



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

**GEOLOGÍA, ALTERACIÓN HIDROTERMAL Y
MINERALIZACIÓN EN EL PROSPECTO
CUPRIFERO CERRO OVEJA, COMUNA DE ISLA DE
MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

MARCELO JOSÉ EDUARDO SURJAN ARELLANO

Profesor Guía : CARLOS PALACIOS MONASTERIO
Profesor Co-Guía : VÍCTOR MAKSAEV JURCHUC
Profesor Integrante : BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

Santiago de Chile
Enero 2009

Resumen

El Prospecto Cerro Oveja se encuentra en la Región Metropolitana de Chile, en la comuna de Isla de Maipo, inmediatamente al SSE del poblado de San Antonio de Naltagua, aproximadamente a 77 km de Santiago.

Las características del Prospecto Cerro Oveja son afines con un sistema de mineralización de Cu Estratoligado hospedado en ricas volcánicas y calizas. Se caracteriza por chimeneas de brechas ígneo-hidrotermales y mantos hospedados en calizas. El centro de una chimenea de brecha presenta una zona de alteración potásica, caracterizada por la asociación de feldespato potásico – cuarzo – biotita, la cual está rodeada por una alteración propilítica caracterizada por la asociación de cuarzo-clorita-epidota-calcita diseminada y en vetillas en la totalidad del prospecto.

En superficie el prospecto posee un nivel lixiviado, de aproximadamente 50 cm a 1 m, el que presenta minerales como goetita, limonita y hematita. Bajo este nivel, presenta mineralización supérgena, caracterizada por malaquita – azurita – crisocola – calcosina, y luego una mineralización hipógena, caracterizada por calcopirita – bornita – digenita.

Los recursos inferidos de este prospecto se han estimado en 34.8 millones de toneladas de brechas ígneo-hidrotermales mineralizada con leyes promedio de 1,07% Cu y de 11 g/ton Ag. Mientras que los mantos de calizas mineralizadas, alcanzan la cantidad de 1,5 millones de toneladas, con una ley promedio de 3,7% Cu, y 26,4 g/ton Ag.

Agradecimientos

Antes que a todos, quisiera agradecerle a mi familia. Mis padres, Natalio y Liliana, que han sudado la gota gorda para poder darme tanto la atención y el apoyo durante estos años de universidad. A mis hermanos, Krasna y Héctor, que supieron decirme sus sabias palabras, justas y necesarias en los momentos en que tenía ganas de tirar la toalla. A mi sobrino Cristóbal, por darme la alegría necesaria en los fines de semana donde moría de stress. A Rocky, por moverme la cola todas las mañanas y tardes, además de aullar cada vez que me iba a terreno.

A mis profesores de la comisión. A Carlos Palacios por su particular forma de incentivar y motivar a la gente. A Brian Townley, por acompañarme durante tantos cursos y dar siempre una palabra grata de apoyo. A Víctor Maksaev, por estar siempre dispuesto a ayudar a la gente, y compartir su enorme sabiduría.

A mis profesores durante la carrera. A todos aquellos con los que compartimos el calor de un asado. Al Quilo, a Juanito, al Miro... Por aguantarnos en tantos terrenos y por la rica comida que siempre nos daban.

A María Rosa y a la Cristi, por ser como nuestras madres y apoyarnos en todo sentido. Sin ellas, sinceramente, la cosa habría sido bastante fea, y quizás cuantos semestres más demoraría(mos) en terminar.

A mi polola Carla, por acompañarme y soportarme durante este complicado proceso, y por darme su infinito amor y comprensión. A mis amigos. A todos los Locxra, Oso, Vera, Flako, Punky, Javier, Miguel, Samir, junto con sus respectiva. A mis amigos de la casa, Pipo, Chino, Michael, Felipe, Miguel, Carlos, Cristian, Pablo, Pancho, Rodrigo. A los cabros de mi querido curso de geo, Tom, Maca, Fer, Feña, Ale, Penita, Chalo, Conon, y a los cabros del curso que fui auxiliar, Tapia, Mary, Paola, Atax, Pelao, Gabriel, Nico, Vero, Waren, Iñigo. A los cabros con los que hice la práctica en Linderos y los niños de IMG. A todos esos amigos que han pasado por mi vida, entregándome alegría y momentos gratos.

Por último, a todos esos héroes anónimos, que nos proveen de alegría, fantasía, mambo y nos hacen acordar que la universidad no es solamente para estudiar, sino que es para crecer como persona, madurar y aprender sobre la vida.

A todos ellos, Gracias Totales.

En memoria a mi querida abuelita Lucha, Q.E.P.D.

Índice

1.- Introducción	1
1.1.- Objetivos	1
1.2.- Ubicación y Vías de Acceso	2
1.3.- Metodología	3
2.- Marco Geológico	4
2.1.- Rocas Estratificadas	4
2.2.- Rocas Intrusivas	5
2.3.- Cuaternario	6
3.- Geología del Prospecto Cerro Oveja	7
3.1.- Unidad Volcano-Sedimentaria	8
3.2.- Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales	10
3.3.- Fallas	13
4.- Alteración y Mineralización	15
4.1.- Alteración Hidrotermal Hipógena	17
4.2.- Alteración y Mineralización Supérgena	26
5.- Geoquímica	29
5.1.- Campaña de Geoquímica en Cerro Oveja	29
5.2.- Control de Calidad	32
5.3.- Resultados	37
5.3.1.- <i>Pipa Occidental</i>	40
5.3.2.- <i>Pipa Central</i>	42
5.3.3.- <i>Enjambre de diques orientales</i>	43
5.3.4.- <i>Calizas</i>	44
5.4.- Geoquímica realizada por Noranda 2002	45
5.4.1.- <i>Sondaje</i>	45
5.4.2.- <i>Geoquímica de Suelo</i>	46
5.4.3.- <i>Geoquímica de Rocas</i>	47
6.- Estimación de Recursos y Recomendaciones	48
7.- Modelo de depósito	50
8.- Conclusiones	54
9.- Referencias	56
ANEXOS	58

ANEXO I.- Descripción de Sondaje DDH-YB-01	59
ANEXO II.- Descripción secciones transparentes y pulidas	62
MCO01	62
MCO03	65
MCO06	67
MCO08	69
MCO09	72
MCO13	76
ANEXO III. Resultados Geoquímica	79

Índice de Fotos

Foto 1. Andesita perteneciente a la secuencia estratificada (313200E, 6262000N).	8
Foto 2. Andesita perteneciente a la secuencia estratificada (6261343 N 313241 E).	9
Foto 3. Contacto entre Andesita y Caliza (6261978 N 314156 E).	9
Foto 4. Brecha con matriz hidrotermal de la Pipa Central (6261141N, 313309E).	11
Foto 5. Brecha con matriz ígnea y clasto de caliza (Coordenadas 6261790N, 313164E).	12
Foto 6. Brecha monomítica con matriz ígnea (Coordenadas 6261052N, 313500 E)	12
Foto 7. Dique de brecha plegando calizas (314007E, 6261982N).	14
Foto 8. Caliza mineralizada en forma de vetillas (calcopirita, piritita) y diseminado. Coordenadas UTM 6261699N, 313135E	18
Foto 9. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-09). Nícoles Cruzados.	19
Foto 10. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-09). Nícoles Paralelos.	20
Foto 11. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles cruzados.	20
Foto 12. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles paralelos..	21
Foto 13. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal (MCO-08). Se pueden observar las vetas de turmalina y los clastos de andesita	22
Foto 14. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal con alteración potásica (Coordenadas UTM 6261133 N 313287 E)	22
Foto 15. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-13). Se pueden observar los minerales de calcopirita (Cpy).	23
Foto 16. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-09).	24
Foto 17. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-08).	24
Foto 18. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-08).	25
Foto 19. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08).	27
Foto 20. Contacto entre Brechas Ígneo-Hidrotermales (arriba) y Calizas (abajo). Labores mineras trabajadas en calizas mineralizadas. Coordenadas UTM 6261699N, 313135E	28
Foto 21. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-01). Nícoles Cruzados.	63
Foto 22. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-01). Nícoles Paralelos.	63
Foto 23. Muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-01).	64
Foto 24. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles Cruzados.	65
Foto 25. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles Paralelos.	66
Foto 26. Muestra de brecha hidrotermal andesítica (MCO-03).	66
Foto 27. Corte transparente muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-06). Nícoles cruzados.	67
Foto 28. Corte transparente muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-06). Nícoles cruzados	68
Foto 29. Muestra de mano de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-06).	68

Foto 30. Corte transparente muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08). Nícoles cruzados	69
Foto 31. Corte transparente muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08). Nícoles paralelos.	70
Foto 32. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08).	70
Foto 33. Corte pulido muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08).	71
Foto 34. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles cruzados	72
Foto 35. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles cruzados	73
Foto 36. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles cruzados	73
Foto 37. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles paralelos	74
Foto 38. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal (MCO-09)	74
Foto 39. Corte pulido muestra de brecha ígnea-hidrotermal (MCO-09).	75
Foto 40. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-13). Nícoles cruzados	77
Foto 41. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-13). Nícoles paralelos	77
Foto 42. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal (MCO-13).	78
Foto 43. Corte pulido de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-13).	78

Índice de Tablas

Tabla 1. Minerales de alteración en prospecto Cerro Oveja.	16
Tabla 2. Ubicación de muestras geoquímicas tipo chip sampling	30
Tabla 3. Ubicación muestras tipo Chip Sampling segunda campaña geoquímica.	31
Tabla 4. Control de calidad de la geoquímica en el segundo análisis de laboratorio.	35
Tabla 5. Control de calidad de la segunda campaña geoquímica.	36
Tabla 6. Resultados geoquímicos de las muestras recolectadas en el prospecto Cerro Oveja, en ppm.	37
Tabla 7. Matriz de correlación de Pearson (R) para los resultados geoquímicos, en escala aritmética, de las muestras tipo <i>chip sampling</i>	38
Tabla 8. Matriz de coeficientes de determinación (R ²) para los resultados geoquímicos, en escala aritmética, de las muestras tipo <i>chip sampling</i>	38
Tabla 9. Resultados de las muestras tipo <i>chip sampling en Pipa Occidental</i>	40
Tabla 10. Resultados de las muestras tipo <i>chip sampling en Pipa Central.</i>	42
Tabla 11. Resultados de las muestras tipo <i>chip sampling en diques Orientales</i>	43
Tabla 12. Resultados de las muestras tipo <i>chip sampling en calizas.</i>	44
Tabla 13. Resultados geoquímica de sondaje realizado en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.	46
Tabla 14. Resultados geoquímica de suelos en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.	46
Tabla 15. Coeficientes de correlación obtenidos de geoquímica de suelos en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.	46
Tabla 16. Resultados geoquímica de rocas en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.	47
Tabla 17. Coeficientes de correlación obtenidos de geoquímica de rocas en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.	47
Tabla 18. Mapeo realizado por el Curso de Geología Económica Semestre Otoño 2008. Sondaje DDH-YB-01	59
Tabla 19. Datos de geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.	79
Tabla 20. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.	83
Tabla 21. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.	86
Tabla 22. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.	87
Tabla 23. Datos de geoquímica entregada en el segundo análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.	88
Tabla 24. Datos de segunda campaña geoquímica entregada por laboratorio, por AcmeLabs Ltda.	89
Tabla 25. Datos de control de calidad de la segunda campaña geoquímica entregada por AcmeLabs Ltda.	90

Índice de Gráficos

Gráfico 1 : Valores muestras 1-B y Réplica	33
Gráfico 2 : Valores Standard DS7	34
Gráfico 3 : Control de Calidad (Cu). Segundo análisis de Laboratorio	35
Gráfico 4 : Control de Calidad (Cu). Segunda Campaña Geoquímica	36
Gráfico 5 : Cu vs Ag (<10000 ppm Cu)	39
Gráfico 6 : Cu vs Ag (>10000 ppm Cu)	39
Gráfico 7 : Cu vs Ag. Pipa Occidental	41
Gráfico 8 : Cu vs Ag. Pipa Central	42
Gráfico 9 : Cu vs Ag. Diques Orientales	43
Gráfico 10 : Cu vs Ag. Calizas	44

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación y rutero del Prospecto Cerro Oveja	2
Figura 2. Mapa geológico regional. Modificado de Nasi y Thiele (1982) y Wall et al., (1996)	6
Figura 3. Mineralización hipógena y supérgena.	27
Figura 4. Perfil esquemático Prospecto Cerro Oveja.	51

1) INTRODUCCIÓN

Los depósitos estratoligados de Cu con Ag subordinada en Chile han sido históricamente los 2° productores de Cu, después de los pórfidos de Cu – Mo, durante gran parte del siglo XX. Estos depósitos, recientemente han sido desplazados al 3° lugar por los depósitos IOCG. Uno de estos depósitos estratoligados corresponde al Prospecto Cerro Oveja, cuyo estudio es el objetivo de este trabajo.

En la zona, desde 1909 a 1945, existió una fundición que trabajaba con leyes promedio de Cu del 4%, con una producción promedio de 300 ton/día, utilizando como medio de transporte ferrocarriles y un andarivel sobre el río Maipo. Se explotaron 3 mantos de calizas (2 a 3 m de potencia) con leyes promedios de cobre iguales a 2.5%, explotado en 5 diferentes minas. (Millán, 2006; Muehlenbach, 2001)

En la actualidad solo existen labores de minería a pequeña escala, como es el caso de la mina Venus, que extrae 120 ton/día de un nivel de rocas calcáreas oscuras con mineralización de calcosina negra, bornita y calcopirita.

1.1) Objetivos

El presente trabajo de memoria tiene como objetivo principal definir un modelo de depósito para el prospecto cuprífero Cerro Oveja, estimando preliminarmente un potencial de recursos de cobre.

Los objetivos específicos son:

- 1.- Determinar el control litológico y estructural de la mineralización.
- 2.- Determinar los tipos de alteración hidrotermal y asociaciones mineralógicas metálicas, tanto hipógenas como supérgenas.
- 3.- Proponer un modelo de mineralización y estimar un potencial de recursos minerales.

1.2) Ubicación y Vías de acceso

El área se encuentra en la Región Metropolitana, en la Cordillera de la Costa, 77 km al SW de Santiago, entre las coordenadas UTM 6260900 – 6262100 y 312900 – 314200.¹

Para acceder desde Santiago a la zona de estudio, se debe tomar la Autopista del Sol hasta la salida de Talagante con dirección a Isla de Maipo y tomar la ruta G-420 hasta la comunidad de San Antonio de Naltagua (Figura 1).

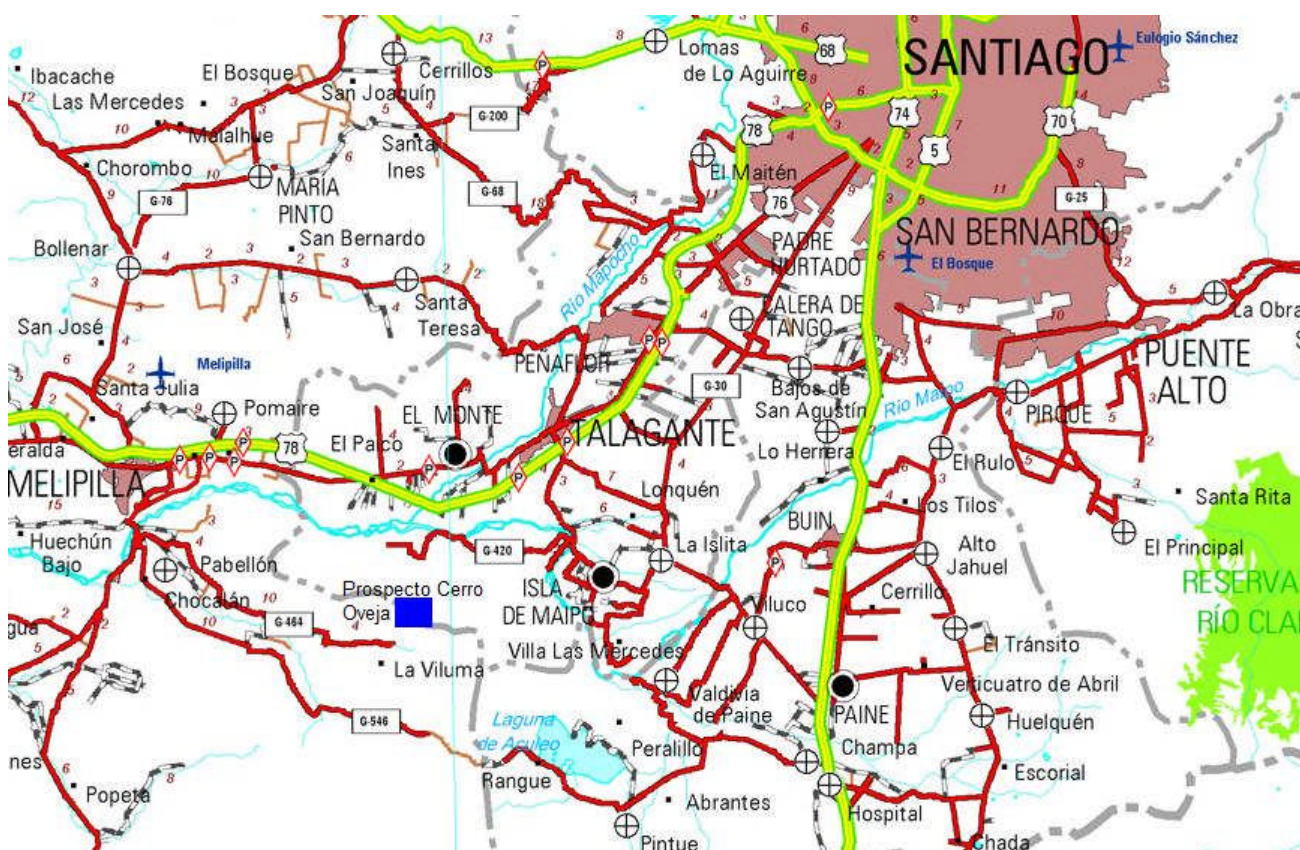


Figura 1: Mapa de ubicación y rutero del Prospecto Cerro Oveja (Cuadro Azul).
http://www.mapas.mop.cl/pdf/Lam3_Reg_5_13_6_7.pdf

¹ Todos los puntos de este trabajo están referenciados al datum Provisional Sudamericano de 1956 con proyección UTM 19S.

