5                       | Cuarzo secundario en vetilla  |                        |
| Epidota   | 5                       | Cristales granulares alterando a biotita y de forma intersticial.   |                        |
| Feldespatos-K   | 2                       | Rellenando vetilla.   |                        |
| Alteraciones  | 48                      |   |                        |
| SGV   | Moderado-intenso        |   |                        |
| <b>Fotomicrografía</b>  |                         |   |                        |
|    |                         |                             |                        |
| <p>Izquierda: aspecto general de la muestra, constituida por cristales de plagioclasa sericitizados y albitizados, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa argilizada y biotita cloritizada. Derecha: Vetilla poco definida de cuarzo-opacos-feldespatos K. <b>Aum.:</b> 5X10; Nic. Cruzados.</p> |                         |   |                        |

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (24)

| Hole ID       | Coord. Este  | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------------|--|--------------|------------------------|
| LB110032      | 100978.34  | 98782.56     | 657.60                 |
| Clasificación | QMD fina   |              |                        |
| Textura       | Hipidiomórfica granular, en sectores se observa textura obliterada |              |                        |

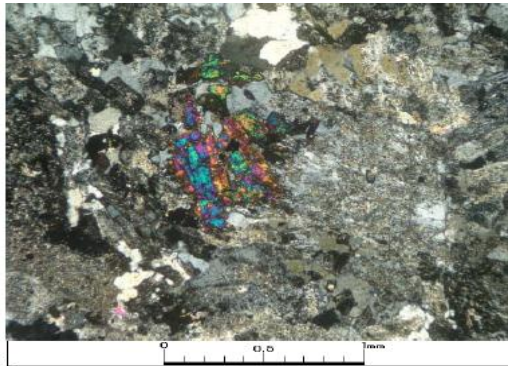
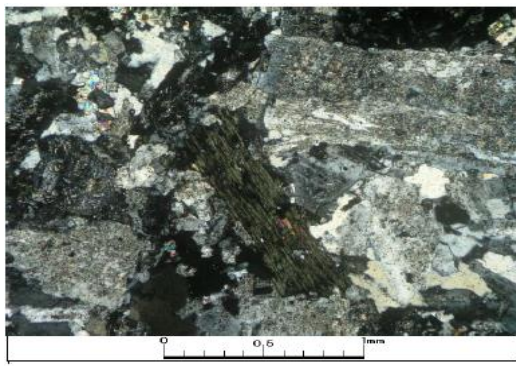
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QMD de biotita alterada a sericita, arcillas y clorita. Es atravesada por una fina vetilla de cuarzo-opacos (anhidrita-epidota). |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 65 | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 8  | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                  |
| Biotita             | 15 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.  |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|---|---|
| Sericita              | 8 | Está alterando a los cristales de plagioclasa.                                |
| Clorita               | 8 | Alterando a los cristales de biotita y de forma intersticial.                 |
| Arcillas              | 8 | Como alteración de las ortoclasa y plagioclasas.                              |
| Albita                | 7 | Se encuentra alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.             |
| Anhidrita             | 5 | Cristales subhedrales intersticiales y en vetilla.                            |
| Epidota               | 4 | Cristales granulares alterando a biotita, de forma intersticial y en vetilla. |
| Cuarzo                | 4 | Como cuarzo secundario rellenando vetillas.                                   |

| Alteraciones | %        |
|--------------|----------|
| CIEp         | Moderado |
| ATE          | Debil    |

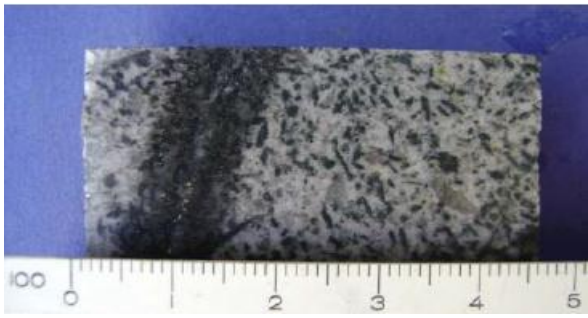
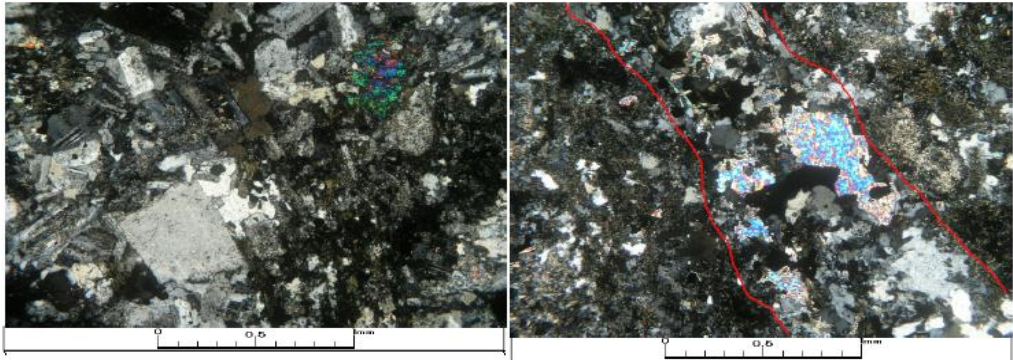
### Fotomicrografía



Izquierda: se observan cristales de biotita cloritizada y alterada por epidota a través de sus clivajes, plagioclasa alterada a albita, sericita y arcillas y cuarzo intersticial de aspecto fresco. Derecha: Se observa alteración argílica que afecta a los cristales de plagioclasa y ortoclasa, cuarzo de aspecto fresco y epidota intersticial. **Aum.:**

5X10; Nic. cruzados.



| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>  |                        |  |                        |
|--|------------------------|--|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (25)</b>  |                        |  |                        |
| Hole ID  | Coord. Este            | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| LB110032   | 100978.34              | 98782.56   | 658.80                 |
| Clasificación  | QMD fina               |  |                        |
| Textura  | Hipidomórfica granular |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |                        | Macrofotografía  |                        |
| <p>QMD de biotita alterada a clorita y albita. Es atravesada por una vetilla continua de cuarzo-anhidrita-opacos-epidota con halo de alteración de sericita-arcillas.</p>  |                        |                              |                        |
| Minerales primarios  | %                      | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa  | 70                     | Cristales subhedrales alterados a sericita, albita, biotita y anhidrita. Algunos preservan macla polisintética |                        |
| Cuarzo   | 10                     | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |                        |
| Ortoclasa  | 5                      | Cristales anhedrales intersticiales.   |                        |
| Biotita  | 15                     | Se encuentra alterada a clorita y epidota.   |                        |
| Minerales secundarios  | %                      | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Sericita   | 11                     | En halo de alteración y alterando a plagioclasas.  |                        |
| Biotita  | 9                      | Biotita secundaria en halo de alteración.  |                        |
| Clorita  | 9                      | Diseminada en halo de alteración y alterando a biotita.  |                        |
| Albita   | 6                      | Como alteración de plagioclasas.   |                        |
| Anhidrita  | 5                      | Se encuentra de forma intersticial y alterando a plagioclasas.   |                        |
| Cuarzo   | 5                      | Cuarzo secundario en vetillas.   |                        |
| Epidota  | 3                      | Cristales granulares alterando a biotita.  |                        |
| Alteraciones   | 48                     |  |                        |
| SGV  | Moderado               |  |                        |
| ATE  | Debil                  |  |                        |
| <b>Fotomicrografía</b>   |                        |  |                        |
|    |                        |  |                        |
| <p>Izquierda: se observa sericita y albita alterando plagioclasas y epidota y clorita rellenando cavidades. Derecha: en la parte central vetilla de cuarzo-anhidrita-opacos con halo de alteración de sericita-arcillas (biotita-clorita). <b>Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</b></p> |                        |  |                        |

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (26)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110032 | 100978.34   | 98782.56     | 713.80                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

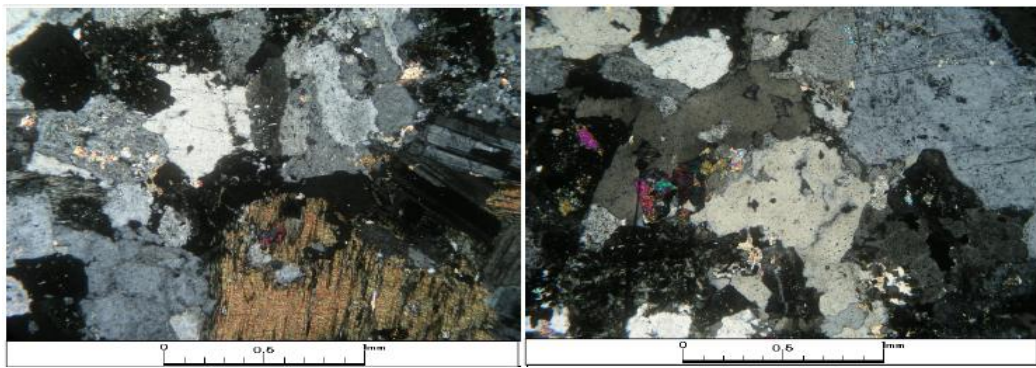
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM de biotita alterada a clorita y albita. Es atravesada por una fina vetilla de cuarzo-opacos-anhidrita.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 63 | Cxs subhedrales alterados a alb, epi, anh y sericita. Algunos presentan zonación y maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 15 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 12 | Cristales anhedrales alterados levemente a arcillas. Algunos presentan textura pertítica                  |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.  |


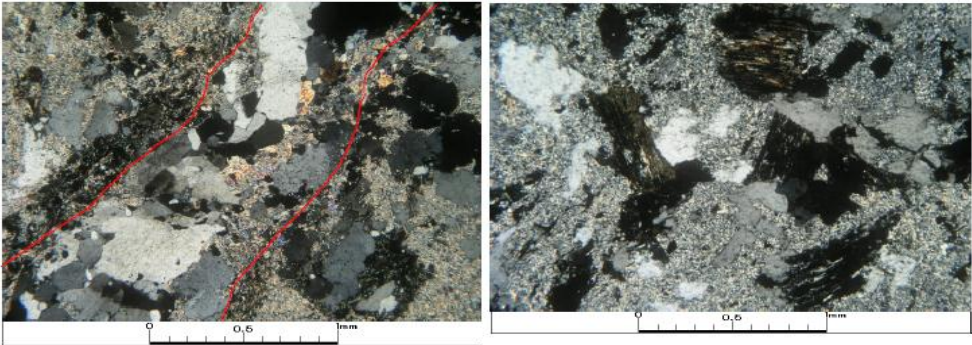
| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Clorita               | 10 | Se encuentra de forma intersticial y alterando a biotita.                 |
| Albita                | 10 | Está alterando a los cristales de plagioclasa a partir de sus bordes.     |
| Anhidrita             | 5  | De forma intersticial, alterando a plagioclasas y en vetilla.             |
| Epidota               | 5  | Cristales granulares intersticiales, alterando a plagioclasas y biotitas. |
| Sericita              | 4  | Como alteración de plagioclasas.  |
| Cuarzo                | 4  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                                    |
| Arcillas              | 4  | Alterando a ortoclasas.   |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 42       |
| ClEp                | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristales de plagioclasa alterados a sericita y anhidrita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa alterada a arcillas con textura pertítica y biotita alterada a clorita y epidota. Derecha: Misma imagen a nicols cruzados. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA  |  |  |                        |
|---|--|--|------------------------|
| Nº Muestra: (27)  |  |  |                        |
| Hole ID   | Coord. Este                                    | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| LB110032  | 100978.34                                      | 98782.56   | 999.75                 |
| Clasificación   | QM   |  |                        |
| Textura   | Hipidomórfica granular, en sectores obliterada |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |  | Macrofotografía  |                        |
| QM de biotita alterada a sericita, clorita y albita. Es atravesada por vetillas de cuarzo-opacos-anhidrita con halo de alteración sericítico y clorítico.   |  |                    |                        |
| Minerales primarios   | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa   | 68   | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y anhidrita. Algunos conservan maclas polisintéticas.   |                        |
| Cuarzo  | 14   | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |                        |
| Ortoclasa   | 8  | Cristales anhedrales alterados levemente a sericita y arcillas. Algunos presentan textura perfitica. |                        |
| Biotita   | 10   | Cristales subhedrales alterados a clorita.   |                        |
| Minerales secundarios   | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Sericita  | 16   | En halo de alteración y alterando a plagioclasa y ortoclasa.   |                        |
| Clorita   | 12   | Alterando a biotita, de forma intersticial y en halo de alteración.                                  |                        |
| Albita  | 12   | Está alterando a los cristales de plagioclasa.   |                        |
| Anhidrita   | 7  | En vetilla, alterando a plagioclasa y de forma diseminada.   |                        |
| Cuarzo  | 6  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.   |                        |
| Arcillas  | 3  | Como alteración de ortoclasa.  |                        |
| Alteraciones  | 56   |  |                        |
| QS  | Moderado                                       |  |                        |
| ClBt  | Debil  |  |                        |
| Fotomicrografía   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
| Izquierda: vetilla de cuarzo, anhidrita y opacos con halo de alteración sericítico. Derecha: Aspecto general de halo de alteración sericítico con clorita y relictos de cristales de cuarzo diseminados. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados. |  |  |                        |



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (28)

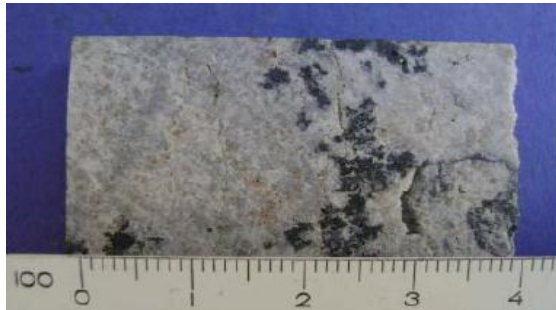
| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110075 | 100725.76   | 98725.95     | 139.00                 |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Clasificación</b> | QM         |
| <b>Textura</b>       | Obliterada |

### Descripción macro/microscópica general

Se observa una roca obliterada por fuerte alteración sericítica con cúmulos turmalina, los que podrían ser relictos o productos de la misma alteración.

### Macrofotografía

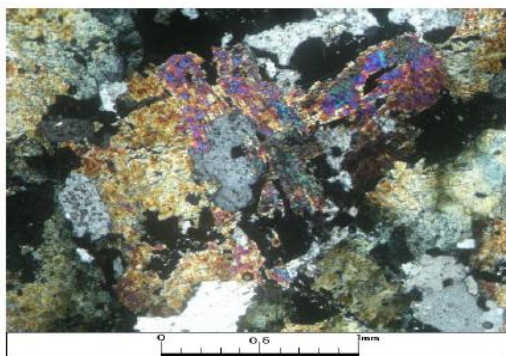
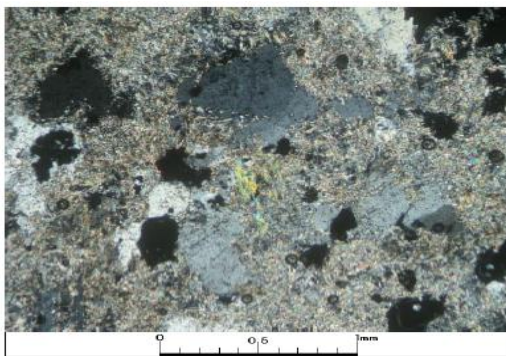


| Minerales primarios    | % | Características/Modo de ocurrencia      |
|------------------------|---|---|
| Plagioclasa/Feldespato | ? | Cristales completamente sericitizados.  |
| Cuarzo                 | ? | Cristales anhedrales de aspecto fresco. |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                          |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 48 | Como alteración de los cristales de plagioclasa/feldespato. |
| Turmalina             | 12 | Cristales diseminados con hábito acicular radial.           |

|                     |         |
|---------------------|---------|
| <b>Alteraciones</b> | 60      |
| QS                  | Intenso |

### Fotomicrografía



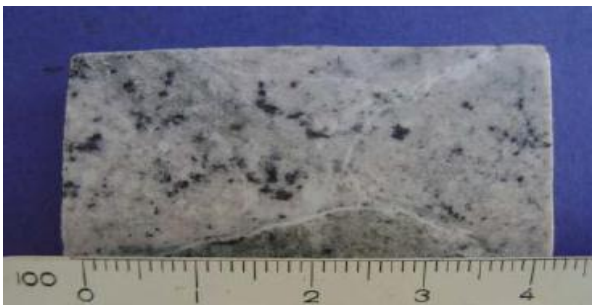
Izquierda: se observa fuerte alteración sericítica con relictos de cristales de cuarzo. Derecha: Cúmulos de cristales de turmalina con opacos asociados y cristales de cuarzo intersticial de aspecto fresco. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (29)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110075 | 100725.76   | 98725.95     | 344.70                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM fina                 |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

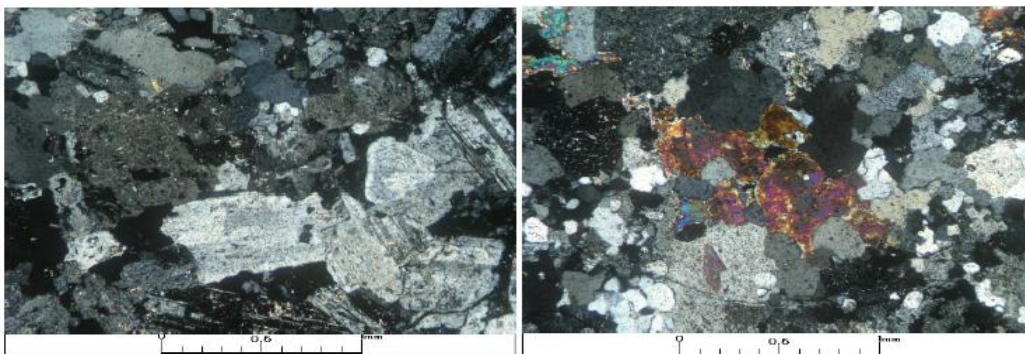
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM brechizada e infiltrada por fluidos silíceos.<br/>Alterada a albita y sericita con turmalina diseminada.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 75 | Cxs subhedrales alterados a albita, arcillas y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 15 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 10 | Cristales subhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                 |

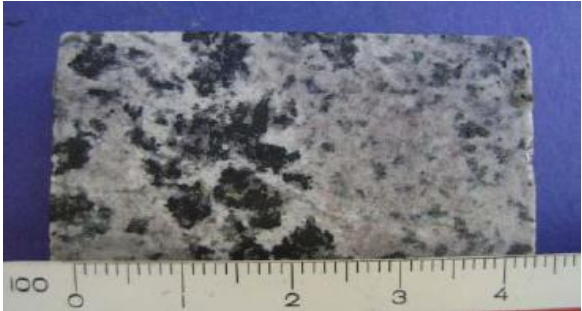
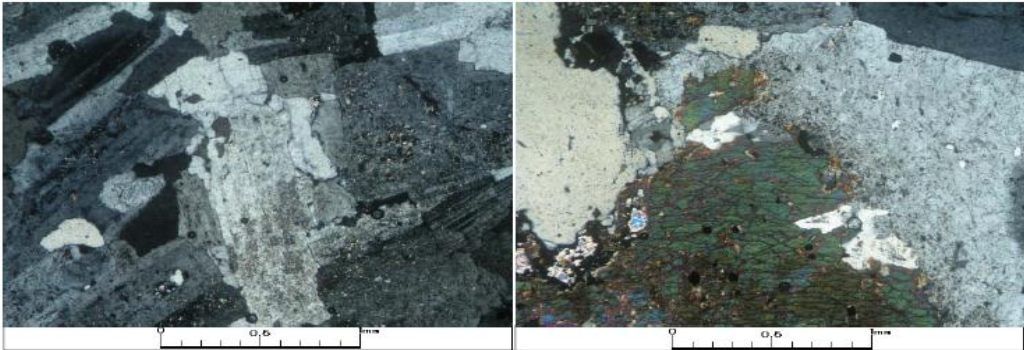
| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia             |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 14 | Alterando a los cristales de plagioclasa.      |
| Sericita              | 12 | Está alterando a los cristales de plagioclasa. |
| Turmalina             | 8  | Cristales con hábito acicular diseminados.     |
| Arcillas              | 6  | Como alteración de las ortoclasas.             |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| <b>Alteraciones</b> | 40                |
| ATE                 | Moderado -intenso |
| QS                  | Moderado          |

### Fotomicrografía



Izquierda: se observan cristales de plagioclasas albitizados, ortoclasa alterados a arcillas y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Cristales de turmalina intersticiales con cuarzo de aspecto fresco y plagioclasas alteradas a arcillas. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>   |                         |   |                        |
|---|-------------------------|---|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (30)</b>   |                         |   |                        |
| Hole ID   | Coord. Este             | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| LB110075  | 100725.76               | 98725.95  | 481.80                 |
| Clasificación   | QMD                     |   |                        |
| Textura   | Hipidiomórfica granular |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |                         | Macrofotografía   |                        |
| QM con parches de turmalina con halo albitico. Plagioclasas parcialmente sericitizadas y maficos cloritizados.  |                         |                         |                        |
| Minerales primarios   | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa   | 68                      | Cxs subhedrales alterados a alb, epi, anh y sericita. Algunos presentan zonación y maclas polisintéticas. |                        |
| Cuarzo  | 15                      | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |                        |
| Ortoclasa   | 12                      | Cristales anhedrales alterados levemente a arcillas. Algunos presentan textura pertitica                  |                        |
| Biotita   | 5                       | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.  |                        |
| Minerales secundarios   | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Albita  | 10                      | Está alterando a plagioclasas.  |                        |
| Anhidrita   | 7                       | De forma diseminada y alterando a plagioclasas.   |                        |
| Sericita  | 7                       | Alterando a las plagioclasas.   |                        |
| Turmalina   | 6                       | De forma diseminada en los clastos y en la matriz.  |                        |
| Arcillas  | 6                       | Se encuentra alterando a las ortoclasas.  |                        |
| Clorita   | 4                       | Alterando a los cristales de biotita.   |                        |
| Epidota   | 2                       | Como alteración de las biotitas.  |                        |
| Alteraciones  | 42                      |   |                        |
| ATE   | Moderada debil          |   |                        |
| QS  | Debil                   |   |                        |
| Fotomicrografía   |                         |   |                        |
|   |                         |   |                        |
| Izquierda: aspecto general de los clastos con textura hipidiomórfica granular formados por cristales de plagioclasa alterados a albita, sericita y arcillas, cuarzo de aspecto fresco y ortoclasa alterados a arcillas. Derecha: Cristales de plagioclasa albitizados, cuarzo de aspecto fresco y turmalina intersticial. <b>Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</b> |                         |   |                        |

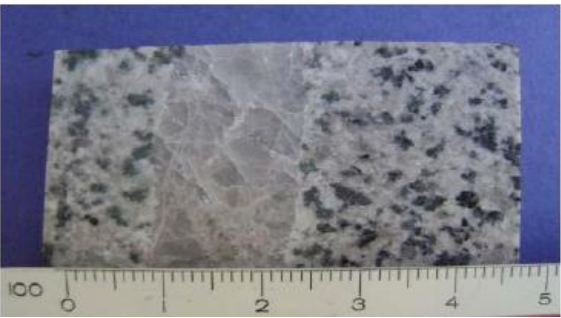


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (31)

| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110075 | 100725.76   | 98725.95     | 483.40                 |

|                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD, atravesada por vetilla A |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular       |

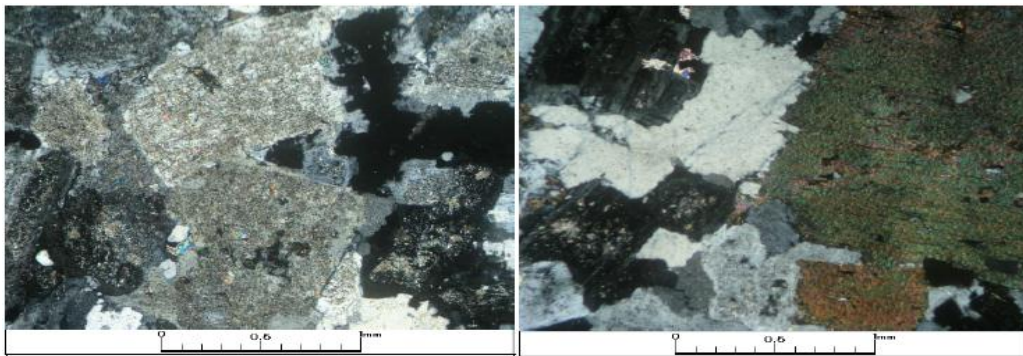
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QMD de biotita alterada a albita, sericita, anhidrita y arcillas. En la parte central es atravesada por una vetilla continua de cuarzo-(feldespato Kanhidrita).</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 74 | Cxs subhedrales alterados a ab, ser, anh y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 6  | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritética.              |
| Biotita             | 8  | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Albita                | 10 | Está alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                     |
| Cuarzo                | 10 | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |
| Sericita              | 8  | Como alteración de los cristales de plagioclasa.                              |
| Anhidrita             | 6  | De forma intersticial, alterando a los cristales de plagioclasa y en vetilla. |
| Arcillas              | 5  | Alterando a las ortoclasa y plagioclasa.                                      |
| Clorita               | 4  | Se encuentra alterando a las plagioclasas y de forma intersticial.            |
| Feldespato-K          | 3  | De forma intersticial en vetilla.   |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>Alteraciones</b> | 46    |
| CIBt                | Debil |
| QS/Ksil             | Debil |

### Fotomicrografía



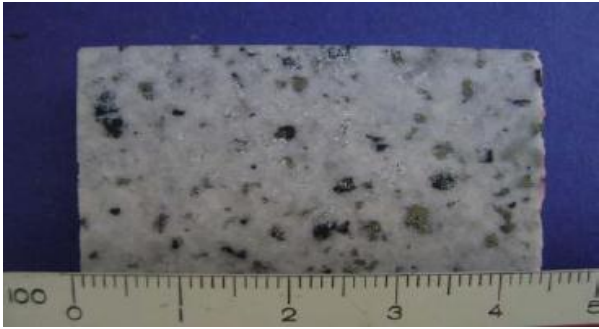
Izquierda: textura hipidiomórfica granular, formada por plagioclasas alteradas a arcillas y sericita y cuarzo de aspecto fresco intersticial. Derecha: Cristales de plagioclasa alterados a albita cuarzo de aspecto fresco y biotita.

Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (32)

| Hole ID       | Coord. Este                                      | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------------|--|--------------|------------------------|
| LB110075      | 100725.76  | 98725.95     | 600.90                 |
| Clasificación | QMD  |              |                        |
| Textura       | Obliterada, en sectores hipidiomórfica granular. |              |                        |

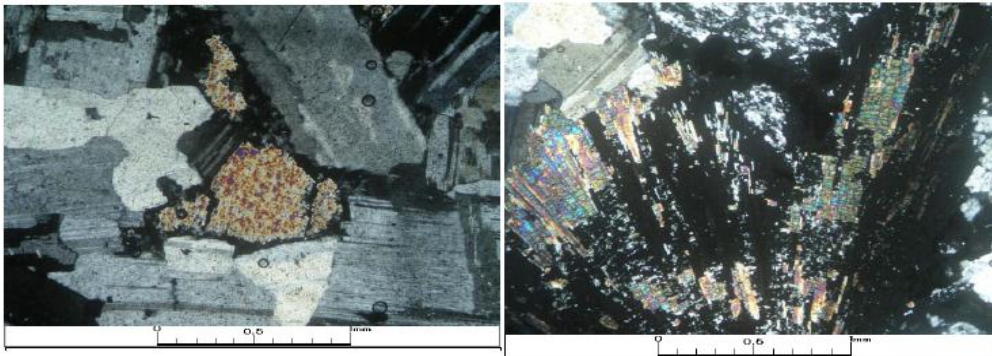
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| QMD intensamente alterada a albita con cristales de turmalina y anhidrita intersticiales. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 90 | Cxs subhedrales alterados a ab, sericita, anh y turmalina. Algunos cconserva maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 8  | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 2  | Cristales anhedrales alterados levemente a arcillas.  |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|---|--|
| Albita                | 9 | Está alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                      |
| Turmalina             | 6 | Cristales con hábito acicular intersticiales y alterando a plagioclasa.        |
| Anhidrita             | 5 | Se encuentra de forma intersticial y alterando a los cristales de plagioclasa. |
| Yeso                  | 3 | De forma intersticial  |
| Sericita              | 4 | Como alteración de las plagioclasa y de forma intersticial.                    |
| Arcillas              | 4 | Alterando a los cristales de ortoclasa.  |

| Alteraciones | 31       |
|--------------|----------|
| ATE          | Intenso  |
| QS           | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: cristales de plagioclasa alterados a albita con anhidrita intersticial. Derecha: Cristales de turmalina con hábito acicular radial. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (33)

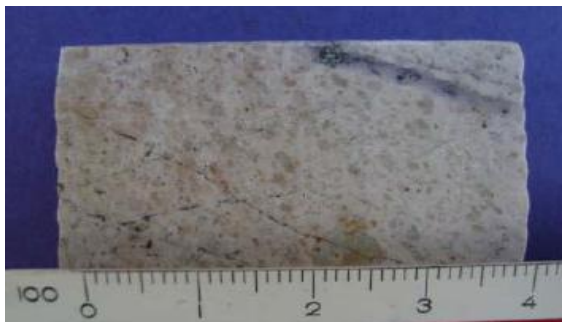
| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|----------|-------------|--------------|------------------------|
| LB110075 | 100725.76   | 98725.95     | 688.80                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PQM       |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

### Descripción macro/microscópica general

Pórfido dacítico alterado a sericita y albita. Es atravesado por una vetilla principal de cuarzo-feldespato-K-calcopirita-molibdenita sin halo de alteración. La mineralización se encuentra diseminada y corresponde principalmente a calcopirita.

### Macrofotografía

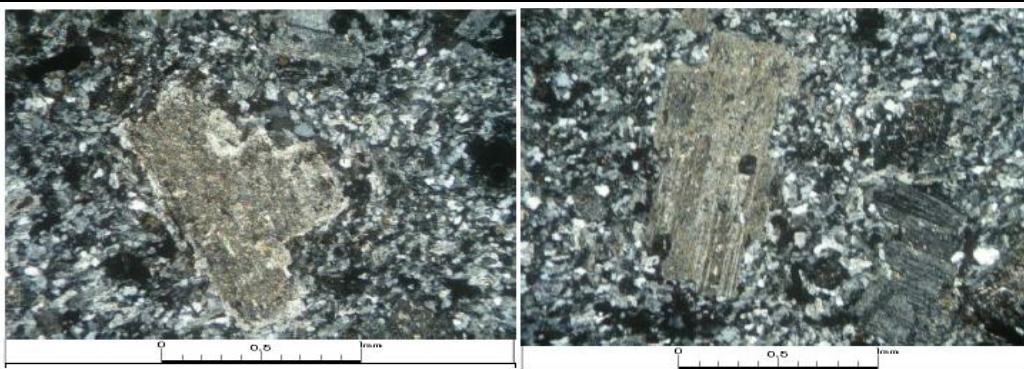


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 40 | Fenocristales subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 30 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Feldespatos         | 30 | Cristales anhedrales alterados a sericita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia     |
|-----------------------|----|--|
| Cuarzo                | 10 | Cuarzo secundario rellenando vetillas. |
| Sericita              | 8  | Está alterando a las plagioclasas.     |
| Albita                | 8  | Como alteración de las plagioclasas.   |
| Biotita               | 6  | Como biotita secundaria diseminada.    |
| Clorita               | 4  | Alterando a las biotitas secundarias.  |
| Feldespatos-K         | 4  | De forma intersticial en vetilla.      |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| <b>Alteraciones</b> | 40               |
| QS                  | Moderado-intenso |

### Fotomicrografía



Izquierda: textura porfídica formada por fenocristal de plagioclasa alterados a albita y sericita en masa fundamental constituida por cristales de cuarzo y feldespatos. Fenocristales de plagioclasa alterados a sericita en masa fundamental microfelsítica.  
Aum.: 5X10; Nic. cruzados.

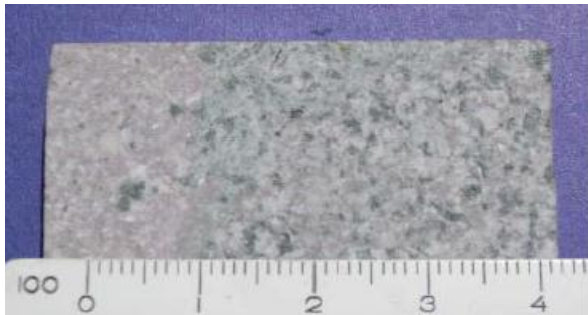


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (34)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110 | 101253.28   | 98841.02     | 305.70                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM fina                 |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

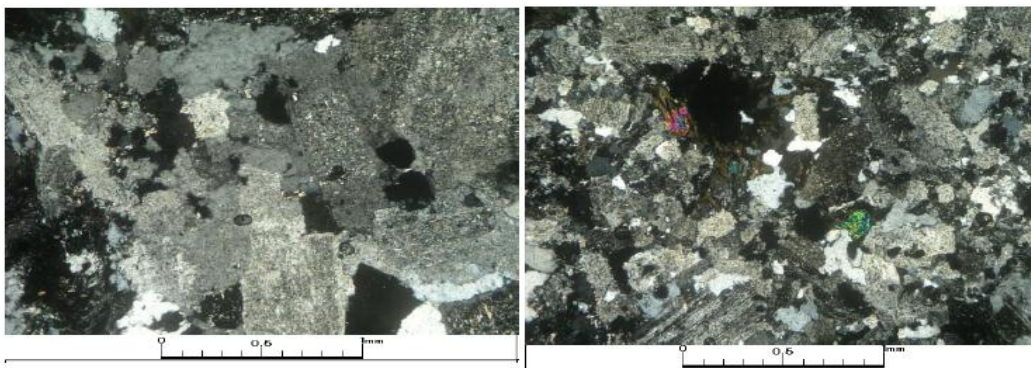
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QM de biotita alterada a arcillas, clorita, sericita y albita. En el sector izquierdo de la foto, se observan cristales de menor tamaño y mayor presencia de cuarzo.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 66 | Cristales subhedrales alterados a arcillas, sericita y albita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 14 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 10 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                        |
| Biotita             | 10 | Cristales alterados completamente a clorita y epidota.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                    |
|-----------------------|----|---|
| Arcillas              | 12 | Se encuentra alterando a ortoclasa y plagioclasas.                    |
| Albita                | 12 | Está alterando a los cristales de plagioclasa a partir de sus bordes. |
| Clorita               | 8  | Alterando a biotitas y de forma intersticial.                         |
| Sericita              | 8  | Como alteración de plagioclasas.                                      |
| Epidota               | 4  | Cristales granulares alterando a biotita y diseminados.               |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 44       |
| ATE                 | Moderado |
| CIep/QS             | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita, ortoclasa alterada a arcillas y cuarzo intersticial. Derecha: Se observa una disminución en el tamaño de los cristales ( parte rosácea) **Aum.:**

**5X10; Nic. cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

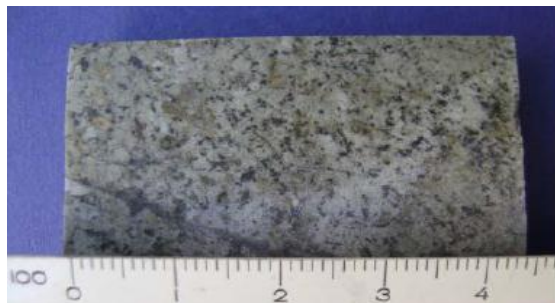
Nº Muestra: (35)

| Hole ID       | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110       | 101253.28   | 98841.02     | 504.85                 |
| Clasificación | QMD         |              |                        |
| Textura       | Obliterada  |              |                        |

### Descripción macro/microscópica general

Se observa una roca obliterada por fuerte alteración de sericita, con calcita y anhidrita intersticial.