1.3) Metodología

El estudio del prospecto involucró trabajo de terreno. Para generar un mapa geológico a escala 1:1.000, el cual se digitalizó y se redujo a una escala 1:2.000. En la zona fue posible definir litología, mineralización, estructuras y tipos de alteración hidrotermal existentes. Se revisó, además, un testigo de sondaje diamantino de 238.4 m de largo, que fue realizado por la empresa Noranda, en el año 2002.

Se realizó, también, un muestreo tipo “*chip sampling*”, para la realización de estudios geoquímicos en la zona. Se recolectaron sistemáticamente 29 muestras, las cuales fueron analizadas mediante Digestión por Agua Regia ICP-OES (1D) para la detección de Cu, Ag y otros elementos, y ensaye a fuego para Au. Se realizó posteriormente un segundo análisis químico para 9 muestras con sobrelímite de Cu > 1%, mediante Digestión por Agua Regia AAS.

Además se procedió a recolectar muestras de roca para la realización de cortes transparentes y cortes pulidos, y con esto poder determinar la paragénesis de mineralización, alteración y poder caracterizar de mejor manera la litología de la zona de estudio.

Una segunda campaña de terreno de 5 días fue realizada durante el semestre de primavera 2008, en el cual se trabajó con el mapa digital 1:2000 confeccionado con anterioridad. En la zona fue posible distinguir de mejor manera la litología y mineralización en zonas que no se lograron abarcar en la campaña anterior. En este segundo terreno se recolectaron otras 14 muestras tipo chip sampling, las cuales fueron analizadas mediante Digestión por Agua Regia AAS, por Cu y Ag.

2) MARCO GEOLÓGICO

En Chile Central existe una secuencia estratificada compuesta principalmente por rocas volcánicas y sedimentarias, de edad jurásica a cretácica inferior (Figura 2). Las unidades que afloran en la Cordillera de la Costa conforman un homoclinal con manto 20°-70°E, y en el que aflora una secuencia de aproximadamente 10 km de potencia. Las rocas volcánicas (andesitas a riolitas), de edad jurásica a cretácica presentan intercalaciones de depósitos sedimentarios marinos (calizas y lutitas) y continentales (areniscas y conglomerados). Estas secuencias fueron intruidas por granitoides del Jurásico Medio a Superior y del Cretácico Inferior a Superior (Vergara *et al*, 1995).

2.1) Rocas Estratificadas

Las rocas estratificadas del Jurásico al Cretácico Inferior consisten en dos unidades estratigráficas, monoclinales, las cuales se encuentran separadas por una discordancia. En ambas unidades se observa una parte inferior consistente en rocas volcánicas félsicas y masivas, depositadas en un ambiente marino y una parte superior dominada por lavas máficas amigdaloidales depositadas en condiciones sub-aéreas. Se disponen discordantemente sobre el basamento Paleozoico-Triásico y están cubiertas, principalmente de manera discordante, y en partes concordante, por una secuencia sub-aérea de edad cretácica tardía.

Formación Lo Prado (Thomas, 1958; Piráces, 1976) [Berriasiano – Hauteriviano]

Unidad sedimentaria marina y volcánica, que consiste en una secuencia marino batial cubierta por ignimbritas interestratificadas por rocas sedimentarias litorales y continentales. La Formación Lo Prado presenta zonas de alteración hidrotermal, hospedando principalmente mineralización estratiforme de cobre en mantos de calizas. Su desarrollo vertical litológico permite distinguir tres miembros, correlacionables con los miembros definidos por Piráces y Maksaev (1977)

Miembro Superior: 1100 m de potencia promedio. Calizas fosilíferas marinas, areniscas y conglomerados con intercalaciones de rocas volcánicas andesíticas a dacíticas; mayor presencia de rocas volcánicas hacia el sur. Hospeda la mayor parte de la mineralización, con vetas de cobre y oro-cobre, estratiformes de cobre (Minas Mantos Negros, Fortuna, etc.) y cobre-plata (Mina Buena Esperanza) y yacimientos de caliza (Minas Las Abuelitas, Viluma, Elisa/Tirana).

Miembro Medio: 2150 m de potencia promedio. Lavas, lavas brechosas y tobas, de composición andesítica, dacítica y riolítica e intercalaciones sedimentarias subordinadas. Hospeda vetas de cobre (Mina Diez Hermanos), oro (Mina el Pleito) y cobre-plata (Mina Loma Larga) y estratiformes de cobre (Mina Codiciada).

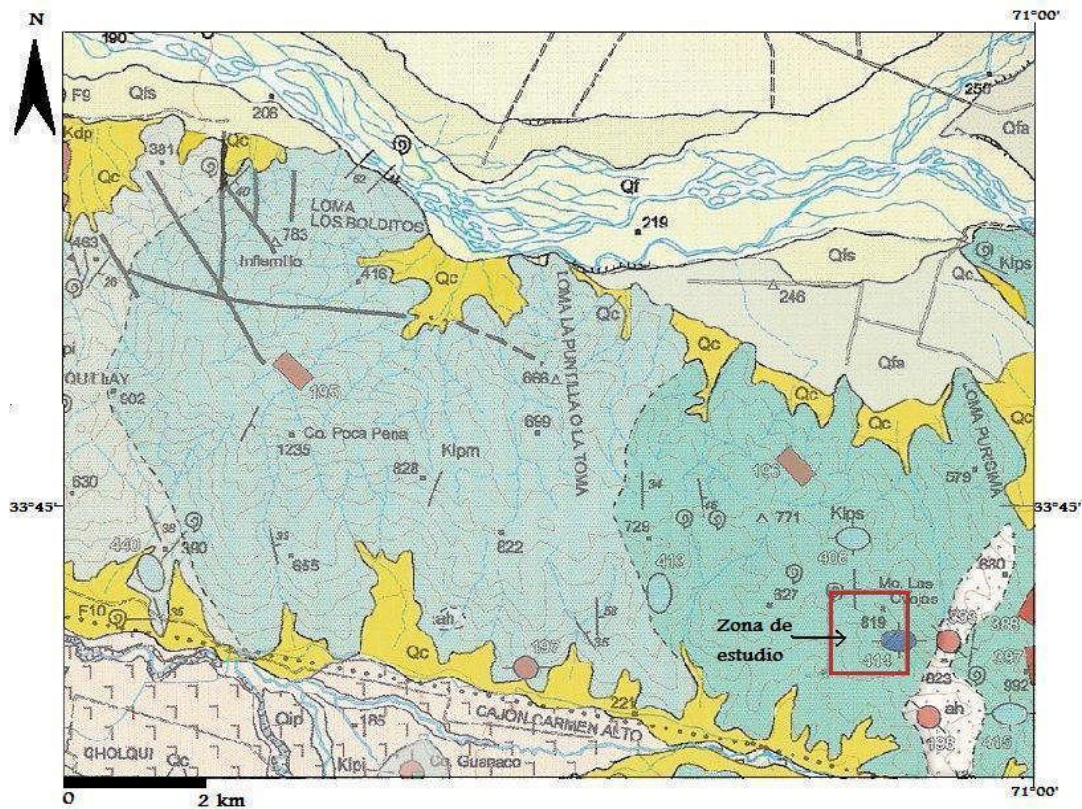
Miembro Inferior: 1970 m de potencia promedio. Areniscas, areniscas fosilíferas marinas, lutitas calcáreas, areniscas y conglomerados y escasas intercalaciones de lavas andesíticas y dacíticas.

2.2) Rocas Intrusivas

En la zona afloran rocas de edad Cretácico Superior. Corresponden a pórfidos dioríticos y granodioríticos; granodioritas y tonalitas de anfíbola-biotita-piroxeno y monzodioritas cuarcíferas. Intruyen a las formaciones del Jurásico y Cretácico inferior y a cuerpos plutónicos del Jurásico y Paleozoico. Zonas de alteración hidrotermal se asocian con estos intrusivos del Cretácico Inferior. Son rocas calcoalcalinas de potasio intermedio, metaluminosas, de tipo I. Una datación K-Ar en biotita indica una edad de 92 ± 2 Ma y en plagioclasa de 95 ± 4 Ma (Wall, et al., 1996).

2.3) Cuaternario

Los depósitos Cuaternarios los componen depósitos coluviales no consolidados, depósitos fluviales no consolidados de cursos activos, abandonados y otros que forman terrazas. Además se encuentran depósitos de la Ignimbrita Pudahuel, que corresponde a depósitos piroclásticos de ceniza y lapilli pumíceos, de composición riolítica, con una potencia máxima de 5 m al sur de Melipilla (Wall, et al., 1996).



Leyenda

Rocas No Consolidadas

- (Qc) Depósitos Coluviales
- (Qfa) Depósitos fluviales antiguos
- (Qip) Ignimbrita Pudahuel
- (Qfs) Depósitos fluviales subactuales
- (Qf) Depósitos fluviales

Rocas Consolidadas

- (Klps) Fm. Lo Prado Miembro Superior
- (Klpm) Fm. Lo Prado Miembro Medio
- (Klpi) Fm. Lo Prado Miembro Inferior
- Rocas intrusivas**
- (Kdp) Pórfidos Dioríticos

- (ah) Alteración Hidrotermal
- Falla Inferida, cubierta
- Falla observada, lineamiento
- Zona Estudio (Cerro Oveja)

Figura 2.- Mapa geológico regional. Modificado de Nasi y Thiele (1982) y Wall et al., (1996)

3) GEOLOGÍA DEL PROSPECTO CERRO OVEJA

En el prospecto Cerro Oveja aflora una secuencia volcano-sedimentaria correlacionable con la Formación Lo Prado (Miembro Superior), de edad Cretácico Inferior. Además, en la zona se localizan dos cuerpos en forma de Chimenea y un enjambre de diques de brecha ígneo-hidrotermal, que se encuentran emplazados en esta formación (Mapa 1, fuera de Texto).

Nasi y Thiele (1982) y Wall et al (1996) describieron a escala regional una actitud general homoclinal de la secuencia estratificada Jurásica-Cretácica, con rumbo general NS a NE y manteo promedio entre 25-35° hacia el este.

En el sector del prospecto Cerro Oveja existe una predominante alteración propilítica, de carácter hipógena, con una asociación mineralógica correspondiente a epidota (alterando a plagioclasas y como minerales individuales), clorita (en reemplazos de plagioclasas, rellenando vesículas y en la masa fundamental), cuarzo (en vetillas en algunos sectores característicos) y calcita (en vetillas, en matriz y recristalizado (Tabla 1). También se pudo identificar una zona con alteración potásica, con una asociación mineralógica caracterizada por biotita y feldespato potásico. Además, se pudo apreciar que esta unidad se encuentra argilizada, reconocida en análisis de cortes transparentes. Esta alteración argílica supérgena se encuentra alterando principalmente la masa fundamental y las plagioclasas.

La mineralización de este prospecto se encuentra alojada en la Unidad de brechas Ígneo-Hidrotermales, y además en los niveles calcáreos en su entorno de la Unidad Volcano-Sedimentaria. La mineralización en estos cuerpos se encuentra caracterizada por minerales oxidados de Cu, tales como crisocola ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), azurita ($\text{Cu}_3[(\text{OH}/\text{CO}_3)_2]$) y malaquita ($\text{Cu}_2 [(\text{OH})_2/\text{CO}_3]$), además de sulfuros de Cu (Calcosina (Cu_2S), Digenita (Cu_9S_5)), sulfuros de Cu-Fe (Bornita (Cu_5FeS_4), Calcopirita (CuFeS_2)), y sulfuros de Fe (Pirita (FeS_2)).

Cada unidad será descrita a continuación.

3.1) Unidad Volcano-Sedimentaria

Corresponde a una sucesión estratificada de andesitas y cuarzo-andesitas, que presenta intercalaciones métricas de rocas sedimentarias calcáreas. Las andesitas presentan una matriz afanítica de color gris, mesocrática, de textura porfírica, plagioclasas de 1 a 4 mm y con muy poca presencia de cuarzo, tanto primario como secundario (<5%). Las rocas calcáreas corresponden a intercalaciones de calizas y limolitas. En el contacto entre estas unidades litológicas, observado en el sondaje DDH-YB-01, se pudo apreciar estructuras de carga (*flames*). Esta unidad aflora en la zona NW y SE de la cumbre del cerro Oveja, y se aprecia en los alrededores de la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermal. (Mapa 1, fuera de texto). Para esta unidad se midieron planos preferenciales de orientación, cuyo rumbo varía entre NS y N63°W y el manteo entre N35°E y 50°E. El espesor de esta secuencia se estima aproximadamente a 700 m.

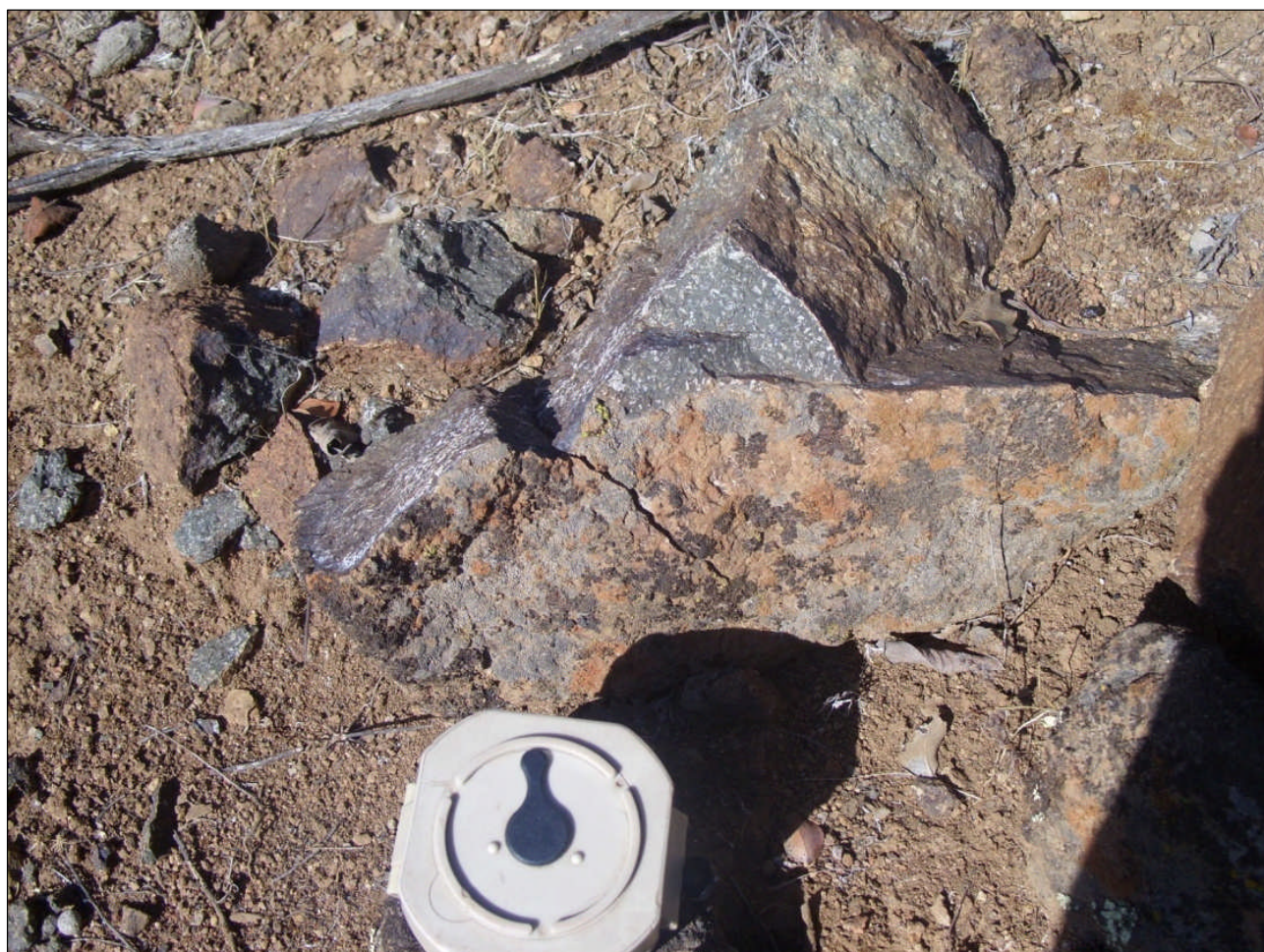


Foto 1. Andesita perteneciente a la secuencia estratificada (313200E, 6262000N).



Foto 2. Andesita perteneciente a la secuencia estratificada (6261343 N 313241 E).



Foto 3. Contacto entre Andesita y Caliza (6261978 N 314156 E).

3.2) Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales

Corresponde principalmente a 2 cuerpos de brecha ígneo-hidrotermal, en forma de Chimeneas, que se emplazan en la secuencia estratificada, tanto en el sector occidental, como en el sector Central. En la cumbre del Cerro Oveja, la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales aflora de manera horizontal como un cuerpo elongado de 200 m de ancho por 650 m de largo promedio, con su eje más alargado en dirección NW-SE. En la parte oriental afloran diques como cuerpos subverticales, conformando un enjambre (Mapa 1, fuera de texto). No existen mediciones de planos orientados, pero existen rumbos de emplazamiento de los diques, los cuales varían entre N30°E y N50°E. Para efectos del presente trabajo, se diferenciaron 3 zonas dentro de esta unidad, las cuales corresponden a: Chimenea Occidental, Chimenea Central y Enjambre de diques orientales.

Estos cuerpos ígneo-hidrotermales poseen matriz andesítica variando a hidrotermal (Foto 2). Los fragmentos son principalmente andesíticos y en menor medida félsicos y de sedimentos calcáreos, pudiéndose diferenciar clastos monomícticos tanto en la Chimenea Central como en el Enjambre de diques orientales (Foto 6), y polimícticos en la Chimenea Occidental (Foto 5). Posee mineralogía primaria principalmente compuesta por cristales de plagioclasas de tamaños variables hasta de 8 mm, en su mayoría subhedrales. Se observan, además, vetillas de cuarzo subhedral de espesores aproximados a 5 mm en zonas superior de la Chimenea occidental. La matriz de esta unidad presenta texturas de esferulitas en las cercanías a la Unidad Volcano-Sedimentaria (Foto 11 y 12).



Foto 4. Brecha con matriz hidrotermal de la Chimenea Central (6261141N, 313309E).



Foto 5. Brecha con matriz ígnea y clasto de caliza (Coordenadas 6261790N, 313164E).



Foto 6. Brecha monomíctica con matriz ígnea (Coordenadas 6261052N, 313500 E)

3.3) Fallas

El prospecto Cerro Oveja se encuentra afectado por fallas de poca importancia y expresión. Algunas de estas fallas se encuentran afectando a la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales. La falla más importante es una que se encuentra en la parte NW de la Chimenea occidental, ubicada en la parte superior del cerro Oveja, donde se observa la traza de una falla normal de rumbo N80W (Mapa 1, fuera de texto), de manteo aproximado a 45°E, poniendo en contacto la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales y la Unidad Volcano-Sedimentaria.

Otras fallas de menor importancia se observan en la parte superior del Cerro Oveja, en la parte norte de la Chimenea occidental, la cual se caracteriza por ser subvertical de rumbo N30°W. Otra corresponde a una falla de disposición N36°E y manteo 67°NW en la parte central de la Chimenea occidental, con una expresión en planta de 10 m, y desplazamiento no visible. En la parte baja del Cerro Oveja, en el sill intermedio, se observan tres estructuras subverticales de rumbos N30°W, NS y N45°W, ordenados de N a S (Mapa 1, fuera de texto). Son estructuras de menor orden, con desplazamientos del orden de 1 a 3 m.

Hacia el E del área estudiada, dentro de esta misma unidad, en la zona del Dique oriental, se identifica una zona de falla (Foto 7) compuesta por estructuras cuyos rumbos varían entre NS y N30°E y sus manteos van desde 40°W hasta subverticales, dominando esta última disposición. No se puede apreciar el desplazamiento, pero ponen en contacto a la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales con la Unidad Volcano-Sedimentaria.



Foto 7. Dique de brecha plegando calizas (314007E, 6261982N). Se observa contacto por falla en esta zona, además de labores mineras.

4) ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

En el sector del prospecto Cerro Oveja existe una predominante alteración propilítica, de carácter hipógena, con una asociación mineralógica correspondiente a epidota (alterando a plagioclasas y como minerales individuales), clorita (en reemplazos de plagioclasas, rellenando vesículas y en la masa fundamental), cuarzo (en vetillas) y calcita (en vetillas y diseminado en matriz) (Tabla 1). También se pudo identificar una zona en la parte media de la Chimenea Central (Coordenadas 6261133N, 313287E), caracterizada por alteración potásica, reconociéndose fenocristales de biotita, feldespatos potásicos y cuarzo. Además se pudo apreciar que esta unidad se encuentra argilizada, reconocida mediante el análisis de secciones transparentes, como alteración principalmente de la masa fundamental y las plagioclasas.

La mineralización en el prospecto Cerro Oveja se encuentra alojada fundamentalmente en la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales, observada tanto en forma de Chimeneas, como diques. Mientras tanto, la mineralización observada en la Unidad Volcano-Sedimentaria se encuentra alojada en las calizas que se encuentran en contacto con la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales, en forma de vetillas, paralelos al manto.

<i>Alteración y Mineralización</i>	<i>Propilítica</i>	<i>Potásica</i>	<i>Supérgena</i>
Cuarzo	XX	XX	
Epidota	XX		
Clorita-Smectita	XXX		
Calcita	XX		
Bornita	XX		
Calcopirita	XX		
Digenita	X		
Pirita	X		
Biotita		X	
Feldespató Potásico		XX	
Calcosina			XX
Hematita			XX
Limonita			XXX
Goetita			X
Pirolusita			XXX
Crisocola			XXX
Azurita			X
Malaquita			XX

Tabla 1. Minerales de alteración en prospecto Cerro Oveja. X representa la abundancia relativa.

La tabla 1 presenta la abundancia relativa de los minerales de alteración presentes en el prospecto Cerro Oveja.

Se pudieron separar 2 eventos de alteración y mineralización en la zona de estudio, correspondientes a mineralización hidrotermal hipógena, y una posterior mineralización y alteración supérgena.

4.1) Mineralización hidrotermal hipógena

La mineralización hidrotermal hipógena en el prospecto Cerro Oveja se encuentra, de manera general, en forma penetrativa, acompañada por una alteración propilítica que se caracteriza por la asociación clorita-epidota-calcita-actinolita-cuarzo-turmalina, una alteración potásica, con la asociación mineralógica biótica-feldespató potásico y una alteración argílica débil, identificada en plagioclasas y en la matriz de las brechas.

La Unidad Volcano-Sedimentaria, según Hasler (2007), ha sido afectada por un metamorfismo regional no deformativo, de muy bajo grado, con preservación de texturas y estructuras primarias. El metamorfismo regional correspondería a facies zeolita a prehnita-pumpellyita y esquistos verdes, donde la facies zeolita correspondería a la Formación Veta Negra, y la facies prehnita-pumpellyita y esquistos verdes a la Formación Lo Prado (la cual correspondería a la Unidad Volcano-Sedimentaria).

Poder diferenciar el metamorfismo de bajo grado presente en las rocas, del metasomatismo producido por la alteración hidrotermal no es posible. Hasler (2007) describe en la zona la presencia de asociaciones de minerales metamórficos de bajo grado, tales como albita, feldespató potásico, óxidos de Fe-Ti, cuarzo y sericita. En la zona de estudio, la alteración en este tipo de roca, además de presentar algunos de estos minerales, se encuentra caracterizada principalmente por la presencia de clorita-smectita en amígdalas, epidota y turmalina.

Las rocas sedimentarias de esta unidad se encuentran recristalizadas en las áreas cercanas a las brechas ígneo-hidrotermales. Se observa principalmente cuarzo secundario, calcita recristalizada y epidota. No se observa skarnificación en la zona.

La Unidad Volcano-Sedimentaria se encuentra mineralizada con sulfuros de Cu y Fe (Bornita (Cu_5FeS_4), Calcopirita (CuFeS_2)), principalmente en las zonas de contacto con la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales. Se caracteriza principalmente por alojarse en las rocas sedimentarias calcáreas, en forma de vetillas de espesores menores a 1 mm, y no extenderse por mucha distancia desde la zona de contacto con las brechas ígneo-hidrotermales (10 m aproximadamente). Estas vetillas son principalmente de calcopirita, y pirita, además de encontrarse diseminada alrededor, en menor medida.



Foto 8. Caliza mineralizada en forma de vetillas (calcopirita, pirita) y diseminado.
Coordenadas UTM 6261699N, 313135E

En la Unidad de brechas Ígneo-Hidrotermal, se pueden apreciar diferentes grados de alteración. Una que afecta a los clastos andesíticos, los cuales forman parte de la Unidad Volcano-Sedimentaria, y ya se han descrito con anterioridad, y otro tipo de alteración que afecta a la matriz de la brecha.

La alteración de los clastos andesíticos se caracterizan por presentar amígdalas de clorita-smectita (Foto 9 y 10), epidota en reemplazos de plagioclasas y además como fenocristales, sericita penetrativa, calcita recristalizada, cuarzo recristalizado y actinolita. Corresponde a una alteración Propilítica.



Foto 9. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-09). Nícoles Cruzados. Se observan amígdalas de clorita en clastos andesíticos.

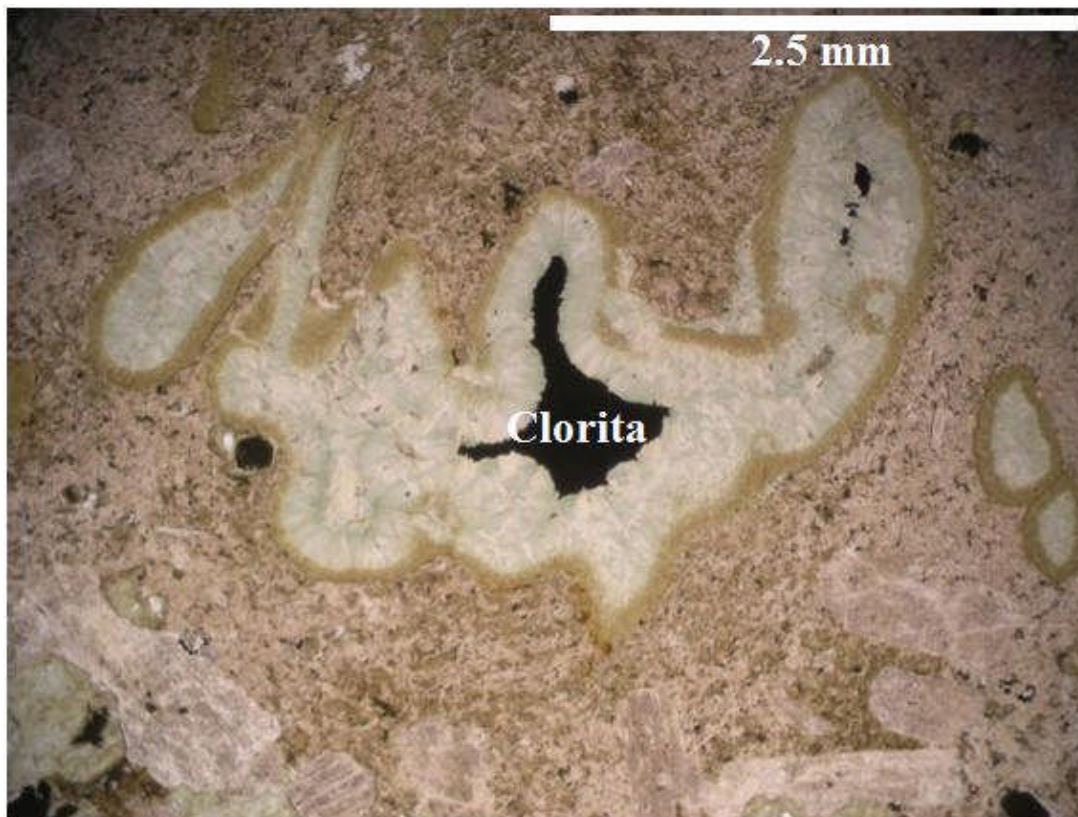


Foto 10. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-09). Nícoles Paralelos. Se observan de mejor manera las amígdalas de clorita en clastos andesíticos.

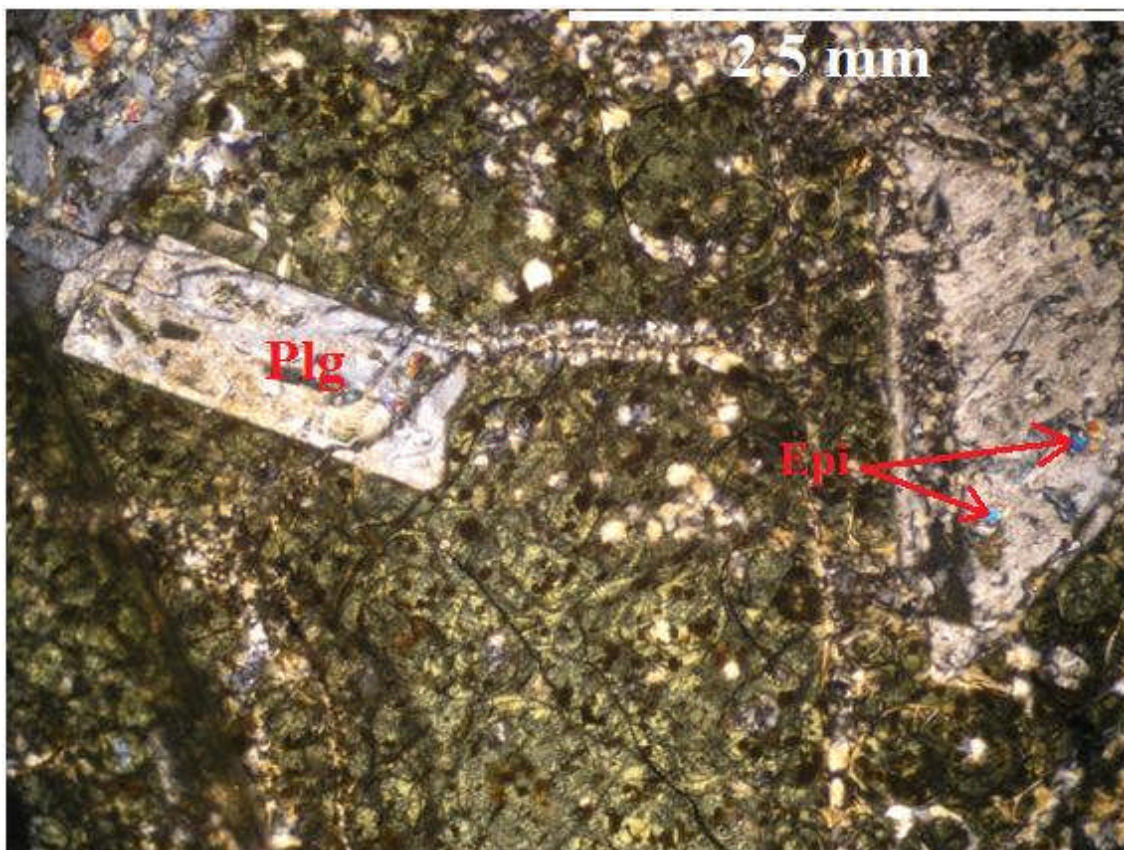


Foto 11. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles cruzados. Alteración de clorita en matriz. Epidota afectando las plagioclasas

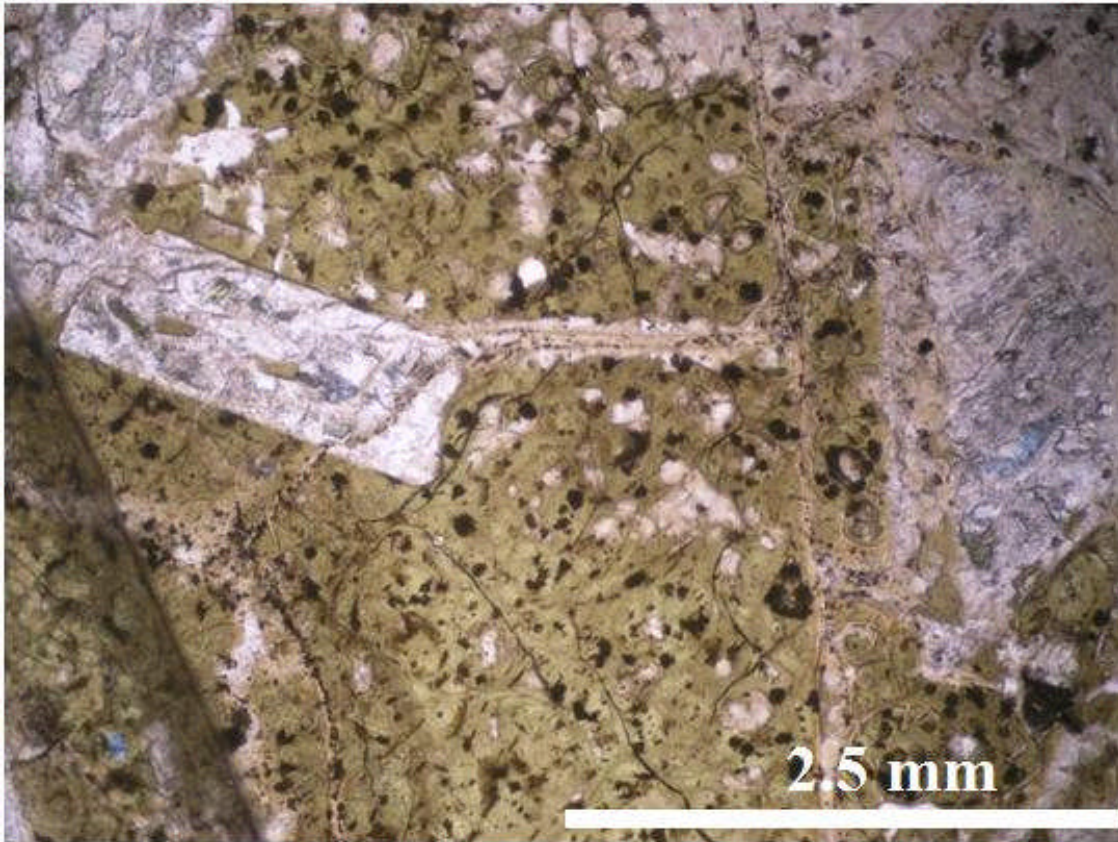


Foto 12. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles paralelos. Alteración de clorita en matriz se observa mucho más clara.