### Macrofotografía

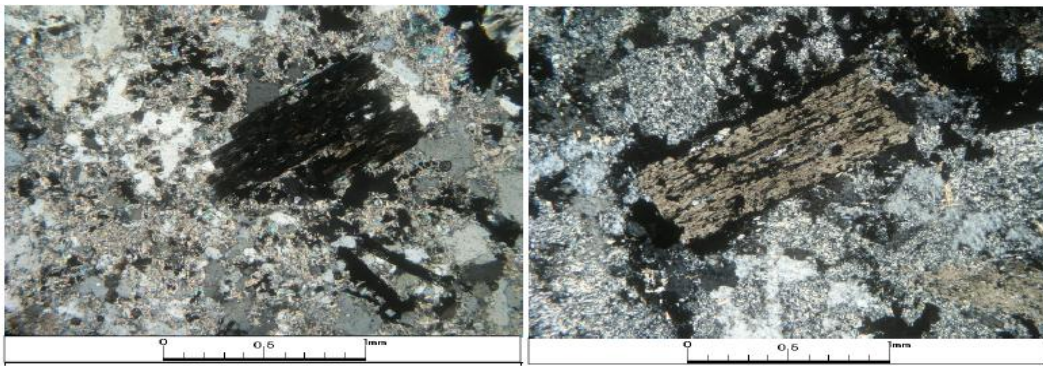


| Minerales primarios    | %  | Características/Modo de ocurrencia                   |
|------------------------|----|--|
| Plagioclasa/Feldespato | 85 | Cristales alterados completamente a sericita.        |
| Cuarzo                 | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.              |
| Biotita                | 5  | Cristales subhedrales carbonatizados y cloritizados. |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                   |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 62 | Como alteración de plagioclasa/feldespato.                           |
| Calcita               | 12 | Está alterando a las plagioclasas/feldespatos y de forma diseminada. |
| Clorita               | 8  | Alterando a las biotitas y de forma intersticial.                    |
| Anhidrita             | 6  | Se encuentra de forma diseminada.                                    |

| Alteraciones | 88      |
|--------------|---------|
| SCC          | Intenso |

### Fotomicrografía



Izquierda: textura obliterada formada por relictos de cristales de biotita cloritizada y cuarzo de aspecto fresco con alteración sericítica diseminada. Derecha: Se observan relictos de cristales de plagioclasa/feldespato sericitizados, cuarzo y biotita cloritizada. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (36)

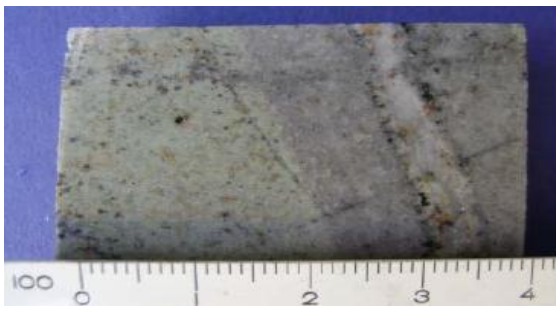
| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110 | 101253.28   | 98841.02     | 510.60                 |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD        |
| <b>Textura</b>       | Obliterada |

### Descripción macro/microscópica general

Roca fuertemente alterada por sericita con calcita diseminada. Es atravesada por una vetilla de yeso-cuarzo-opacos-calcita con halo de alteración sericítico.

### Macrofotografía



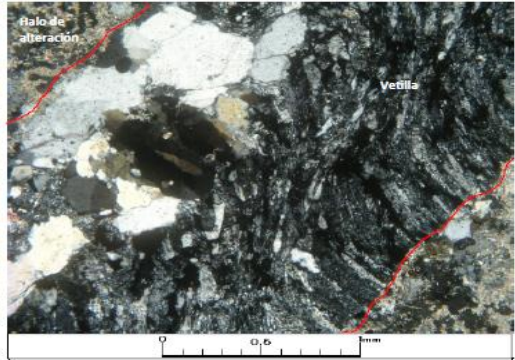
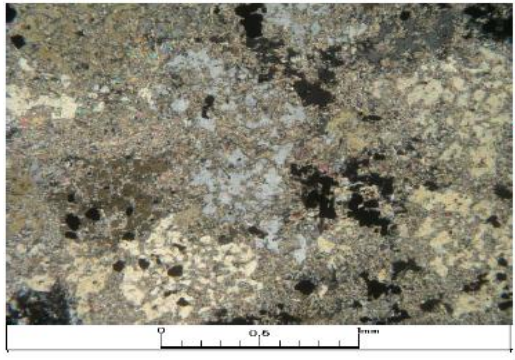
| Minerales primarios    | % | Características/Modo de ocurrencia         |
|------------------------|---|--|
| Plagioclasa/Feldespato | ? | Se encuentran completamente sericitizados. |
| Cuarzo                 | ? | Cristales anhedrales de aspecto fresco.    |
| Biotita                | ? | Cristales subhedrales alterados a calcita. |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 40 | Como alteración de los cristales de plagioclasa/feldespato y en halo de alteración. |
| Yeso                  | 10 | Rellenando vetillas.  |
| Cuarzo                | 8  | Cuarzo secundario relleno de vetillas.  |
| Calcita               | 8  | De forma intersticial, alterando a biotitas y en vetilla.                           |
| Turmalina             | 5  | Cristales relleno de espacios abiertos.   |

|                     |    |
|---------------------|----|
| <b>Alteraciones</b> | 71 |
|---------------------|----|

|     |         |
|-----|---------|
| SCC | Intenso |
|-----|---------|

### Fotomicrografía



Izquierda: aspecto general de la muestra, se encuentra fuertemente alterada a sericita. Se observan relictos de cristales de cuarzo. Derecha: Vetilla de yeso-cuarzo que atraviesa a la muestra con halo de alteración sericítico.

Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (37)

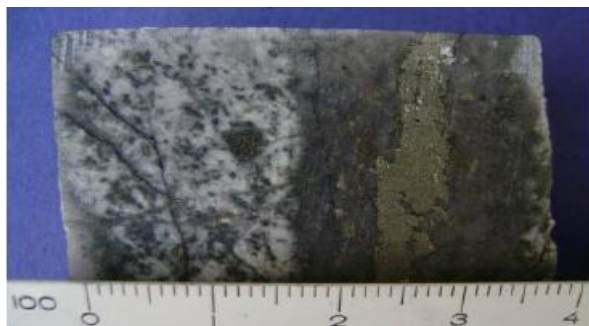
| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110 | 101253.28   | 98841.02     | 522.65                 |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Clasificación</b> | QMD cortada por vetilla                         |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomorfica granular, en sectores obliterada |

### Descripción macro/microscópica general

QMD de biotita alterada a sericita. Es atravesada por una vetilla continua y definida de opacos-cuarzo-anhidrita con halo de al alteración sericita gris verde-arcillas

### Macrofotografía



| Minerales primarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|---------------------|---|------------------------------------|
|---------------------|---|------------------------------------|

|             |    |   |
|-------------|----|---|
| Plagioclasa | 72 | Cxs subhedrales alterados a ab, anh, sericita y arcillas. Algunos conservan sus maclas polisintéticas |
| Cuarzo      | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa   | 8  | Cristales anhedrales alterados a arcillas y sericita.   |
| Biotita     | 8  | Cristales subhedrales cloritizados.   |

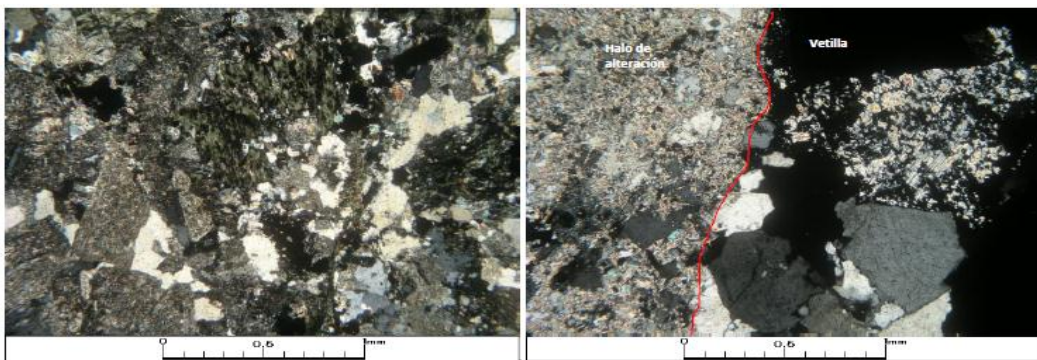
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|-----------------------|---|------------------------------------|
|-----------------------|---|------------------------------------|

|           |    |   |
|-----------|----|---|
| Sericita  | 22 | En halo de alteración y alterando a plagioclasas.                               |
| Clorita   | 10 | Como alteración de las biotitas, de forma intersticial y en halo de alteración. |
| Albita    | 8  | Alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                            |
| Arcillas  | 8  | Se encuentra alterando a plagioclasas y ortoclasa.                              |
| Cuarzo    | 8  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |
| Anhidrita | 6  | Está alterando a plagioclasas y en vetilla.                                     |

| Alteraciones | % |
|--------------|---|
|--------------|---|

|     |          |
|-----|----------|
| SGV | Moderado |
|-----|----------|

### Fotomicrografía



Izquierda: Se observan cristales de plagioclasa alterados a sericita y anhidrita, cuarzo de aspecto fresco y biotita cloritizada. Derecha: Vetilla de opacos-anhidrita-cuarzo con halo de alteración sericítico y clorítico.

Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

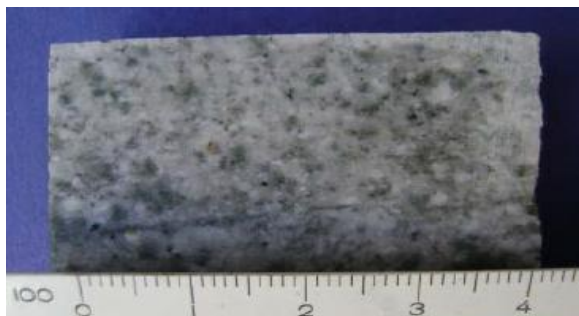
Nº Muestra: (38)

| Hole ID       | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110       | 101253.28   | 98841.02     | 724.45                 |
| Clasificación | PQMD        |              |                        |
| Textura       | Porfídica   |              |                        |

### Descripción macro/microscópica general

Pórfido dacítico alterado a sericita, arcillas y albita. Es atravesado por una fina vetilla continua de cuarzo opacos (epidota-anhidrita-sericita).

### Macrofotografía

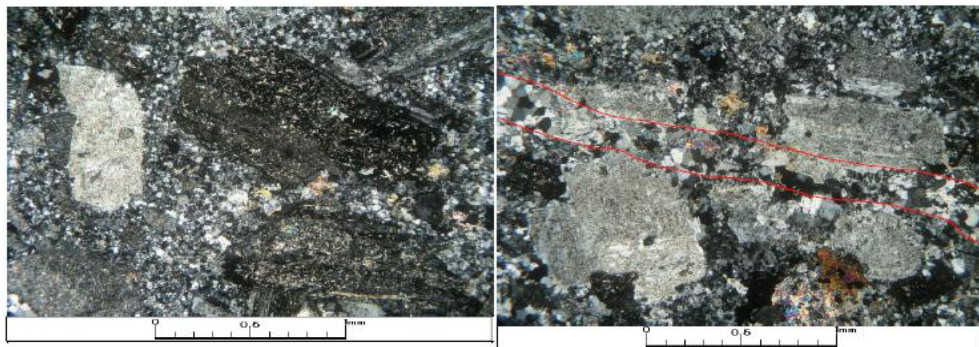


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 60 | Fenocristales subhedrales alterados a albita, sericita, arcillas, anhidrita y epidota. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 20 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Feldespato          | 20 | Cristales anhedrales alterados a sericita, arcillas y anhidrita.  |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|---|---|
| Sericita              | 9 | Alterando a los cristales de plagioclasa, feldespato y en vetilla.              |
| Arcillas              | 9 | Se encuentra alterando a plagioclasa y feldespatos.                             |
| Albita                | 8 | Como alteración de las plagioclasas.  |
| Anhidrita             | 5 | Está alterando a plagioclasa, feldespato y en vetillas.                         |
| Cuarzo                | 5 | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |
| Epidota               | 3 | Cristales granulares en vetilla, alterando a plagioclasa y de forma diseminada. |
| Clorita               | 2 | De forma intersticial.  |

| Alteraciones | 41               |
|--------------|------------------|
| ATE          | Moderado-intenso |
| QS           | Moderado         |

### Fotomicrografía



Izquierda: textura porfídica formada por fenocristales de plagioclasa alterados a albita, sericita y anhidrita con masa fundamental microfelsítica. Derecha: En la parte central, vetilla poco definida y continua de cuarzo-opacos-anhidrita.

Aum.: 5X10; Nic. cruzados.




## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (39)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110 | 101253.28   | 98841.02     | 733.80                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

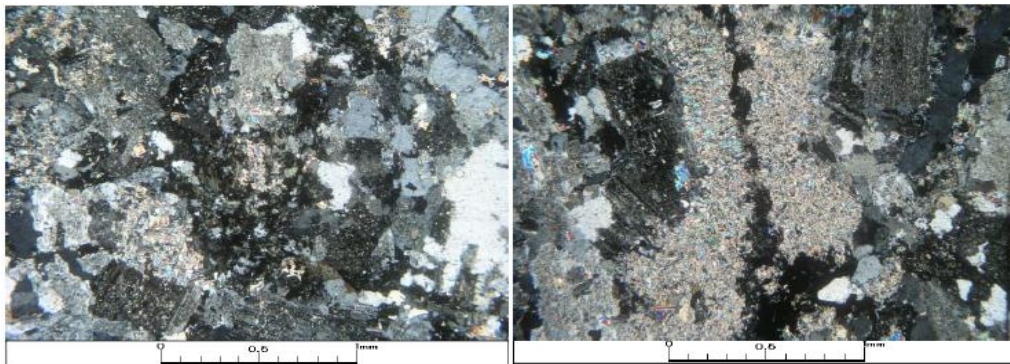
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QMD alterada a sericita, clorita, arcillas y anhidrita. Es atravesada por finas vetillas poco definidas de cuarzo-opacos con halo de alteración sericítico.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 85 | Cxs subhedrales alterados a ab, ser, anh y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 5  | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan perfitas.                        |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Albita                | 12 | Está alterando a plagioclasas a partir de sus bordes.                         |
| Sericita              | 10 | Alterando a plagioclasas y en halo de alteración.                             |
| Arcillas              | 10 | Como alteración de las ortoclasas y plagioclasas.                             |
| Clorita               | 8  | Como reemplazo selectivo de los maficos                                       |
| Anhidrita             | 6  | Se encuentra de forma intersticial.   |
| Cuarzo                | 2  | Cuarzo secundario rellenando vetillas. Cuarzo secundario rellenando vetillas. |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 48       |
| ATE                 | Moderado |
| QS                  | Moderado |

### Fotomicrografía



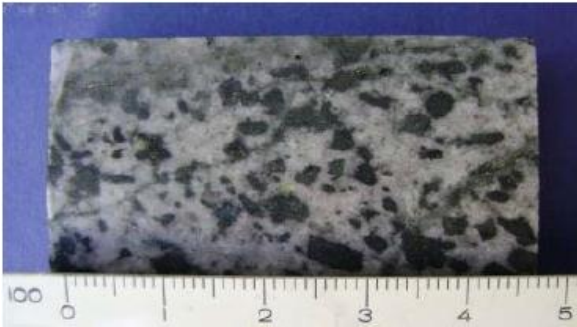
Izquierda: se observa alteración sericítica, albita y argílica que afecta a las plagioclasas, clorita intersticial. Derecha: Fina vetilla de cuarzo-opacos con halo de alteración sericítico de bordes poco definidos albita, sericita y arcillas. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (40)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB11110 | 101253.28   | 98841.02     | 834.10                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

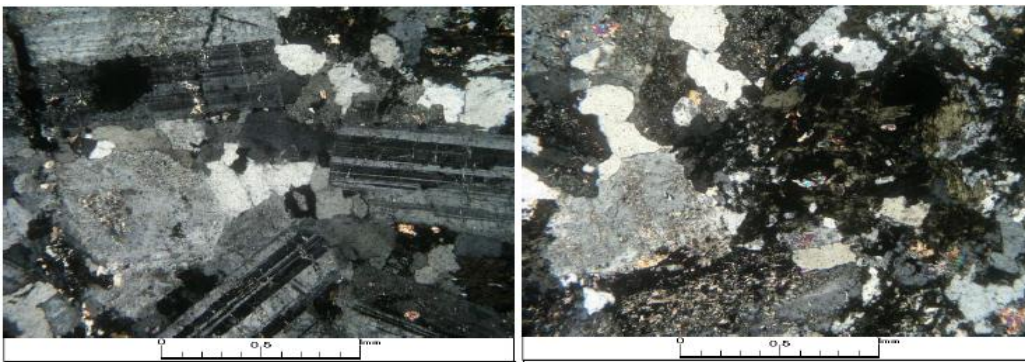
| Descripción macro/microscópica general                                   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QMD de biotita gruesa alterada a clorita, sericita, biotita y anhidrita. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 72 | Cristales subhedrales alterados levemente a albita, anhidrita, sericita, epidota y arcillas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 8  | Cristales anhedrales alterados a arcillas.   |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                            |
|-----------------------|----|---|
| Clorita               | 10 | Está rellenando cavidades.                                    |
| Sericita              | 10 | Se encuentra alterando a plagioclasas.                        |
| Biotita               | 6  | Biotita secundaria rellenando espacios abiertos.              |
| Anhidrita             | 4  | Cristales subhedrales diseminados y alterando a plagioclasas. |
| Albita                | 5  | Como alteración de las plagioclasas.                          |
| Arcillas              | 5  | Alterando a ortoclasas y plagioclasas.                        |
| Epidota               | 5  | Cristales granulares diseminados y alterando a plagioclasas.  |

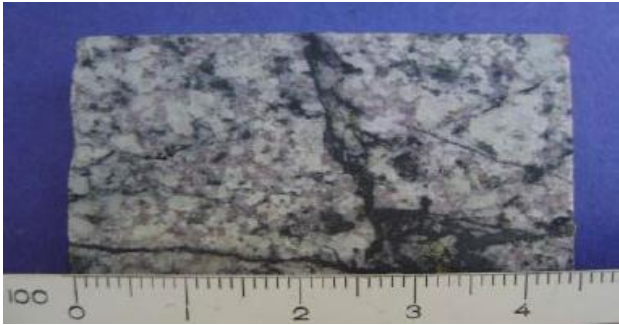
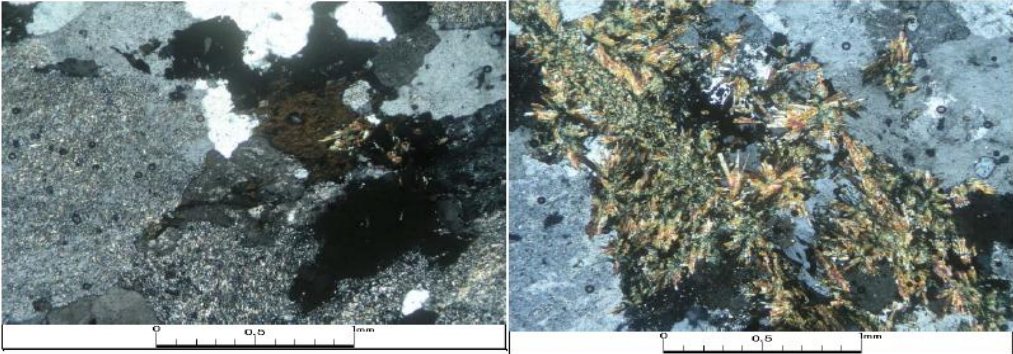
|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 45       |
| CIBt                | Moderado |
| ATE                 | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: Textura hipidiomórfica granular formada por cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco y ortoclasa alterada a arcillas.  
 Derecha: Cristales de plagioclasas alterados a albita y sericita, cuarzo y ortoclasa argilizadas con clorita y anhidrita intersticial. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**



| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>  |                         |   |                        |
|--|-------------------------|---|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (41)</b>  |                         |   |                        |
| Hole ID  | Coord. Este             | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| LB1806   | 100404.37               | 100401.64   | 303.00                 |
| Clasificación  | QM craquelada           |   |                        |
| Textura  | Hipidiomórfica granular |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |                         | Macrofotografía   |                        |
| <p>QM alterada a sericita, albita y arcillas. Es fracturada por flujos de turmalina y clorita.</p>   |                         |                 |                        |
| Minerales primarios  | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa  | 76                      | Cxs subhedrales alterados a sericita, albita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |                        |
| Cuarzo   | 14                      | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |                        |
| Ortoclasa  | 10                      | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura perítica.                    |                        |
| Minerales secundarios  | %                       | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Sericita   | 11                      | Alterando a los cristales de plagioclasa.   |                        |
| Turmalina  | 10                      | Cristales con hábito acicular relleno de cavidades.   |                        |
| Albita   | 9                       | Como alteración de las plagioclasas   |                        |
| Arcillas   | 7                       | Está alterando a los cristales de ortoclasa y plagioclasas.                                       |                        |
| Clorita  | 7                       | Se encuentra de forma intersticial.   |                        |
| Alteraciones   | 44                      |   |                        |
| QS   | Moderado                |   |                        |
| ClBt   | Debil                   |   |                        |
| <b>Fotomicrografía</b>   |                         |   |                        |
|    |                         |   |                        |
| <p>Izquierda: se observan cristales de plagioclasas sericitizadas, cuarzo y biotita intersticial. Derecha: relleno de espacios abiertos por turmalina. <b>Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</b></p> |                         |   |                        |

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (42)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB1806  | 100404.37   | 100401.64    | 316,6                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

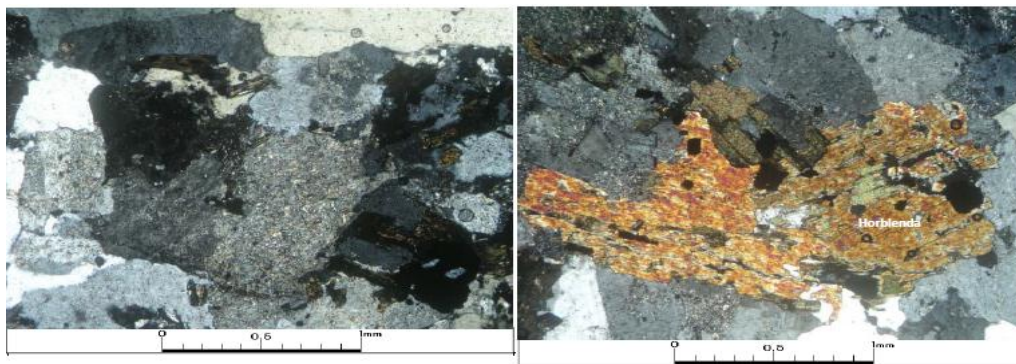
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM de hornblenda y biotita. La muestra se encuentra alterada a sericita, albita con clorita y calcita intersticial.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 46 | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 22 | Cristales anhedrales alterados levemente a arcillas. Algunos presentan textura perfitica.             |
| Hornblenda          | 10 | Cristales subhedrales alterados a biotita.  |
| Biotita             | 10 | Cristales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 11 | Como alteración de las plagioclasas.              |
| Albita                | 10 | Está alterando a los cristales de plagioclasa.    |
| Arcillas              | 8  | Alterando a cristales de ortoclasa y plagioclasa. |
| Clorita               | 6  | Se encuentra de forma intersticial.               |
| Biotita               | 3  | Como biotita secundaria alterando a hornblenda.   |
| Calcita               | 2  | De forma intersticial.                            |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 40       |
| QS                  | Moderado |
| ClBt                | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Plagioclasas sericitizadas, cuarzo de aspecto fresco intersticial y ortoclasa. Derecha: En la parte central cristales de hornblenda y biotita. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (43)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB1806  | 100404.37   | 100401.64    | 337.80                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

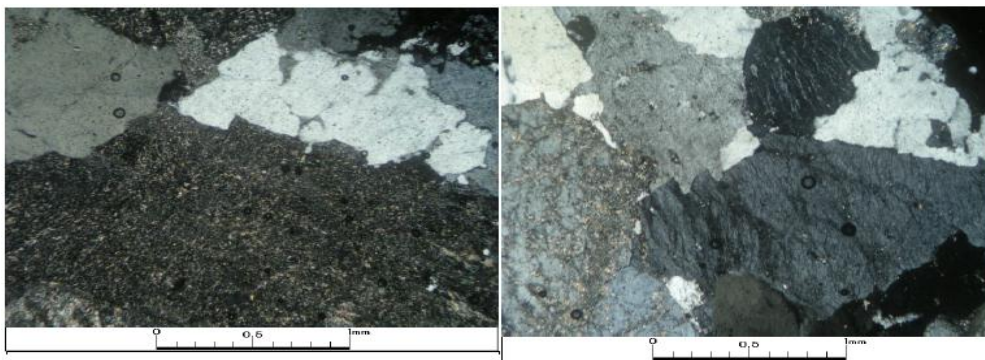
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QM de biotita alterada a sericita, albita y arcillas con clorita intersticial. Se observan cristales de clorita y feldespato-K intersticial. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 55 | Cxs subhedrales alterados a sericita, albita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 27 | Cristales anhedrales, algunos presentan textura peritítica, alterados a arcillas y sericita.      |
| Biotita             | 8  | Cristales subhedrales cloritizados.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                           |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 12 | Como alteración de las plagioclasas y ortoclasas.            |
| Albita                | 10 | Como alteración de las plagioclasas y ortoclasas.            |
| Arcillas              | 8  | Está alterando a las ortoclasas y plagioclasas.              |
| Clorita               | 8  | Se encuentra de forma diseminada y alterando a las biotitas. |
| Feldespato-K          | 5  | De forma intersticial.                                       |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 43       |
| CIBt                | Moderada |
| QS                  | Moderada |

### Fotomicrografía



Izquierda: Plagioclasas sericitizadas con cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Cristales de ortoclasa peritítica argilizadas, plagioclase sericitizada y cuarzo intersticial. **Aum.: 5X10; Nic. cruzados.**



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (44)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB1806  | 100404.37   | 100401.64    | 355.60                 |

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| <b>Clasificación</b> | Relleno de veta DT |
| <b>Textura</b>       | Granular           |

### Descripción macro/microscópica general

Corresponde a un agregado de cristales de baritina, cuarzo y esfalerita con anhidrita, arcillas y calcita intersticiales. Es atravesada por vetillas irregulares y discontinuas de galena. Se observa galena, pirita y esfalerita diseminados.

### Macrofotografía



| Minerales primarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|---------------------|---|------------------------------------|
|---------------------|---|------------------------------------|

|     |   |  |
|-----|---|--|
| n/a | 0 |  |
|-----|---|--|

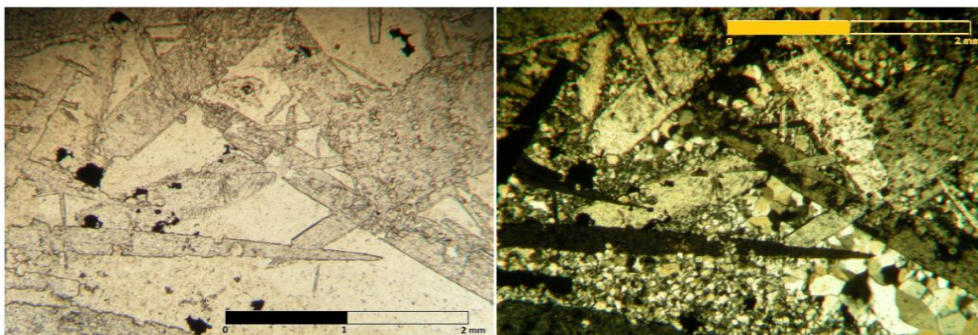
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|-----------------------|---|------------------------------------|
|-----------------------|---|------------------------------------|

|            |    |  |
|------------|----|--|
| Baritina   | 43 | Cristales tabulares diseminados de aspecto fresco.         |
| Cuarzo     | 40 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.                    |
| Esfalerita | 6  | Cristales subhedrales diseminados. Semi-opacos.            |
| Arcillas   | 5  | Rellenando cavidades.                                      |
| Calcita    | 3  | Se encuentra de forma intersticial.                        |
| Anhidrita  | 3  | Cristales subhedrales , se encuentran de forma diseminada. |

| Alteraciones | % |
|--------------|---|
|--------------|---|

|     |         |
|-----|---------|
| SCC | Intenso |
|-----|---------|

### Fotomicrografía



Izquierda: Microfotografía a nicolas paralelos. Se observan cristales tabulares de baritina y silice microcristalino. Algunos opacos diseminados. Derecha: Misma microfotografía pero a nicolas cruzados. **Aum. 5x10.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (45)

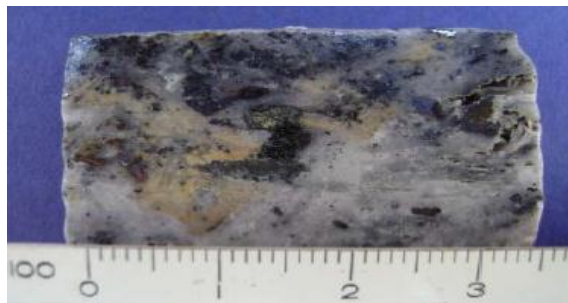
| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB1806  | 100404.37   | 100401.64    | 355.60                 |

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| <b>Clasificación</b> | Relleno vetilla DT |
| <b>Textura</b>       |                    |

### Descripción macro/microscópica general

Agregado de cristales de baritina, cuarzo y esfalerita con calcita y turmalina intersticial. Es atravesado por vetilla poco definidas de galena. Como mineralización diseminada se observa pirita, calcopirita, galena, esfalerita y tenantita.

### Macrofotografía



| Minerales primarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|---------------------|---|------------------------------------|
|---------------------|---|------------------------------------|

|     |   |  |
|-----|---|--|
| n/a | 0 |  |
|-----|---|--|

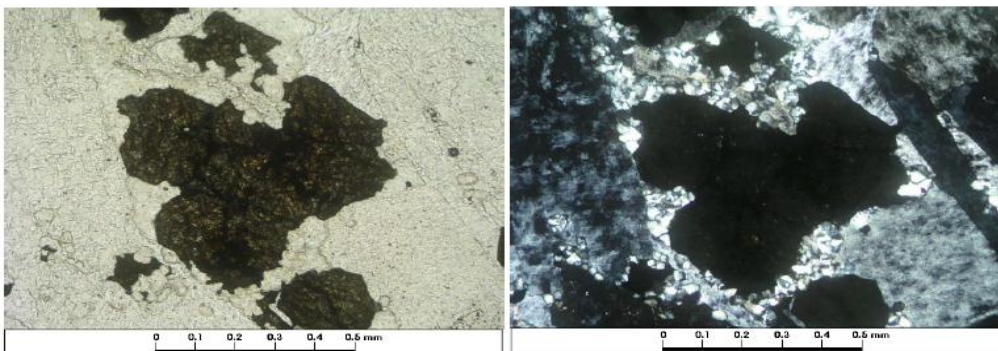
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|-----------------------|---|------------------------------------|
|-----------------------|---|------------------------------------|

|            |    |  |
|------------|----|--|
| Bartitina  | 42 | Cristales tabulares diseminados de aspecto fresco. |
| Cuarzo     | 40 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.            |
| Esfalerita | 10 | Cristales subhedrales diseminados.                 |
| Calcita    | 6  | Se encuentra de forma intersticial.                |
| Turmalina  | 2  | Se encuentra de forma intersticial.                |

| Alteraciones | % |
|--------------|---|
|--------------|---|

|     |         |
|-----|---------|
| SCC | Intenso |
|-----|---------|

### Fotomicrografía



Izquierda: fotomicrografía a nicols paralelos. En la parte central se observan cristales de esfalerita con cuarzo diseminado y a la derecha un cristal tabular de baritina. Derecha: Misma micrografía, pero a nicols cruzados. **Aum. 10x10.**



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (46)

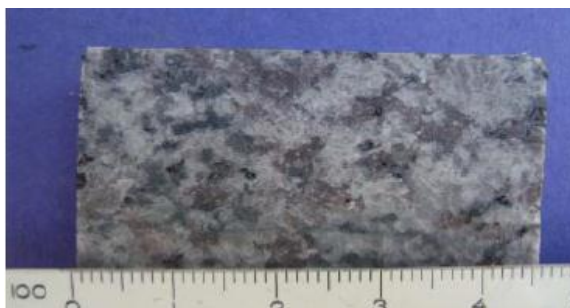
| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB1806  | 100404.37   | 100401.64    | 382.60                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

### Descripción macro/microscópica general

QM de biotita y horblenda. Está formada por cristales subhedrales de plagioclasa alterados a sericita, arcillas y albita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa alterada a arcillas, algunos cristales presentan textura pertítica, biotita cloritizada y horblenda con cristales de feldespato-K intersticial.