La matriz de las brechas presenta diferentes tipos de alteración. En algunas zonas se encuentra cloritizada, con pequeños cristales de epidota. Estas zonas corresponden a las partes internas de los diques. En otras zonas, más cercanas a los contactos con la Unidad Volcano-Sedimentaria, en especial con los estratos de sedimentos calcáreos, se observa la matriz afectada por una alteración de calcita penetrativa.

Se pudo apreciar además, la presencia de turmalina, tanto como en forma de vetillas, como matriz de las brechas (Foto 13) y en relictos minerales.

Las amígdalas de clorita no se aprecian solamente en los clastos de andesita, sino que también en la matriz ígnea de las brechas, pero en menor medida. La alteración predominante en este sistema corresponde a una propilitización.

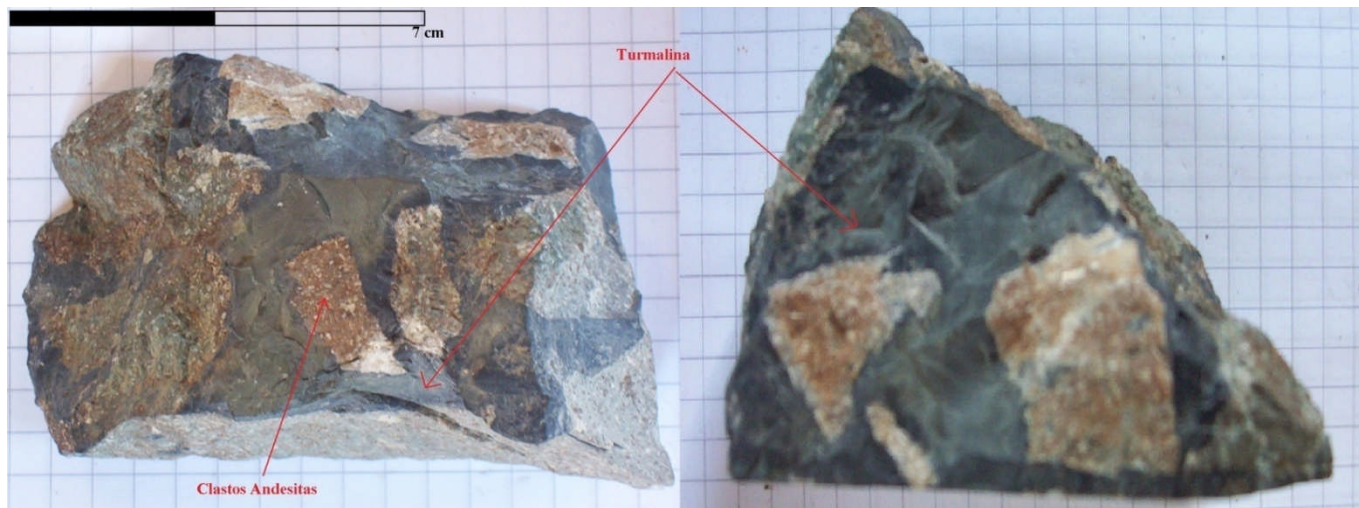


Foto 13. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal (MCO-08). Se pueden observar las vetas de turmalina y los clastos de andesita.

En la zona de estudio se pudo apreciar también la presencia de alteración potásica, caracterizada por cristales minerales de feldespato potásico, de tamaños menores a 5 mm, subhedrales, y cristales de biotita, de tamaños de 1 mm, euhedrales. Esta alteración se encuentra ubicada en la zona de la Chimenea Central, específicamente en las coordenadas UTM 6261133N - 313287E, y se extiende aproximadamente en un área de 100 m².



Foto 14. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal con alteración potásica. Se puede observar el color rosado, característico del feldespato potásico (Coordenadas UTM 6261133 - N 313287 E).

La mineralización en la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales se encuentra caracterizada por la presencia de minerales hipógenos como calcopirita y bornita.

Los minerales de calcopirita alcanzan tamaños de 7 mm, son anhedrales, a excepción de los minerales identificados en muestra de mano de la muestra MCO13, donde éstos adquieren formas euhedrales, con formas de plagioclasas reconocibles macroscópicamente. Los minerales de bornita alcanzan tamaños de hasta 5 mm, anhedrales.

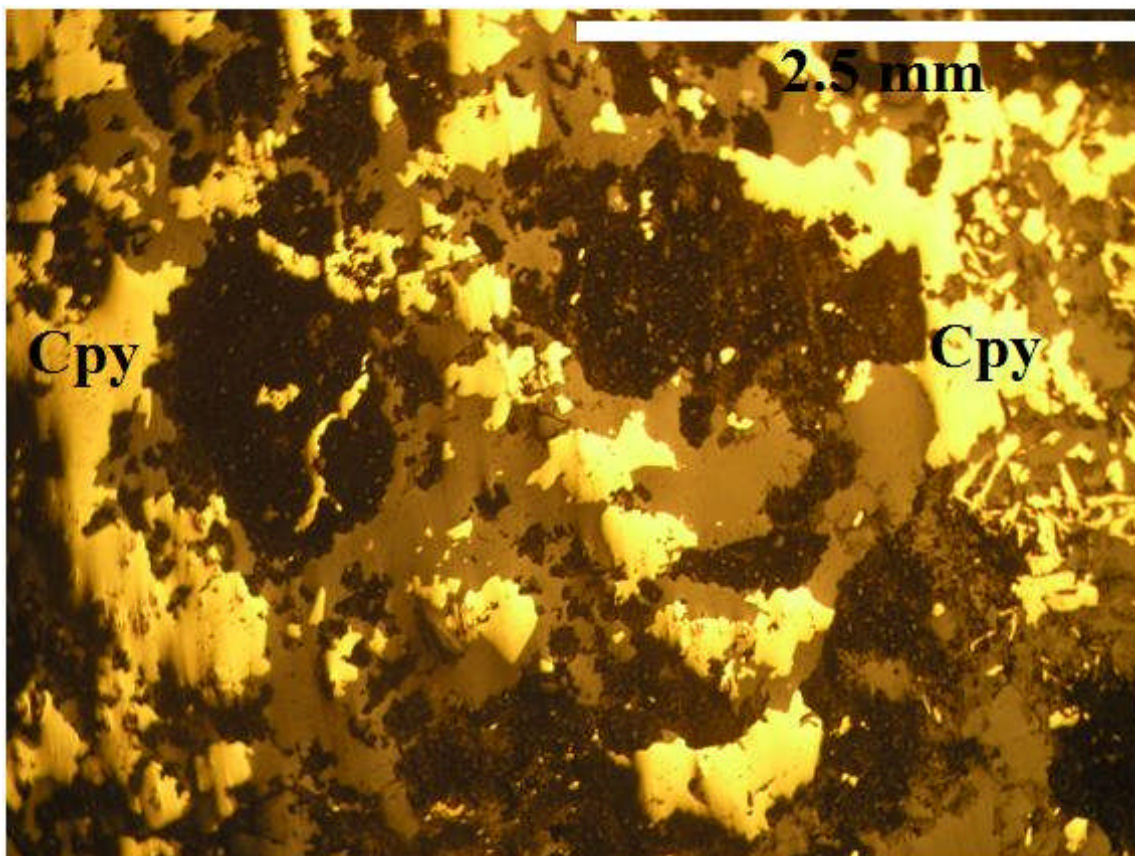


Foto 15. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-13). Se pueden observar los minerales de calcopirita (Cpy).

En la foto 15 se puede ver calcopirita en la totalidad de la muestra. Esta mineralización hipógena se aprecia de mejor manera en el sector medio de las Chimeneas de brecha, siendo en menor intensidad en la parte superior del Cerro Oveja.

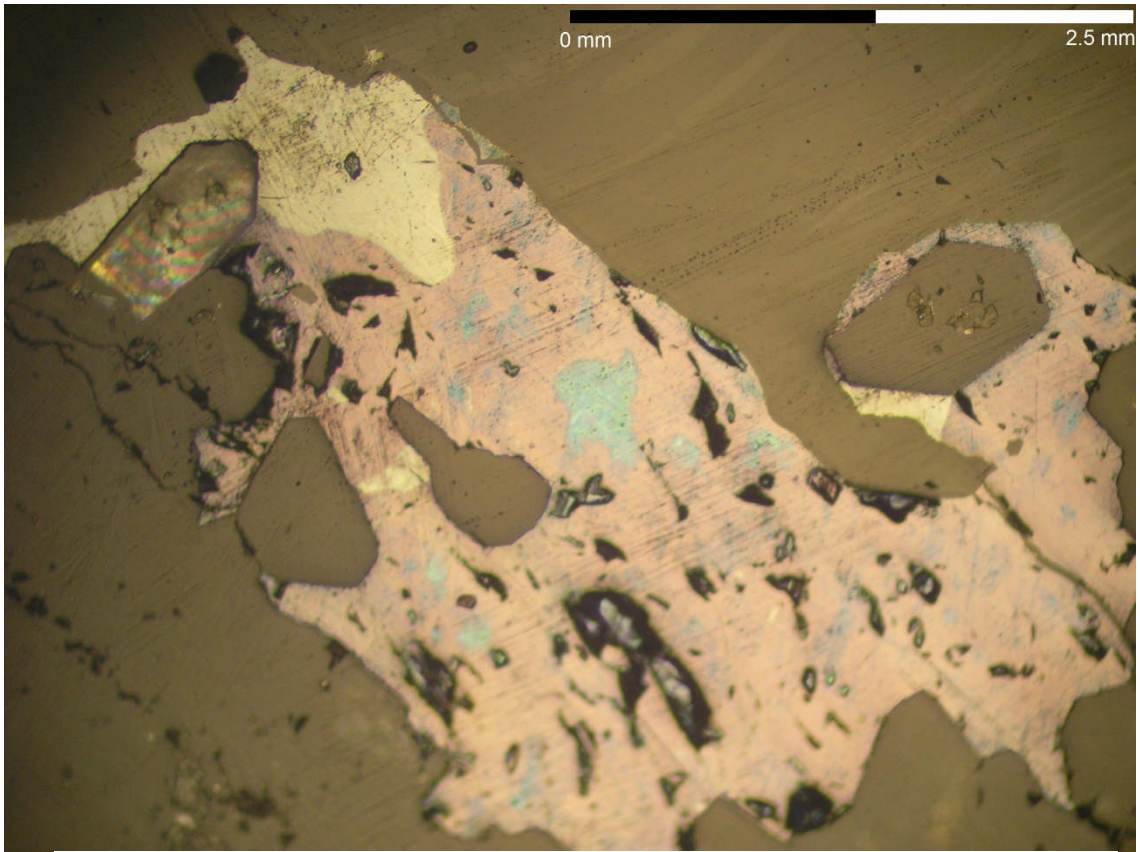


Foto 16. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-09). Se pueden observar los minerales de Digenita, Bornita y Calcosina. Se observa un relicto de turmalina en la esquina superior izquierda.

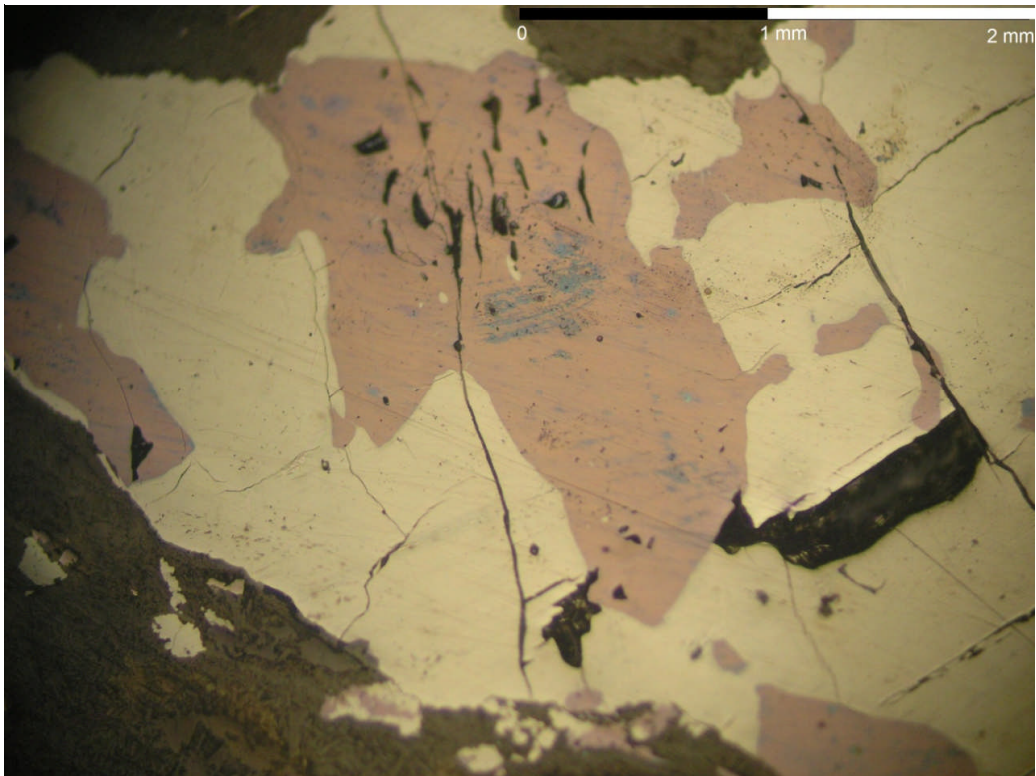


Foto 17. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-08). Se pueden observar los minerales de Calcosina reemplazando Bornita y Digenita.



Foto 18. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-08). Se pueden observar minerales de Digenita, Bornita y Calcosina.

En las Fotos 16, 17 y 18, se puede ver minerales de digenita, bornita y calcosina. Los minerales se encuentran fuertemente fracturados, las cuales se encuentran cortando tanto a calcosina como a bornita. No se reconocen minerales que se encuentren en las zonas de fractura dentro de estos minerales.

4.2) Alteración y Mineralización Supérgena

La alteración supérgena se distribuye de manera homogénea por la totalidad de la Unidad de brechas Ígneo-Hidrotermales. En el sector superior de la Chimenea Occidental se puede observar un nivel superficial de roca estéril, con boxworks de pirita, presencia de óxidos e hidróxidos de Fe y Mn (hematita, limonita, goetita, pirolusita) en la parte superficial. Este nivel se extiende aproximadamente por 50 cm a 1 m en algunas zonas, junto con diseminados de minerales oxidados de Cu, que se sitúan bajo estos niveles de roca estéril. En los demás sectores del prospecto, se puede observar la presencia de pirolusita, con menor cantidad de hematita. Los boxwork de pirita son difíciles de observar, y se encuentran en menor medida que en el sector superior de la Chimenea Occidental.

La mineralización supérgena corresponde principalmente a minerales oxidados de Cu, tales como malaquita, crisocola, y azurita, además de encontrarse sulfuros de Cu, como calcosina (Foto 16, 17, 18). Afecta principalmente a la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales y en menor medida a las rocas estratificadas calcáreas circundantes a ésta. Los minerales se presentan de manera diseminada, vetillas y reemplazos de minerales existentes. La mineralización supérgena en la zona superior de la Chimenea Occidental se encuentra bajo una capa de roca lixiviada de 50 cm a 1 m, de manera diseminada.