### Macrofotografía

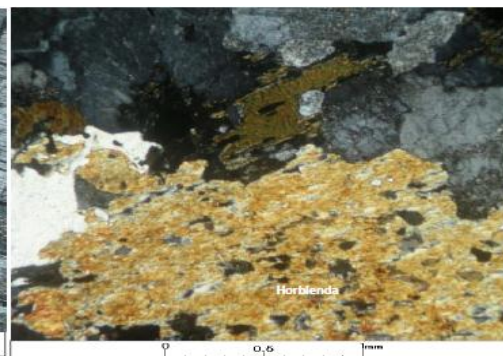
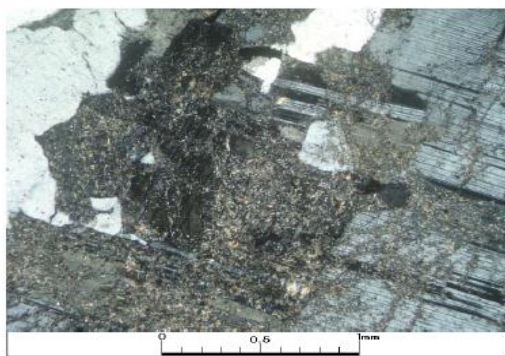


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 55 | Cxs subhedrales alterados a sericita, ab y arcillas. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 20 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura pertítica.                   |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |
| Hornblenda          | 5  | Cristales subhedrales diseminados.  |

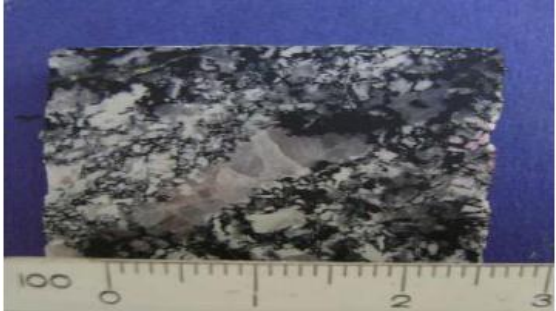
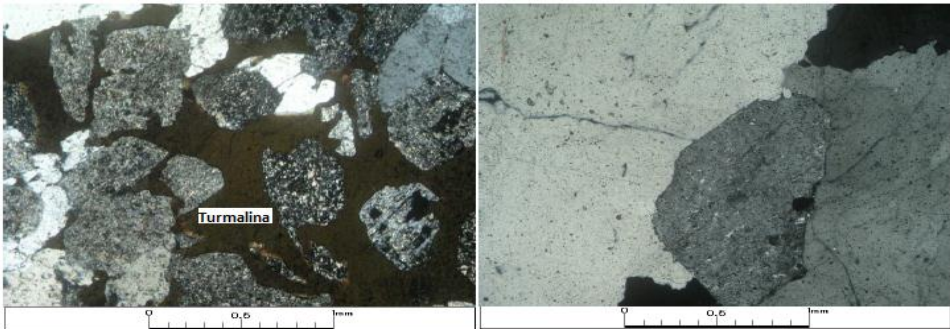
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia              |
|-----------------------|---|---|
| Sericita              | 9 | Está alterando a los cristales de plagioclasas. |
| Arcillas              | 9 | Alterando a las ortoclasas y plagioclasa.       |
| Albita                | 8 | Como alteración de las plagioclasas.            |
| Clorita               | 6 | Se encuentra alterando a las biotitas.          |
| Feldespato-K          | 2 | De forma intersticial.                          |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>Alteraciones</b> | 34    |
| CIBt                | Debil |
| QS                  | Debil |

### Fotomicrografía



Izquierda: Aspecto general de los cristales de plagioclasas alterados a sericita con cuarzo intersticial. Derecha: Cristales de horblenda, biotita, cuarzo de aspecto fresco y ortoclasa argilizada. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

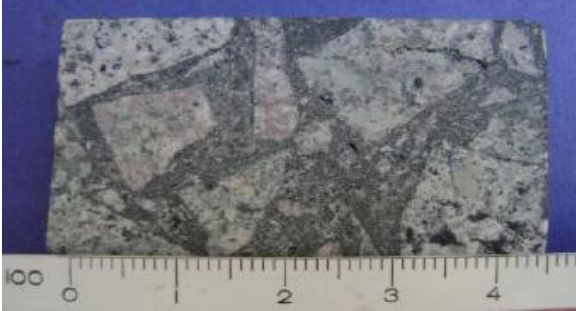
| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>  |             |  |                        |
|--|-------------|--|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (47)</b>  |             |  |                        |
| Hole ID  | Coord. Este | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| LB1806   | 100404.37   | 100401.64  | 443.90                 |
| Clasificación  | QMD         |  |                        |
| Textura  | Obliterada  |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |             | Macrofotografía  |                        |
| <p>QMD con inyección de turmalina alterada levemente a sericita, albita y arcillas. La muestra es atravesada por una vetilla continua y definida de cuarzo-opacos- (feldespato-k) sin halo de alteración.</p>                      |             |                |                        |
| Minerales primarios  | %           | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa  | 59          | Cxs subhedrales alterados a sericita, albita y calcita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |                        |
| Cuarzo   | 10          | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |                        |
| Ortoclasa  | 5           | Cristales anhedrales con textura peritítica, alterados a arcillas.                               |                        |
| Minerales secundarios  | %           | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Turmalina  | 20          | Cristales intersticiales, rellenando espacios. Abundante en la muestra.                          |                        |
| Sericita   | 11          | Como alteración de plagioclasas.   |                        |
| Cuarzo   | 9           | Cuarzo secundario rellenando vetilla.  |                        |
| Albita   | 5           | Está alterando a los cristales de plagioclasa a partir de sus bordes.                            |                        |
| Arcillas   | 4           | Se encuentra alterando levemente a ortoclasa.  |                        |
| Calcita  | 4           | Alterando a los cristales de plagioclasas.   |                        |
| Fedespato-K  | 2           | De forma intersticial en vetilla.  |                        |
| Alteraciones   | 55          |  |                        |
| ATE  | Intenso     |  |                        |
| Ksil   | Debil       |  |                        |
| <b>Fotomicrografía</b>   |             |  |                        |
|    |             |  |                        |
| <p>Izquierda: Cristales de plagioclasa alterados a sericita y albita con cuarzo y hornblenda intersticial. Derecha: Vetilla constituida por cristales de cuarzo y feldespato-K intersticial. <b>Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</b></p> |             |  |                        |

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (48)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB1806  | 100404.37   | 100401.64    | 73.00                  |

|                      |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| <b>Clasificación</b> | Brecha de turmalina con clastos de QM |
| <b>Textura</b>       | Brecha                                |

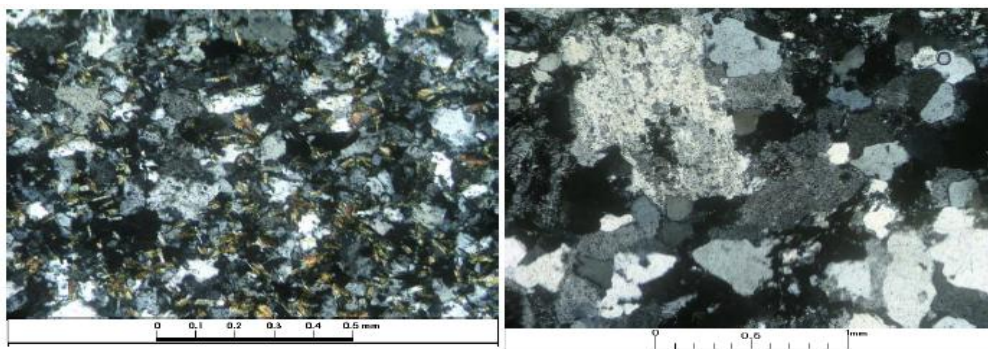
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>Brecha de turmalina con clastos de monzodiorita cuarcífera alterados a sericita, albita y turmalina. En la matriz se observan cristales de turmalina, cuarzo y feldespatos.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Turmalina           | 15 | Cristales intersticiales con hábito acicular.  |
| Cuarzo              | 15 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Feldespatos         | 10 | Cxs anhedrales y subhedrales diseminados. Algunos presentan maclas polisintéticas.   |
| QM (FeldK, Qz, Plg) | 60 | Clastos formados por cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa alterada a arcillas, algunos presentan textura peritética y biotita alteradas a clorita. Se observan cristales de turmalina intersticial. |

| Minerales secundarios | %  | biotita alte Características/Modo de ocurrencia                        |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 10 | Está alterando a los cristales de plagioclasas a partir de sus bordes. |
| Sericita              | 10 | Como alteración de las plagioclasas que se encuentran en los clastos.  |
| Turmalina             | 8  | Se encuentra de forma intersticial en los clastos.                     |
| Clorita               | 4  | De forma intersticial en matriz y alterando a biotita.                 |
| Arcillas              | 4  | Alterando levemente a los cristales de ortoclasa.                      |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 36       |
| QS                  | Moderado |

## Fotomicrografía



Izquierda: Matriz constituida por microcristales de cuarzo, feldespatos y turmalina. Aum.: 10X10;

Nic. Cruzados. Derecha: Clasto de monzodiorita cuarcífera formada por cristales de plagioclasa albitizados, ortoclasa alterada a arcillas y cuarzo de aspecto fresco.

Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.




## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (49)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509 | 100304.44   | 98812.30     | 13.75                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

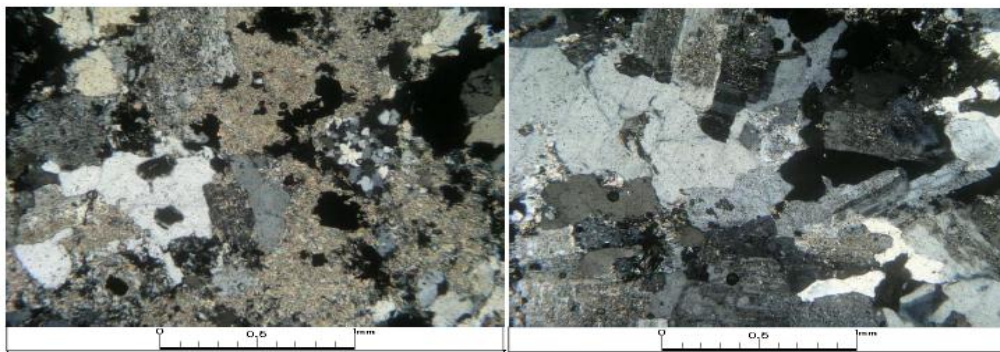
| Descripción macro/microscópica general                                | Macrofotografía  |
|---|--|
| QM de biotita alterada a sericita y clorita con turmalina diseminada. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 68 | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 8  | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                  |
| Biotita             | 12 | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                     |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 16 | Alterando a plagioclasas y de forma diseminada.                        |
| Clorita               | 10 | De forma intersticial y alterando a biotitas.                          |
| Albita                | 10 | Está alterando a los cristales de plagioclasas a partir de sus bordes. |
| Arcillas              | 9  | Como alteración de ortoclasa y plagioclasa.                            |
| Turmalina             | 3  | Se encuentra de forma diseminada.                                      |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 48       |
| ATE                 | Moderado |
| QS                  | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: Sector con fuerte alteración sericítica que afecta a los cristales de plagioclasa con cuarzo de aspecto fresco intersticial. Dercha: Cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco y ortoclasa argilizada. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (50)

| Hole ID       | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509       | 100304.44   | 98812.30     |                        |
| Clasificación | QM          |              |                        |
| Textura       | Obliterada  |              |                        |

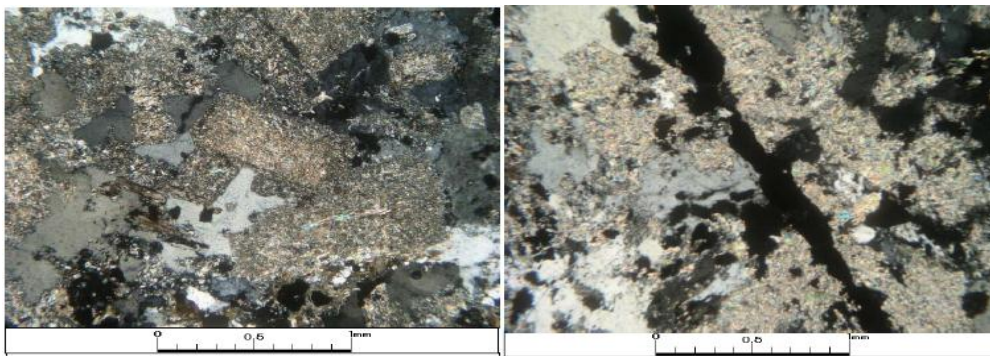
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>Se observa una roca sericitizada y argilizada formada por relictos de cristales de plagioclasa/feldespatos y cuarzo de aspecto fresco. Es atravesada por finas vetillas irregulares de opacos-cuarzo con halo de alteración sericítico.</p> |  |

| Minerales primarios    | % | Características/Modo de ocurrencia                               |
|------------------------|---|--|
| Plagioclasa/Feldespato | ? | Relictos de cristales completamente sericitizados y argilizados. |
| Cuarzo                 | ? | Relictos de cristales de aspecto fresco.                         |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 35 | Está alterando a los relictos de cristales de plagioclasa/feldespato y en halo de alteración. |
| Arcillas              | 6  | Como alteración de las plagioclasas/feldespatos.  |
| Clorita               | 5  | Se encuentra de forma intersticial y alterando a biotita secundaria.                          |
| Calcita               | 4  | De forma diseminada.  |
| Biotita               | 4  | Biotita ecundaria diseminada y alterada a clorita.  |
| Cuarzo                | 2  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |

| Alteraciones | 56      |
|--------------|---------|
| SCC          | Intenso |

## Fotomicrografía



Izquierda: Relictos de cristales de plagioclasa/feldespatos sericitizados y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: En la parte central fina vetilla de opacos-cuarzo con halo de alteración de bordes poco definidos sericítico. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (51)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509 | 100304.44   | 98812.30     | 376.80                 |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Clasificación</b> | QM  |
| <b>Textura</b>       | Obliterada, en sectores hipidiomórfica granular |

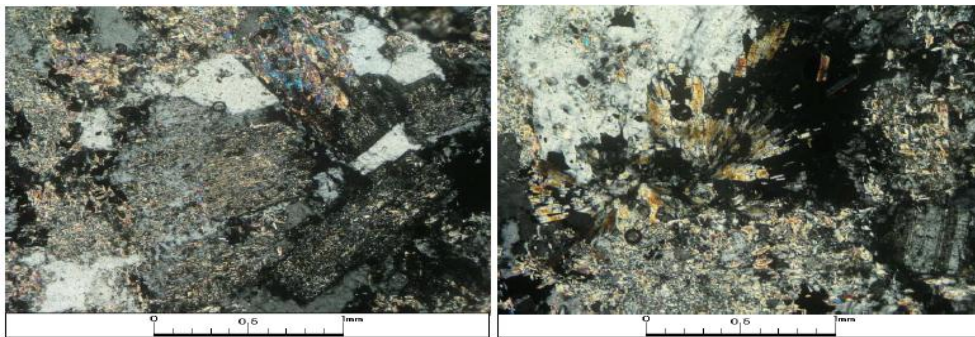
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>Se observa una roca obliterada por fuerte alteración de sericita. Es atravesada por vetillas de opacos-cuarzo con halo de alteración sericítica.</p> |  |

| Minerales primarios | % | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|---|---|
| Plagioclasa         | ? | Cristales subhedrales alterados a sericita y albita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | ? | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | ? | Cristales alterados levemente a arcillas. Algunos presentan textura peritética.                   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 32 | Se encuentra en halo de alteración y alterando a los cristales de plagioclasa. |
| Cuarzo                | 10 | Cuarzo secundario rellenando vetillas.   |
| Arcillas              | 8  | Como alteración de las ortoclasas.   |
| Albita                | 6  | Alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                           |
| Turmalina             | 4  | Se encuentra de forma intersticial.  |

|                     |         |
|---------------------|---------|
| <b>Alteraciones</b> | 60      |
| QS                  | Intenso |

### Fotomicrografía



Izquierda: sector de la muestra con textura hipidiomórfica granular, formada por cristales de plagioclasa sericitizados y albitizados. Derecha: en la parte central cristales de turmalina con hábito acicular radial con sericita diseminada. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

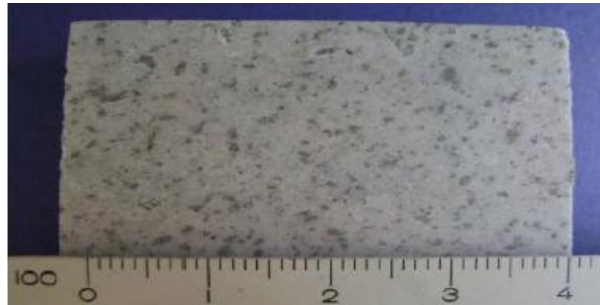
Nº Muestra: (52)

| Hole ID       | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509       | 100304.44   | 98812.30     | 641.40                 |
| Clasificación | PQM         |              |                        |
| Textura       | Obliterada  |              |                        |

### Descripción macro/microscópica general

Roca fuertemente alterada por sericita con anhidrita diseminada. constituida por relictos de cristales de plagioclasa/feldespato alterados completamente a sericita y cristales anhedral de cuarzo de aspecto fresco con anhidrita diseminada.

### Macrofotografía

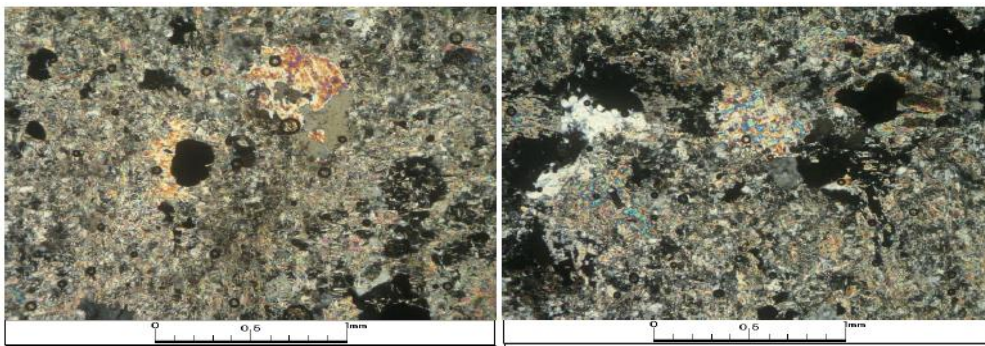


| Minerales primarios     | % | Características/Modo de ocurrencia         |
|-------------------------|---|--|
| Plagioclasa(Feldespato) | ? | Se encuentran completamente sericitizados. |
| Cuarzo                  | ? | Cristales anhedral de aspecto fresco.      |
| Biotita                 | ? | Cristales subhedral sericitizados.         |

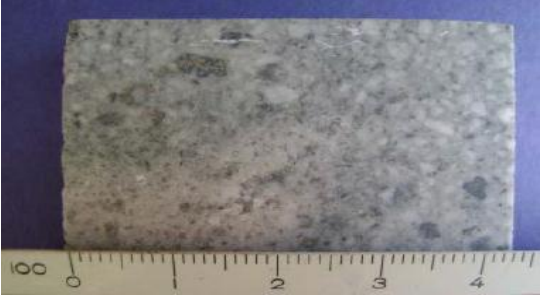
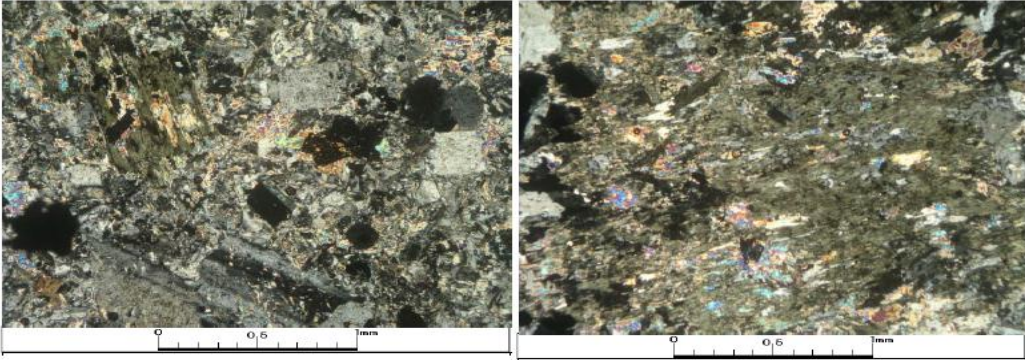
| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                 |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 70 | Producto de alteración de los cristales de plagioclasa/feldespato. |
| Anhidrita             | 5  | Se encuentra de forma diseminada.                                  |

| Alteraciones | 75      |
|--------------|---------|
| QS           | Intenso |

### Fotomicrografía



Izquierda: aspecto general de la muestra se encuentra fuertemente sericitizada con anhidrita diseminada. Derecha: se observa anhidrita diseminada y alteración sericitica que afecta a la muestra. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>   |             |   |                        |
|---|-------------|---|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (53)</b>   |             |   |                        |
| Hole ID   | Coord. Este | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| LB26509   | 100304.44   | 98812.30  | 646.70                 |
| Clasificación   | PQM         |   |                        |
| Textura   | Porfídica   |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |             | Macrofotografía   |                        |
| <p>Pórfido dacítico alterado a sericita, clorita, albita y arcillas con anhidrita y turmalina diseminada. La masa fundamental está constituida por cristales de cuarzo y feldespatos alterados a sericita y arcillas con anhidrita y turmalina diseminada. La coloración más oscura en algunos sectores de la roca corresponde a la mayor presencia de ferromagnesianos como clorita.</p> |             |             |                        |
| Minerales primarios   | %           | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa   | 57          | Fenocristales y en masa fundamental. Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas. |                        |
| Cuarzo  | 35          | Fenocristales y en masa fundamental cristales anhedrales de aspecto fresco.                   |                        |
| Biotita   | 8           | Fenocristales subhedrales alterados a clorita y sericita.                                     |                        |
| Minerales secundarios   | %           | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Sericita  | 12          | Como alteración de las plagioclasas, biotita y feldespato.                                    |                        |
| Clorita   | 8           | Se encuentra de forma intersticial y alterando a biotitas.                                    |                        |
| Albita  | 7           | Alteración a las plagioclasas a partir de sus bordes.   |                        |
| Arcillas  | 6           | Está alterando a plagioclasas y feldespatos.  |                        |
| Anhidrita   | 5           | Se encuentra de forma diseminada.   |                        |
| Turmalina   | 4           | Está rellenando espacios abiertos.  |                        |
| Alteraciones  | 42          |   |                        |
| QS  | Moderado    |   |                        |
| ClBt  | Moderado    |   |                        |
| <b>Fotomicrografía</b>  |             |   |                        |
|   |             |   |                        |
| <p>Izquierda: plagioclasa alterados a albita, sericita y arcillas en masa fundamental microfelsítica con clorita y anhidrita diseminados. Derecha: Se observa clorita masiva con anhidrita y sericita diseminada. <b>Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</b></p>   |             |   |                        |



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (54)

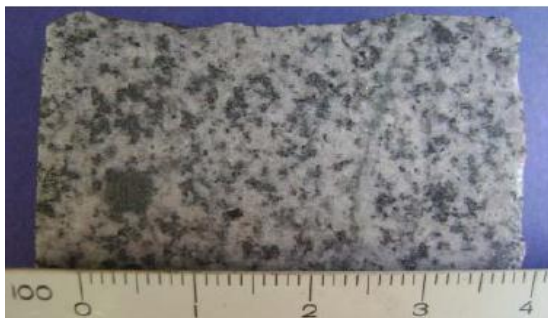
| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509 | 100304.44   | 98812.30     | 713.56                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfico granular |

### Descripción macro/microscópica general

QM de biotita alterada a sericita, albita, arcillas, biotitas, clorita y anhidrita. Se observan cristales diseminados de biotita secundaria y anhidrita.

### Macrofotografía



| Minerales primarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|---------------------|---|------------------------------------|
|---------------------|---|------------------------------------|

|             |    |   |
|-------------|----|---|
| Plagioclasa | 60 | Cxs subhedrales alterados a ab, ser, arc y anh; algunos conservan macla polisintética y muestran zonación |
| Cuarzo      | 14 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa   | 12 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                          |
| Biotita     | 14 | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

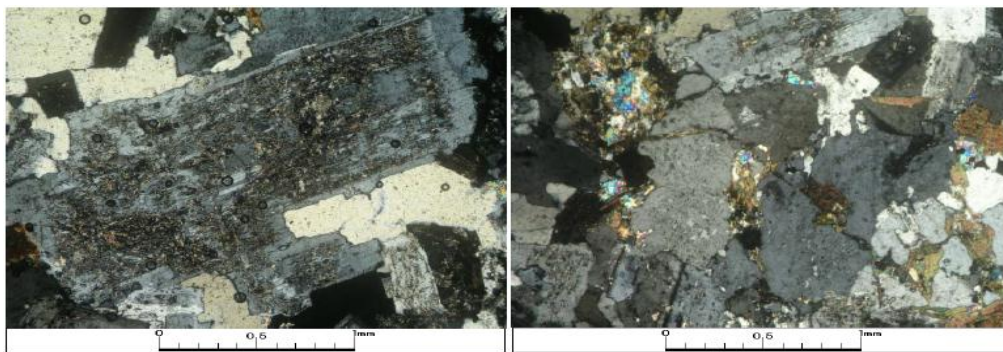
| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia |
|-----------------------|---|------------------------------------|
|-----------------------|---|------------------------------------|

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Biotita   | 9 | Biotita secundaria diseminada, algunos se encuentran asociadas a anh y a clo. |
| Albita    | 6 | Está alterando a plagioclasas a partir de sus bordes.                         |
| Sericita  | 6 | Alterando a los cristales de plagioclasas.                                    |
| Arcillas  | 5 | Como alteración de los cristales de ortoclasas y plagioclasas.                |
| Clorita   | 5 | Se encuentra alterando a las biotitas.  |
| Anhidrita | 4 | Cristales subhedrales diseminados y alterando a plagioclasas.                 |

| Alteraciones | 35 |
|--------------|----|
|--------------|----|

|      |          |
|------|----------|
| CIBt | Moderado |
| QS   | Debil    |

### Fotomicrografía




Izquierda: Cristal de plagioclasa alterados a albita, sericita y arcillas con cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Se observan cristales de biotita secundaria y anhidrita diseminados. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (55)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509 | 100304.44   | 98812.30     | 806.15                 |

|                      |          |
|----------------------|----------|
| <b>Clasificación</b> | QMD      |
| <b>Textura</b>       | Brechoza |

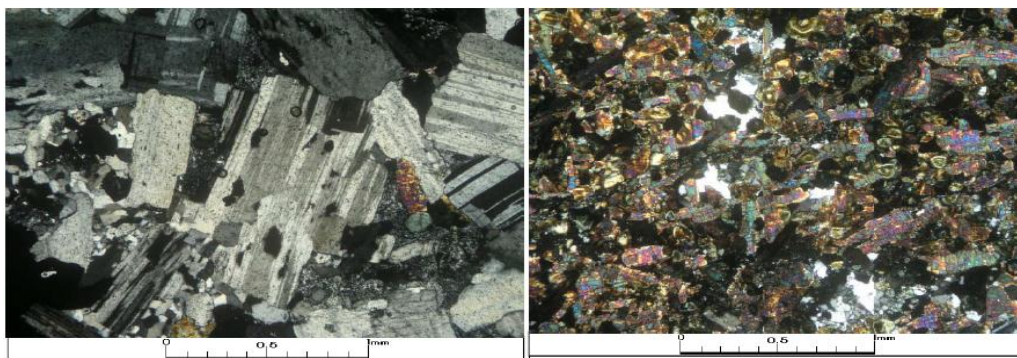
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QMD alterada a albita con yeso intersticial. Presenta aspecto brechoso. La matriz está formada por cristales de turmalina con hábito acicular radial y cristales anhedrales de cuarzo de aspecto fresco.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 85 | Cristales subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos preservan macla polisintética. |
| Cuarzo              | 15 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                   |
|-----------------------|----|--|
| Turmalina             | 15 | Cristales con hábito acicular radial.                |
| Anhidrita             | 8  | Se encuentra de forma intersticial.                  |
| Yeso                  | 8  | Se encuentra de forma intersticial.                  |
| Albita                | 8  | Alterando levemente a los cristales de plagioclasas. |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 39       |
| ATE                 | Moderada |
| QS                  | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: aspecto general de los clastos, formados por cristales de plagioclasa alterados levemente a albita con cuarzo intersticial. Derecha: Matriz formada por turmalina y cuarzo de aspecto fresco intersticial. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (56)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB26509 | 100304.44   | 98812.30     | 85.95                  |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Clasificación</b> | QM         |
| <b>Textura</b>       | Obliterada |

### Descripción macro/microscópica general

Roca obliterada por fuerte alteración sericitica con clorita y turmalina diseminada. Es atravesada por una vetilla continua de cuarzo-opacos-sericita.

### Macrofotografía



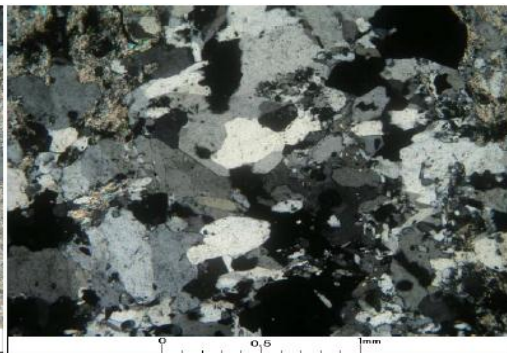
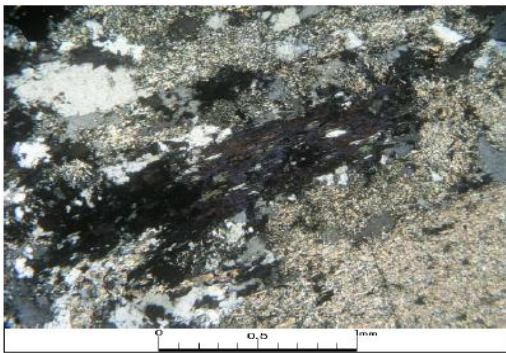
| Minerales primarios    | % | Características/Modo de ocurrencia                     |
|------------------------|---|--|
| Plagioclasa/Feldespato | ? | Relictos de cristales alterados a sericita.            |
| Cuarzo                 | ? | Relictos de cristales anhedrales de aspecto fresco.    |
| Biotita                | ? | Relictos de cristales subhedrales alterados a clorita. |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 32 | Como alteración de los cristales de plagioclasa/feldespato y en vetilla.            |
| Clorita               | 14 | Está rellenando cavidades. Del tipo penninita (color de interferencia azul anómalo) |
| Cuarzo                | 10 | Como cuarzo secundario rellenando vetillas.   |
| Turmalina             | 2  | Se encuentra diseminada.  |

|                     |    |
|---------------------|----|
| <b>Alteraciones</b> | 58 |
|---------------------|----|

|     |         |
|-----|---------|
| SCC | Intenso |
|-----|---------|

### Fotomicrografía



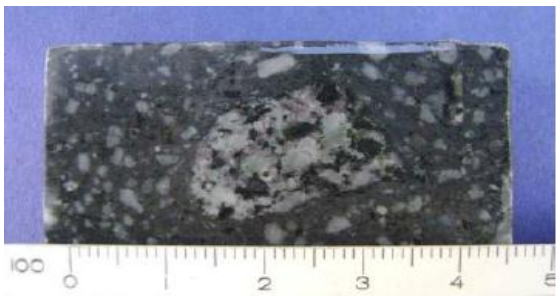
Izquierda: Aspecto general de la muestra, se encuentra sericitizada con clorita intersticial con cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Vetilla continua de cuarzo con sericita intersticial y textura granular. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (57)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB29606 | 101114.65   | 99398.95     | 404.50                 |

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| <b>Clasificación</b> | PQD con xenolito de QM |
| <b>Textura</b>       | Porfídica              |

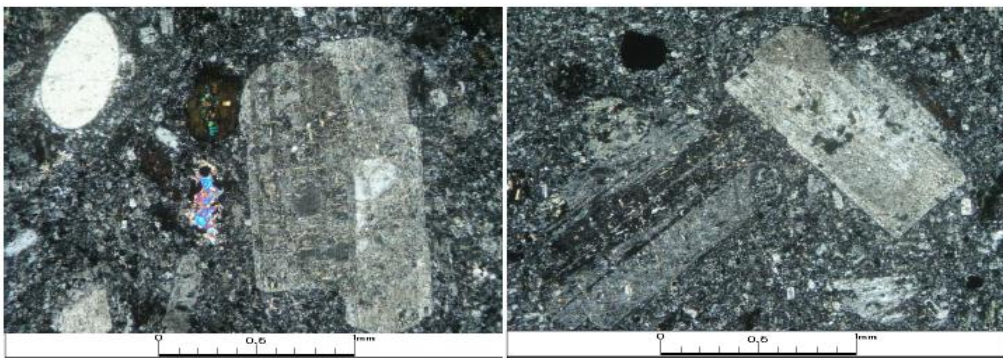
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>PQD alterado a albita, sericita, clorita y anhidrita. En la parte central se observa un xenolito de composición monzodiorítica con clorita intersticial.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 98 | Fenocristales y en masa fundamental. Cristales subhedrales alterados a albita, sericita y clorita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 2  | Fenocristales anhedrales de aspecto fresco.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 12 | Está alterando a las plagioclasas.   |
| Sericita              | 10 | Como alteración de las plagioclasas.   |
| Clorita               | 8  | De forma diseminada en masa fundamental y de forma intersticial en xenolito. |
| Anhidrita             | 6  | Se encuentra de forma diseminada en masa fundamental.                        |
| Epidota               | 4  | Cristales granulares asociados a clorita.                                    |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 40             |
| CIEp                | Moderado       |
| QS                  | Moderado-debil |

### Fotomicrografía



Izquierda: Fenocristales de plagioclasa alterada a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco en masa fundamental formada por microlitos de plagioclasa con clorita y anhidrita intersticial. Derecha: Fenocristales de plagioclasa albitizados y sericitizados en masa fundamental formada por microlitos de plagioclasa alterados a albita.