La alteración y mineralización supérgena tiene poca relevancia en el prospecto, ya que solo representa la porción más superficial del mismo. El potencial económico del prospecto es de mineralización hipógena sulfurada.

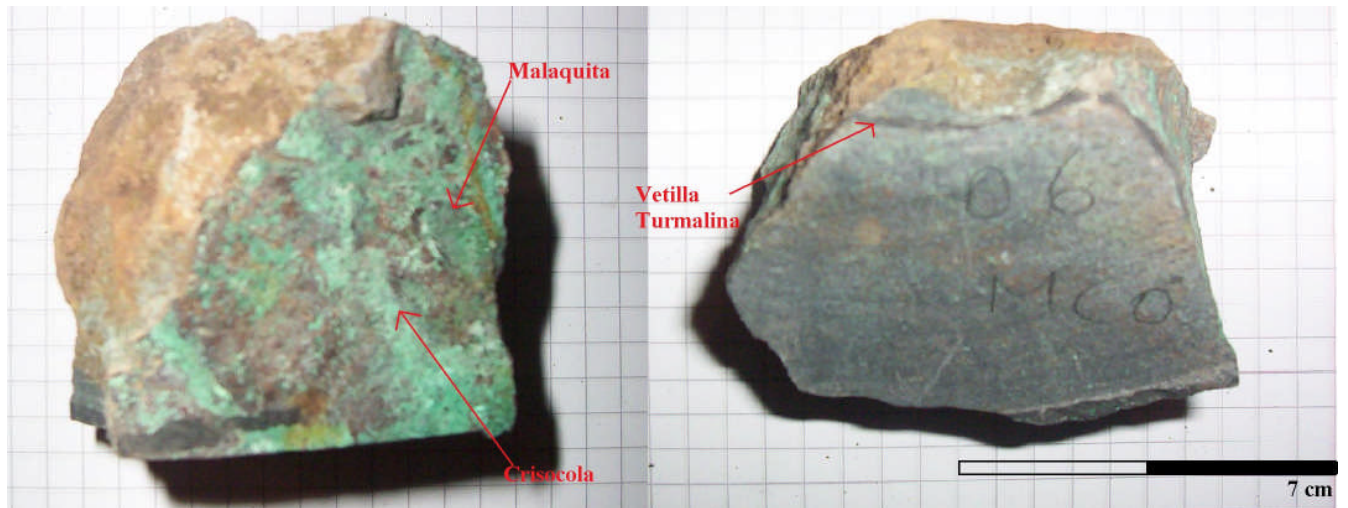


Foto 19. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08). Se pueden observar las vetas de turmalina y los clastos de andesita.

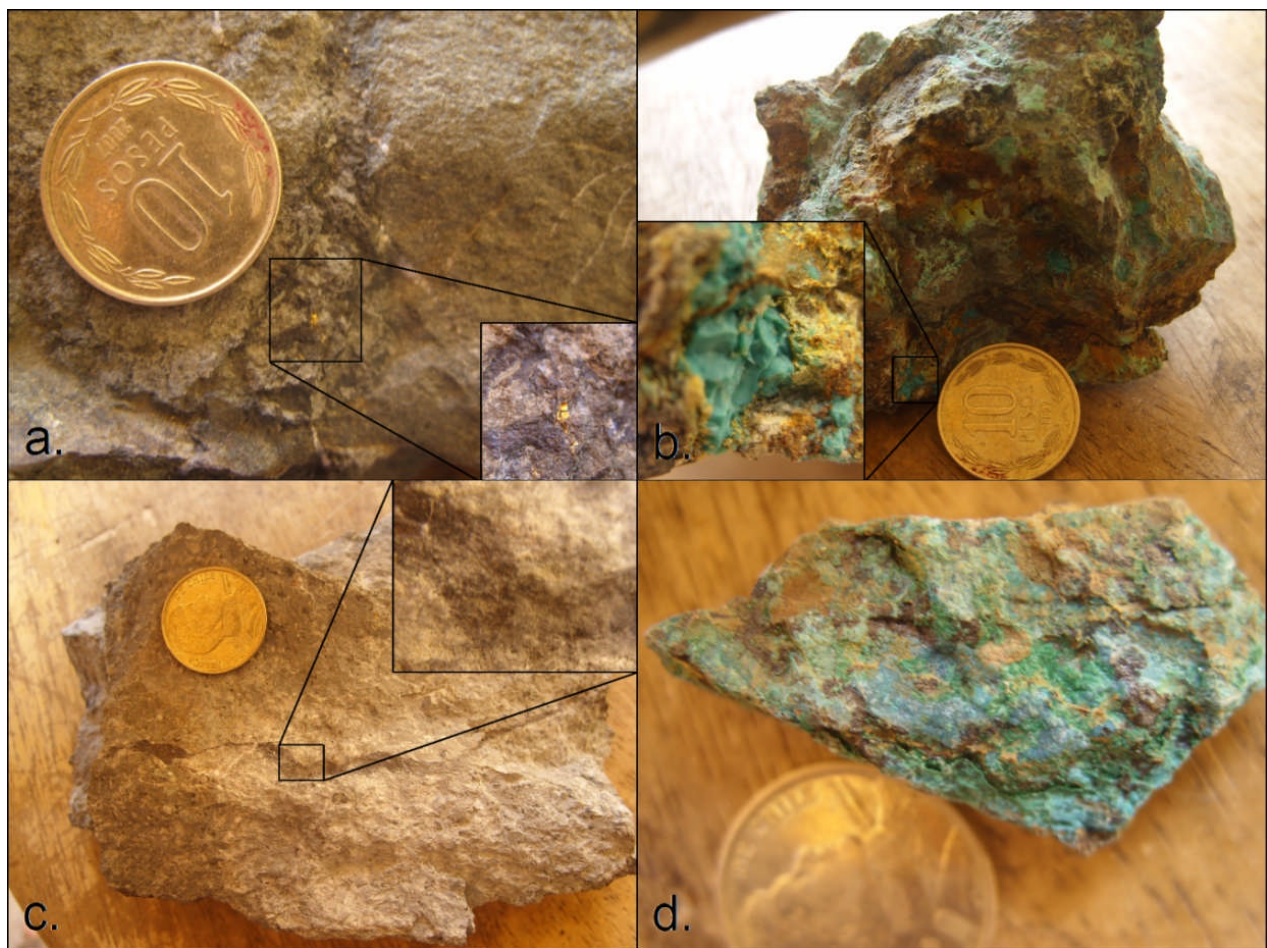


Figura 3. Mineralización hipógena y supérgena. a: calcopirita disseminada en matriz de brecha, b: crisocola disseminada en brecha, c: vetilla con calcosina en matriz de brecha, d: crisocola y malaquita con óxidos de Fe.



Foto 20. Contacto entre Brechas Ígneo-Hidrotermales (arriba) y Calizas (abajo). Labores mineras en calizas mineralizadas. Coordenadas UTM 6261699N, 313135E

5) GEOQUÍMICA

Con el objetivo de reconocer la distribución de las concentraciones de los elementos de interés en la zona de estudio, se procedió a realizar dos campañas diferentes de muestreos y análisis químicos de roca. Esto, en conjunto con información recolectada por una campaña de exploración realizada por Noranda, donde se realizó un sondaje diamantino DDH-YB-01 en la cumbre del Cerro Oveja, se describe a continuación.

5.1) Campañas de geoquímica en Cerro Oveja.

Para una primera campaña geoquímica en la zona de estudio, se realizó un muestro sistemático tipo *chip sampling* en las brechas ígneo-hidrotermales, debido a que esta unidad corresponde a la estructura mineralizada de mayor interés. El muestreo comprendió un total de 29 muestras. La ubicación de estas muestras se puede apreciar en el Mapa 1 fuera de texto, y en la Tabla 2 se muestra su ubicación en coordenadas UTM.

<i>Muestra</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>Litología</i>
1-A	6261950	313075	Brecha ígneo hidrotermal
1-B	6261837	313084	Brecha ígneo hidrotermal
1-C	6261492	313244	Brecha ígneo hidrotermal
1-D	6261340	313333	Brecha ígneo hidrotermal
1-E	6261397	313062	Brecha ígneo hidrotermal
1-F	6261466	313200	Brecha ígneo hidrotermal
1-G	6261550	313148	Brecha ígneo hidrotermal
1-H	6261785	313904	Brecha ígneo hidrotermal
2-A	6261884	313152	Brecha ígneo hidrotermal
2-B	6261853	313142	Brecha ígneo hidrotermal
2-C	6261863	313150	Brecha ígneo hidrotermal
2-D	6261814	313145	Brecha ígneo hidrotermal
2-E	6261833	313162	Brecha ígneo hidrotermal
2-F	6261119	313496	Brecha ígneo hidrotermal
2-G	6260979	313480	Brecha ígneo hidrotermal
2-H	6261087	313466	Brecha ígneo hidrotermal
2-I	6261877	313137	Brecha ígneo hidrotermal
2-J	6261720	313162	Brecha ígneo hidrotermal
2-K	6261655	313195	Brecha ígneo hidrotermal
2-L	6261408	313400	Brecha ígneo hidrotermal
2-M	6261785	313904	Brecha ígneo hidrotermal
2-N	6261910	313979	Brecha ígneo hidrotermal
2-O	6261982	314097	Brecha ígneo hidrotermal
3-A	6261791	313166	Brecha ígneo hidrotermal
3-B	6261772	313236	Brecha ígneo hidrotermal
3-C	6261760	313178	Brecha ígneo hidrotermal
3-D	6261771	313269	Brecha ígneo hidrotermal
3-E	6261000	313401	Brecha ígneo hidrotermal
3-F	6261153	313383	Brecha ígneo hidrotermal

Tabla 2. Ubicación de muestras geoquímicas tipo chip sampling. Coordenadas UTM en PSAD 56, huso 19S

Esta muestras se enviaron a AcmeLabs Ltda., en el cual se analizaron para Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W, Tl, Hg mediante Digestión por Agua Regia ICP-OES (1D), y se analizó Au mediante ensaye a fuego (G6). Los resultados para Cu no fueron los esperados, debido a que se marcaba sobre-límite de 1% para 9 de las muestras. Debido a este problema, se reenviaron esas muestras a AcmeLabs Ltda., donde se analizó Cu mediante Digestión con Agua Regia AAS.

Para la segunda campaña geoquímica en la zona de estudio, se realizó un muestro sistemático tipo *chip sampling* tanto en las brechas ígneo-hidrotermales, como en las calizas de la Unidad Volcano-Sedimentaria. La campaña comprendió un total de 14 muestras. La ubicación de éstas se puede apreciar en el Mapa 1 fuera de texto, y en la Tabla 3 se muestra su ubicación en coordenadas UTM y la litología a la cual corresponden.

<i>Muestra</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>Litología</i>
2-V-1	6261699	313135	Caliza mineralizada
2-V-2	6261710	313100	Brecha ígneo hidrotermal
2-V-3	6261612	313236	Brecha ígneo hidrotermal
2-V-4	6261588	313152	Caliza mineralizada
1-2-4A	6261376	313914	Caliza con sulfuros
1-2-4B	6261376	313914	Caliza con óxidados
1-2-6	6261536	313829	Brecha ígneo hidrotermal
1-2-7	6261499	313906	Brecha ígneo hidrotermal
1-3-1	6261168	313265	Brecha ígneo hidrotermal
1-3-2	6261133	313287	Brecha ígneo hidrotermal
1-3-3	6261141	313309	Brecha ígneo hidrotermal
1-3-4	6261052	313500	Brecha ígneo hidrotermal
2-D-1	6261353	313921	Caliza mineralizada
2-V-5	6261379	313907	Brecha ígneo hidrotermal

Tabla 3. Ubicación muestras tipo Chip Sampling segunda campaña geoquímica.

Esta muestras se enviaron a AcmeLabs Ltda., en el cual se analizaron para Cu y Ag mediante Digestión por Agua Regia AAS.

5.2) Control de Calidad

Para el primer resultado de laboratorio, como medio de autofiscalización, AcmeLabs Ltda. realizó análisis de 2 muestras duplicadas, 4 muestras standard y 3 muestras en blanco. Los resultados sirvieron para obtener los siguientes resultados:

- Para los duplicados: Se realizó un duplicado para la muestra 1-B y otro para la muestra 2-J. El duplicado de la muestra 1-B se analizó mediante Digestión por Agua Regia ICP-OES. Las diferencias entre los resultados entre el original y el duplicado fueron desde un mínimo de 0% para Co, V, La, Mg, Ba, Ti, Na y Ka, y un máximo de un 12,5% para el Cr, donde el orden de magnitud era de 1 ppm. Estos datos son bastante buenos, lo que hace confiable los resultados entregados por el laboratorio para el análisis por Digestión por Agua Regia ICP-OES. Los resultados se pueden ver en el Gráfico 1. El duplicado de la muestra 2-J se analizó mediante ensaye a fuego. La diferencia entre el resultado original y el duplicado fue de un 12%, por lo que la precisión sería buena también para el Au mediante este tipo de análisis, teniendo en cuenta el orden de magnitud con el que se trabaja.

- Para los análisis de las muestras Standard: Se realizó 1 análisis mediante ensayo a fuego en Au para la muestra STD OXJ47, y para la muestra STD DS7 se realizó el análisis mediante Digestión por Agua Regia ICP-OES 4 veces. Los resultados para la muestra STD DS7 son prácticamente iguales, por lo que la precisión del análisis es bastante bueno. Los resultados se pueden observar en el Gráfico 2. Se realizó solamente 1 análisis para la muestra STD OXJ47, por lo que no se tiene comparación alguna para esta muestra.

- Para las muestras en blanco: Los resultados arrojaron valores todos bajo el límite de detección, lo que muestra la nula presencia de contaminación en los procedimientos analíticos.

Gráfico 1 : Valores muestras 1-B y Réplica

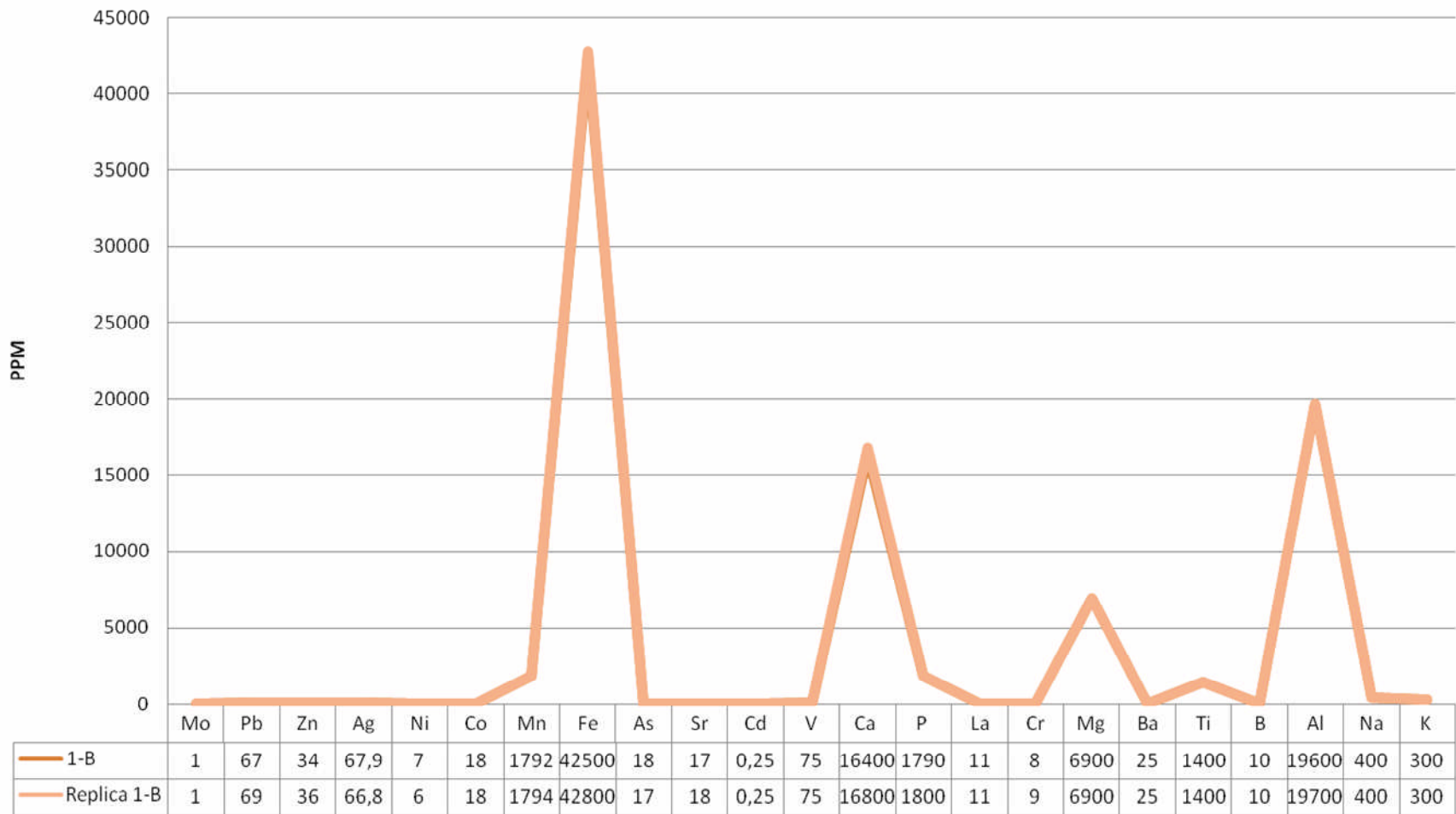


Gráfico 2 : Valores Standard DS7



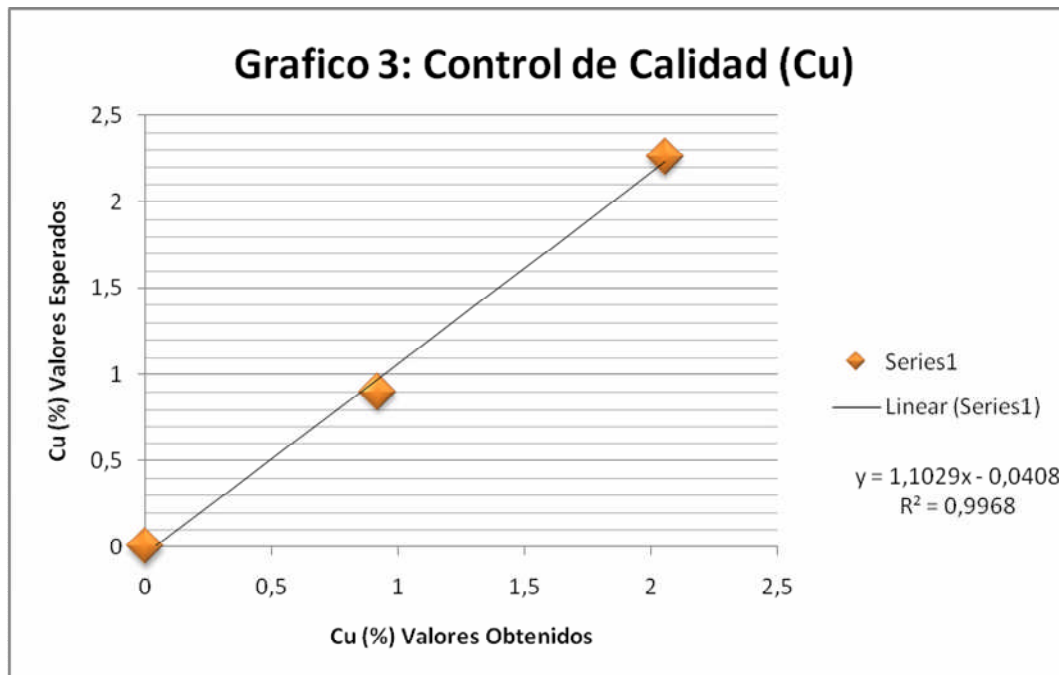
	Mo	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	Sr	Cd	V	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	Cu
— STD DS7	16	65	408	0,7	53	8	637	25000	52	67	6	82	9200	780	13	157	10500	374	1000	30	9700	1200	4500	99
— STD DS7	16	62	414	0,7	54	9	642	24400	50	65	5,9	82	9200	780	12	158	10600	386	1100	27	9500	1300	4600	103
— STD DS7	15	71	414	0,8	55	10	656	24300	53	63	5,9	86	9300	800	13	165	10800	397	1000	33	9400	1300	4600	116
— STD DS7	16	65	400	0,8	51	9	613	23200	57	59	5,5	83	8600	750	12	153	10000	370	1000	29	8800	1200	4400	102

Para el segundo resultado de laboratorio, como medio de autofiscalización, AcmeLabs Ltda. procedió a realizar análisis de 2 muestras standard y 1 muestra en blanco. Los resultados, mostrados en la Tabla 4, nos dan los siguientes resultados.

	Method	8AR
	Analyte	Cu
	Unit	%
	MDL	0,001
STD CU110	Standard	0,92
STD GMB996-3	Standard	2,056
STD CU110 Expected		0,9
STD GMB996-3 Expected		2,2599
BLK	Blank	<0,001

Tabla 4. Control de calidad de la geoquímica en el segundo análisis de laboratorio.

Los valores entre los valores esperados y los resultados obtenidos difieren en menos de un 10%, lo que es considerado bueno para efectos de este trabajo. Se observa un excelente coeficiente de correlación para estas muestras (Gráfico 3)

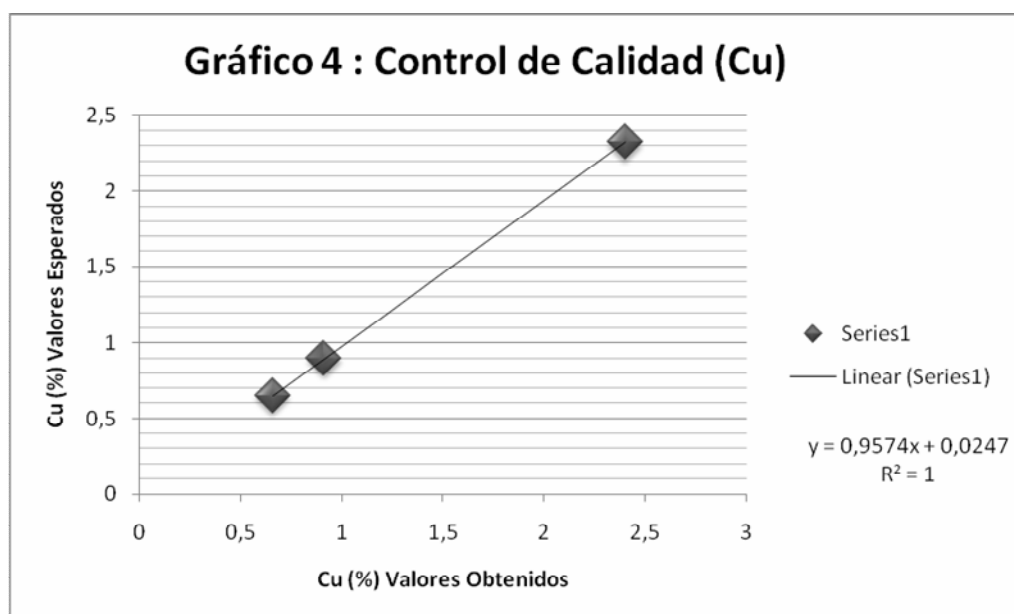


Para los resultados de la segunda campaña geoquímica, AcmeLabs realizó los siguientes análisis de control de calidad:

	Elemento	Ag	Cu
	Unidad	PPM	%
	Lím.Inf	1	0.001
Pulp Duplicates			
2-V-3	Rock	11	0.657
REP 2-V-3	QC	12	0.651
Reference Materials			
STD CU110	STD	5	0.911
STD CU143	STD	79	2.398
STD CU110 Expected	STD	5	0.9
STD CU143 Expected	STD	79	2.32
BLK	BLK	<1	<0.001
Prep Wash			
PREP BLK	PREP BLK	<1	<0.001

Tabla 5. Control de calidad de la segunda campaña geoquímica.

El error asociado para los resultados de las muestras que se entregan en la tabla 5, son menores a 3.7%, lo que es considerado bueno para efectos del presente trabajo. El coeficiente de correlación para este control de calidad es perfecto (Gráfico 4)



5.3) Resultados

En primera instancia, para poder trabajar con los datos, se procedió a normalizar los datos que estaban bajo el límite de detección, a un valor correspondiente a la mitad del valor de bajo detección. Se eliminaron también los elementos con más de la mitad de los datos bajo el límite de detección. Además, para poder entender de mejor manera los resultados, se filtraron los elementos con los que se trabajaron. La tabla compilada es la siguiente:

	<i>Elemento</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ag</i>	<i>Mn</i>	<i>As</i>	<i>Fe</i>	<i>Ti</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>
1-A	Rock	27020	81	112	41,4	1700	22	65900	2700	13000	12100
1-B	Rock	42270	67	34	67,9	1792	18	42500	1400	6900	16400
1-C	Rock	1153	11	114	1,3	2501	8	61100	3100	10200	18400
1-D	Rock	10550	17	103	8,7	2076	4	65200	3000	11500	15200
1-E	Rock	15780	18	96	23,2	4316	17	49200	1700	15600	43400
1-F	Rock	1118	43	212	1,2	1620	7	55600	2500	10400	15200
1-G	Rock	7327	20	61	7,1	5890	11	44200	1500	14800	68300
1-H	Rock	7232	15	77	3	5024	20	30000	500	9400	198900
2-A	Rock	13660	29	114	21,6	1835	20	74200	2700	18500	11200
2-B	Rock	4575	12	117	3,7	1784	7	61100	2600	14000	13900
2-C	Rock	14490	19	105	21,6	1504	42	63600	2400	14500	15900
2-D	Rock	4616	44	137	4,8	2186	7	58100	1900	10900	18200
2-E	Rock	1770	13	113	1,8	1888	6	52600	2400	9700	17400
2-F	Rock	4782	13	127	3,7	2750	4	46400	1300	6500	6400
2-G	Rock	6149	9	83	5,1	1648	3	37400	50	9200	3900
2-H	Rock	17930	14	214	24,2	3666	3	79100	50	21900	34700
2-I	Rock	7812	25	122	0,8	2896	21	55200	2300	20000	22000
2-J	Rock	1867	25	138	1,4	1732	6	60000	2700	12600	15900
2-K	Rock	1608	21	104	1	1417	5	48600	2600	9500	16100
2-L	Rock	2109	14	90	2,3	2416	5	57300	3100	10700	15700
2-M	Rock	611	69	385	1	6085	22	43500	1900	9800	84900
2-N	Rock	8360	39	327	11,7	3512	6	57400	1800	19400	23000
2-O	Rock	5924	3	167	7,6	5479	55	66900	1900	18200	62300
3-A	Rock	8590	19	116	6,7	2078	9	61900	2700	11800	14600
3-B	Rock	6438	15	131	8,8	1681	5	60500	2700	12100	17800
3-C	Rock	4398	16	114	6	2007	4	62200	2100	12100	20600
3-D	Rock	30650	183	87	14,6	1090	28	33300	1700	5500	18100
3-E	Rock	2990	11	90	1,6	1702	4	48100	1100	11600	5100
3-F	Rock	17770	16	204	5,7	2640	4	42700	1500	13200	6800

Tabla 6. Resultados geoquímicos de las muestras recolectadas en el prospecto Cerro Oveja, en ppm.

Una de las consideraciones que se tuvo para el análisis de las muestras, fue el contenido crítico de CaCO₃ contenido en las muestras, debido a la alta cantidad de clastos de calizas y calcita recristalizada, lo que muestra una cantidad elevada de Ca en los resultados del análisis.

Luego, descartando el Ca dentro de los análisis posteriores, se obtuvo una matriz de correlación (Tabla 7) y una matriz de coeficientes de determinación (Tabla 8) como sigue:

	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Mn</i>	<i>As</i>	<i>Fe</i>	<i>Ti</i>	<i>Mg</i>
Cu	1	0,884421	0,259615	0,580603	0,171756	0,297825	0,107238	0,216102	0,05
Ag		1	0,234521	0,341467	0,128452	0,271846	0,101489	0,131149	0,036056
Zn			1	0,066332	0,385876	0	0,145945	0,037417	0,3005
Pb				1	0,173781	0,26533	0,318119	0	0,35171
Mn					1	0,315911	0,162173	0,339116	0,317175
As						1	0,044721	0,034641	0,198997
Fe							1	0,43909	0,631823
Ti								1	0,026458
Mg									1

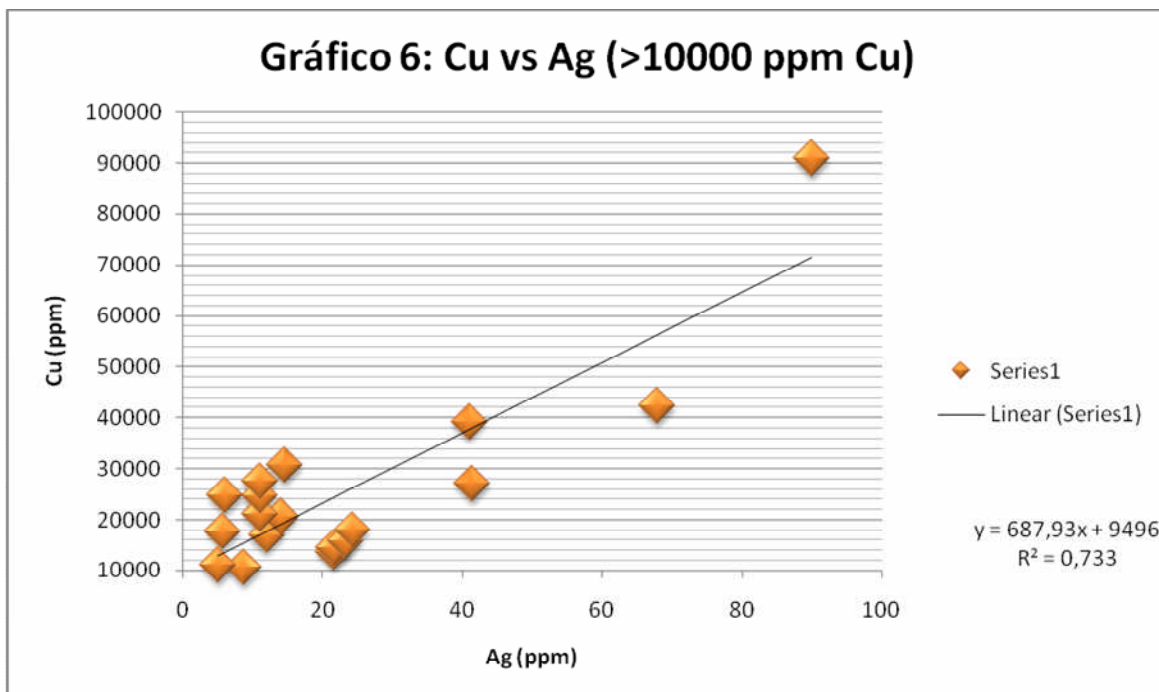
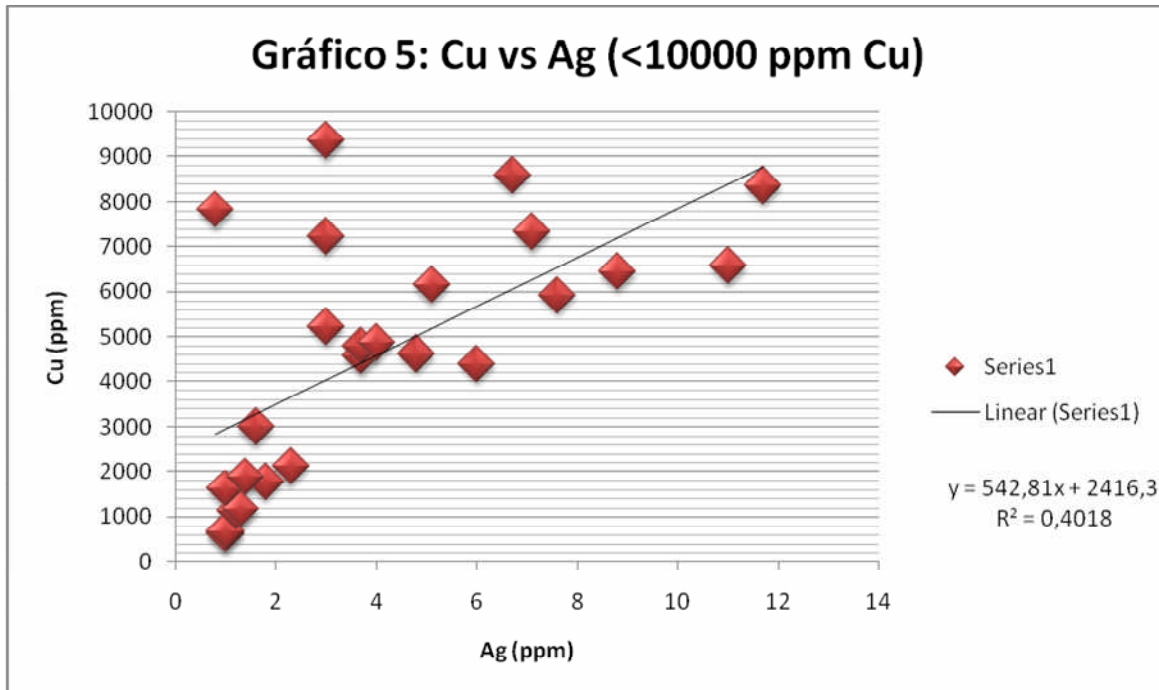
Tabla 7. Matriz de correlación de Pearson (R) para los resultados geoquímicos, en escala aritmética, de las muestras tipo *chip sampling*

	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Mn</i>	<i>As</i>	<i>Fe</i>	<i>Ti</i>	<i>Mg</i>
Cu	1	0,7822	0,0674	0,3371	0,0295	0,0887	0,0115	0,0467	0,0025
Ag		1	0,055	0,1166	0,0165	0,0739	0,0103	0,0172	0,0013
Zn			1	0,0044	0,1489	0	0,0213	0,0014	0,0903
Pb				1	0,0302	0,0704	0,1012	0	0,1237
Mn					1	0,0998	0,0263	0,115	0,1006
As						1	0,002	0,0012	0,0396
Fe							1	0,1928	0,3992
Ti								1	0,0007
Mg									1

Tabla 8. Matriz de coeficientes de determinación (R²) para los resultados geoquímicos, en escala aritmética, de las muestras tipo *chip sampling*

Se puede notar la baja correlación entre los elementos existentes en las muestras recolectadas, destacando la relación entre Cu-Ag, Cu-Pb y Fe-Mg. Para los coeficientes de determinación, los valores también son bajos, siendo el único importante la relación entre Ag y Cu.