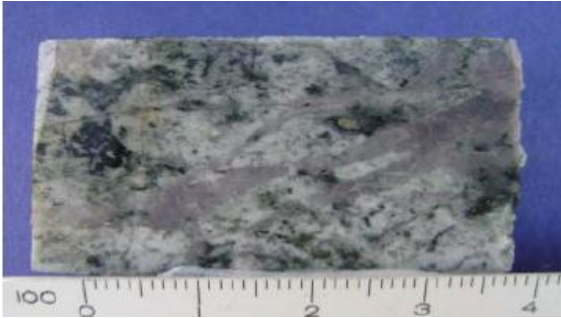
Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (58)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB29606 | 101114.65   | 99398.95     | 408.00                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM brechoza             |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

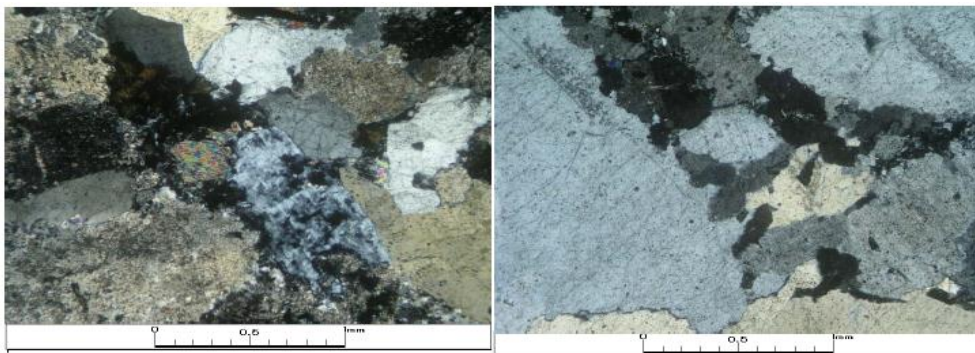
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM alterada a arcillas, sericita y albita con clorita, turmalina y anhidrita intersticial. Es atravesada por vetillas irregulares de cuarzo-feldespató-K.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 78 | Cxs subhedrales alterados a sericita, albita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 12 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                  |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia                            |
|-----------------------|---|---|
| Sericita              | 9 | Alterando a las plagioclasas.                                 |
| Arcillas              | 9 | Como alteración de los cristales de ortoclasa y plagioclasas. |
| Albita                | 8 | Está alterando a las plagioclasas.                            |
| Cuarzo                | 8 | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                        |
| Anhidrita             | 4 | Cristales subhedrales diseminados.                            |
| Feldespató-K          | 3 | De forma intersticial en vetillas.                            |
| Clorita/Turmalina     | 6 | Se encuentra rellenando cavidades./Cristales intersticiales.  |


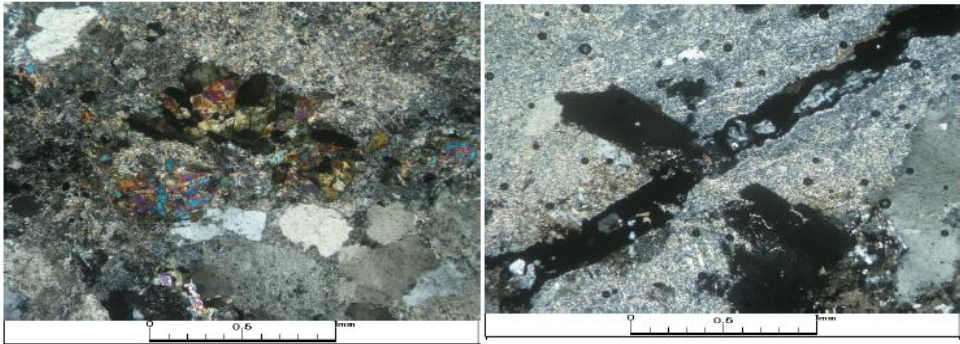
|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 47       |
| ATE                 | Moderado |
| QS/Ksill            | Moderado |

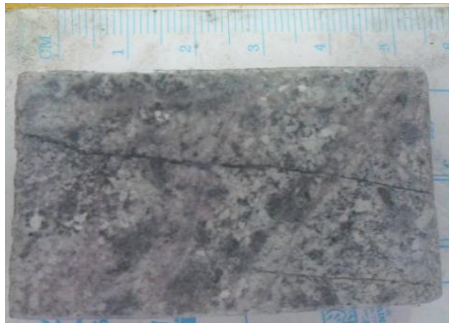
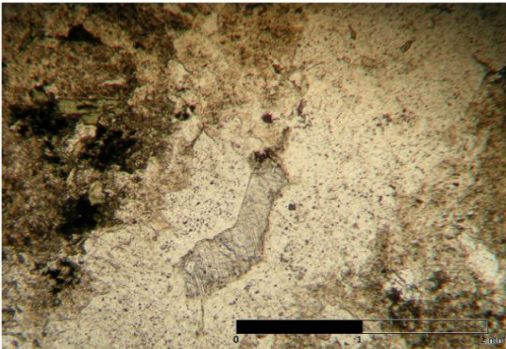
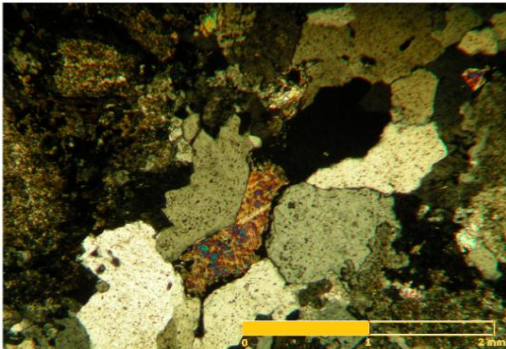
### Fotomicrografía



Izquierda: Anhidrita y yeso intersticial, plagioclasa albitizada y argilizada y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Se observa vetilla rellena por cristales de cuarzo y feldespató-K. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.



| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>   |  |  |                        |
|---|--|--|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (59)</b>   |  |  |                        |
| Hole ID   | Coord. Este  | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| LB29606   | 101114.65  | 99398.95   | 444.00                 |
| Clasificación   | QM gruesa  |  |                        |
| Textura   | Obliterada, aunque se reconoce textura de roca intrusiva |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general  |  | Macrofotografía  |                        |
| <p>QM constituida por relictos de cristales de plagioclasa/feldespatos alterados a sericita, calcita y anhidrita y cuarzo anhedral de aspecto fresco. Se observan cristales intersticiales de calcita, anhidrita y turmalina. Es atravesada por finas vetilla discontinuas de yeso-anhidrita cuarzo</p> |  |  |                        |
| Minerales primarios   | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa/feldespato  | 88   | Relictos de cristales sericitizados y alterados a calcita y anhidrita.             |                        |
| Cuarzo  | 12   | Relictos de cristales anhedral de aspecto fresco.                                  |                        |
| Minerales secundarios   | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Sericita  | 42   | Como alteración de plagioclasas/feldespatos.                                       |                        |
| Calcita   | 14   | De forma diseminada y alterando a las plagioclasas/feldespatos.                    |                        |
| Anhidrita   | 8  | Está de forma diseminada y alterando a los cristales de plagioclasa/feldespatos.   |                        |
| Turmalina   | 5  | Se encuentra de forma intersticial.  |                        |
| Alteraciones  | 69   |  |                        |
| SCC   | Moderado   |  |                        |
| QS  | Moderado   |  |                        |
| Fotomicrografía   |  |  |                        |
|   |  |  |                        |
| <p>Izquierda: Cúmulo de cristales de turmalina intersticiales y alteración de sericita diseminada. Derecha: En la parte central, fina vetilla discontinua constituida por cristales de cuarzo y clorita. <b>Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.</b></p>  |  |  |                        |

| DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA   |  |  |                        |
|--|--|--|------------------------|
| Nº Muestra: (60)   |  |  |                        |
| Hole ID  | Coord. Este                                      | Coord. Norte   | Profundidad muestra[m] |
| LB29606  | 101114.65  | 99398.95   | 689.40                 |
| Clasificación  | QM fina  |  |                        |
| Textura  | Hipidiomórfica granular, en sectores obliterada. |  |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |  | Macrofotografía  |                        |
| QM fina albitizada y con cúmulos de clorita-seritica. Cortada por finas venillas de qz-feldK. Se reconoce mineralización en venilla fina de turmalina.   |  |                    |                        |
| Minerales primarios  | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Plagioclasa  | 65   | Cristales subhedrales alterados a sercítica, albita, arcillas. Algunos preservan macla polisintética |                        |
| Cuarzo   | 25   | Cristales anhedrales de aspecto fresco   |                        |
| Ortoclasa  | 10   | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritica.                       |                        |
| Minerales secundarios  | %  | Características/Modo de ocurrencia   |                        |
| Cuarzo   | 8  | Cuarzo secundario en vetillas  |                        |
| Sercita  | 15   | Reemplazo selectivo de feldespatos   |                        |
| Anhidrita  | 5  | De forma intersticial  |                        |
| Albita   | 8  | Reemplazo selectivo de plagioclasas  |                        |
| Clorita  | 3  | Reemplazo selectivo de minerales maficos   |                        |
| Feldespato-K   | 2  | En vetillas y halo   |                        |
| Alteraciones   | 41   |  |                        |
| QS   | Moderado   |  |                        |
| Ksil   | Debil  |  |                        |
| Fotomicrografía  |  |  |                        |
|   |  |                  |                        |
| Izquierda: Microfotografía a nicols paralelos. Se observa una vetilla rellena de cuarzo-anhidrita, biotita cloritizada y feldespatos sericitizados. Derecha: Misma microfotografía, pero a nicols cruzados. Aum. 5x10. |  |  |                        |



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (61)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 11.20                  |

|                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| <b>Clasificación</b> | AND                                |
| <b>Textura</b>       | Porfídica, en sectores obliterada. |

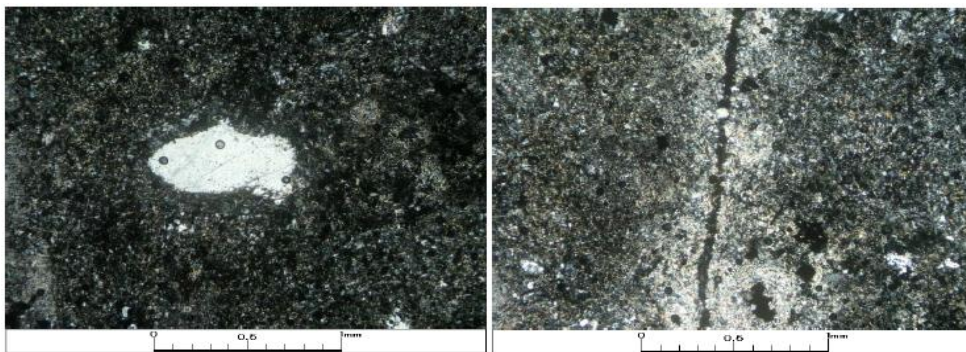
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| Andesita alterada a biotita y clorita. Es atravesada por finas vetillas de cuarzo-clorita con halo de alteración sericítico. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 98 | Fenocristales relictos de fenocristales alterados a albita y sericita.<br>En masa fundamental cristales subhedrales alterados a biotita y sericita. |
| Cuarzo              | 2  | Relictos de fenocristales anhedral de aspecto fresco.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Biotita               | 33 | Biotita secundaria alterando a microlitos de plagioclasa y de forma intersticial en masa fundamental. |
| Clorita               | 5  | De forma intersticial en masa fundamental y en vetillas.  |
| Sericita              | 10 | Como alteración de las plagioclasas y en halo de alteración.  |
| Albita                | 8  | Alterando a las plagioclasas.   |
| Cuarzo                | 2  | Cuarzo secundario rellenando cavidades y en vetillas.   |

|                     |        |
|---------------------|--------|
| <b>Alteraciones</b> | 58     |
| Ksill               | Inteso |
| QS                  | Inteso |

### Fotomicrografía




Izquierda: Relicto de fenocristal de cuarzo en masa fundamental constituida por microlitos de plagioclasa alterados a biotita con clorita intersticial. Derecha: En la parte central, fina vetilla continua y definida de cuarzo-clorita con halo de alteración sericítico. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (62)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 177.90                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

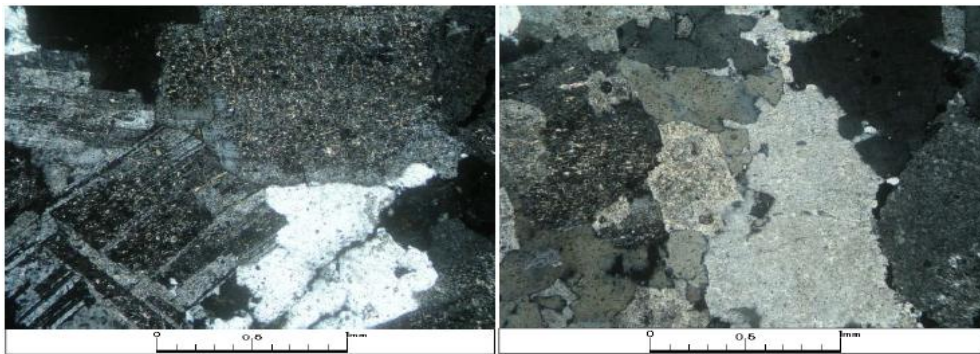
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QM de biotita alterada a arcillas, sericita, albita y clorita con un xenolito porfídico de composición diorítico albitizado, argilizado y cloritizado.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 63 | Cxs subhedrales alterados a sericita, albita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Ortoclasa           | 20 | Cristales anhedrales alterados a arcillas con textura pertítica.                                  |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Biotita             | 5  | Cristales subhedrales cloritizados.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                           |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 12 | Está alterando a los cristales de ortoclasas y plagioclasas. |
| Sericita              | 11 | Como alteración de los cristales de plagioclasas.            |
| Albita                | 9  | Como alteración de las plagioclasas.                         |
| Clorita               | 7  | De forma intersticial y alterando a las biotitas.            |
| Epidota               | 2  | Alterando a biotita.   |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 41       |
| ATE                 | Moderado |
| QS                  | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristales de plagioclasas sericitizados y cuarzo anhedral de aspecto fresco. Derecha: Ortoclasa pertítica argilizada, plagioclasa alterada a albita, sericita y arcillas y cuarzo. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (63)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 189.40                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | Cuarzo-sienita          |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

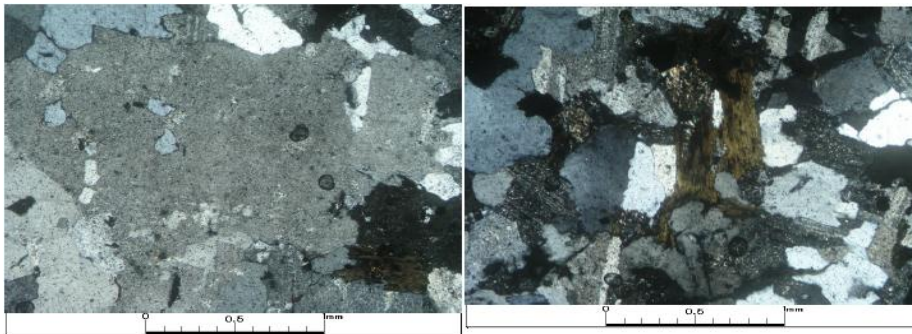
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| Sienita cuarcífera alterada a arcillas, sericita y albita con cristales de clorita intersticial. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 25 | Cristales subhedrales alterados a sericita y albita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 17 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 58 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.              |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 18 | Se encuentra alterando levemente a ortoclasa.                              |
| Sericita              | 8  | Como alteración de plagioclasas.   |
| Albita                | 8  | Está alterando a los cristales de plagioclasa a partir de sus bordes.      |
| Clorita               | 5  | Se encuentra de forma intersticial. Como reemplazo de biotitas originales. |
| Epidota               | 1  | Alterando a los cristales de plagioclasas.                                 |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 40             |
| QS                  | Moderado-Debil |
| ATE                 | Debil          |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristal anhedral de ortoclasa con textura peritítica, se encuentra alterado a arcillas con cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Textura hipidiomórfica granular formada por cristales de plagioclasas alteradas a sericita y albita, ortoclasa argilizada, cuarzo de aspecto fresco y clorita intersticial. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

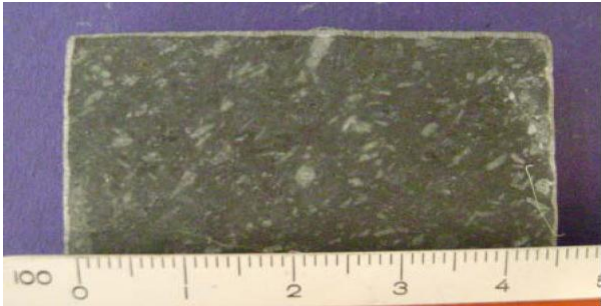


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (64)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 20.90                  |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | AND       |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

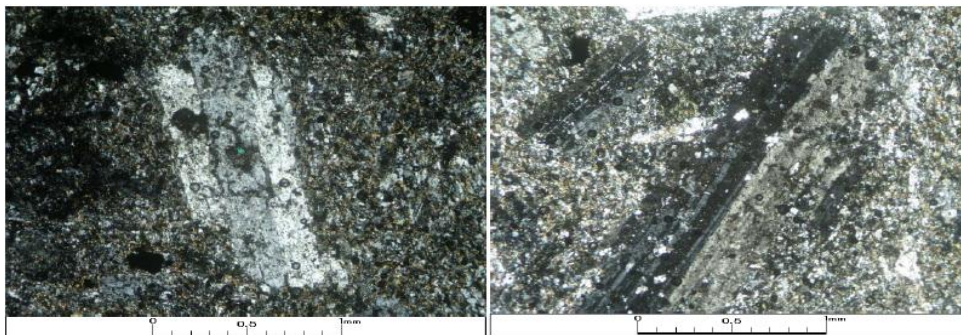
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>Andesita constituida por fenocristales de plagioclasas alterados a albita, arcillas, biotita y epidota. La más fundamental está formada por microlitos de plagioclasa alterados a albita con biotita secundaria y clorita intersticial.</p> |  |

| Minerales primarios | %   | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|-----|--|
| Plagioclasa         | 100 | Fenocristales alterados a albita, arcillas, biotita y epidota. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. En masa fundamental microlitos alterados a albita. |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                            |
|-----------------------|----|---|
| Biotita               | 20 | Biotita secundaria de forma intersticial en masa fundamental. |
| Arcillas              | 8  | Alterando a los fenocristales de plagioclasas.                |
| Albita                | 8  | Como alteración de las plagioclasas.                          |
| Clorita               | 5  | De forma intersticial en masa fundamental.                    |
| Epidota               | 3  | Cristales granulares alterando a las plagioclasas.            |

| Alteraciones | 44               |
|--------------|------------------|
| Ksil         | Moderado-Intenso |
| QS           | Moderado-Debil   |

### Fotomicrografía



Izquierda: Fenocristal de plagioclasa alterado a albita en masa fundamental formada por microlitos de plagioclasa y biotita secundaria. Derecha: Fenocristal de plagioclasa alterado a albita y arcillas en masa fundamental de microlitos plagioclasa. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (65)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 217.10                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | Cuarzo-sienita          |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

### Descripción macro/microscópica general

Cuarzo sienita, con textura de aplita alterada a arcillas y sericita. Es atravesada por finas vetillas principalmente continuas de pirita-turmalina-cuarzo.

### Macrofotografía

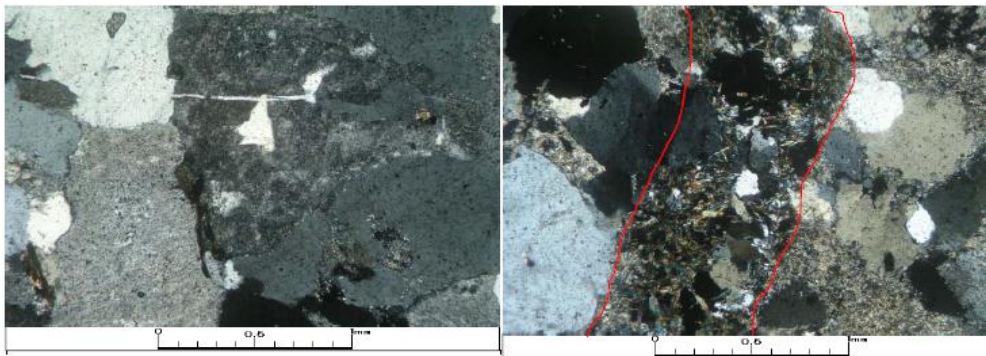


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 16 | Cxs subhedrales alterados a ser y albita. Algunos conservan fmacias polisintéticas. |
| Cuarzo              | 18 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 66 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.    |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                 |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 14 | Como alteración de las ortoclasas.                                 |
| Sericita              | 10 | Alterando a los cristales de plagioclasas y de forma intersticial. |
| Albita                | 6  | Como alteración de las plagioclasas.                               |
| Turmalina             | 6  | Rellenando vetillas.   |
| Cuarzo                | 3  | Cuarzo secundario en vetillas.                                     |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 39             |
| QS                  | Moderado-Debil |
| ATE                 | Debil          |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristales de ortoclasa peritíticos argilizados y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: En la parte central vetilla discontinua de turmalina-cuarzo. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (66)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 52.40                  |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PDIOR     |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

### Descripción macro/microscópica general

Porfido diorítico de hornblenda alterado a albita, sericita y clorita con biotita secundaria intersticial en masa fundamental.

### Macrofotografía



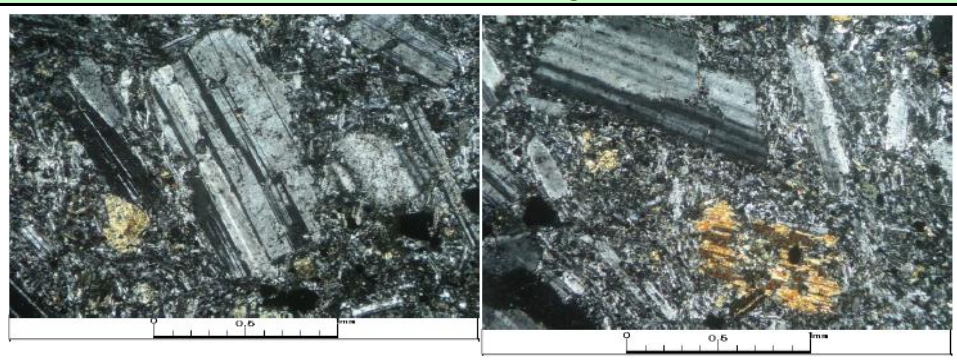
| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 75 | Fenocristales alterados a albita y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas.<br>En masa fundamental microlitos de plagioclasas alterados a albita. |
| Hornblenda          | 25 | Fenocristales subhedrales alterados a clorita.<br>En masa fundamental cristales diseminados.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Biotita               | 16 | Biotita secundaria intersticial en masa fundamental.                             |
| Clorita               | 10 | Se encuentra de forma intersticial en masa fundamental y alterando a hornblenda. |
| Albita                | 5  | Está alterando a las plagioclasas.   |
| Sericita              | 3  | Como alteración de las plagioclasas.   |

| Alteraciones | %  |
|--------------|----|
| Alteraciones | 34 |

|                      |          |
|----------------------|----------|
| ClBt (Biotitización) | Moderado |
| ATE                  | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Fenocristales de plagioclasas en masa fundamental de microlitos de plagioclasa con hornblenda intersticial. Derecha: Se observan fenocristales de plagioclasa y hornblenda en masa fundamental formada por microlitos de plagioclasa y hornblenda. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (67)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 81.20                  |

|                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM con xenolito mas diorítico |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular       |

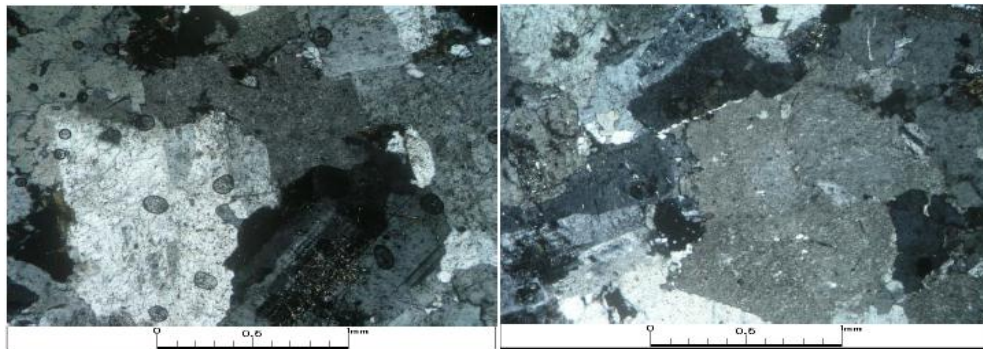
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QM alterada a arcillas, albita, sericita y con clorita intersticial. Se observa un xenolito con textura porfídica de composición diorítica con horblenda diseminada.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 70 | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita, arcillas y epidota.<br>Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Ortoclasa           | 18 | Cristales anhedrales alterados a arcillas con textura perfitica.  |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                       |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 11 | Como alteración de las ortoclasas.                                       |
| Sericita              | 6  | Alterando a las plagioclasas.  |
| Clorita               | 6  | Se encuentra de forma intersticial.                                      |
| Albita                | 6  | Está alterando a los cristales de plagioclasas.                          |
| Epidota               | 3  | Cristales granulares asociados a clorita y alterando a las plagioclasas. |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 32       |
| ATE                 | Moderado |
| QS                  | Debil    |

### Fotomicrografía




Izquierda: Cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita y ortoclasa alterada a arcillas. Derecha: Ortoclasa perfitica y plagioclasa alteradas a arcillas y cuarzo de aspecto fresco. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (68)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB39606 | 101082.73   | 99687.64     | 84.40                  |

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM con inyección aplitica |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular   |

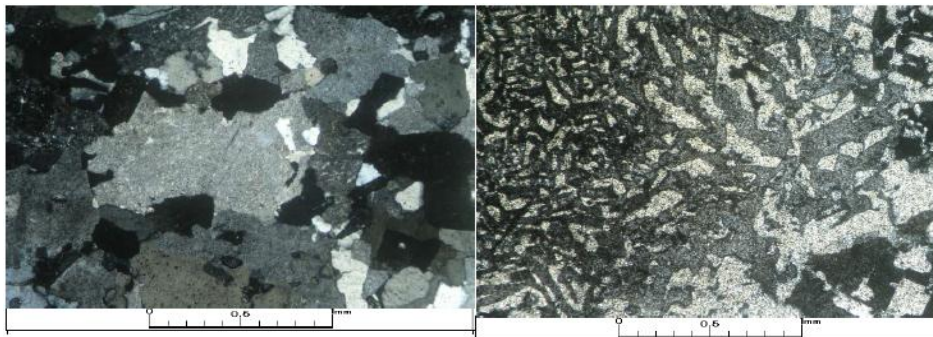
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QM alterada a arcillas con clorita y epidota intersticial. En la parte central es atravesada por una inyección de feldespato-K argilizado y cuarzo secundario.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 32 | Cxs subhedrales alterados levemente a albita, sericita y arcillas.<br>Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 14 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 54 | Cristales anhedrales peritéticos están alterados a arcillas.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Arcillas              | 15 | Alterando los cristales de ortoclasa y al feldespato-K.                       |
| Cuarzo                | 5  | Cuarzo secundario en intercrecimiento con feldespato-k en inyección.          |
| Albita                | 7  | Está alterando a los cristales de plagioclasa.                                |
| Sericita              | 5  | Como biotita secundaria de forma intersticial y alterando a las plagioclasas. |
| Clorita               | 5  | Alterando los cristales de ortoclasa y al feldespato-K.                       |
| Epidota               | 2  | Alterando los cristales de ortoclasa y al feldespato-K.                       |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 39             |
| CIEP                | Moderado-Debil |
| QS                  | Moderado-Debil |

### Fotomicrografía



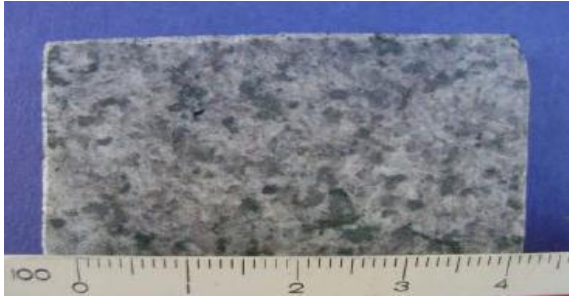
Izquierda: Textura hipidiomórfica granular formada por cristales de ortoclasa alterada a arcillas y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Inyección de feldespato argilizado con textura de intercrecimiento mirmequítica con cuarzo. **Aum.: 5X10; Nic. cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (69)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 141.95                 |

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidimórfica granular |

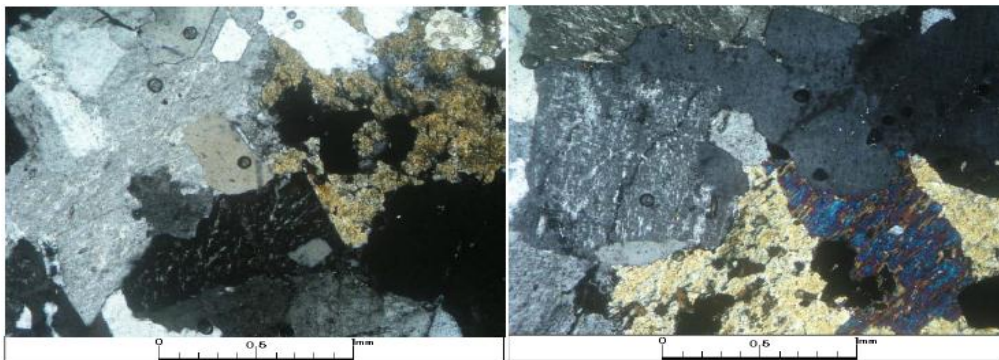
| Descripción macro/microscópica general                                      | Macrofotografía  |
|---|--|
| QM de hornblenda alterada levemente a arcillas, sericita, albita y clorita. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 28 | Cxs subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 14 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 40 | Cristales anhedrales, con textura perfitica, alterados a arcillas.                      |
| Hornblenda          | 14 | Cristales subhedrales diseminados. Algunos aparentemente actinolizados                  |
| Biotita             | 4  | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                |
|-----------------------|----|---|
| Arcillas              | 10 | Alterando a las ortoclasas.                       |
| Albita                | 4  | Está alterando a las plagioclasas.                |
| Sericita              | 4  | Como alteración de los cristales de plagioclasas. |
| Clorita               | 2  | Se encuentra alterando a biotitas.                |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>Alteraciones</b> | 20    |
| CIBt                | Debil |
| QS                  | Debil |

### Fotomicrografía



Izquierda: Se observan cristales de ortoclasa perfiticos, cuarzo de aspecto fresco y hornblenda. Derecha: Textura hipidiomórfica granular formada por cristales de ortoclasa, cuarzo y hornblenda. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (70)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 162.90                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

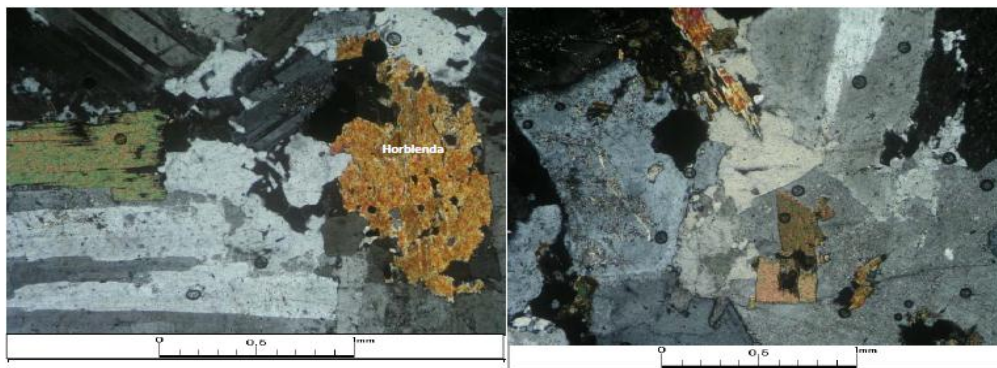
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM de hornblenda y biotita albitizada y alterada levemente a sericita, clorita y arcillas. Roca aparentemente fresca.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 64 | Cxs subhedrales alterados a ab y ser. Algunos conservan maclas polisintéticas.      |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 8  | Cristales anhedrales con textura perfitica, se encuentran alterados a arcillas.     |
| Hornblenda          | 10 | Cxs subhedrales asociados a biotita. Algunos cristales aparentemente actinolíticos. |
| Biotita             | 8  | Cxs subhedrales alterados a clorita. Algunos se encuentran asociados a hornblenda   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                             |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 15 | Está alterando a las plagioclasas.                             |
| Sericita              | 5  | Alterando a las plagioclasas.                                  |
| Clorita               | 3  | Se encuentra alterando a las biotitas y de forma intersticial. |
| Arcillas              | 3  | Como alteración de las ortoclasas.                             |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>Alteraciones</b> | 26    |
| Clbt                | Debil |

### Fotomicrografía



Izquierda: textura hipidiomórfica granular, constituida por cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda. Derecha: Plagioclasa alterada a albita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa alterada a arcillas, biotita y hornblenda diseminados. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

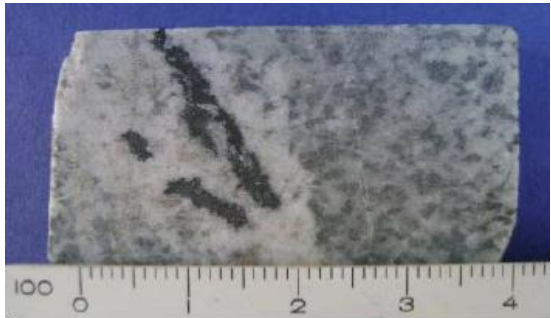


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (71)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 359.50                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

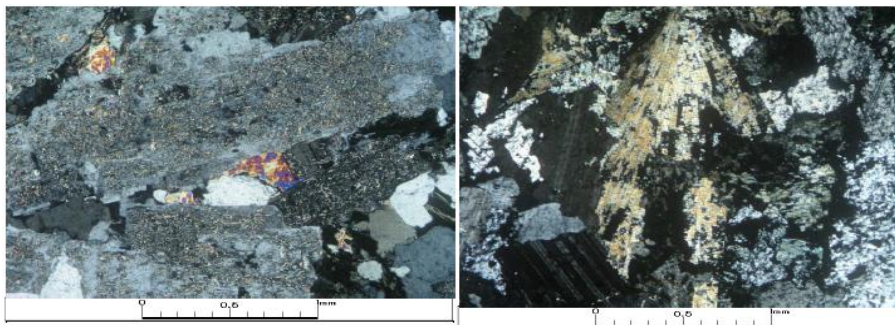
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QMD alterada a sericita, albita y clorita. Es atravesada por una vetilla irregular de bordes poco definidos de turmalina-yeso. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 88 | Cristales subhedrales alterados a sericita, albita y anhidrita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 2  | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura pertítica.                              |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                    |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 11 | Como alteración de las plagioclasas.                  |
| Albita                | 10 | Está alterando a los cristales de plagioclasas.       |
| Clorita               | 7  | Se encuentra de forma intersticial.                   |
| Turmalina             | 6  | Cristales con hábito acicular rellenando vetillas.    |
| Yeso                  | 5  | De forma intersticial en vetillas.                    |
| Cuarzo                | 5  | Cuarzo secundario rellenando cavidades en vetilla.    |
| Anhidrita             | 3  | Alterando a las plagioclasas y de forma intersticial. |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 47       |
| QS                  | Moderado |
| ATE                 | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: Plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo de aspecto fresco y anhidrita intersticial. Derecha: Vetilla poco definida de turmalina-yeso. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (72)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 405.10                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PQD       |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

### Descripción macro/microscópica general

PQD constituido por fenocristales subhedrales de plagioclasa alterados a sericita, albita y anhidrita y biotita cloritizada. La masa fundamental está formada por cristales subhedrales de plagioclasa alterados a albita, anhidrita y yeso, cuarzo anhedral de aspecto fresco, ortoclasa perfitica alterada a arcillas y biotita intersticial. Se observan cristales intersticiales de anhidrita y yeso.