Las anomalías geoquímicas importantes en este prospecto corresponden a Cu y Ag, pero por tener diferentes estudios geoquímicos en la zona, dividiremos los resultados para las muestras bajo y sobre 10000 ppm de Cu.



Se puede notar una buena correlación entre Cu y Ag en el gráfico 5 ($R=0,639$), mientras que la correlación existente en el gráfico 6 es considerada muy buena ($R=0,836$).

Para una mejor comprensión, dividiremos la zona de estudio en 3 áreas, para estimar leyes zonales medias, las cuales corresponderían a:

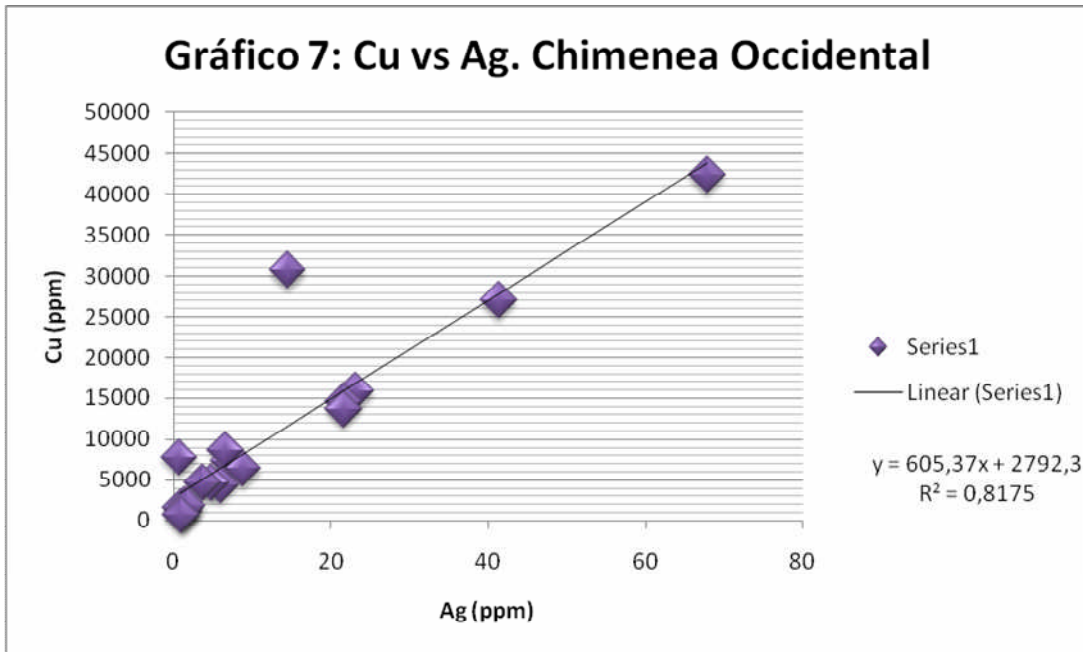
- Chimenea Occidental
- Chimenea Central
- Enjambre de diques Orientales

5.3.1) Chimenea Occidental

Para el área de la Chimenea Occidental, se recolectaron 19 muestras (Tabla 9). Los resultados del análisis son los siguientes:

Muestra	Cu (%)	Ag(ppm)
1 – E	1,58	23,2
1 – F	0,11	1,2
1 – C	0,11	1,3
1 – G	0,73	7,1
2 – J	0,19	1,4
2 – K	0,16	1
2 – I	0,78	0,8
3 – C	0,44	6
3 – B	0,64	8,8
3 – D	3,07	14,6
3 – A	0,86	6,7
2 – D	0,46	4,8
2 – E	0,18	1,8
2 – B	0,46	3,7
2 – C	1,45	21,6
2 – A	1,37	21,6
1 – A	2,7	41,4
1 – B	4,23	67,9
2 – V - 2	0,066	1

Tabla 9. Resultados de las muestras tipo *chip sampling* en Chimenea Occidental



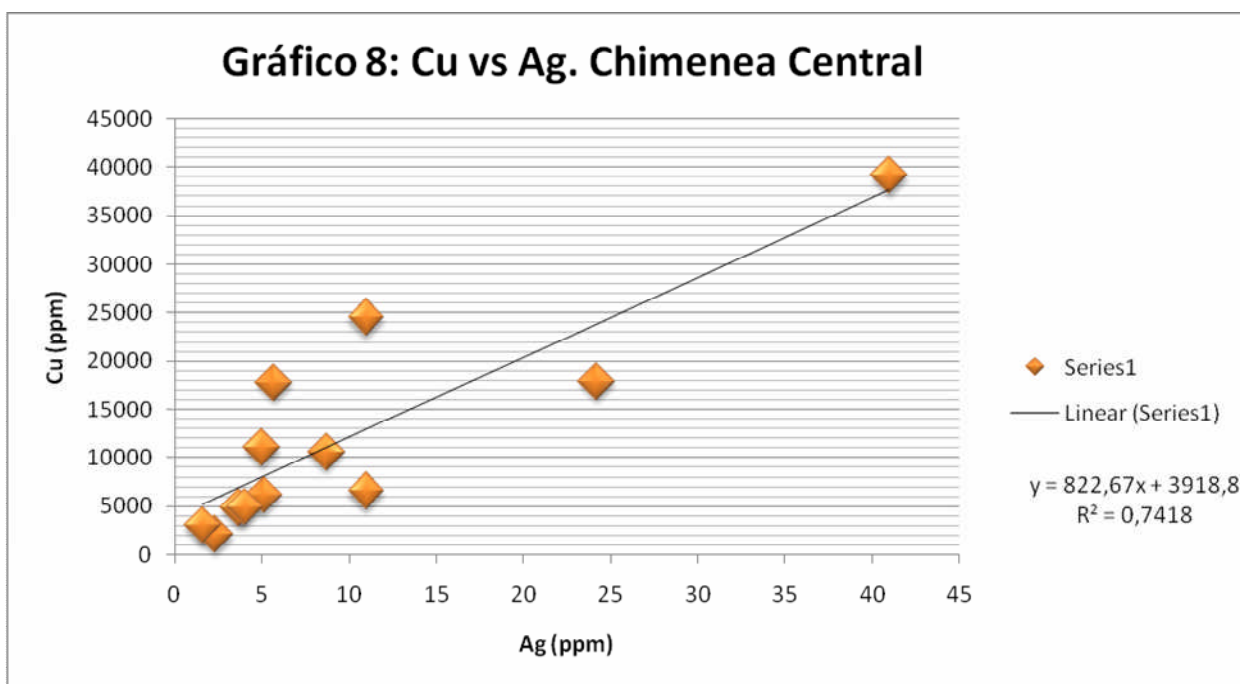
Los resultados obtenidos nos dan una ley media de Cu de 1,03%, y de Ag de 12,41 g/ton. El sondaje DDH-YB-01 corta este cuerpo mineralizado, entre los metros 0 y 14, con una ley media de 0,6% de Cu, y de 13,11 g/ton de Ag.

5.3.2) Chimenea Central

Para el área de la Chimenea Central, se recolectaron 12 muestras (Tabla 10). Los resultados del análisis son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Cu (%)</i>	<i>Ag(ppm)</i>
1 – D	1,06	8,7
2 – L	0,21	2,3
2 – F	0,48	3,7
2 – H	1,79	24,2
3 – F	1,78	5,7
3 – E	0,3	1,6
2 – G	0,61	5,1
2–V–3	0,657	11
1.3.1	2,454	11
1.3.2	0,486	4
1.3.3	1,1	5
1.3.4	3,919	41

Tabla 10. Resultados de las muestras tipo *chip sampling* en Chimenea Central.



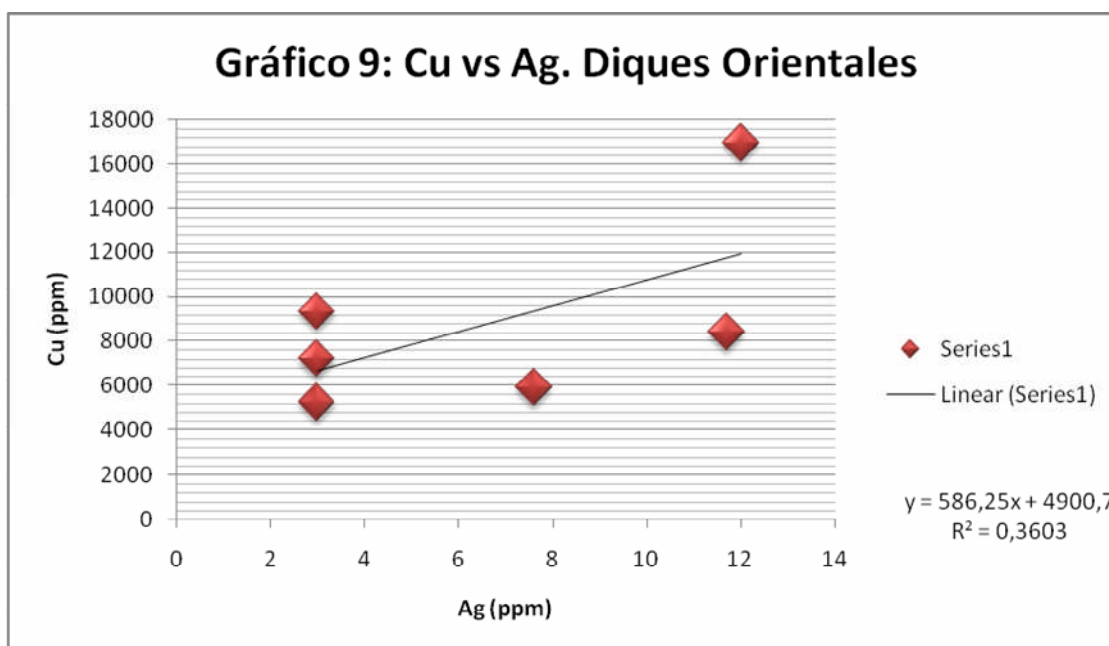
Los resultados obtenidos nos dan una ley media de Cu de 1,24%, y de Ag de 10,275 g/ton. El sondaje DDH-YB-01 no corta estos cuerpos mineralizados.

5.3.3) Enjambre de diques Orientales

Para el área de enjambres de diques orientales, se recolectaron 6 muestras (Tabla 11). Los resultados del análisis son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Cu (%)</i>	<i>Ag(ppm)</i>
2 – O	0,59	7,6
1 – H	0,72	3
2 – N	0,84	11,7
1.2.6	1,695	12
1.2.7	0,935	3
2-V-5	0,523	3

Tabla 11. Resultados de las muestras tipo *chip sampling* en diques Orientales



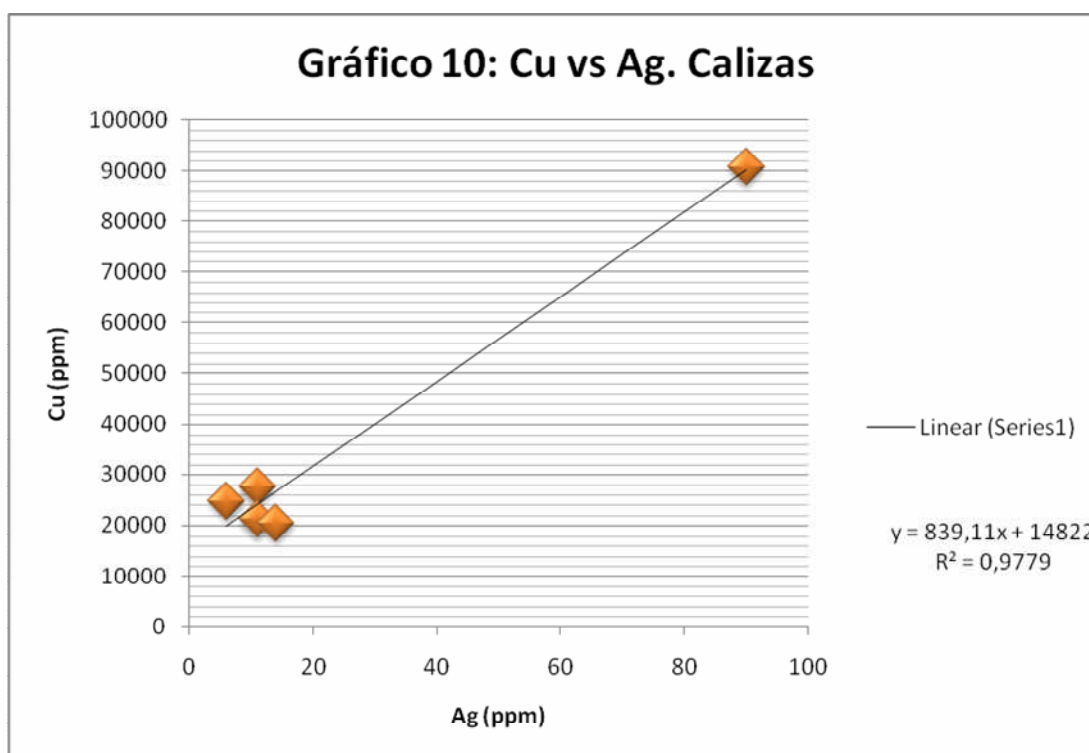
Los resultados obtenidos nos dan una ley media de Cu de 0,88%, y de Ag de 6,7 g/ton. El sondaje DDH-YB-01 no corta estos cuerpos mineralizados.

5.3.4) Calizas

Para el estudio de las calizas circundantes en el área de estudio, se recolectaron 5 muestras. Los resultados son los siguientes:

<i>Muestra</i>	<i>Cu (%)</i>	<i>Ag(ppm)</i>
2-V-1	2,475	6
2-V-4	9,088	90
2-D-1	2,754	11
1.2.4-A	2,116	11
1.2.4-B	2,054	14

Tabla 12. Resultados de las muestras tipo *chip sampling* en calizas.



Los resultados obtenidos nos dan una ley media de 3,7% Cu, y de 26,4 g/ton Ag. El sondaje DDH-YB-01 corta estos cuerpos mineralizados entre los metros 56 al 64, y entre los metros 82 al 88, con una ley promedio de 0,7% de Cu, y de 7,67 g/ton de Ag.

5.4) Geoquímica realizada por Noranda 2002

Durante el año 2002, la empresa Noranda realizó una campaña de exploraciones en el sector de Loma La Oveja (correspondiente en el presente trabajo al prospecto Cerro Oveja), lo que contempló la realización de un sondaje diamantino, una campaña de geoquímica de suelos y otra campaña de geoquímica de rocas.

Los resultados de esta campaña de exploración fueron entregados de manera parcial, de tal manera que solo se cuenta con los datos que se entregan a continuación.

5.4.1) Sondaje

La empresa Noranda ejecutó un sondaje diamantino (DDH-YB-01) de diámetro HQ en el sector Loma La Oveja (Cumbre del Cerro Oveja), en las coordenadas UTM N6261940 – E313085, con azimut 150 y una inclinación -60° . Este sondaje alcanzó un largo de 238,4 m y fue orientado con el fin de testear la mineralización contenida en la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales que aflora en el sector.

Según el informe presentado por Noranda, interpretan mediante la información del sondaje, que la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales no presenta dimensiones importantes en profundidad, infiriendo que se trataría de una zona de conductos y que se encontrarían distribuidos de manera discreta.

En las zonas mineralizadas, los valores de Cu alcanzan normalmente entre 1500 ppm y 4500 ppm, con valores puntuales entre 1,44% y 1,8%. Se registró mineralización de bornita-calcosina asociada a cuarzo negro, junto a clorita, sin embargo son comunes niveles de limolitas calcáreas con minerales oxidados de Cu. Un resumen de los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 13.

	<i>Cu ppm</i>	<i>Ag ppm</i>
Promedio	1664,25	2,19
Dev. Stan.	3189,51	4,84
Max	18000	34,2
Min	20	0,2
Correlación	0,8	

Tabla 13. Resultados geoquímica de sondaje realizado en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.

5.4.2) Geoquímica de Suelo

En el sector del sill superior, la empresa Noranda, durante el año 2002, realizó una malla geoquímica, con un espaciamiento de 50x50 m, obteniendo 182 muestras de suelo, las cuales fueron analizadas en el laboratorio químico ALS-Chemex, Santiago, por Cu, Pb, Zn y Ag. No se cuenta con los planos de zonación geoquímica. Los resultados que obtuvieron, se observan en la Tabla 14 y Tabla 15.