### Macrofotografía

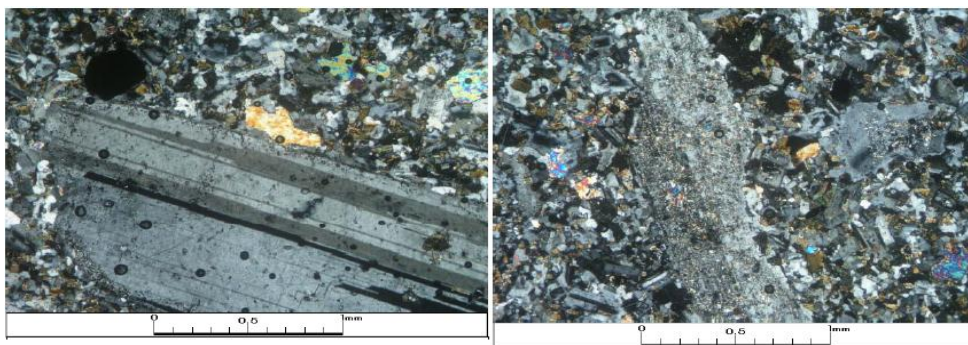


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 47 | Fenocristales subhedrales alterados a ser, ab y anh. En masa fundamental cxs subhedrales alterados a ab, anh y yeso. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 30 | En masa fundamental cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Biotita             | 23 | Fenocristales subhedrales alterados a clorita a partir de sus bordes.<br>En masa fundamental cristales subhedrales diseminados.                               |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia                                    |
|-----------------------|---|---|
| Anhidrita             | 9 | De forma diseminada y alterando a las plagioclasas.                   |
| Sericita              | 8 | Como alteración de plagioclasas.                                      |
| Albita                | 7 | Está alterando a los cristales de plagioclasa a partir de sus bordes. |
| Yeso                  | 4 | Está de forma intersticial y alterando a las plagioclasas.            |
| Clorita               | 2 | Se encuentra alterando a los fenocristales de biotita.                |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 30       |
| ClBt(Biotitización) | Moderado |
| QS                  | Debil    |

### Fotomicrografía



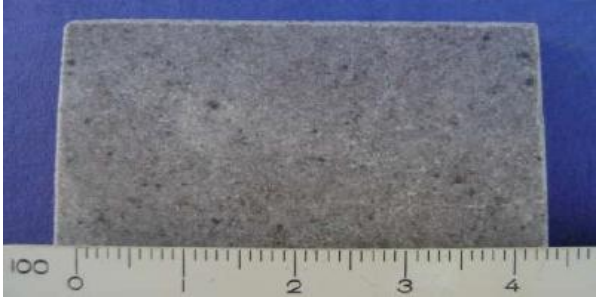
Izquierda: fenocristal de plagioclasa inmerso en masa fundamental formada por cuarzo y feldespato con anhidrita diseminada. Derecha: textura porfídica constituida por fenocristal de plagioclasa alterados a sericita y anhidrita con masa fundamental microfelsítica con anhidrita diseminada. Aum.: 5X10; Nic. cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (73)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 49.20                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | Aplita                  |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

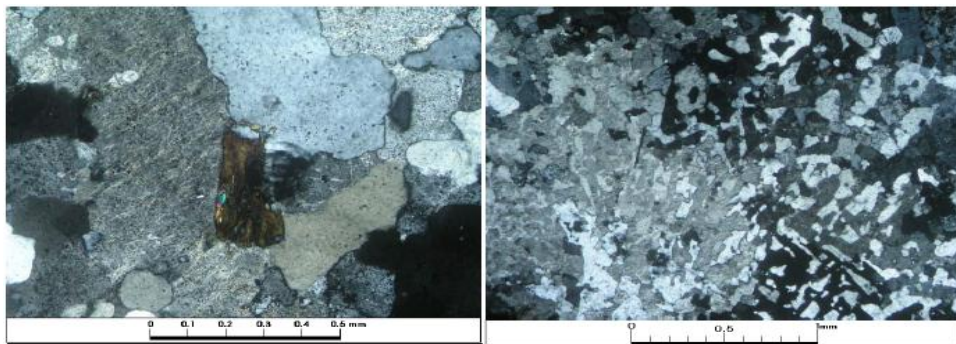
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>Aplita constituida por cristales, cuyos tamaños son menores a 1 mm, anhedrales de cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa, algunos presentan pertitas, alterados a arcillas y biotita alterada a clorita y epidota. Se observan texturas de intercrecimiento entre cuarzo y ortoclasa.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Cuarzo              | 30 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 65 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura pertítica. |
| Biotita             | 5  | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.                            |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia           |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 14 | Alterando a cristales de ortoclasa.          |
| Clorita               | 3  | Como alteración de los cristales de biotita. |
| Epidota               | 1  | Cristales granulares alterando a biotita.    |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>Alteraciones</b> | 18    |
| ClEp                | Debil |
| QS                  | Debil |

### Fotomicrografía



Izquierda: textura hipidiomórfica granular, formada por cristales de ortoclasa argilizadas, cuarzo de aspecto fresco y biotita cloritizada. Derecha: textura de intercrecimiento gráfico entre cuarzo y ortoclasa. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

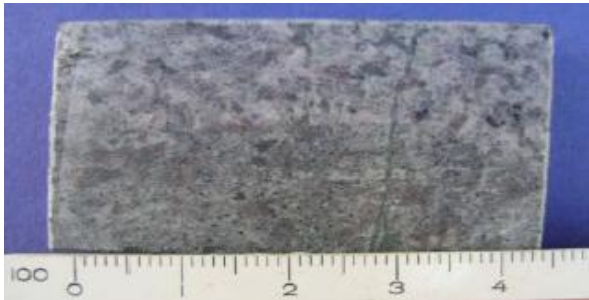


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (74)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 83.25                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

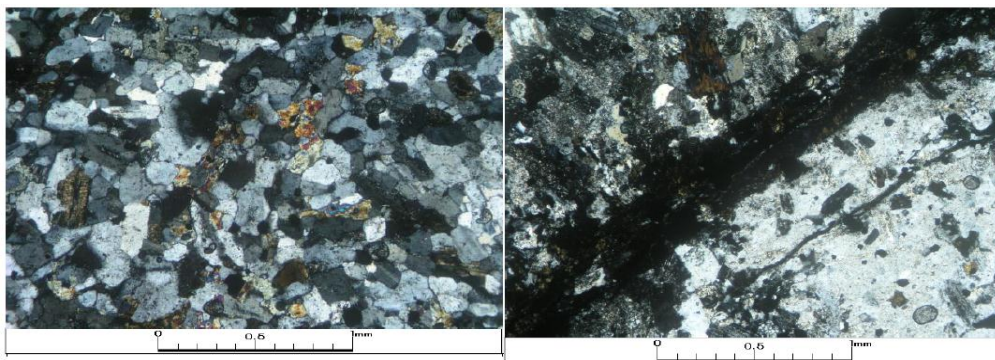
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QMD de hornblenda y biotita alterada a sericita y albita. Está en contacto con un xenolito de diorita de hornblenda y biotita con cúmulos de alteración potásica. La muestra es atravesada por una fina vetilla de clorita.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 22 | Cristales subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 16 | Cristales anhedrales, algunos presentan textura peritítica, alterados a arcillas.             |
| Hornblenda          | 12 | Cristales subhedrales alterados a clorita y biotita.  |
| Biotita             | 8  | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 4  | Como alteración de las plagioclasas y ortoclasas.                                 |
| Albita                | 4  | Alterando a las plagioclasas.   |
| Arcillas              | 6  | Está alterando a las ortoclasas y plagioclasas.                                   |
| Clorita               | 10 | Se encuentra de forma diseminada, alterando a las biotitas y rellenando vetillas. |
| Biotita               | 4  | Biotita secundaria alterando a hornblenda y de forma diseminada.                  |
| Epidota               | 2  | Se encuentra diseminada y cristales granulares alterando plagioclasas             |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 30       |
| CIBt                | Moderado |
| ATE                 | Debil    |

### Fotomicrografía



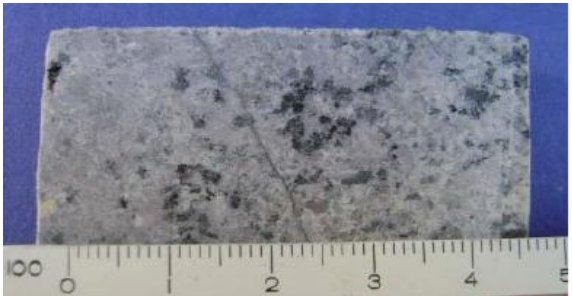
Izquierda: Aspecto general de xenolito constituido por cristales de plagioclasas, cuarzo, hornblenda y biotita. Derecha: Fina vetilla de clorita que atraviesa a la muestra.  
Aum.: 5X10; Nic. cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (75)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4706  | 100118.47   | 99724.59     | 88.70                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | Qz-Sienita              |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

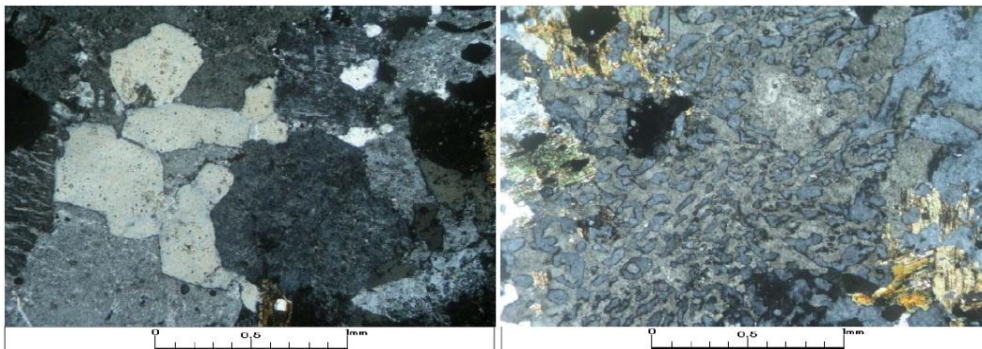
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>Cuarzo-sienita de biotita y hornblenda.<br/>La muestra se encuentra alterada a arcillas, sericita, clorita y albita.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 15 | Cxs subhedrales alterados a ab y ser. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 49 | Cristales anhedrales, con textura peritítica, alterados a arcillas.                |
| Hornblenda          | 10 | Cristales subhedrales asociados a biotita.   |
| Biotita             | 16 | Cristales subhedrales alterados a clorita.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                |
|-----------------------|----|---|
| Arcillas              | 8  | Se encuentra alterando a las ortoclasas.          |
| Sericita              | 6  | Está alterando a los cristales de plagioclasas.   |
| Clorita               | 10 | Alterando a las biotitas y de forma intersticial. |
| Albita                | 6  | Como alteración de las plagioclasas.              |
| Biotita               | 4  | Como reemplazo selectivo de los minerales máficos |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 34       |
| CIBt                | Moderado |
| QS                  | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristales de ortoclasa con textura peritítica y alterados a arcillas con cuarzo anhedral de aspecto fresco. Derecha: Se observa textura de intercrecimiento entre cuarzo y ortoclasa. **Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.**

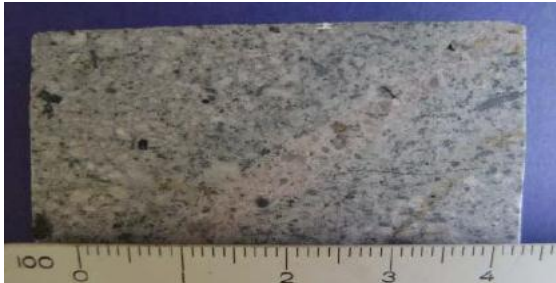


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (76)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 176.00                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PQMD      |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

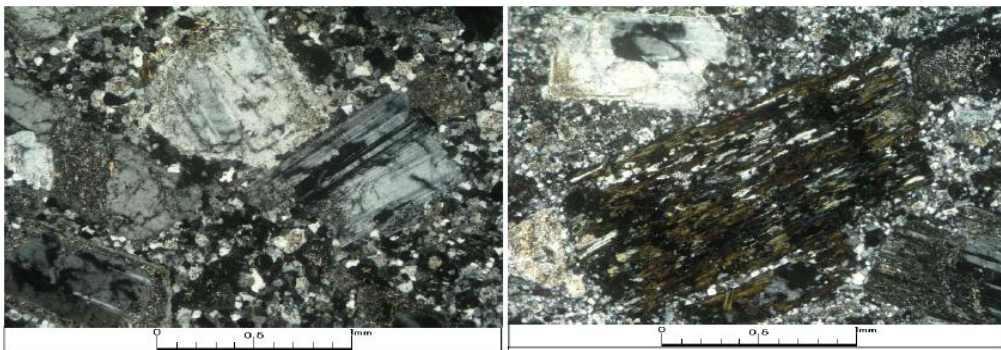
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>Porfido dacítico de biotita con alterado a albita, sericita y clorita. Es atravesada por una vetilla continua de cuarzo-feldespatos-K(clorita-sericita).</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 46 | Fenocristales subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos conservan sus maclas y presentan zonación |
| Cuarzo              | 26 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Biotita             | 8  | Cristales subhedrales alterados a clorita, epidota y sericita.   |
| Feldespatos         | 20 | En masa fundamental cristales subhedrales alterados a clorita, epidota y sericita.                         |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Albita                | 11 | Se encuentra alterando a las plagioclasas.  |
| Sericita              | 10 | Está alterando a las plagioclasas, feldespatos, biotita y de forma intersticial en vetilla. |
| Cuarzo                | 9  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |
| Clorita               | 8  | Como alteración de las biotitas, en vetilla y de forma intersticial.                        |
| Feldespatos-K         | 4  | De forma intersticial en vetillas.  |
| Epidota               | 3  | Alterando a las biotitas.   |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 45       |
| SCC                 | Moderado |
| ATE/Ksil            | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Fenocristales de plagioclasa alterados a sericita y albita en masa fundamental microfelsítica. Derecha: En el centro, cristal de biotita cloritado en masa fundamental microfelsítica alterada a sericita. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (77)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 242.70                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PQMD      |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

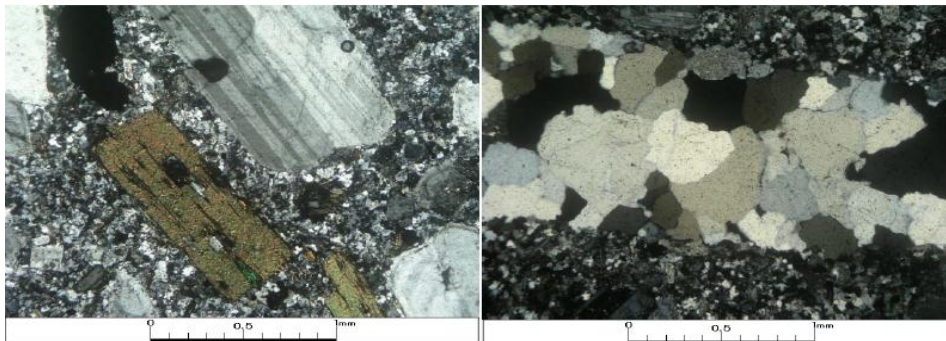
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>Porfido dacítico de biotita alterado levemente a albita, arcillas y clorita. Es atravesado por una fina vetilla continua y definida de cuarzo-opacosfeldespato-K.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 50 | Fenocristales subhedrales alterados a albita y arcillas. Algunos conservan sus maclas polisintéticas y presentan zonación. |
| Cuarzo              | 25 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Biotita             | 7  | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.   |
| Feldespato          | 18 | En masa fundamental cristales anhedrales alterados a arcillas.   |


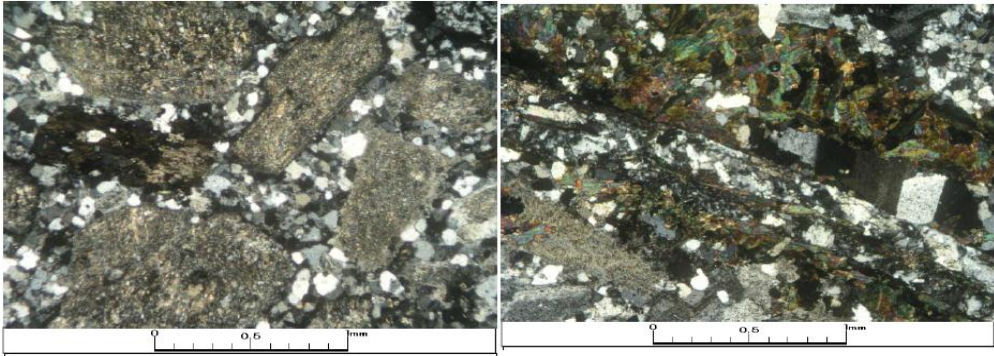
| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                      |
|-----------------------|----|---|
| Albita                | 10 | Está alterando a los fenocristales de plagioclasa.      |
| Cuarzo                | 8  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                  |
| Clorita               | 8  | Se encuentra alterando a biotita y de forma diseminada. |
| Arcillas              | 6  | Como alteración de plagioclasas y ortoclasa.            |
| Epidota               | 2  | Alterando a biotita.                                    |
| Feldsepato-K          | 2  | Rellenando vetillas.                                    |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 36       |
| ATE                 | Moderado |
| ClBt/Ksil           | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Fenocristales de plagioclasa y biotita con alteración de epidota a través de sus clivajes. Derecha: Vetilla continua y definida de cuarzo que atraviesa a la muestra. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

| <b>DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA</b>  |                              |   |                        |
|--|------------------------------|---|------------------------|
| <b>Nº Muestra: (78)</b>  |                              |   |                        |
| Hole ID  | Coord. Este                  | Coord. Norte  | Profundidad muestra[m] |
| LB4709   | 100101.17                    | 99386.44  | 386.25                 |
| Clasificación  | PQMD cortada pro vetilla C3A |   |                        |
| Textura  | Porfídica                    |   |                        |
| Descripción macro/microscópica general   |                              | Macrofotografía   |                        |
| <p>Pórfido dacítico alterado a albita, sericita y clorita. Es atravesado por una vetilla continua de turmalina-cuarzo con halo albítico del tipo C3A.</p>  |                              |   |                        |
| Minerales primarios  | %                            | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Plagioclasa  | 65                           | Cristales subhedrales alterados a albita, sericita, calcita y arcillas. Algunos conservan sus maclas polisintéticas y presentan zonación. |                        |
| Cuarzo   | 20                           | En masafudamental y escasos fenocristales. Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |                        |
| Feldespato   | 15                           | En masa fundamental cristales anhedrales alterados a arcillas.  |                        |
| Minerales secundarios  | %                            | Características/Modo de ocurrencia  |                        |
| Albita   | 9                            | Como alteración de los fenocristales de plagioclasa .   |                        |
| Sericita   | 8                            | Está alterando a los fenocristales de plagioclasa.  |                        |
| Cuarzo   | 6                            | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |                        |
| Turmalina  | 6                            | Se encuentra en halo de alteración y de forma diseminada en roca.   |                        |
| Arcillas   | 5                            | Está alterando a las plagioclasas y feldespatos.  |                        |
| Clorita  | 4                            | Se encuentra de forma intersticial.   |                        |
| Calcita  | 4                            | Alterando a los fenocristales de plagioclasas.  |                        |
| Alteraciones   | 42                           |   |                        |
| ATE  | Moderado                     |   |                        |
| SCC  | Moderado                     |   |                        |
| <b>Fotomicrografía</b>   |                              |   |                        |
|    |                              |   |                        |
| <p>Izquierda: fenocristales de plagioclasa sericitizados en masa fundamental de cuarzo y feldespato. Derecha: vetilla continua y definida de cuarzo con halo de alteración de turmalina. Aum.:5X10; Nic. Cruzados.</p> |                              |   |                        |



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (79)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 4.20                   |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

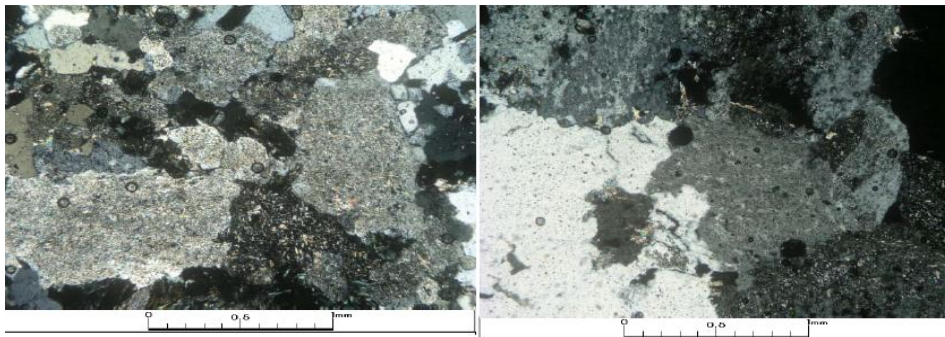
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM alterada a sericita, albita, clorita y arcillas. Es atravesada por una vetilla continua de cuarzo-feldespató-K- (cloritasericita).</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 78 | Cxs subhedrales alterados a albita, sericita y arcillas. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 10 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura pertítica.                   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 12 | Como alteración de los cristales de plagioclasas y de forma intersticial en vetilla. |
| Albita                | 10 | Está alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                            |
| Cuarzo                | 6  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.   |
| Feldespató-K          | 6  | Se encuentra rellenando vetillas.  |
| Clorita               | 5  | De color azul anómalo (tipo penninita) de forma intersticial en roca y en vetilla.   |
| Arcillas              | 5  | Alterando a los cristales de plagioclasas y ortoclasas.                              |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 44             |
| QS                  | Moderado-Debil |
| ATE                 | Debil          |

### Fotomicrografía



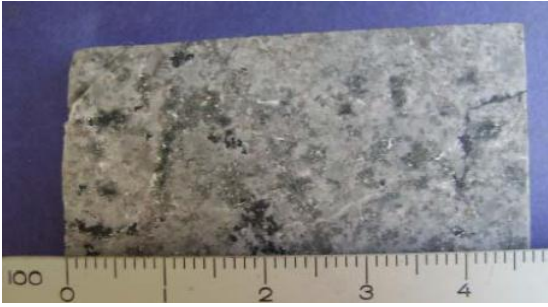
Izquierda: Cristales de plagioclasa alterados a albita, sericita y arcillas con cuarzo de aspecto fresco. Derecha: En la parte central cristales de ortoclasa alterados a arcillas con textura pertítica y cuarzo de aspecto fresco. **Aum.: 5X10; Nic. cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (80)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 434.00                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

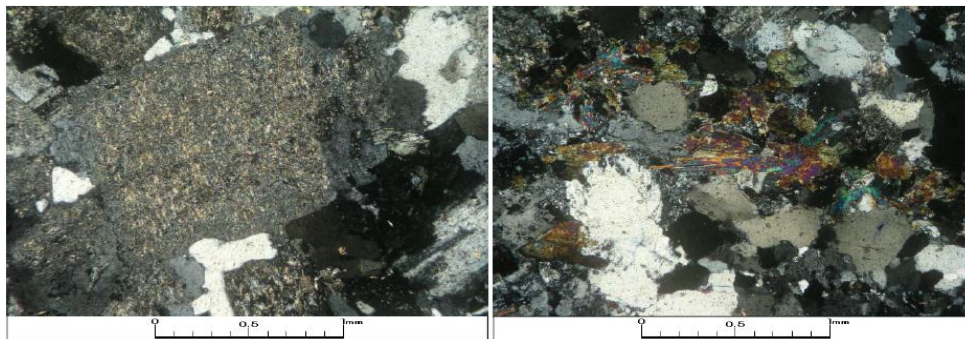
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| QM alterada a sericita, albita, clorita y turmalina. Es atravesada por una vetilla continua y poco definida de cuarzo-opacos. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 72 | Cristales alterados a albita, sericita, arcillas y calcita. Algunos conservan maclas polisintéticas |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 12 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura peritítica.                    |
| Biotita             | 6  | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 12 | Está alterando a las plagioclasas.  |
| Albita                | 10 | Como alteración de los cristales de plagioclasas.                         |
| Clorita               | 6  | Se encuentra de forma intersticial y alterando a biotitas.                |
| Turmalina             | 6  | Cristales diseminados.  |
| Arcillas              | 4  | Como alteración de las ortoclasas y plagioclasas.                         |
| Calcita               | 4  | Alterando a las plagioclasas, de forma intersticial y asociada a clorita. |
| Cuarzo                | 4  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                                    |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| <b>Alteraciones</b> | 46               |
| SCC                 | Moderado-Intenso |
| ATE                 | Moderado         |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristales de plagioclasas sericitizados y cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Cristales de turmalina con hábito acicular radial diseminados. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

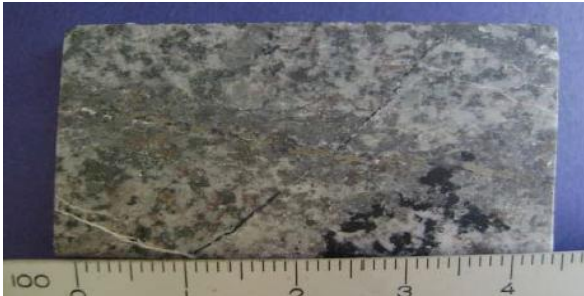


## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (81)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 459.60                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

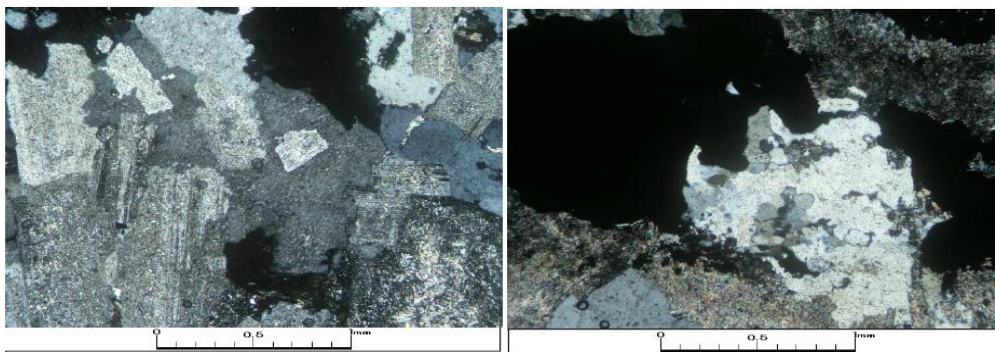
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QM de biotita alterada a sericita, albita, arcillas y clorita. Es atravesada por una vetilla continua de opacos-cuarzo con halo de alteración poco definido de sericita-feldespato-k.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 64 | Cxs subhedrales alterados levemente a albita y sericita. Alguno conservan maclas polisintéticas y presentan zonación. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 16 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura perfitica.                                       |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                 |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 14 | Alterando a los cristales de plagioclasas y en halo de alteración. |
| Albita                | 9  | Está alterando a los cristales de biotita.                         |
| Cuarzo                | 7  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                             |
| Arcillas              | 6  | Como alteración de ortoclasas.                                     |
| Clorita               | 5  | Se encuentra alterando a biotitas.                                 |
| Feldespato-K          | 4  | De forma diseminada en halo de alteración.                         |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| <b>Alteraciones</b> | 45               |
| QS                  | Moderado-intenso |
| ATE/CIBt            | Moderado-Debil   |

### Fotomicrografía



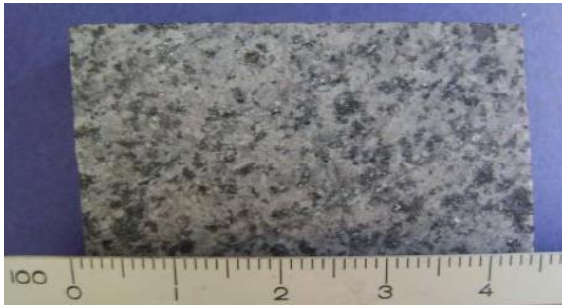
Izquierda: Textura hipidiomórfica granular, formada por cristales de plagioclasa alterados a albita y sericita, ortoclasa alterado a arcillas y cuarzo de aspecto fresco.  
Derecha: Vetilla continua y definida de opacos-cuarzo con halo sericítico. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (82)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 466.10                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

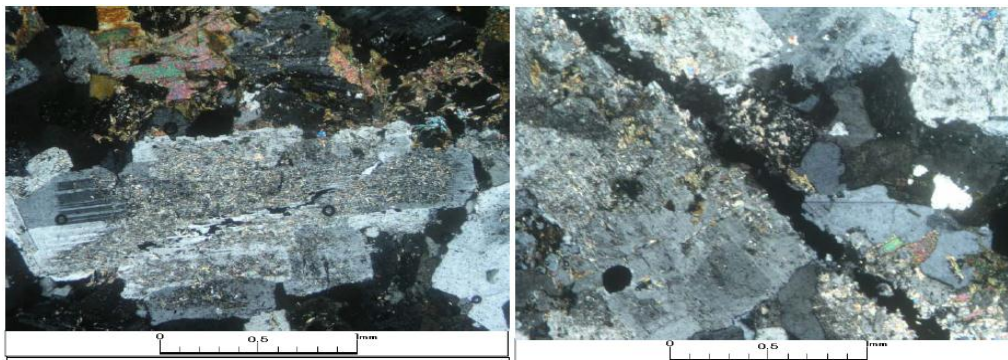
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| QM de biotita alterada a sericita, albita, biotita y clorita. Es atravesada por finas vetillas continuas de cuarzo-opacos. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 68 | Cristales subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 12 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 10 | Cristales anhedrales alterados a arcillas y sericita.   |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales cloritizados.   |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|---|---|
| Albita                | 9 | Está alterando a plagioclasas y en vetilla.                                     |
| Biotita               | 9 | Alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                            |
| Clorita               | 6 | Como alteración de las biotitas, de forma intersticial y en halo de alteración. |
| Sericita              | 5 | En halo de alteración y alterando a plagioclasas.                               |
| Arcillas              | 5 | Se encuentra alterando a plagioclasas y ortoclasa.                              |
| Cuarzo                | 3 | Cuarzo secundario rellenando vetillas.  |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 37       |
| QS                  | Moderado |
| ATE                 | Moderada |

### Fotomicrografía



Izquierda: Plagioclasa alterada a albita en sus bordes y a sericita en su parte central con biotita diseminada. Derecha: Se observa fina vetilla de cuarzo-opacos que atraviesa a la muestra. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (83)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB4709  | 100101.17   | 99386.44     | 55.45                  |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QM                      |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

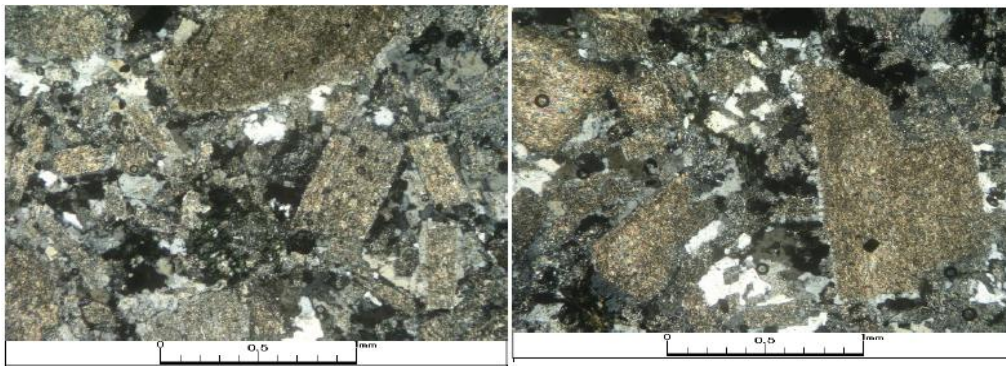
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QM de biotita alterada a sericita, albita y clorita. En el sector izquierdo de la foto se observa un aumento de tamaño de los cristales.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 60 | Cristales subhedrales mayores a 0,5 mm están alterados a albita, sericita y arcillas. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Ortoclasa           | 15 | Cristales anhedrales alterados a arcillas. Algunos presentan textura perfitica.  |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 16 | Como alteración de los cristales de plagioclasas.                 |
| Albita                | 12 | Alterando a los cristales de plagioclasas a partir de sus bordes. |
| Clorita               | 10 | De forma intersticial y alterando a biotitas.                     |
| Arcillas              | 6  | Está alterando a ortoclasas y plagioclasas.                       |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| <b>Alteraciones</b> | 44               |
| SCC                 | Moderado-intenso |

### Fotomicrografía



Izquierda: Fenocristales de plagioclasa alterados a sericita y albita a partir de sus bordes con cuarzo de aspecto fresco. Derecha: Se observan cristales de plagioclasa de mayor tamaño junto a cuarzo y feldspatos intercrecidos, alterados a sericita. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**




## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (84)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB6906  | 100181.30   | 100345.45    | 259.80                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

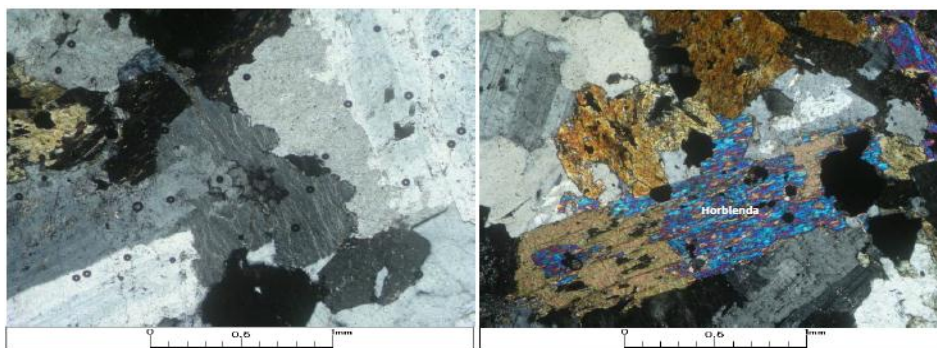
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QMD constituida por cristales subhedrales de plagioclasa alterados a sericita, calcita y albita, cuarzo de aspecto fresco, ortoclasa argilizada, algunos cristales presenta textura pertítica, hornblenda alterada a biotita secundaria y clorita y biotita cloritizada. Se observa calcita intersticial.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 54 | Cxs subhedrales alterados a ser, cal y ab. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 14 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 12 | Cristales anhedrales con textura pertítica, se encuentran alterados a arcillas.     |
| Hornblenda          | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita y biotita.                                |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |

| Minerales secundarios | % | Características/Modo de ocurrencia                                      |
|-----------------------|---|---|
| Sericita              | 9 | Como alteración de las plagioclasas.                                    |
| Clorita               | 8 | Se encuentra alterando a los cristales de hornblenda y biotita.         |
| Arcillas              | 6 | Está alterando a las ortoclasas.  |
| Albita                | 4 | Alterando levemente a los cristales de plagioclasas.                    |
| Calcita               | 3 | Está alterando a los cristales de plagioclasas y de forma intersticial. |

|                     |    |
|---------------------|----|
| <b>Alteraciones</b> | 30 |
| CIBt                |    |

## Fotomicrografía



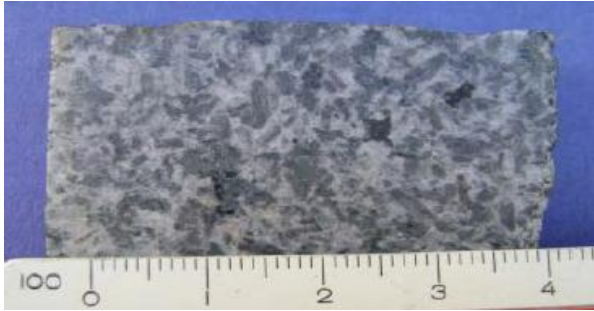
Izquierda: Textura hipidiomórfica granular formada por cristales de plagioclasa albitizada, ortoclasa pertítica y hornblenda. Derecha: En la parte central cristales de plagioclasa y hornblenda diseminados con cuarzo intersticial. Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (85)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB6906  | 100181.30   | 100345.45    | 385.40                 |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Clasificación</b> | QMD                     |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular |

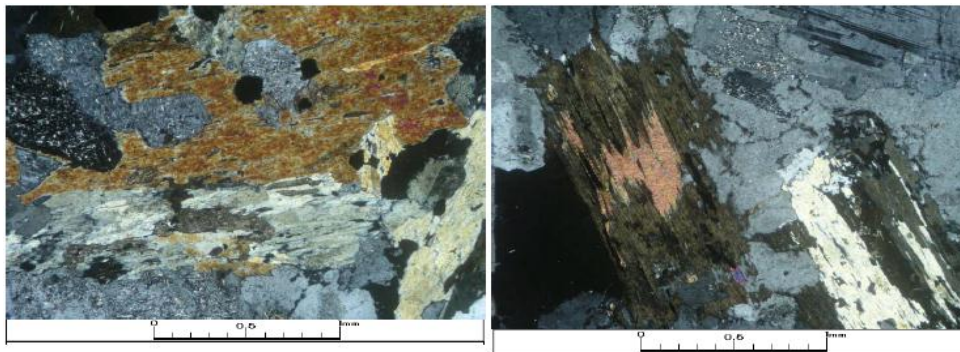
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| <p>QMD constituida por cristales subhedrales de plagioclasa alterados a albita y sericita, cuarzo anhedral de aspecto fresco, ortoclasa perfitica alterada levemente a arcillas, hornblenda alterada a clorita y biotita alterada a clorita y epidota.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 59 | Cxs subhedrales alterados a albita y sericita. Algunos conservan maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 10 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 6  | Cxs anhedrales alterados levemente a arcillas. Algunos presentan textura perfitica.     |
| Hornblenda          | 15 | Cristales subhedrales alterados a clorita.  |
| Biotita             | 10 | Cristales subhedrales alterados a clorita y epidota.                                    |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Albita                | 10 | Como alteración de las plagioclasas  |
| Sericita              | 8  | Alterando a los cristales de plagioclasa.                                  |
| Clorita               | 5  | Se encuentra de forma intersticial y alterando a las hornblenda y biotita. |
| Arcillas              | 4  | Está alterando a los cristales de ortoclasa.                               |
| Epidota               | 2  | Cristales con hábito granular alterando a las biotitas.                    |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 29             |
| CIBt                | Moderado-debil |
| ATE/QS              | Debil          |

### Fotomicrografía



Izquierda: Plagioclasa alterada a sericita con hornblenda diseminada. Derecha: cristales de plagioclasa , ortoclasa intersticial, hornblenda y biotita cloritizada. Aum.: 5X10;  
Nic. Cruzados.



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (86)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB9406  | 100745.98   | 99734.86     | 326.70                 |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Clasificación</b> | QMD brechoza                                    |
| <b>Textura</b>       | Hipidiomórfica granular, en sectores obliterada |

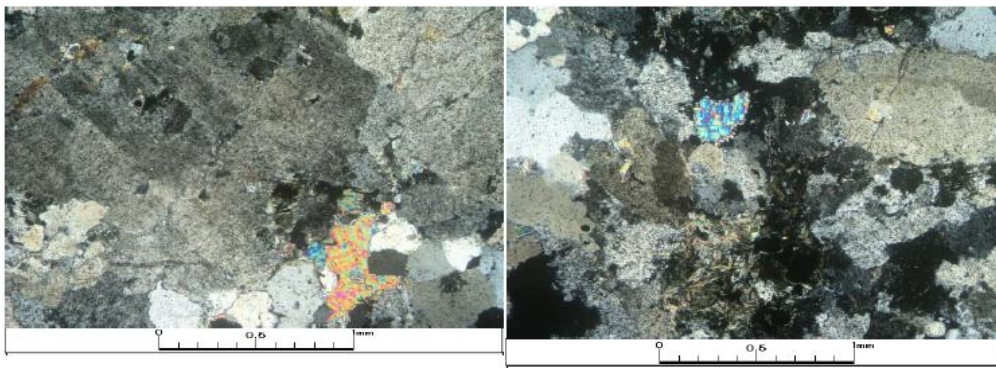
| Descripción macro/microscópica general  | Macrofotografía  |
|---|--|
| <p>QMD de aspecto brechoza argilizada y sericitizada con anhidrita diseminada. La muestra está constituida por cristales de plagioclasas alterados a arcillas, sericita y albita, cuarzo anhedral de aspecto fresco y ortoclasa alterada a arcillas, algunos cristales presentan textura pertítica.</p> |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 68 | Cristales alterados a arcillas, sericita y albita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 14 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Ortoclasa           | 18 | Cristales anhedrales pertíticos argilizados.  |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                       |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 14 | Alterando a los cristales de ortoclasa y plagioclasa                     |
| Sericita              | 12 | Está alterando a los cristales de plagioclasas y de forma intersticial.  |
| Albita                | 7  | Como alteración de los cristales de plagioclasas a partir de sus bordes. |
| Anhidrita             | 7  | Cristales subhedrales diseminados.                                       |
| Clorita               | 5  | Se encuentra de forma intersticial.                                      |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 45       |
| QS                  | Moderado |
| ATE                 | Moderado |

### Fotomicrografía



Izquierda: Cristales de plagioclasas argilizados, cuarzo de aspecto fresco y anhidrita intersticial. Derecha: Se observan ortoclasas argilizadas, cuarzo de aspecto fresco con cristales de clorita y anhidrita intersticiales. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (87)

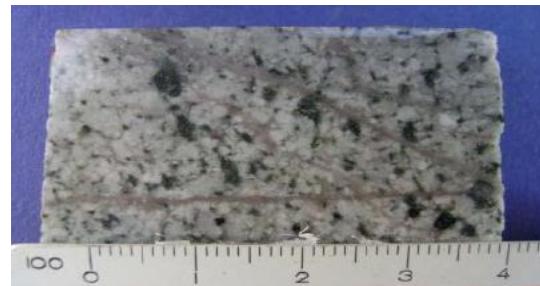
| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB9406  | 100745.98   | 99734.86     | 356.40                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PQM       |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

### Descripción macro/microscópica general

PQM alterado a sericita, clorita, albita, arcillas y anhidrita. Es atravesado por finas vetillas continuas y definidas de cuarzo anhidrita.

### Macrofotografía

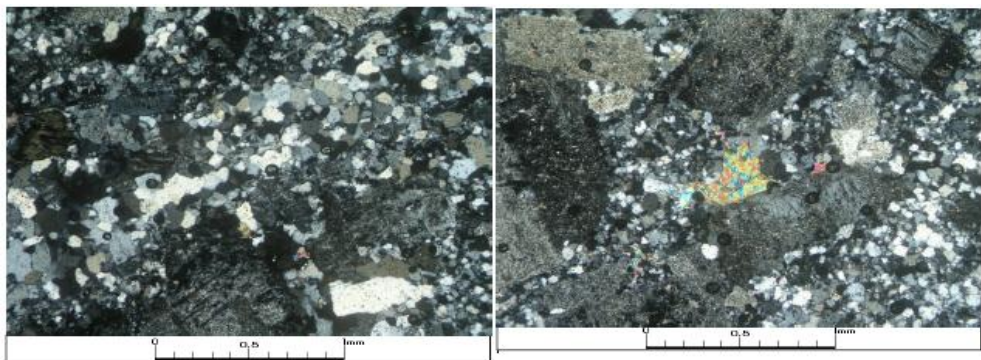


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|---------------------|----|---|
| Plagioclasa         | 47 | Fenocristales subhedrales alterados a albita, sericita, arcillas, anhidrita y calcita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Feldespato          | 26 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.   |
| Cuarzo              | 27 | Cristales anhedrales alterados a sericita y arcillas.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia  |
|-----------------------|----|---|
| Sericita              | 10 | Está alterando a las plagioclasas y a los feldespatos.                    |
| Clorita               | 8  | Cristales subhedrales diseminados.  |
| Albita                | 7  | Alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                      |
| Arcillas              | 7  | Como alteración de las plagioclasas y a los feldespatos.                  |
| Anhidrita             | 6  | De forma diseminada en matriz, en vetilla y alterando a las plagioclasas. |
| Cuarzo                | 3  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                                    |
| Calcita/Epidota       | 4  | Se encuentra alterando a las plagioclasas/Asociados a clorita..           |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 45       |
| ClEp                | Moderado |
| QS/Ksil             | Moderado |

### Fotomicrografía



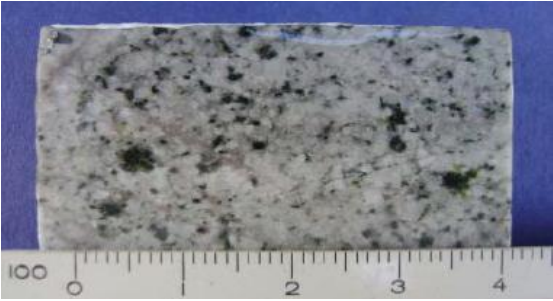
Izquierda: En la parte central, fina vetilla continua de cuarzo de bordes poco definidos. Derecha: Fenocristales de plagioclasa alterados a sericita y arcillas en masa fundamental microfelsítica con anhidrita intersticial. Aum.: 5X10; Nic. cruzados.

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (88)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB9406  | 100745.98   | 99734.86     | 366.45                 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Clasificación</b> | PQM       |
| <b>Textura</b>       | Porfídica |

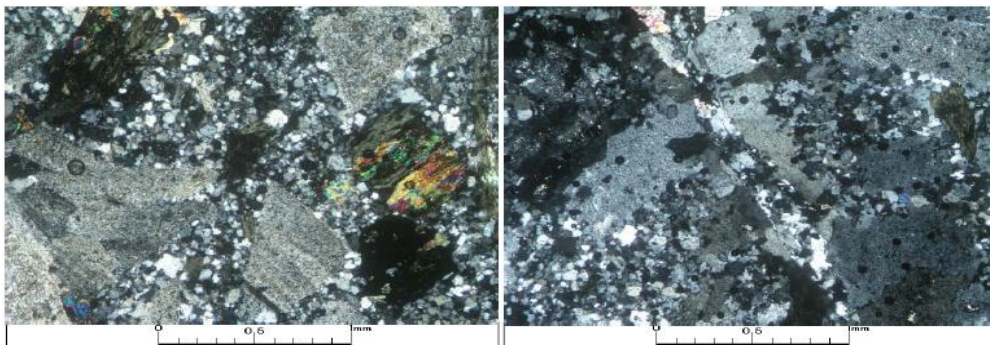
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| PQM alterado a arcillas, sericita, albita, clorita y anhidrita. Es atravesado por finas vetillas continuas de cuarzoanhidrita. |  |

| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 30 | Fenocristales subhedrales alterados a albita, sericita, arcillas y anhidrita. Algunos conservan sus maclas polisintéticas. |
| Cuarzo              | 28 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Feldespato          | 42 | Cristales anhedrales alterados a sericita.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Arcillas              | 11 | Se encuentra alterando a los cristales de plagioclasas y feldespatos.                    |
| Sericita              | 9  | Alterando a las plagioclasas y a los feldespatos.  |
| Albita                | 8  | Está alterando a las plagioclasas a partir de sus bordes.                                |
| Clorita               | 8  | Cristales subhedrales diseminados, algunos se encuentran asociados a epidota.            |
| Anhidrita             | 5  | Está de forma diseminada en masa fundamental, alterando a las plagioclasas y en vetilla. |
| Cuarzo                | 3  | Como cuarzo secundario rellenando vetillas.  |
| Epidota               | 3  | Cristales granulares diseminados y asociados a clorita.                                  |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 47       |
| ClEp                | Moderado |
| QS/Ksil             | Debil    |

### Fotomicrografía



Izquierda: Textura porfídica formada por fenocristales de alterados a albita y arcillas en masa fundamental microfelsítica con clorita y epidota diseminada. Derecha: Fina vetilla poco definida de anhidrita que atraviesa a la muestra. Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.



## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (89)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB9406  | 100745.98   | 99734.86     | 68.20                  |

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| <b>Clasificación</b> | Brecha Central |
| <b>Textura</b>       | Brechoza       |

### Descripción macro/microscópica general

Brecha volcánica con clastos subredondeados argilizados, sericitizados y cloritizados. En la parte central es atravesada por una vetilla continua de cuarzoopacos-anhidrita con halo de alteración de sericita-turmalina.

### Macrofotografía

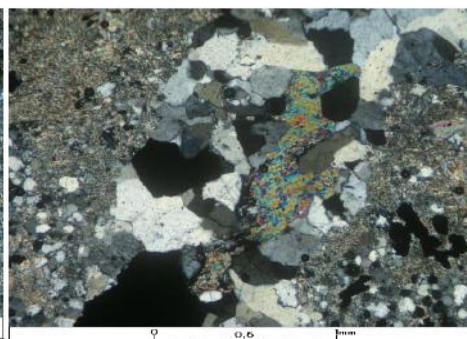
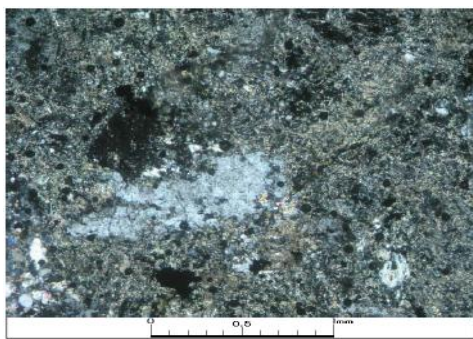


| Minerales primarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|---------------------|----|--|
| Plagioclasa         | 40 | Cristales angulosos diseminados. Se encuentran alterados a arcillas, albita y anhidrita. |
| Cuarzo              | 35 | Cristales anhedrales de aspecto fresco.  |
| Polvo de roca       | 25 | De forma intersticial.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|-----------------------|----|--|
| Sericita              | 10 | Como alteración de los fragmentos.   |
| Arcillas              | 10 | Se encuentra alterando a los fragmentos y a las plagioclasas.                            |
| Clorita               | 9  | Alterando a los fragmentos y de forma intersticial en la matriz.                         |
| Anhidrita             | 7  | Cristales subhedrales diseminados en matriz, en vetillas y alterando a las plagioclasas. |
| Turmalina             | 4  | De forma diseminada en matriz y en halo de alteración.                                   |
| Albita                | 4  | Está alterando a las plagioclasas.   |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| <b>Alteraciones</b> | 44       |
| QS                  | Moderado |
| ATE                 | Debil    |

### Fotomicrografía



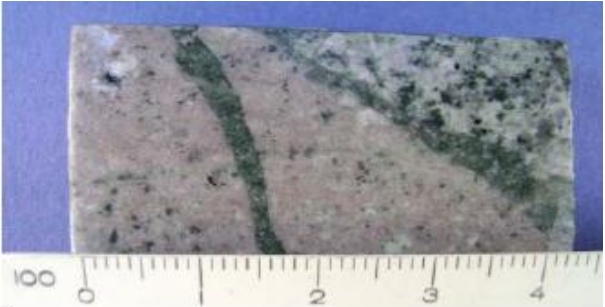
Izquierda: Aspecto general de los fragmentos. Se encuentran argilizados y sericitizados con clorita intersticial. Se observa relicto de fenocristal de plagioclasa. Derecha: Vetilla continua y definida de cuarzo-opacos-anhidrita con halo de alteración sericítico. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**

## DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

Nº Muestra: (90)

| Hole ID | Coord. Este | Coord. Norte | Profundidad muestra[m] |
|---------|-------------|--------------|------------------------|
| LB9406  | 100745.98   | 99734.86     | 76.10                  |

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| <b>Clasificación</b> | Brecha Central |
| <b>Textura</b>       | Brechoza       |

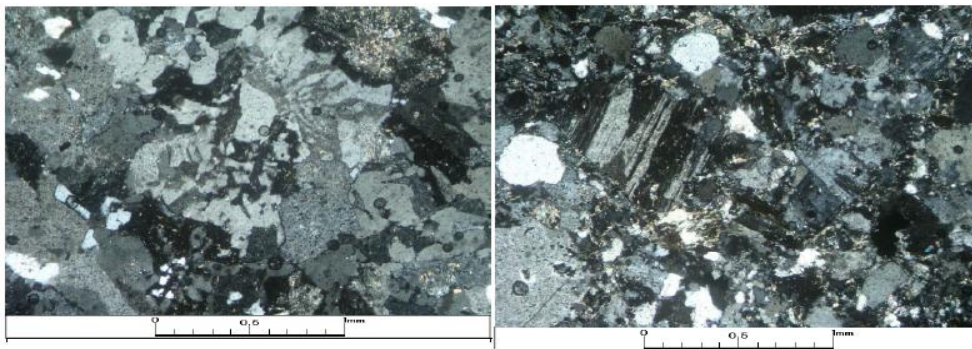
| Descripción macro/microscópica general   | Macrofotografía  |
|--|--|
| Brecha hidrotermal de turmalina con fragmentos de monzodiorita cuarcífera alterada a arcillas y sericita y fragmentos sericitizados. Los fragmentos son atravesados por una fina vetilla de cuarzo-sericita. |  |

| Minerales primarios    | %  | Características/Modo de ocurrencia   |
|------------------------|----|--|
| Plagioclasa/Feldespato | 55 | Cristales angulosos diseminados. Se encuentran alterados a arcillas, albita y anhidrita. |
| Cuarzo                 | 20 | Cristales anhedral de aspecto fresco.  |
| Polvo de roca          | 25 | De forma intersticial.   |

| Minerales secundarios | %  | Características/Modo de ocurrencia                                      |
|-----------------------|----|---|
| Arcillas              | 12 | Alterando a los cristales de plagioclasa y ortoclasa.                   |
| Sericita              | 11 | Como alteración de las plagioclasas, de forma diseminada y en vetillas. |
| Clorita               | 7  | De forma intersticial en fragmentos y en matriz.                        |
| Albita                | 6  | Como alteración de las plagioclasas                                     |
| Turmalina             | 6  | Cristales con hábito acicular radial diseminados en la matriz.          |
| Cuarzo                | 3  | Cuarzo secundario rellenando vetillas.                                  |
| Anhidrita             | 2  | Se encuentra de forma diseminada en matriz.                             |

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <b>Alteraciones</b> | 47             |
| QS                  | Moderado       |
| ATE                 | Moderado-Debil |

### Fotomicrografía



Izquierda: Textura de intercrecimiento mirmequítico entre cuarzo y ortoclasa argilizada. Derecha: Aspecto general de la matriz compuesta por fragmentos de cristales angulosos de plagioclasa/feldespato, cuarzo, turmalina y polvo de roca con sericita intersticial. **Aum.: 5X10; Nic. Cruzados.**



## **ANEXO C**

### **BASE DE DATOS MODELO – MAPEO DE ALTERACIÓN**

| HOLEID    | GEOLFROM | GEOLTO | Grupo  | AI   | A1   | A2   | A3    | I1 | I2 | I3 | P1 | P2 | P3 |
|-----------|----------|--------|--------|------|------|------|-------|----|----|----|----|----|----|
| BB1020004 | 0        | 23.8   | SI     | SI   | SI   | SI   | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| BB1020004 | 23.8     | 46     | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 3  | 2  | 6  | 2  | 2  |
| BB1020004 | 46       | 84.65  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 4  | 2  | 6  | 4  | 2  |
| BB1020004 | 84.65    | 100.25 | PropCl | QS   | QS   | SCC  | SI    | 8  | 9  | -1 | 9  | 4  | -1 |
| BB1020004 | 100.25   | 141.2  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 5  | 2  | 5  | 4  | 2  |
| BB1020004 | 141.2    | 205    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | QS    | 5  | 4  | 2  | 4  | 4  | 3  |
| BB1020004 | 205      | 255    | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 6  | 2  | 5  | 4  | 3  |
| BB1020004 | 255      | 281.65 | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SCC   | 7  | 5  | 5  | 7  | 4  | 2  |
| BB1020004 | 281.65   | 351.8  | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | ATE   | 9  | 5  | 5  | 6  | 5  | 3  |
| BB1020004 | 351.8    | 395.5  | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | ATE   | 8  | 5  | 3  | 7  | 5  | 3  |
| BB1020004 | 395.5    | 415    | Fil    | CIBt | CIBt | ATE  | SCC   | 6  | 3  | 1  | 6  | 3  | 1  |
| BB1020004 | 415      | 450    | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | CIBt  | 6  | 5  | 3  | 4  | 3  | 3  |
| BB1020004 | 450      | 470.5  | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | CIBt  | 8  | 7  | 2  | 8  | 7  | 2  |
| BB1020004 | 470.5    | 487.3  | Fil    | CIBt | CIBt | SCC  | QS    | 5  | 4  | 6  | 4  | 4  | 3  |
| BB1020004 | 487.3    | 560.45 | Fil    | QS   | QS   | SCC  | CIBt  | 8  | 6  | 4  | 6  | 6  | 4  |
| E1057505  | 0        | 112.75 | SI     | SI   | SI   | SI   | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| E1057505  | 112.75   | 220.5  | Fil    | QS   | QS   | CIBt | Ksill | 9  | 3  | 1  | 8  | 2  | 1  |
| E1057505  | 220.5    | 388.05 | Fil    | QS   | QS   | SCC  | SI    | 8  | 8  | -1 | 8  | 6  | -1 |
| E1057505  | 388.05   | 448.05 | Fil    | QS   | QS   | CIBt | SI    | 7  | 3  | -1 | 5  | 2  | -1 |
| E1057505  | 448.05   | 454.75 | Fil    | QS   | QS   | CIBt | SI    | 7  | 2  | -1 | 5  | 2  | -1 |
| E1057505  | 454.75   | 493.8  | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | CIBt  | 8  | 6  | 2  | 8  | 4  | 2  |
| E1057505  | 493.8    | 541.9  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 6  | 5  | 3  | 5  | 4  | 3  |
| E1057505  | 541.9    | 588    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV   | 6  | 4  | 4  | 5  | 4  | 2  |
| E1057505  | 588      | 631.15 | PropCl | SCC  | SCC  | CIBt | ATE   | 6  | 4  | 4  | 5  | 2  | 1  |
| E1057505  | 631.15   | 693    | PropCl | CIBt | CIBt | SCC  | ATE   | 6  | 6  | 3  | 5  | 3  | 3  |
| E1057505  | 693      | 787.9  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV   | 6  | 5  | 5  | 5  | 4  | 3  |

|           |        |        |        |      |      |      |       |    |    |    |    |    |    |
|-----------|--------|--------|--------|------|------|------|-------|----|----|----|----|----|----|
| E1107505A | 0      | 51.25  | SI     | SI   | SI   | SI   | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| E1107505A | 51.25  | 80     | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | QS    | 6  | 3  | 2  | 5  | 4  | 1  |
| E1107505A | 80     | 135.9  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 4  | 3  | 5  | 3  | 2  |
| E1107505A | 135.9  | 144.5  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 5  | 3  | 4  | 3  | 3  |
| E1107505A | 144.5  | 153    | PropCl | QS   | QS   | SCC  | SI    | 6  | 6  | -1 | 5  | 5  | -1 |
| E1107505A | 153    | 172.4  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 6  | 5  | 4  | 5  | 4  | 3  |
| E1107505A | 172.4  | 204.2  | PropCl | CIBt | QS   | CIBt | ATE   | 5  | 4  | 2  | 4  | 3  | 2  |
| E1107505A | 204.2  | 242.85 | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 5  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  |
| E1107505A | 242.85 | 258.4  | Fil    | QS   | QS   | CIBt | ATE   | 6  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  |
| E1107505A | 258.4  | 306    | Fil    | QS   | CIBt | QS   | ATE   | 6  | 6  | 3  | 5  | 4  | 3  |
| E1107505A | 306    | 401.5  | Fil    | QS   | QS   | CIBt | ATE   | 6  | 5  | 3  | 5  | 5  | 3  |
| E1107505A | 401.5  | 502.7  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 6  | 5  | 3  | 5  | 4  | 3  |
| E1107505A | 502.7  | 507.9  | PropCl | QS   | QS   | SGV  | CIBt  | 10 | 6  | 2  | 9  | 6  | 2  |
| E1107505A | 507.9  | 634.45 | PropCl | CIBt | CIBt | SCC  | ATE   | 6  | 6  | 3  | 5  | 3  | 3  |
| E1107505A | 634.45 | 675.6  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | SCC   | 6  | 6  | 4  | 5  | 4  | 1  |
| E1107505A | 675.6  | 697.8  | PropCl | QS   | QS   | SCC  | SI    | 8  | 8  | -1 | 8  | 6  | -1 |
| E1107505A | 697.8  | 731    | PropCl | QS   | QS   | CIBt | ATE   | 6  | 5  | 1  | 4  | 5  | 1  |
| E1107505A | 731    | 741    | PropCl | QS   | QS   | SCC  | CIBt  | 8  | 6  | 4  | 8  | 5  | 2  |
| E1107505A | 741    | 822.6  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 6  | 6  | 1  | 5  | 4  | 1  |
| E1107505A | 822.6  | 898.95 | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 7  | 6  | 2  | 6  | 4  | 2  |
| E1107505A | 898.95 | 932.3  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 7  | 5  | 2  | 6  | 4  | 2  |
| E1107505A | 932.3  | 964.2  | PropCl | CIBt | CIBt | QS   | ATE   | 7  | 5  | 2  | 6  | 4  | 2  |
| E1107505A | 964.2  | 1091.3 | Pot    | CIBt | CIBt | SGV  | QS    | 8  | 6  | 6  | 7  | 4  | 3  |
| E1107505A | 1091.3 | 1120   | Pot    | CIBt | CIBt | QS   | Ksill | 7  | 5  | 3  | 6  | 4  | 2  |
| EE095005  | 0      | 44     | PropCl | ClEp | ClEp | ATE  | QS    | 4  | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  |
| EE095005  | 44     | 50.7   | PropCl | ClEp | ClEp | ATE  | CIBt  | 5  | 4  | 2  | 3  | 3  | 2  |
| EE095005  | 50.7   | 80     | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | QS    | 7  | 3  | 3  | 6  | 3  | 2  |
| EE095005  | 80     | 115.35 | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | CIBt  | 6  | 3  | 2  | 5  | 3  | 2  |
| EE095005  | 115.35 | 158.7  | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | SI    | 9  | 9  | -1 | 8  | 7  | -1 |
| EE095005  | 158.7  | 212.65 | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | QS    | 8  | 4  | 5  | 6  | 4  | 2  |

|           |        |        |        |      |       |       |       |    |    |    |    |    |    |
|-----------|--------|--------|--------|------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|
| EE095005  | 212.65 | 284    | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | QS    | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 2  |
| EE095005  | 284    | 303.5  | PropCl | SCC  | SCC   | ATE   | CIBt  | 7  | 2  | 2  | 5  | 2  | 2  |
| EE095005  | 303.5  | 330.6  | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | QS    | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 2  |
| EE095005  | 330.6  | 353.25 | Fil    | SCC  | SCC   | ATE   | CIBt  | 5  | 3  | 3  | 5  | 3  | 3  |
| EE095005  | 353.25 | 374.5  | Fil    | QS   | SCC   | QS    | CIBt  | 9  | 8  | 1  | 7  | 3  | 1  |
| EE095005  | 374.5  | 435.4  | PropAb | ATE  | ATE   | CIBt  | SCC   | 7  | 5  | 7  | 7  | 5  | 2  |
| EE095005  | 435.4  | 587    | Fil    | QS   | QS    | CIBt  | Ksill | 8  | 5  | 6  | 7  | 5  | 2  |
| EE095005  | 587    | 651.8  | Pot    | CIBt | CIBt  | Ksill | QS    | 7  | 6  | 5  | 8  | 6  | 2  |
| EE095005  | 651.8  | 670    | Fil    | QS   | QS    | SGV   | SI    | 5  | 5  | -1 | 5  | 2  | -1 |
| EE095005  | 670    | 685    | Fil    | QS   | QS    | CIBt  | SI    | 9  | 4  | -1 | 8  | 2  | -1 |
| EE095005  | 685    | 711.5  | Fil    | QS   | QS    | CIBt  | SI    | 6  | 5  | -1 | 4  | 3  | -1 |
| EE095005  | 711.5  | 880.7  | Pot    | Ksil | CIBt  | Ksill | QS    | 5  | 5  | 5  | 5  | 2  | 2  |
| FF2010005 | 0      | 45.3   | SI     | SI   | SI    | SI    | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| FF2010005 | 45.3   | 107.2  | Fil    | QS   | QS    | ATE   | CIBt  | 7  | 5  | 3  | 6  | 4  | 2  |
| FF2010005 | 107.2  | 160    | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | QS    | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 1  |
| FF2010005 | 160    | 164    | PropCl | CIBt | Ksill | CIBt  | SI    | 4  | 4  | -1 | 3  | 2  | -1 |
| FF2010005 | 164    | 186    | PropCl | QS   | QS    | ATE   | CIBt  | 6  | 3  | 3  | 6  | 3  | 3  |
| FF2010005 | 186    | 205    | PropCl | ClEp | ClEp  | ATE   | QS    | 5  | 2  | 3  | 5  | 2  | 3  |
| FF2010005 | 205    | 225.7  | PropCl | ATE  | ATE   | ClEp  | SI    | 4  | 4  | -1 | 4  | 6  | -1 |
| FF2010005 | 225.7  | 264    | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | QS    | 5  | 2  | 3  | 5  | 2  | 3  |
| FF2010005 | 264    | 348.55 | PropCl | QS   | QS    | CIBt  | ATE   | 7  | 5  | 2  | 3  | 5  | 2  |
| FF2010005 | 348.55 | 397.65 | Fil    | SCC  | SCC   | CIBt  | ATE   | 8  | 4  | 2  | 4  | 3  | 2  |
| FF2010005 | 397.65 | 426    | Fil    | SCC  | SCC   | QS    | ATE   | 8  | 4  | 3  | 8  | 1  | 1  |
| FF2010005 | 426    | 492.65 | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | QS    | 5  | 3  | 5  | 7  | 5  | 1  |
| FF2010005 | 492.65 | 539.5  | PropCl | CIBt | CIBt  | SGV   | QS    | 5  | 4  | 3  | 8  | 1  | 1  |
| FF2010005 | 539.5  | 673.8  | PropCl | CIBt | CIBt  | SGV   | QS    | 5  | 5  | 5  | 6  | 4  | 2  |
| FF2010005 | 673.8  | 699.9  | PropCl | SCC  | SCC   | QS    | ATE   | 8  | 5  | 4  | 7  | 2  | 1  |
| LB110032  | 0      | 69     | SI     | SI   | SI    | SI    | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB110032  | 69     | 91.35  | Fil    | QS   | QS    | SI    | SI    | 8  | -1 | -1 | 8  | -1 | -1 |
| LB110032  | 91.35  | 115    | Fil    | QS   | QS    | SI    | SI    | 7  | -1 | -1 | 7  | -1 | -1 |

|          |        |        |        |      |      |      |      |   |   |    |   |   |    |
|----------|--------|--------|--------|------|------|------|------|---|---|----|---|---|----|
| LB110032 | 115    | 125.3  | Fil    | ClEp | ATE  | ClEp | QS   | 5 | 4 | 4  | 5 | 3 | 2  |
| LB110032 | 125.3  | 140    | Fil    | ClEp | ClEp | ATE  | QS   | 5 | 3 | 1  | 3 | 3 | 1  |
| LB110032 | 140    | 175    | Fil    | SI   | SCC  | QS   | ATE  | 5 | 2 | 5  | 5 | 2 | 2  |
| LB110032 | 175    | 195    | Fil    | ClEp | ClEp | ATE  | SCC  | 6 | 4 | 3  | 4 | 4 | 2  |
| LB110032 | 195    | 200    | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | SI   | 5 | 5 | -1 | 5 | 2 | -1 |
| LB110032 | 200    | 276.45 | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | QS   | 5 | 3 | 5  | 5 | 3 | 2  |
| LB110032 | 276.45 | 310    | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | QS   | 4 | 3 | 4  | 4 | 3 | 2  |
| LB110032 | 310    | 338    | Fil    | ClEp | ATE  | ClEp | SI   | 3 | 2 | -1 | 3 | 2 | -1 |
| LB110032 | 338    | 382    | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | QS   | 5 | 3 | 4  | 4 | 3 | 1  |
| LB110032 | 382    | 440    | PropCl | ClEp | ClEp | QS   | SGV  | 6 | 4 | 3  | 6 | 4 | 2  |
| LB110032 | 440    | 506    | PropAb | ATE  | ATE  | ClEp | QS   | 6 | 4 | 2  | 6 | 4 | 2  |
| LB110032 | 506    | 516    | PropCl | CIBt | CIBt | SGV  | SI   | 5 | 5 | -1 | 5 | 2 | -1 |
| LB110032 | 516    | 531    | PropCl | CIBt | SCC  | SGV  | SI   | 7 | 6 | -1 | 4 | 3 | -1 |
| LB110032 | 531    | 545    | PropCl | CIBt | CIBt | SGV  | ATE  | 5 | 5 | 3  | 5 | 2 | 3  |
| LB110032 | 545    | 554.6  | PropCl | CIBt | ATE  | ClEp | SGV  | 6 | 4 | 4  | 6 | 4 | 1  |
| LB110032 | 554.6  | 557.85 | PropCl | CIBt | SCC  | SGV  | ATE  | 5 | 4 | 2  | 4 | 2 | 2  |
| LB110032 | 557.85 | 579.75 | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 6 | 3 | 4  | 4 | 3 | 2  |
| LB110032 | 579.75 | 596.1  | PropCl | CIBt | SCC  | ClEp | SGV  | 7 | 5 | 3  | 8 | 5 | 3  |
| LB110032 | 596.1  | 640    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 5 | 5 | 5  | 5 | 4 | 1  |
| LB110032 | 640    | 656    | PropCl | CIBt | CIBt | ClEp | SGV  | 6 | 5 | 5  | 8 | 6 | 2  |
| LB110032 | 656    | 687    | PropAb | ATE  | ATE  | CIBt | SCC  | 5 | 6 | 5  | 6 | 4 | 2  |
| LB110032 | 687    | 695.15 | PropCl | CIBt | SCC  | ATE  | SGV  | 7 | 3 | 4  | 7 | 2 | 1  |
| LB110032 | 695.15 | 710.65 | PropAb | ATE  | ATE  | ClEp | CIBt | 5 | 3 | 3  | 5 | 3 | 3  |
| LB110032 | 710.65 | 768.8  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 5 | 3 | 5  | 5 | 3 | 2  |
| LB110032 | 768.8  | 774    | PropCl | SCC  | SCC  | ATE  | SI   | 6 | 3 | -1 | 6 | 3 | -1 |
| LB110032 | 774    | 845.4  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 6 | 4 | 5  | 6 | 4 | 1  |
| LB110032 | 845.4  | 864    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 5 | 4 | 4  | 5 | 3 | 1  |
| LB110032 | 864    | 869    | PropCl | CIBt | SCC  | CIBt | SI   | 7 | 3 | -1 | 5 | 3 | -1 |
| LB110032 | 869    | 911    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SCC  | 7 | 2 | 4  | 6 | 2 | 1  |
| LB110032 | 911    | 932    | PropCl | SCC  | SCC  | CIBt | ATE  | 7 | 3 | 3  | 5 | 3 | 1  |



|          |         |        |        |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |
|----------|---------|--------|--------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|
| LB110032 | 932     | 1068.2 | PropCl | CIBt | CIBt | SCC  | ATE  | 7  | 5  | 4  | 7  | 2  | 1  |
| LB110032 | 1068.15 | 1086.4 | PropCl | QS   | QS   | SI   | SI   | 8  | -1 | -1 | 9  | -1 | -1 |
| LB110075 | 0       | 24.9   | Fil    | QS   | CIBt | ATE  | SI   | 3  | 1  | -1 | 3  | 1  | -1 |
| LB110075 | 24.9    | 55.55  | Fil    | QS   | CIBt | QS   | ATE  | 3  | 4  | 1  | 3  | 1  | 1  |
| LB110075 | 55.55   | 75.9   | Fil    | QS   | SCC  | QS   | CIBt | 5  | 4  | 2  | 3  | 3  | 2  |
| LB110075 | 75.9    | 145.9  | Fil    | QS   | QS   | SCC  | SI   | 7  | 6  | -1 | 8  | 3  | -1 |
| LB110075 | 145.9   | 198    | Fil    | QS   | QS   | SCC  | ATE  | 8  | 2  | 1  | 7  | 2  | 1  |
| LB110075 | 198     | 277.4  | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | QS   | 9  | 4  | 5  | 6  | 4  | 1  |
| LB110075 | 277.4   | 292    | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | ATE  | 5  | 3  | 1  | 3  | 3  | 1  |
| LB110075 | 292     | 308    | Fil    | SCC  | SCC  | SI   | SI   | 9  | -1 | -1 | 10 | -1 | -1 |
| LB110075 | 308     | 321    | Fil    | QS   | QS   | SCC  | SI   | 7  | 5  | -1 | 7  | 3  | -1 |
| LB110075 | 321     | 349    | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | ATE  | 6  | 5  | 3  | 5  | 4  | 3  |
| LB110075 | 349     | 407.9  | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | ATE  | 6  | 3  | 3  | 4  | 3  | 1  |
| LB110075 | 407.9   | 426.65 | PropCl | CIBt | CIBt | SGV  | ATE  | 4  | 5  | 2  | 3  | 1  | 2  |
| LB110075 | 426.65  | 447    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 4  | 3  | 1  | 4  | 3  | 1  |
| LB110075 | 447     | 483.5  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 1  |
| LB110075 | 483.5   | 587.85 | PropAb | ATE  | ATE  | SCC  | SGV  | 4  | 6  | 4  | 4  | 2  | 1  |
| LB110075 | 587.85  | 597.6  | PropAb | ATE  | ATE  | SGV  | CIBt | 3  | 5  | 4  | 3  | 1  | 3  |
| LB110075 | 597.6   | 666.2  | PropAb | ATE  | ATE  | SCC  | CIBt | 6  | 7  | 3  | 5  | 2  | 3  |
| LB110075 | 666.2   | 692.1  | PropAb | QS   | SCC  | QS   | SI   | 8  | 7  | -1 | 10 | 10 | -1 |
| LB110075 | 692.1   | 782.75 | PropAb | ATE  | ATE  | SCC  | CIBt | 6  | 7  | 3  | 5  | 2  | 3  |
| LB110075 | 782.75  | 926.1  | PropAb | ATE  | ATE  | SCC  | CIBt | 6  | 7  | 3  | 5  | 2  | 3  |
| LB11110  | 0       | 9      | SI     | SI   | SI   | SI   | SI   | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB11110  | 9       | 28.5   | Fil    | QS   | ATE  | SCC  | CIBt | 3  | 3  | 2  | 3  | 1  | 2  |
| LB11110  | 28.5    | 33.2   | Fil    | SCC  | SCC  | SI   | SI   | 8  | -1 | -1 | 9  | -1 | -1 |
| LB11110  | 33.2    | 60     | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | SI   | 3  | 2  | -1 | 4  | 2  | -1 |
| LB11110  | 60      | 97.5   | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | SI   | 8  | 3  | -1 | 7  | 2  | -1 |
| LB11110  | 97.5    | 125.8  | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | ClEp | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 2  |
| LB11110  | 125.8   | 231.3  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | QS   | 4  | 2  | 4  | 7  | 6  | 1  |
| LB11110  | 231.3   | 325.2  | PropAb | ATE  | ATE  | ClEp | SI   | 5  | 6  | -1 | 8  | 4  | -1 |

|         |        |        |        |      |      |      |       |    |    |    |    |    |    |
|---------|--------|--------|--------|------|------|------|-------|----|----|----|----|----|----|
| LB11110 | 325.2  | 428.2  | PropAb | ATE  | ATE  | CIep | QS    | 6  | 5  | 5  | 8  | 4  | 1  |
| LB11110 | 428.2  | 473.35 | PropAb | ATE  | ATE  | QS   | CIep  | 5  | 6  | 4  | 8  | 4  | 4  |
| LB11110 | 473.35 | 518.25 | Fil    | SCC  | SCC  | QS   | ATE   | 8  | 6  | 2  | 8  | 3  | 1  |
| LB11110 | 518.25 | 523    | PropAb | ATE  | ATE  | CIBt | SGV   | 4  | 4  | 5  | 4  | 2  | 2  |
| LB11110 | 523    | 540    | PropAb | ATE  | SCC  | SGV  | ATE   | 7  | 5  | 1  | 3  | 2  | 1  |
| LB11110 | 540    | 659    | PropAb | ATE  | ATE  | CIBt | SGV   | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 2  |
| LB11110 | 659    | 674.07 | PropAb | SCC  | SCC  | CIBt | SI    | 3  | 1  | -1 | 2  | 1  | -1 |
| LB11110 | 674.07 | 687.8  | PropAb | SCC  | SCC  | CIBt | ATE   | 4  | 2  | 1  | 4  | 1  | 1  |
| LB11110 | 687.8  | 769    | PropAb | ATE  | ATE  | CIBt | SGV   | 6  | 4  | 5  | 6  | 4  | 4  |
| LB11110 | 769    | 785.5  | PropAb | ATE  | QS   | ATE  | CIBt  | 8  | 3  | 2  | 7  | 3  | 2  |
| LB11110 | 785.5  | 839.2  | PropAb | ATE  | ATE  | SGV  | CIBt  | 4  | 5  | 2  | 4  | 3  | 2  |
| LB1806  | 0      | 5.8    | SI     | SI   | SI   | SI   | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB1806  | 5.8    | 156.25 | Fil    | QS   | QS   | CIBt | Ksill | 8  | 5  | 3  | 5  | 3  | 3  |
| LB1806  | 156.25 | 258    | Fil    | QS   | QS   | SCC  | Ksill | 6  | 4  | 2  | 5  | 1  | 2  |
| LB1806  | 258    | 301    | Fil    | QS   | QS   | SCC  | Ksill | 7  | 5  | 1  | 6  | 2  | 1  |
| LB1806  | 301    | 324    | Fil    | QS   | QS   | SCC  | CIBt  | 4  | 3  | 2  | 3  | 3  | 2  |
| LB1806  | 324    | 352.6  | Fil    | SCC  | SCC  | CIBt | ATE   | 6  | 4  | 2  | 2  | 4  | 2  |
| LB1806  | 352.6  | 361    | Fil    | SCC  | SCC  | ATE  | SI    | 8  | 5  | -1 | 8  | 2  | -1 |
| LB1806  | 361    | 566.55 | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SCC   | 4  | 3  | 5  | 3  | 3  | 1  |
| LB1806  | 566.55 | 612    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SCC   | 3  | 4  | 5  | 3  | 2  | 1  |
| LB26509 | 0      | 84.35  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SGV   | 4  | 2  | 3  | 3  | 2  | 1  |
| LB26509 | 84.35  | 91.85  | PropCl | CIBt | SCC  | CIBt | SI    | 5  | 2  | -1 | 5  | 1  | -1 |
| LB26509 | 91.85  | 102.35 | PropCl | CIBt | CIBt | SGV  | ATE   | 4  | 3  | 1  | 3  | 2  | 1  |
| LB26509 | 102.35 | 194    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | SCC   | 5  | 7  | 2  | 5  | 2  | 2  |
| LB26509 | 194    | 202.8  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | QS    | 5  | 3  | 5  | 4  | 2  | 2  |
| LB26509 | 202.8  | 244.05 | PropCl | CIBt | CIBt | ATE  | QS    | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 2  |
| LB26509 | 244.05 | 250.7  | Fil    | QS   | QS   | SI   | SI    | 7  | -1 | -1 | 8  | -1 | -1 |
| LB26509 | 250.7  | 300.8  | Fil    | QS   | QS   | ATE  | CIBt  | 7  | 5  | 3  | 4  | 4  | 3  |
| LB26509 | 300.8  | 307.55 | Fil    | QS   | ATE  | CIBt | QS    | 5  | 3  | 2  | 5  | 3  | 1  |
| LB26509 | 307.55 | 314.75 | Fil    | QS   | QS   | ATE  | SI    | 7  | 5  | -1 | 6  | 4  | -1 |

|         |        |        |        |      |       |      |       |    |    |    |    |    |    |
|---------|--------|--------|--------|------|-------|------|-------|----|----|----|----|----|----|
| LB26509 | 314.75 | 348.8  | Fil    | QS   | CIBt  | ATE  | SCC   | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 2  |
| LB26509 | 348.8  | 374    | Fil    | SCC  | SCC   | QS   | ATE   | 8  | 6  | 2  | 7  | 3  | 2  |
| LB26509 | 374    | 415.6  | Fil    | SCC  | SCC   | QS   | SI    | 5  | 5  | -1 | 5  | 3  | -1 |
| LB26509 | 415.6  | 523    | PropCl | ATE  | ATE   | CIBt | SCC   | 5  | 4  | 5  | 4  | 3  | 2  |
| LB26509 | 523    | 557.85 | PropCl | QS   | QS    | SCC  | ATE   | 7  | 7  | 2  | 8  | 5  | 2  |
| LB26509 | 557.85 | 573.25 | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE  | SCC   | 5  | 2  | 5  | 5  | 3  | 2  |
| LB26509 | 573.25 | 623.15 | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE  | QS    | 5  | 2  | 6  | 4  | 2  | 3  |
| LB26509 | 623.15 | 654    | PropCl | QS   | QS    | ATE  | CIBt  | 6  | 4  | 7  | 6  | 4  | 3  |
| LB26509 | 654    | 728.05 | PropCl | CIBt | Ksill | SGV  | ATE   | 4  | 5  | 3  | 4  | 2  | 3  |
| LB26509 | 728.05 | 749.7  | PropCl | CIBt | Ksill | ATE  | SGV   | 5  | 2  | 4  | 4  | 2  | 2  |
| LB26509 | 749.7  | 759.75 | PropCl | CIBt | SCC   | QS   | ATE   | 6  | 5  | 3  | 6  | 4  | 3  |
| LB26509 | 759.75 | 821.3  | PropCl | CIBt | Ksill | ATE  | SGV   | 5  | 2  | 4  | 4  | 2  | 2  |
| LB29606 | 0      | 31     | Fil    | SCC  | SCC   | SI   | SI    | 6  | -1 | -1 | 8  | -1 | -1 |
| LB29606 | 31     | 177.6  | Fil    | QS   | QS    | SCC  | SI    | 6  | 5  | -1 | 7  | 4  | -1 |
| LB29606 | 177.6  | 204    | Fil    | QS   | QS    | SCC  | SI    | 10 | 8  | -1 | 10 | 8  | -1 |
| LB29606 | 204    | 274.2  | Fil    | QS   | QS    | CIBt | SI    | 9  | 5  | -1 | 8  | 2  | -1 |
| LB29606 | 274.2  | 320    | Fil    | SCC  | SCC   | CIBt | SI    | 9  | 4  | -1 | 8  | 2  | -1 |
| LB29606 | 320    | 357.5  | Fil    | QS   | QS    | CIBt | ATE   | 5  | 4  | 3  | 2  | 2  | 3  |
| LB29606 | 357.5  | 400    | Fil    | SCC  | SCC   | QS   | SI    | 10 | 10 | -1 | 9  | 8  | -1 |
| LB29606 | 400    | 436    | Fil    | QS   | QS    | CIBt | ATE   | 5  | 6  | 2  | 4  | 2  | 2  |
| LB29606 | 436    | 495.9  | Fil    | SCC  | SCC   | QS   | SI    | 9  | 6  | -1 | 8  | 5  | -1 |
| LB29606 | 495.9  | 549.85 | Fil    | SCC  | SCC   | SI   | SI    | 7  | -1 | -1 | 6  | -1 | -1 |
| LB29606 | 549.85 | 582.1  | Fil    | SCC  | SCC   | CIBt | SI    | 8  | 5  | -1 | 10 | 2  | -1 |
| LB29606 | 582.1  | 692.3  | PropCl | CIBt | CIBt  | SCC  | Ksill | 5  | 6  | 2  | 5  | 2  | 1  |
| LB39606 | 0      | 53.7   | PropCl | ClEp | ClEp  | CIBt | SI    | 4  | 2  | -1 | 3  | 2  | -1 |
| LB39606 | 53.7   | 125.7  | PropCl | QS   | QS    | ATE  | CIBt  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 2  |
| LB39606 | 125.7  | 138.7  | PropCl | QS   | QS    | CIBt | SI    | 6  | 3  | -1 | 4  | 3  | -1 |
| LB39606 | 138.7  | 205.5  | PropCl | QS   | QS    | CIBt | ATE   | 5  | 6  | 2  | 5  | 4  | 2  |
| LB39606 | 205.5  | 275.6  | PropCl | QS   | QS    | CIBt | ATE   | 9  | 3  | 3  | 7  | 3  | 1  |
| LB39606 | 275.6  | 310    | PropCl | QS   | QS    | ATE  | CIBt  | 6  | 3  | 3  | 5  | 3  | 2  |

|         |        |        |        |      |       |       |       |    |    |    |    |    |    |
|---------|--------|--------|--------|------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|
| LB39606 | 310    | 331    | PropCl | QS   | QS    | SI    | SI    | 9  | -1 | -1 | 8  | -1 | -1 |
| LB39606 | 331    | 350    | PropCl | QS   | CIBt  | QS    | SI    | 4  | 4  | -1 | 4  | 3  | -1 |
| LB39606 | 350    | 385.5  | PropCl | QS   | QS    | ATE   | CIBt  | 6  | 4  | 3  | 5  | 3  | 2  |
| LB39606 | 385.5  | 447.2  | Fil    | QS   | QS    | CIEp  | SI    | 10 | 1  | -1 | 10 | 1  | -1 |
| LB39606 | 447.2  | 605    | Fil    | QS   | QS    | SCC   | CIBt  | 9  | 6  | 4  | 7  | 5  | 2  |
| LB39606 | 605    | 636.6  | Pot    | SGV  | SGV   | CIBt  | Ksill | 5  | 3  | 4  | 4  | 3  | 2  |
| LB4706  | 0      | 15.4   | SI     | SI   | SI    | SI    | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB4706  | 15.4   | 32     | PropCl | QS   | QS    | ATE   | CIBt  | 4  | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  |
| LB4706  | 32     | 94.8   | PropCl | CIBt | CIBt  | Ksill | ATE   | 4  | 3  | 2  | 4  | 3  | 1  |
| LB4706  | 94.8   | 120    | PropCl | SCC  | SCC   | SI    | SI    | 9  | -1 | -1 | 10 | -1 | -1 |
| LB4706  | 120    | 159.65 | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | SI    | 6  | 2  | -1 | 4  | 3  | -1 |
| LB4706  | 159.65 | 196.85 | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | SI    | 6  | 3  | -1 | 6  | 4  | -1 |
| LB4706  | 196.85 | 221    | PropCl | SCC  | SCC   | QS    | CIBt  | 6  | 4  | 2  | 5  | 1  | 2  |
| LB4706  | 221    | 276    | PropCl | CIBt | CIBt  | ATE   | QS    | 3  | 2  | 4  | 3  | 2  | 1  |
| LB4706  | 276    | 294.7  | Fil    | SCC  | SCC   | SI    | SI    | 7  | -1 | -1 | 10 | -1 | -1 |
| LB4706  | 294.7  | 333.8  | Fil    | SCC  | SCC   | ATE   | CIBt  | 7  | 2  | 2  | 9  | 1  | 2  |
| LB4706  | 333.8  | 351    | PropCl | CIBt | Ksill | SCC   | ATE   | 5  | 5  | 3  | 5  | 2  | 2  |
| LB4706  | 351    | 370    | PropAb | ATE  | ATE   | CIBt  | QS    | 8  | 3  | 5  | 7  | 3  | 1  |
| LB4706  | 370    | 531.75 | PropCl | CIBt | CIBt  | SCC   | QS    | 4  | 5  | 5  | 4  | 2  | 2  |
| LB4706  | 531.75 | 610.6  | PropCl | CIBt | CIBt  | SCC   | QS    | 4  | 5  | 4  | 4  | 2  | 1  |
| LB4709  | 0      | 10.65  | Fil    | ATE  | ATE   | CIBt  | QS    | 6  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  |
| LB4709  | 10.65  | 38.8   | Fil    | SCC  | SCC   | QS    | ATE   | 5  | 4  | 2  | 5  | 2  | 2  |
| LB4709  | 38.8   | 55.2   | Fil    | SCC  | SI    | SI    | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB4709  | 55.2   | 109.85 | Fil    | SCC  | SCC   | CIBt  | SI    | 6  | 2  | -1 | 6  | 2  | -1 |
| LB4709  | 109.85 | 141.1  | PropCl | CIBt | CIBt  | SI    | SI    | 4  | -1 | -1 | 4  | -1 | -1 |
| LB4709  | 141.1  | 148    | PropAb | SCC  | SCC   | ATE   | SI    | 6  | 2  | -1 | 4  | 2  | -1 |
| LB4709  | 148    | 218.5  | PropAb | SCC  | SCC   | ATE   | CIBt  | 4  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  |
| LB4709  | 218.5  | 243.1  | PropAb | CIBt | Ksill | ATE   | CIBt  | 4  | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| LB4709  | 243.1  | 268    | PropAb | CIBt | CIBt  | ATE   | Ksill | 4  | 3  | 3  | 2  | 3  | 1  |
| LB4709  | 268    | 327.35 | PropAb | ATE  | SCC   | ATE   | CIBt  | 5  | 3  | 2  | 2  | 3  | 2  |

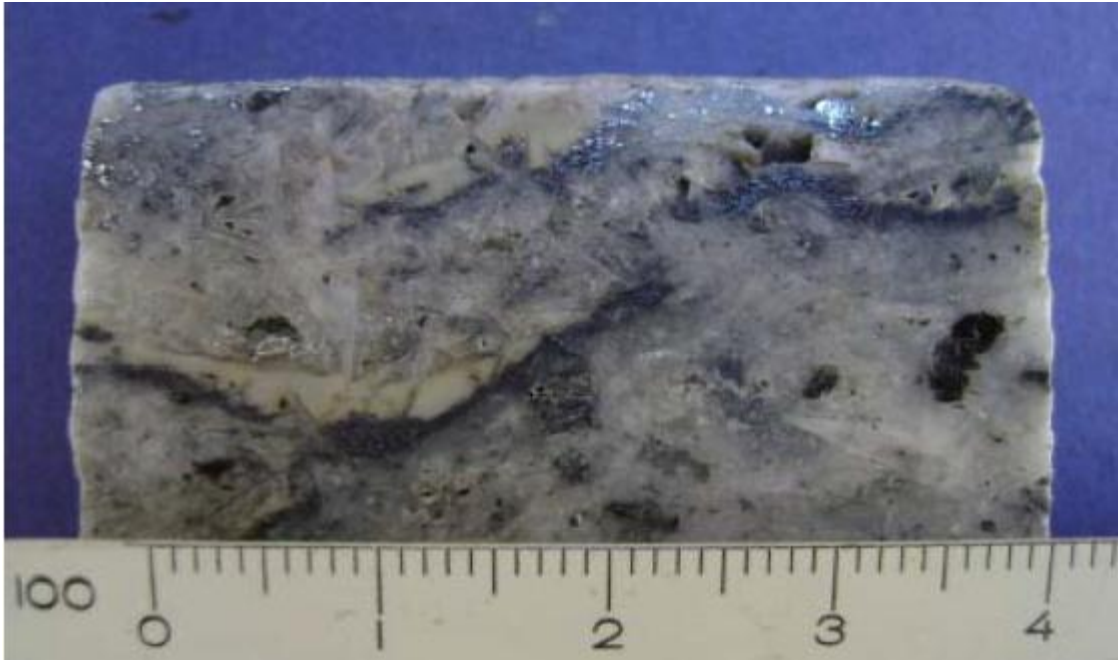
|        |        |        |        |      |      |       |       |    |    |    |    |    |    |
|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|
| LB4709 | 327.35 | 398.8  | PropAb | SCC  | SCC  | ATE   | CIBt  | 6  | 5  | 2  | 2  | 3  | 2  |
| LB4709 | 398.8  | 409.65 | PropAb | SCC  | ATE  | CIBt  | SCC   | 3  | 3  | 2  | 5  | 2  | 1  |
| LB4709 | 409.65 | 426.45 | PropAb | ATE  | SI   | SI    | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB4709 | 426.45 | 440.5  | PropCl | QS   | QS   | ATE   | CIBt  | 8  | 5  | 3  | 6  | 4  | 2  |
| LB4709 | 440.5  | 448.55 | PropCl | CIBt | CIBt | ATE   | QS    | 5  | 3  | 5  | 5  | 6  | 1  |
| LB4709 | 448.55 | 457    | PropCl | SCC  | SCC  | ATE   | CIBt  | 7  | 3  | 3  | 5  | 6  | 2  |
| LB4709 | 457    | 467.5  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE   | QS    | 5  | 3  | 3  | 5  | 6  | 1  |
| LB4709 | 467.5  | 478.45 | PropCl | QS   | QS   | ATE   | CIBt  | 8  | 5  | 3  | 6  | 4  | 2  |
| LB6906 | 0      | 186.4  | Fil    | QS   | QS   | CIBt  | SI    | 7  | 2  | -1 | 6  | 1  | -1 |
| LB6906 | 186.4  | 248    | PropCl | CIBt | CIBt | ATE   | SCC   | 4  | 2  | 3  | 4  | 2  | 1  |
| LB6906 | 248    | 375.2  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE   | SCC   | 5  | 3  | 2  | 4  | 2  | 1  |
| LB6906 | 375.2  | 421.5  | PropCl | CIBt | CIBt | ATE   | SCC   | 5  | 2  | 1  | 4  | 2  | 1  |
| LB9406 | 0      | 6      | SI     | SI   | SI   | SI    | SI    | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| LB9406 | 6      | 204.45 | Fil    | QS   | QS   | Ksill | CIBt  | 5  | 4  | 2  | 5  | 4  | 3  |
| LB9406 | 204.45 | 255.4  | Fil    | SCC  | SCC  | ATE   | Ksill | 7  | 3  | 2  | 8  | 2  | 2  |
| LB9406 | 255.4  | 282.5  | Fil    | QS   | QS   | SCC   | Ksill | 9  | 6  | 2  | 10 | 6  | 2  |
| LB9406 | 282.5  | 338.45 | Fil    | SCC  | SCC  | Ksill | ATE   | 7  | 4  | 3  | 7  | 4  | 2  |
| LB9406 | 338.45 | 366.45 | Fil    | QS   | QS   | ATE   | CIBt  | 5  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  |
| LB9406 | 366.45 | 436.7  | PropAb | ATE  | ATE  | CIBt  | QS    | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 1  |
| LB9406 | 436.7  | 449.4  | PropAb | SCC  | SCC  | SI    | SI    | 8  | -1 | -1 | 9  | -1 | -1 |
| LB9406 | 449.4  | 480.1  | PropAb | ATE  | ATE  | CIBt  | QS    | 5  | 3  | 4  | 4  | 3  | 2  |
| LB9406 | 480.1  | 502    | PropCl | SCC  | SCC  | QS    | ATE   | 6  | 4  | 2  | 6  | 2  | 2  |
| LB9406 | 502    | 551.3  | PropCl | CIBt | CIBt | SCC   | ATE   | 4  | 5  | 3  | 4  | 2  | 2  |



## **ANEXO D**

### **MINERALIZACIÓN ASOCIADA A EVENTO TARDÍO**

- LB1806 – 355.6A

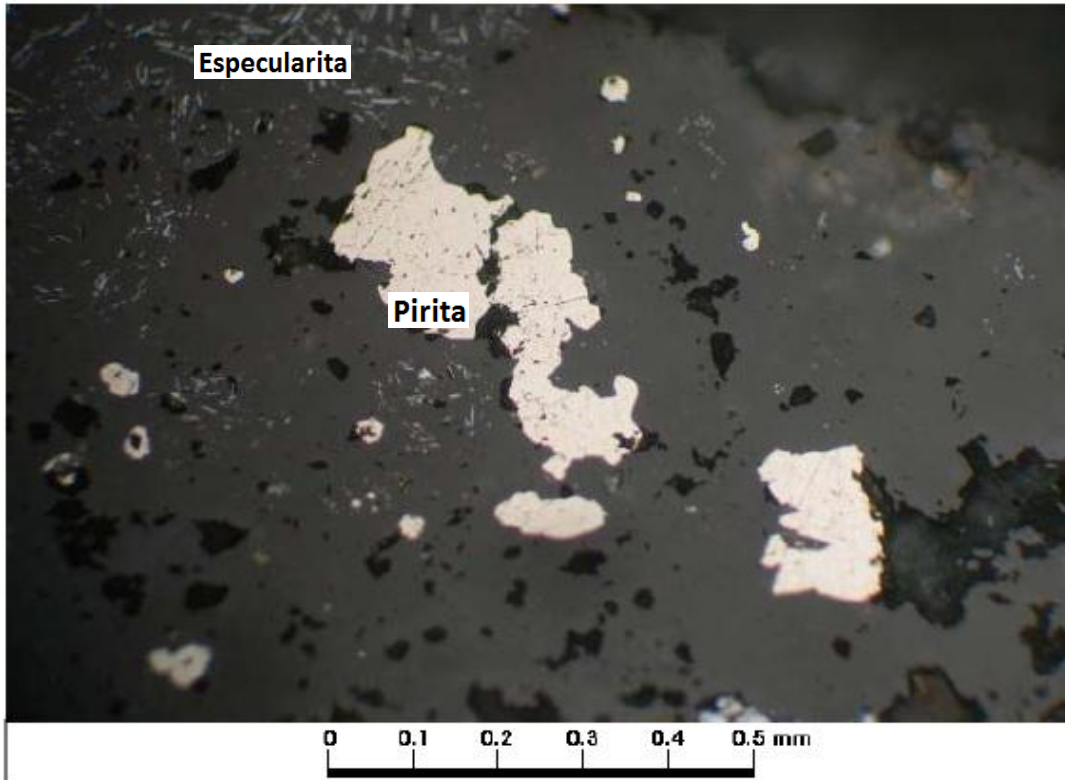


Roca de color gris claro con textura granular. La muestra está constituida por un agregado de cristales de baritina con hábito tabular, cuarzo de aspecto fresco, esfalerita. Se observa anhidrita, arcillas y calcita relleno de cavidades. Es atravesada por vetillas discontinuas e irregulares de galena. La mineralización diseminada corresponde a galena, esfalerita, pirita y a nivel de traza calcopirita y tenantita.

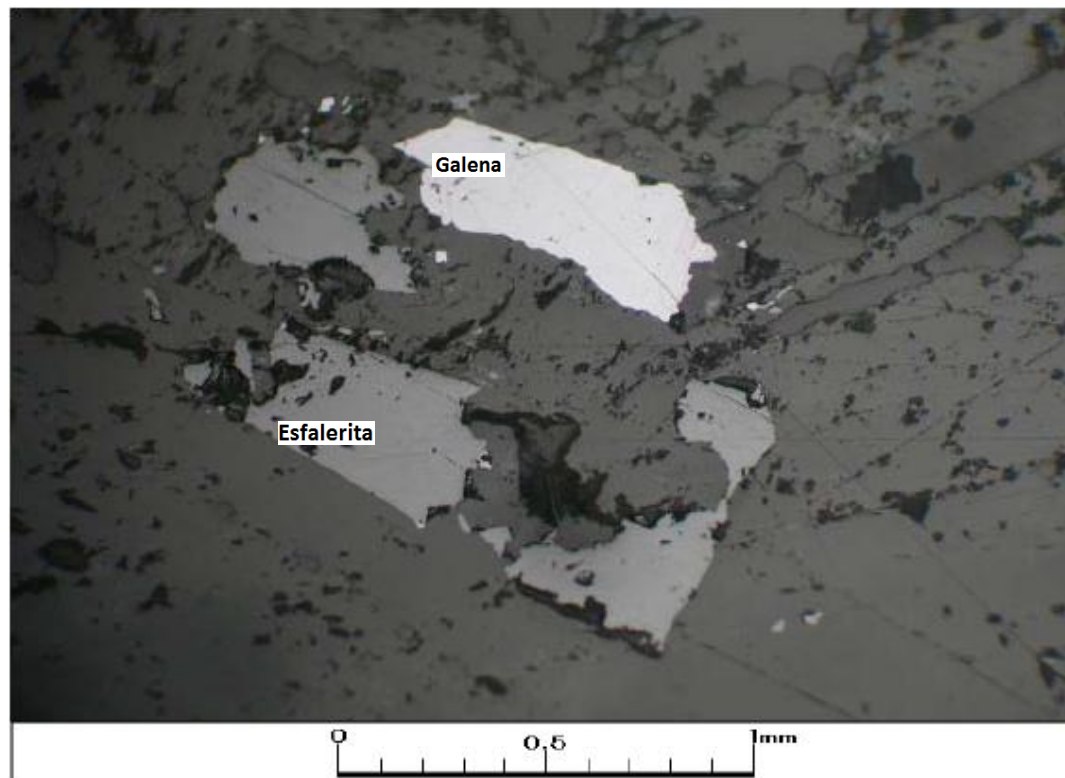
| Mineral      | %      | Características especiales/Modo de ocurrencia                                |
|--------------|--------|--|
| Pirita       | 0.1    | Cristales subhedrales diseminados  |
| Calcopirita  | Trazas | Se encuentra diseminado, como inclusiones en galena y tenantita              |
| Esfalerita   | 0.2    | Está de forma diseminada, asociado a galena y con inclusiones de calcopirita |
| Galena       | 1      | De forma diseminada y en vetillas irregulares                                |
| Tenantita    | Trazas | Asociado a pirita  |
| Especularita | 0.1    | De forma diseminada en pequeños cristales                                    |

#### Secuencia paragenética

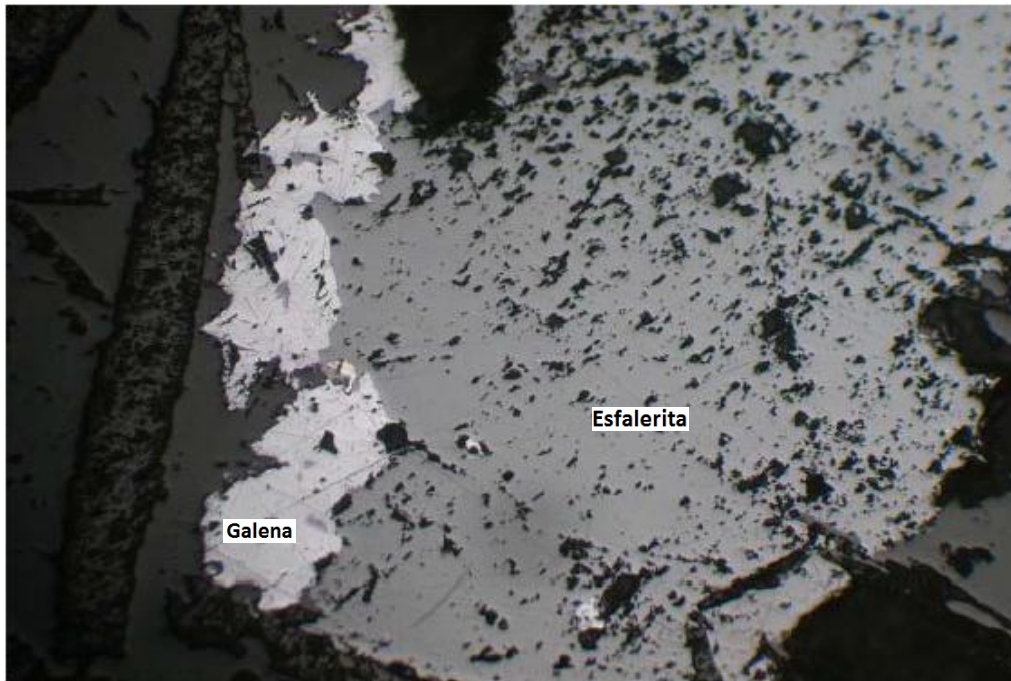
La secuencia paragenética propuesta deducida de las relaciones de contacto es la siguiente: **Pirita-Calcopirita-(Galena-Tenantita-Esfalerita)**.



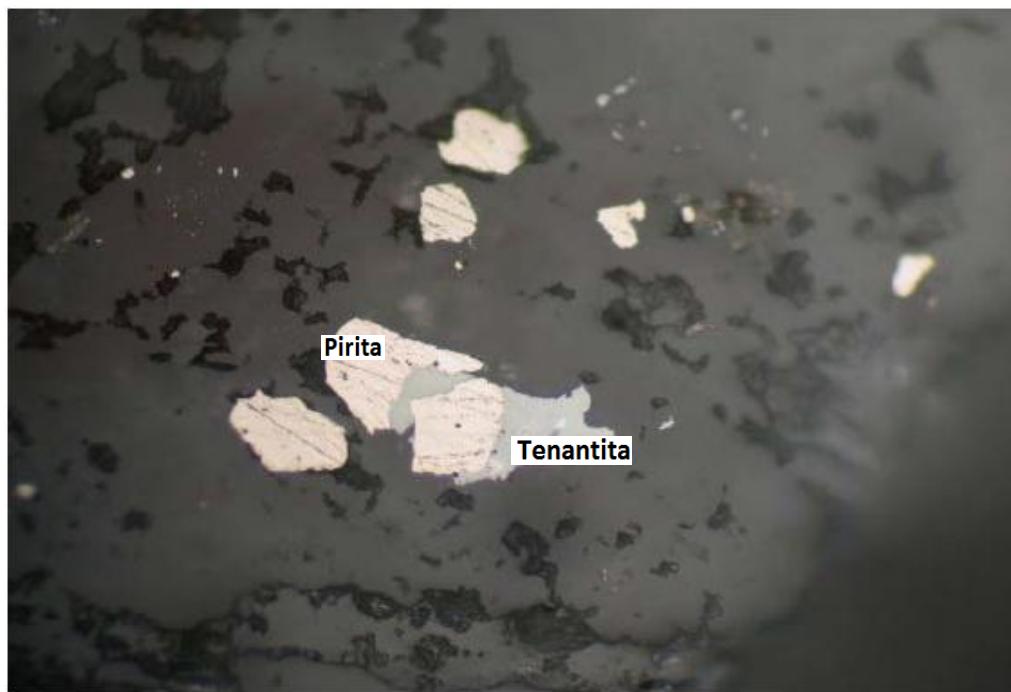
Muestra LB1806-355,6A: Cristales de pirita diseminados. Aum.: 10X10; Nic. Paralelos.



Muestra LB1806-355,6A: Cristales de esfalerita y galena diseminados. Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.



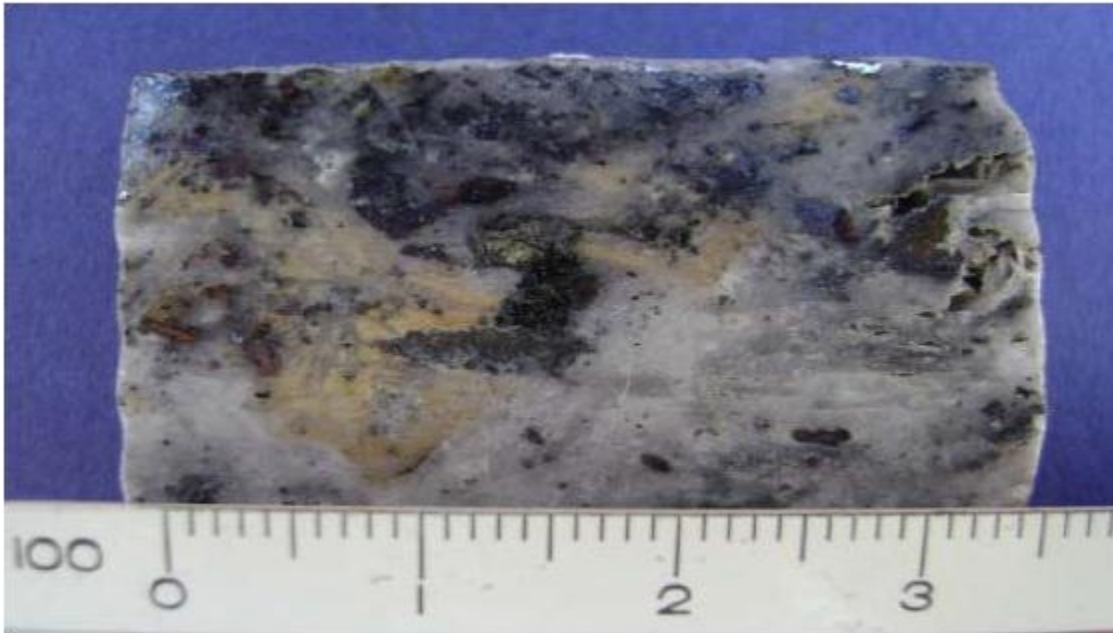
Muestra LB1806-355,6A: Esfalerita reemplazada por galena a partir de sus bordes. Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.



Muestra LB1806-355,6A: Pirita disseminada, algunos cristales se encuentran invadidos a través de fracturas tenantita. Aum.: 20X10; Nic. Paralelos.



- LB1806 – 355.6B



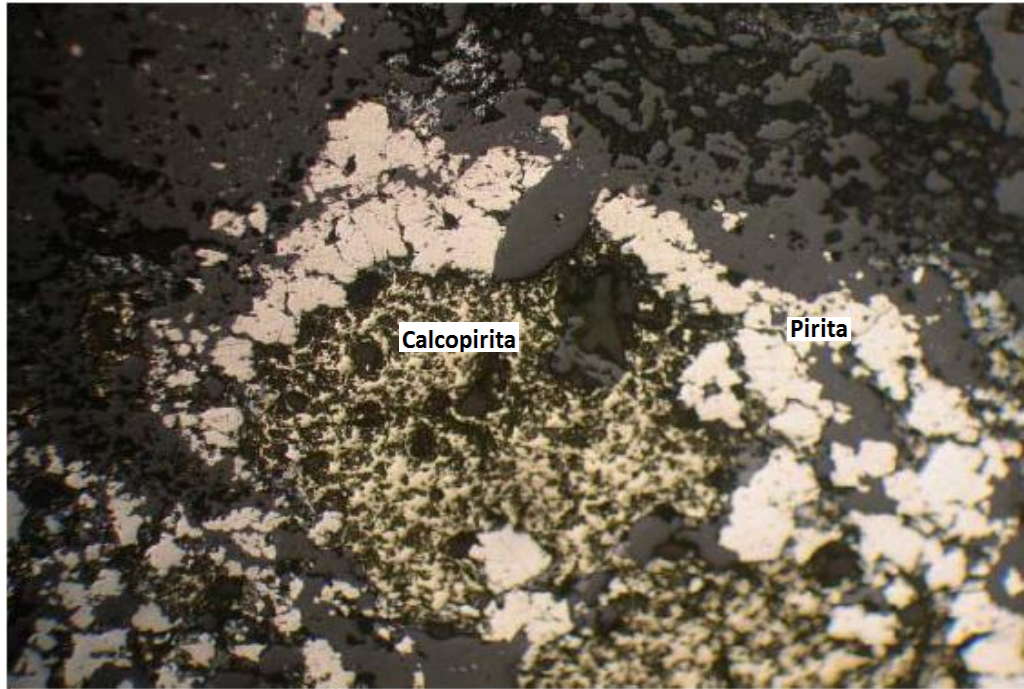
Roca de color gris con textura granular. Está formada por cristales tabulares de baritina, cristales anhedrales de cuarzo de aspecto fresco y esfalerita diseminada. Se observan cristales de calcita y turmalina intersticiales. La muestra es atravesada por vetillas discontinuas poco definidas de galena. La mineralización diseminada corresponde a pirita, calcopirita, galena, esfalerita y tenantita.

| Mineral      | %   | Características especiales/Modo de ocurrencia                                |
|--------------|-----|--|
| Pirita       | 0.4 | Cristales subhedrales diseminados, algunos se encuentran asociados a galena. |
| Calcopirita  | 0.2 | Como inclusiones en esfalerita y en galena.                                  |
| Galena       | 0.7 | Se encuentra diseminado y en vetilla.  |
| Esfalerita   | 0.2 | De forma diseminada con inclusiones de galena y calcopirita                  |
| Tenantita    | 0.1 | Asociado a pirita y intercrecida con galena                                  |
| Especularita | 0.1 | De forma diseminada en pequeños cristales                                    |

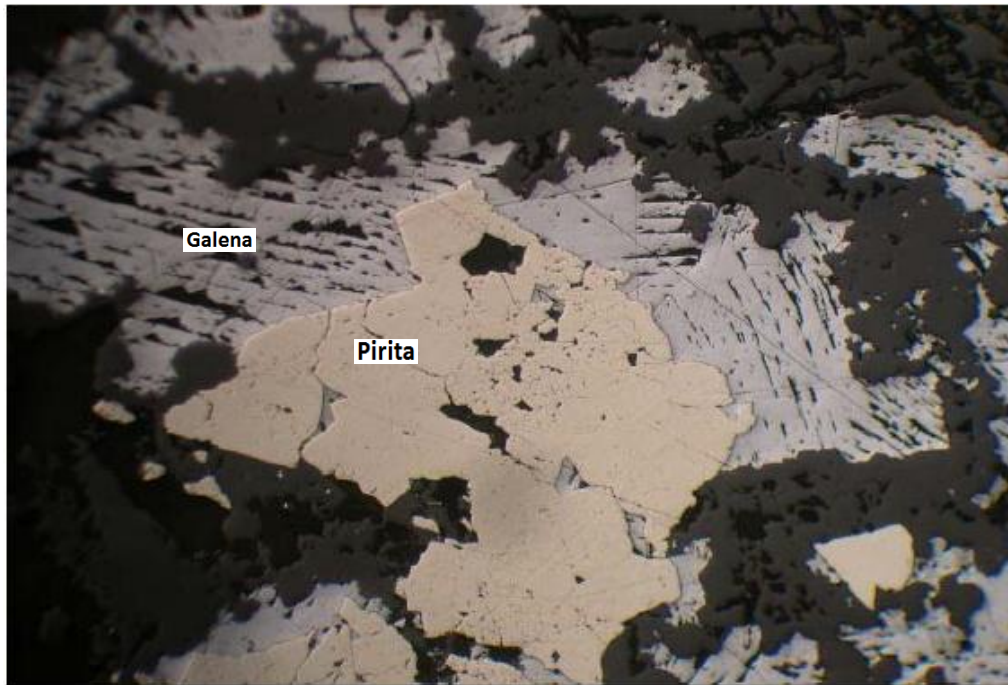
#### Secuencia paragenética

La secuencia paragenética propuesta deducida de las relaciones de contacto es la siguiente: **Pirita-Calcopirita-(Galena-Tenantita-Esfalerita)**.

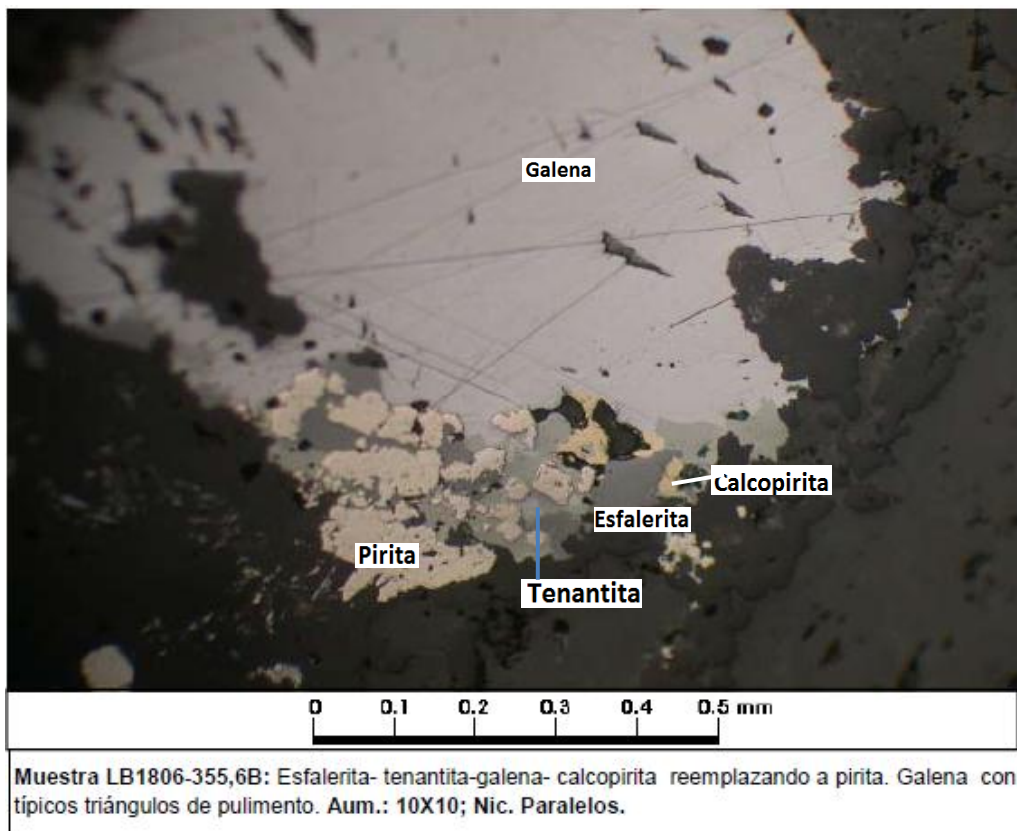
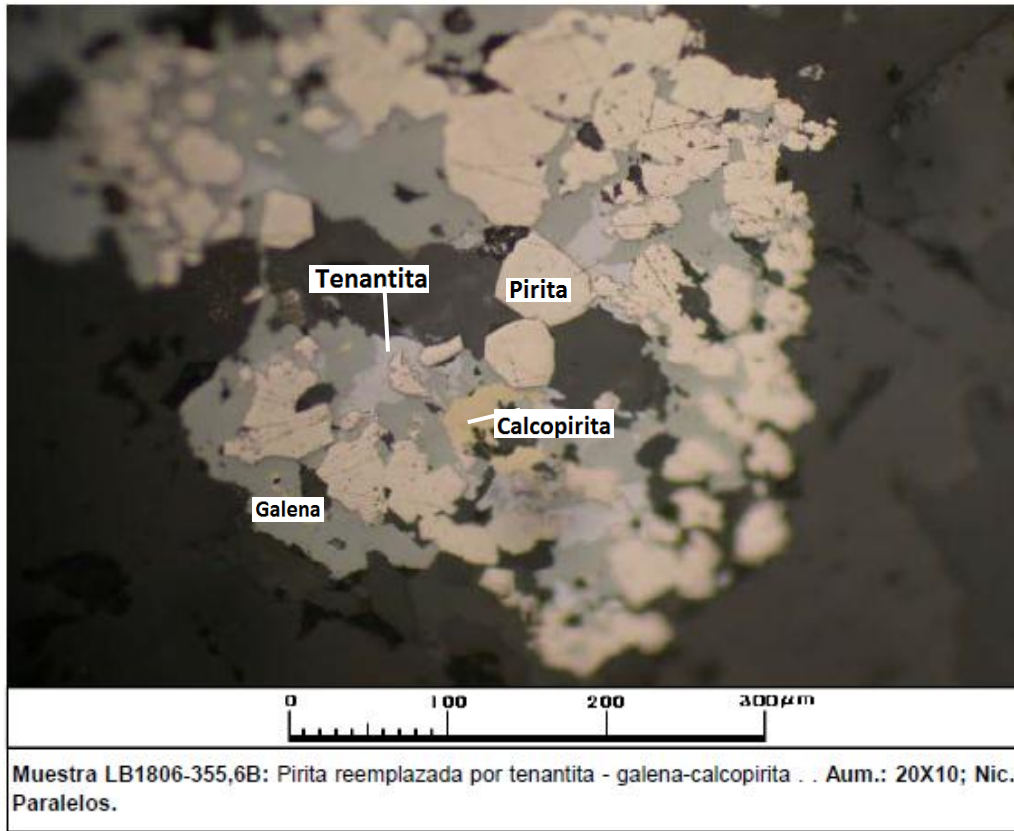




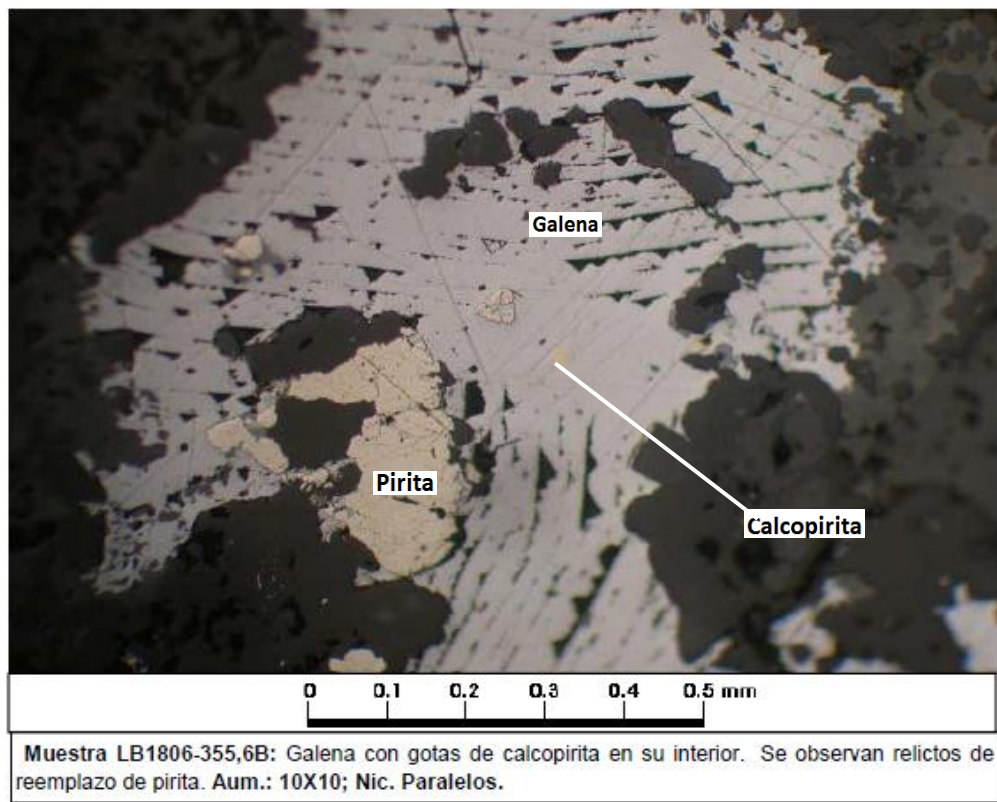
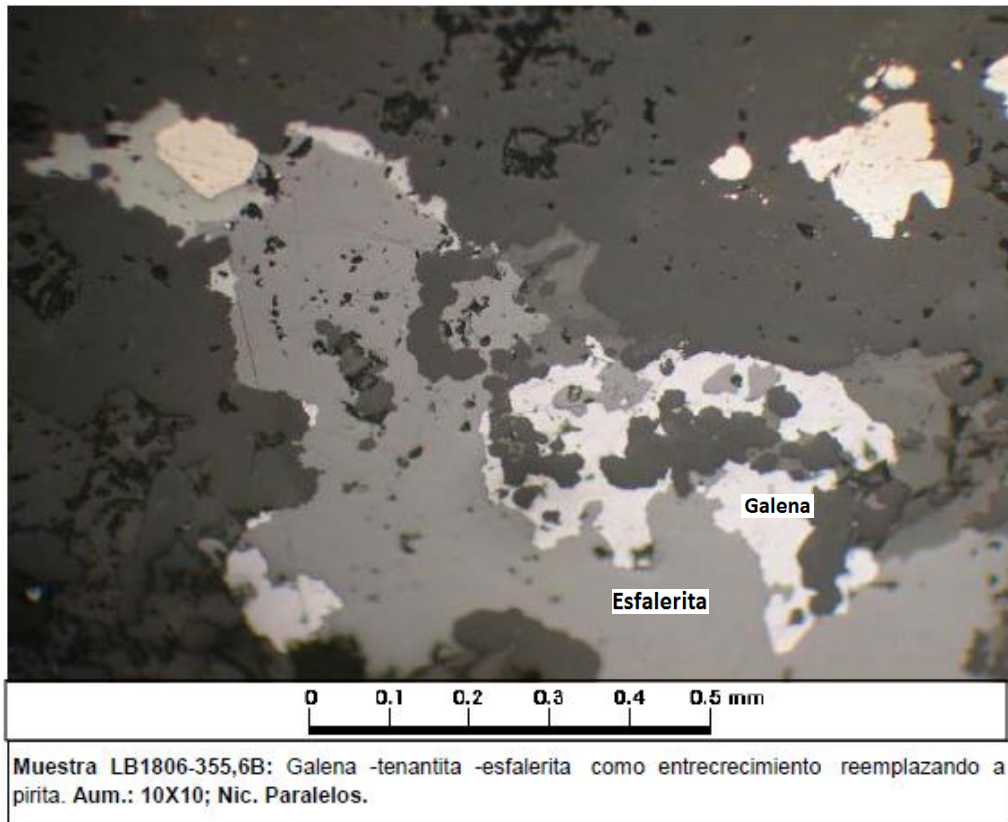
Muestra LB1806-355,6B: Pirita y calcopirita masiva. Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.



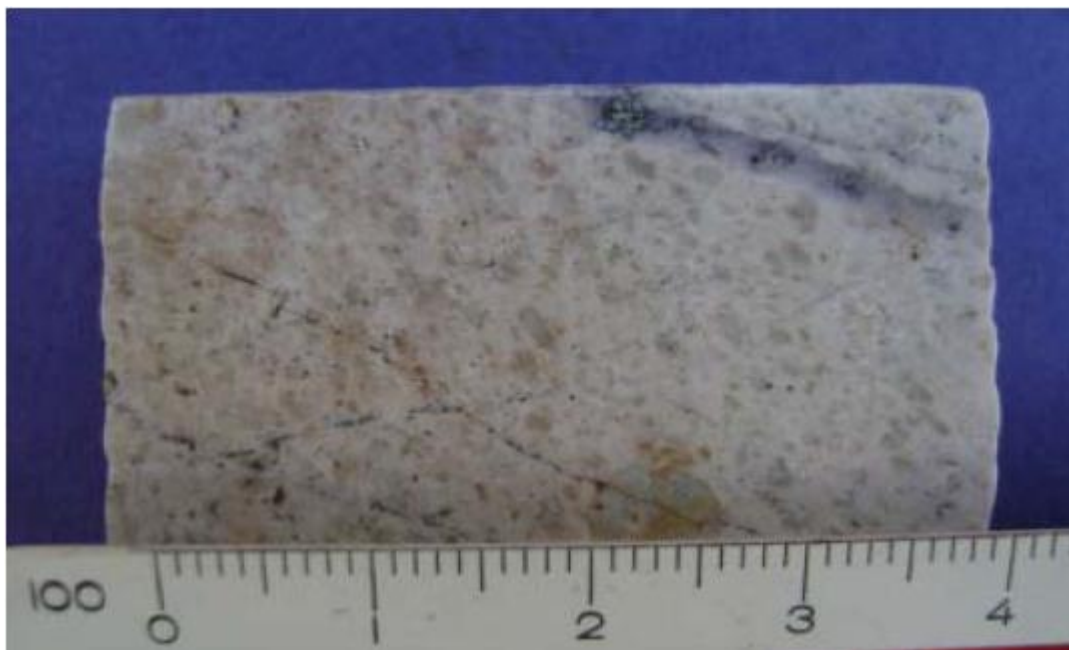
Muestra LB1806-355,6B: Galena reemplazando a pirita a partir de sus bordes. Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.







- LB110075 – 688.8

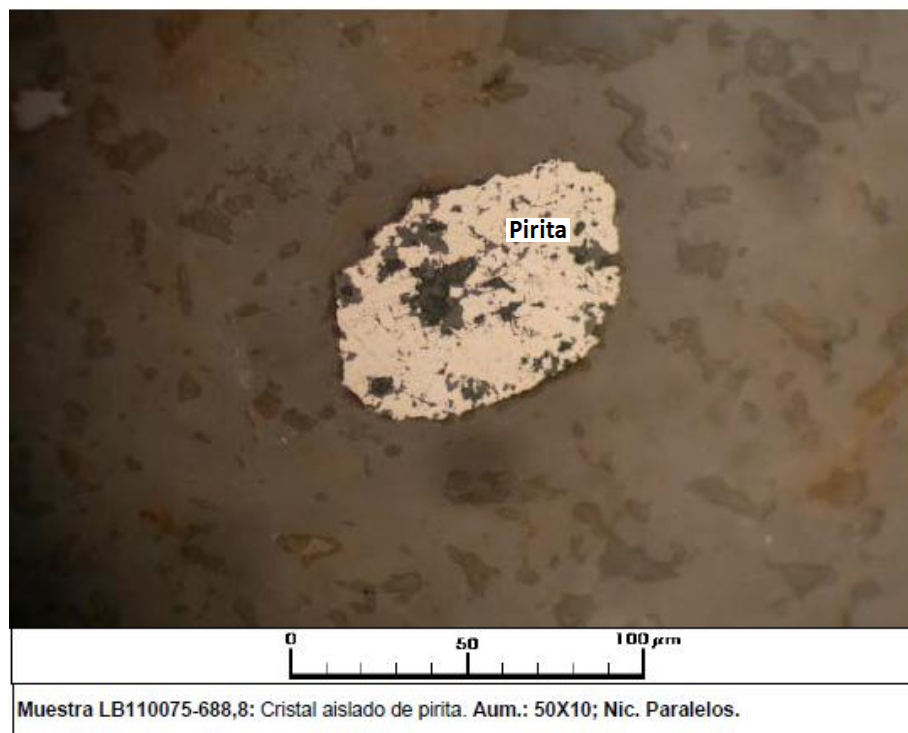
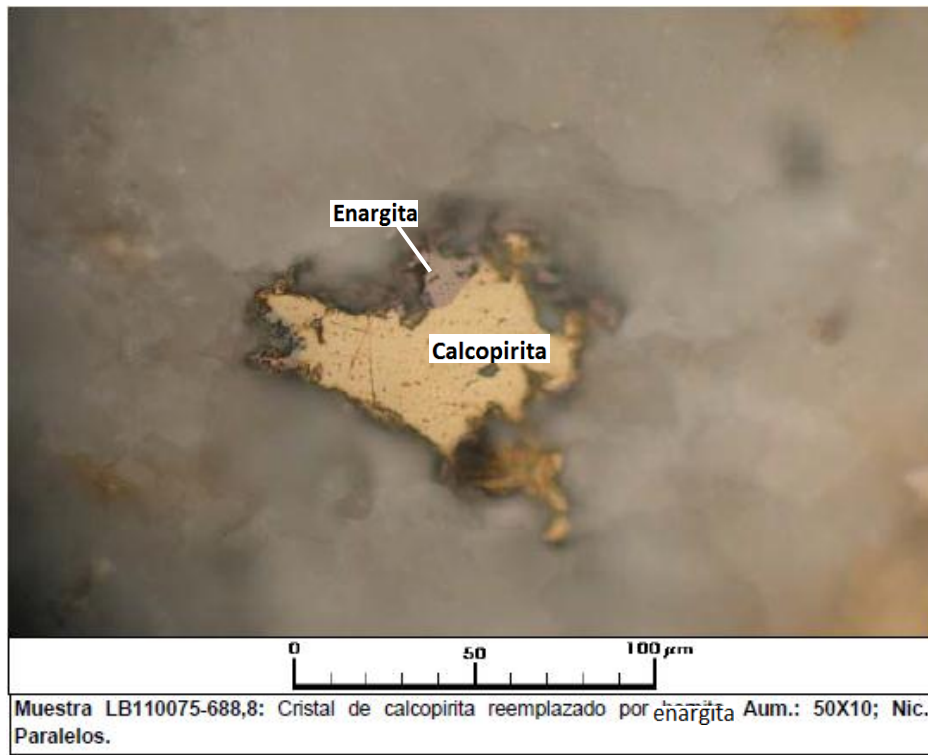


En la esquina superior derecha se observa una vetilla continua y definida de cuarzo-feldespato K-calcopirita-molibdenita sin halo de alteración que atraviesa a un pórfido dacítico alterado levemente a sericita y albita con calcopirita, bornita, enargita, magnetita y hematita diseminada.

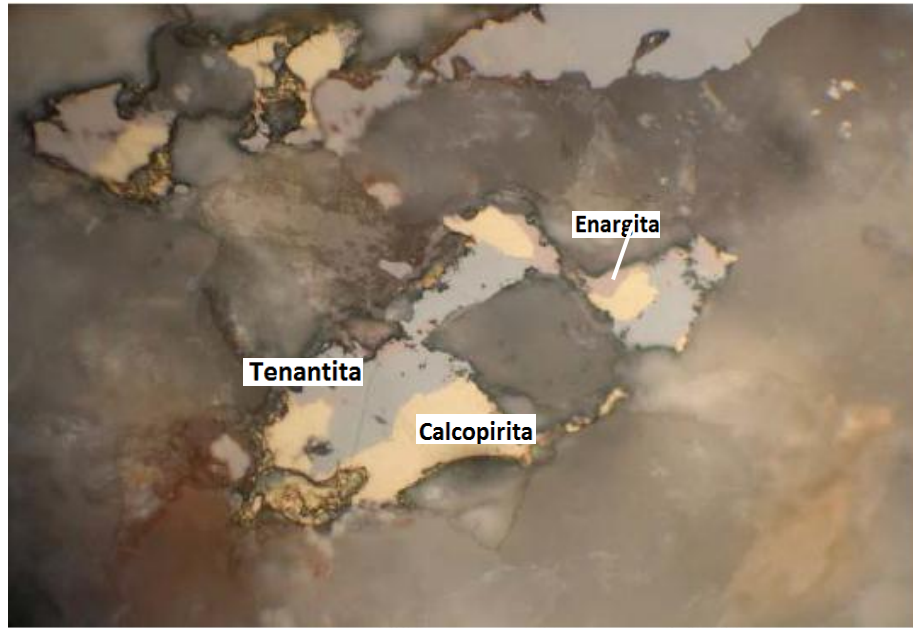
| Mineral     | %      | Características especiales/Modo de ocurrencia  |
|-------------|--------|--|
| Pirita      | Trazas | Cristales subhedrales diseminados.   |
| Calcopirita | 0.4    | Se encuentra de forma diseminada y en vetilla asociada a molibdenita. Algunos cristales están en exsolución con bornita. |
| Bornita     | Trazas | En exsolución con calcopirita y galena.  |
| Enargita    | Trazas | Reemplazando a calcopirita   |
| Molibdenita | 0.1    | Cristales con hábito hojoso en vetilla.  |
| Magnetita   | Trazas | Cristales diseminados, algunos se encuentran reemplazados por hematita.  |
| Hematita    | Trazas | Reemplazando a magnetita.  |
| Tenantita   | Trazas | Asociado a calcopirita y enargita.   |
| Rutilo      | 0.1    | Cristales subhedrales diseminados.   |
| Marcasita   | Trazas | Cristales similares a pirita, pero más claros. Asociado a mineralogía rica en As.  |

#### Secuencia paragenética

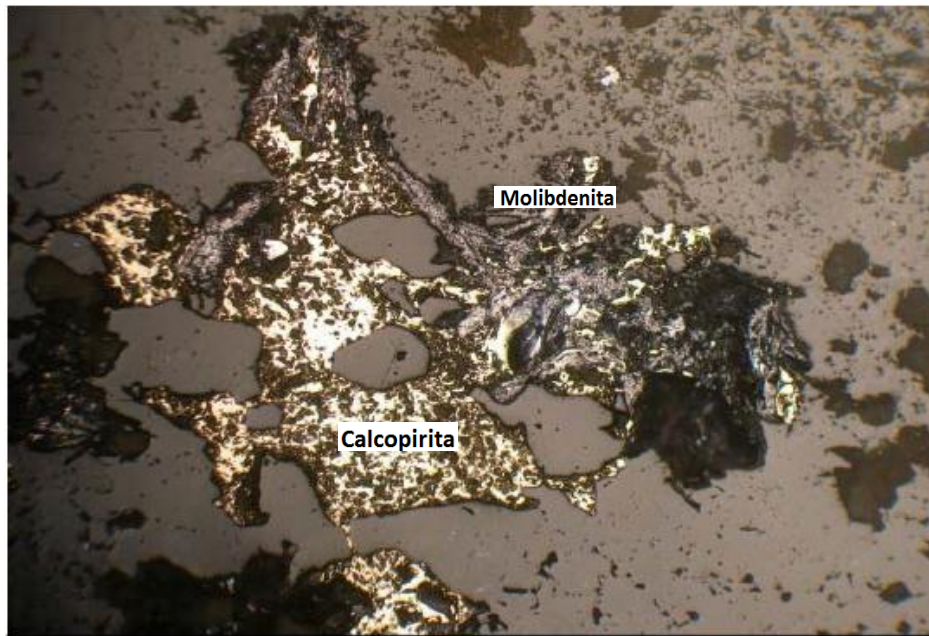
La secuencia paragenética propuesta deducida de las relaciones de contacto es la siguiente: **Magnetita-Hematita-Pirita-Molibdenita-(Bornita-Enargita)**.







Muestra LB110075-688,8: Calcopirita entrecrecida con enargita y tenantita Aum.: 20X10; Nic. Paralelos.



Muestra LB110075-688,8: Vetilla rellena de calcopirita y molibdenita. Aum.: 5X10; Nic. Paralelos.