	<i>Ag ppm</i>	<i>Cu ppm</i>	<i>Pb ppm</i>	<i>Zn ppm</i>
Promedio	1,61	1565,72	213,38	363,53
Dev. Stan.	1,41	2018,85	319,19	384,87
Max	6,70	10310	1960	3300
Min	0,10	104	1	43

Tabla 14. Resultados geoquímica de suelos en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.

Cu/Ag	Cu/Pb	Cu/Zn	Ag/Pb	Ag/Zn	Pb/Zn
0,70	0,14	0,14	0,40	0,31	0,68

Tabla 15. Coeficientes de correlación obtenidos de geoquímica de suelos en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.

Según lo descrito en el informe de Noranda, 2002, la curva de distribución para los elementos analizados se observan log normal. El Cu muestra dos poblaciones anómalas, la primera entre los 3200 ppm y 4200 ppm, así como sobre los 5000 ppm, lo que reflejaría la mineralización relacionada con los cuerpos de brecha (correspondiente a la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales). El elemento Ag presenta una población anómala sobre los 1,4 ppm. El Pb registra una anomalía poco clara entre los 500 y 900 ppm, en tanto que el Zn muestra una zona anómala entre los 800 y 1200 ppm.

5.4.3) Geoquímica de Rocas

Noranda realizó estudios de geoquímica de rocas, dentro de su campaña de exploraciones, considerando 386 muestras, analizadas por AAS para Cu, Ag, Pb y Zn, así como ICP 30 elementos.

	<i>Ag ppm</i>	<i>CuT %</i>	<i>Pb ppm</i>	<i>Zn ppm</i>
Max	280,10	7,67	1360	1230
Min	0,10	0,00	0	10
Promedio	7,12	0,50	56,99	298,97
Dev. Stan.	18,73	0,85	192,74	221,25

Tabla 16. Resultados geoquímica de rocas en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.

Cu/Ag	Cu/Pb	Cu/Zn	Ag/Pb	Ag/Zn	Pb/Zn
0,883	0,194	-0,066	0,131	-0,070	0,576

Tabla 17. Coeficientes de correlación obtenidos de geoquímica de rocas en cumbre Cerro Oveja. Campaña realizada por Noranda, 2002.

Según lo descrito en el informe de Noranda, 2002, el Cu muestra dos poblaciones anómalas, entre 0,35% y 0,9%, así como por sobre 1,25%. El elemento Ag muestra una irregular anomalía entre los 20 ppm y 34 ppm, con una población reducida, de valores altos, por sobre los 50 ppm. El Pb y el Zn son bimodales, con poblaciones anómalas por sobre los 400 ppm y 1000 ppm, respectivamente.

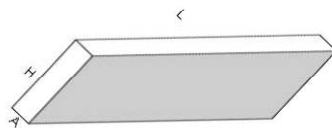
6) ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RECOMENDACIONES

Para el cálculo de los recursos inferidos, se tomó el área de cada afloramiento representado en el Mapa 1 (Fuera de Texto), se consideró una altura de cada afloramiento desde la cota donde aparece, hasta la cota 475, de manera de obtener la aproximación a un cuerpo cilíndrico, y finalmente se asumió una densidad promedio de 2,7 ton/m³, como promedio para brechas con clastos principalmente andesíticos, y en parte de rocas sedimentarias calcáreas. Luego, los recursos inferidos para este prospecto alcanzan la suma de **34.8 millones de toneladas** de roca mineralizada, con una ley media ponderada de 1,07% Cu y 11 g/ton Ag. Esta ley media se obtuvo de la siguiente forma:

$$\sum[(Ley muestra)_i \times (peso muestra)_i \times (volumen afloramiento)_i] / [(peso total) \times (volumen total)]$$

Destaca la presencia de importante mineralización en superficie sin sobrecarga estéril y explotable vía rajo abierto. Además, la topografía fuertemente descendente hacia el este del área del prospecto, favorece una eventual explotación de los diques verticales de brecha ígneo-hidrotermal mediante hundimiento inducido. Ambos factores sugieren bajos costos de explotación.

Para los cuerpos de calizas se utilizó una geometría tabular, con el fin de emular la disposición de los estratos de caliza mineralizados, con lo cual se estima un potencial geológico de 270 mil toneladas de roca mineralizada por cada cuerpo mineralizado, con una ley promedio de 3,7% Cu, y 26,4 g/ton Ag, considerando una densidad de 3 g/ton. para las calizas mineralizadas



Calizas	
L	50
H	300
A	6

Con el propósito de confirmar los recursos estimados, y de reconocer la continuidad de la mineralización en los diques de brecha ígneo-hidrotermal se recomienda:

- Realizar trincheras con muestreo sistemático, para reconocer mineralización en superficie, tanto de las Chimeneas como diques de brechas ígneo - hidrotermales. Se deben realizar mapas geológicos a escala 1:1.000 para detallar los afloramientos y delimitar de mejor manera los cuerpos mineralizados..
- En función de los resultados de los estudios en las trincheras, se recomienda una campaña de 1.000 m de sondaje de aire reverso, distribuidos en pozos de 100 m de largo, con el propósito de reconocer la potencia y leyes reales de las Chimeneas mineralizadas en Cerro Oveja, y de los diques aledaños.

7) MODELO DE DEPÓSITO

La mineralización en el prospecto Cerro Oveja se encuentra hospedada tanto en brechas ígneo-hidrotermales, que se emplazan en una secuencia de rocas volcano-sedimentarias, de edad Cretácico Inferior, correspondientes a la Formación Lo Prado, como en mantos de calizas, de dicha formación, que se encuentran en contacto con las brechas ígneo-hidrotermales. Estas brechas se manifiestan en forma de Chimeneas y diques con orientación preferencial N30E a N50E, y están constituidos por plagioclasa, clorita, epidota, turmalina, pirita y calcita (Figura 4).

Los estilos de mineralización en estas estructuras corresponden a vetillas y diseminación. La composición de los clastos de la brecha son tanto monomícticas para la Chimenea Central, y polimícticas para la Chimenea Occidental. La textura de esferulitas en la matriz de la brecha nos indica enfriamiento rápido, clastos de caliza en la Chimenea occidental y la presencia de rocas calcáreas en la roca de caja, hace interpretar el origen de la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales como brechas originadas por fracturamiento hidráulico, donde:

$$P_{\text{poro}} > P_{\text{Litos}} + \text{Resist. Tensional de la roca}$$

La orientación de los diques indicaría un sistema estructural extensivo en sentido NW-SE, lo que podría haber generado el espacio necesario para el ascenso de magma y posterior brechización. El ascenso del magma habría sido en forma un cuerpo cilíndrico, que probablemente habría sido fallado de manera dextral, con una componente inversa, originado posteriormente durante algún período compresional, que divide el cuerpo en dos Chimeneas, siendo la Chimenea Occidental la parte superior, mientras que la Chimenea Central correspondería a la zona baja del cuerpo original. La zona del enjambre de diques orientales correspondería a cuerpos laterales de la misma Chimenea original, que se emplazaron en espacios generados por fallas existentes. Evidencias en terreno de dicha falla no existen.

En este prospecto se puede observar principalmente una alteración propilítica, con argilización moderada identificada en secciones transparentes, observada en la totalidad del prospecto. Esta alteración grada a la facies sedimentaria de la roca de caja, donde se puede observar silicificación, con calcita recristalizada y vetillas de calcopirita en los contactos con las brechas. Además, en la zona media de la Chimenea central, se observa un sector, de aproximadamente 100 m², con alteración potásica expuesta en superficie, interpretada como el núcleo de este cuerpo.

Perfil Esquemático Prospecto Cerro Oveja

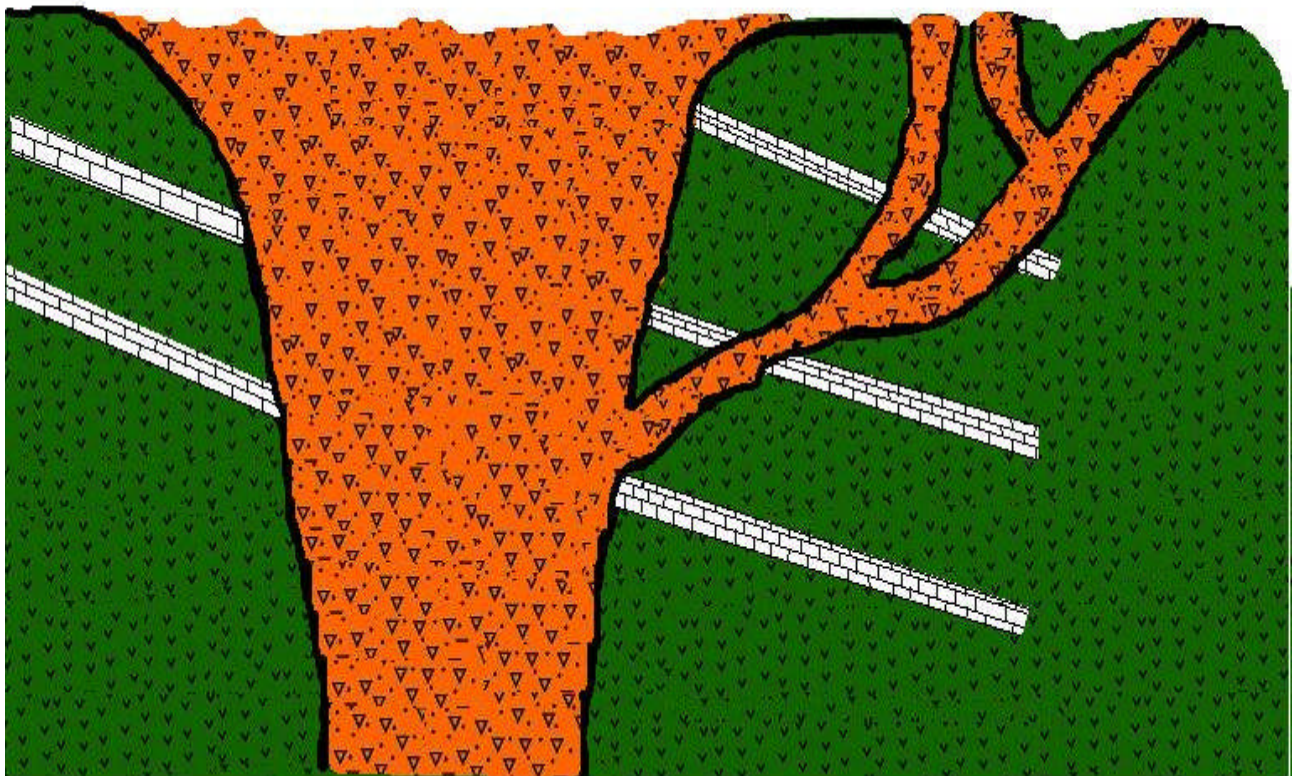


Figura 4. Perfil esquemático Prospecto Cerro Oveja.

La mineralogía de mena en las brechas ígneo-hidrotermales corresponde a calcopirita – bornita – calcosina – digenita – malaquita – crisocola – azurita. La mineralogía de ganga corresponde a calcita – clorita – hematita – pirolusita. Makshev y Zentilli (2002) describen una secuencia paragenética de sulfuros hipógenos generalizada para depósitos estratoligados de Cu (Ag) como sigue:

Pirita – calcopirita – bornita → calcosina – covelina – digenita

Mediante secciones pulidas se pudo observar minerales de calcopirita, calcosina, bornita y una menor cantidad de digenita. En la Foto 18 se puede reconocer la presencia de reemplazos de calcosina en los alrededores de un mineral de bornita con digenita. Además, la textura con que se presenta la calcosina en muestra macroscópica corresponde a pátinas sobre minerales hipógenos como bornita, y se presenta de color negro. Con esto se puede inferir que la calcosina se habría originado por procesos supérgenos, por lo que la secuencia de depositación generalizada, descrita por Makshev y Zentilli (2002), probablemente habría sido interrumpida antes de completarse el segundo grupo de sulfuros de Cu. La presencia de calcosina supérgena nos serviría de guía para poder estimar donde se ubicaba al menos, el nivel de aguas subterráneas, en el momento en que se originaba el proceso de enriquecimiento secundario.

La secuencia de depositación implica un progresivo aumento de la proporción de cobre en los sulfuros e implica un descenso de la actividad del azufre en los fluidos mineralizadores en el tiempo. Los sucesivos reemplazos de sulfuros ricos en Fe (pirita – calcopirita) por otros ricos en Cu (bornita, calcosina) produjeron la consecuente liberación de Fe y habrían permitido la formación de la abundante hematita presente en el sector. (Makshev y Zentilli 2002)

Existe, además, mineralización hipógena en la zona de contacto entre la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales, y la Unidad Volcano-Sedimentaria, específicamente en las rocas calcáreas de esta última, en forma de vetillas de 1 mm de espesor de calcopirita y bornita, y con una extensión no mayor a los 50 m de distancia desde el contacto hacia las calizas.

Además se puede observar alteración supérgena en los cuerpos de Chimenea, y moderada en los diques, representada por pirolusita, hematita, goetita y limonita, los cuales se encuentran en pátinas superficiales de la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales, además de reconocerse la presencia de boxwork irregulares apreciados en esta unidad. Estos elementos nos indicarían la acción de un proceso de lixiviación, lo

cual explicaría el nivel estéril encontrado en superficie, la mineralización de oxidados de Cu bajo este nivel estéril y la depositación de calcosina supérgena, asociada a mineralización de óxidos de Fe.

Con la matriz de correlación de Pearson expuesta anteriormente (punto 5.3, Tabla 7) se define un factor de correlación (R) sobre 0,5 como significativa y un R sobre 0,8 como excelente (Townley et al., 2000). Bajo este criterio, y para los datos entregados en la Tabla 5, se tiene que el par de elementos que presenta correlación excelente es Ag-Cu (para leyes de Cu > 1%), y se observa correlación buena para los pares Cu-Pb, Fe-Mg y Ag-Cu (Para leyes de Cu < 1%). Los resultados entregados por la geoquímica en roca realizada por Noranda, 2002, concuerda en la correlación excelente para Ag-Cu, para las muestras del sector superior de la Chimenea occidental, y correlación buena para el par de elementos Pb-Zn.

El par Ag-Cu se interpreta como probable indicador de afinidad de metales preciosos en yacimientos estratoligados de Cu, con Ag subordinada, hospedada en rocas volcano-sedimentarias de la faja Cretácico Inferior de la Región Metropolitana, descrita por Makshev y Zentilli (2002). Estudios actuales se encuentran en desarrollo para determinar la forma en que está el Ag en este tipo de depósitos (Alvear, 2008). Estos estudios indican la presencia de Ag como reemplazo de Pb en los sulfuros de Cu, bajo la fórmula $2\text{Pb}^{2+} \Leftrightarrow \text{Ag}^{1+} + \text{Sb}^{3+}$. Este proceso se vería reflejado por una correlación negativa entre estos elementos, lo que sugeriría el reemplazo selectivo de dichos elementos, lo cual no se observa en este prospecto.

8) CONCLUSIONES

El prospecto Cerro Oveja presenta características afines con los yacimientos estratoligados tipo chileno emplazados en los depósitos Jurásicos de la región de Antofagasta, con mineralización de Cu y con Ag subordinada, a diferencia que éste se encuentra alojado tanto en brechas ígneo-hidrotermales que se emplazan en una secuencia volcano-sedimentaria del Cretácico Inferior, como en intercalaciones de calizas, correspondientes a la secuencia volcano-sedimentaria antes mencionada. Estas brechas se disponen de manera de Chimeneas y de diques. La mineralogía de mena se encuentra en forma de sulfuros (Calcosina, Bornita, Calcopirita), como también en forma de oxidados (Crisocola, Malaquita, Azurita). No se observa presencia de minerales con Ag ni de Pb o Zn.

La alteración predominante en este prospecto corresponde a propilitización, impuesta junto con un metamorfismo regional de muy bajo grado, definido por Hasler (2007), junto con una alteración potásica reinante en el sector medio de la Chimenea central, y una posterior argilización supérgena, de carácter débil. La alteración supérgena existente en la zona se encuentra caracterizada por la presencia de niveles con boxwork irregulares, con patinas de limonita, goetita y hematita, sin mineralización de Cu. Esta alteración se encuentra hasta 50 cm a 1 m desde la superficie.

Para el muestreo tipo *chip sampling* en el prospecto Cerro Oveja se definieron 4 poblaciones, diferenciadas en localidades características de éste. Estas localidades, junto con sus leyes medias, son las siguientes:

- Chimenea Occidental: Ley promedio de 1,03 % Cu y de 12,4 g/ton Ag.
- Chimenea Central: Ley promedio de 1,24% Cu y de 12,28 g/ton Ag.
- Enjambre de Diques Orientales: Ley promedio de 0,88% Cu y de 6,72 g/ton Ag.
- Calizas: Ley promedio de 3,7% Cu y de 26,4 g/ton Ag.

Considerando estos datos, junto con la geometría de los cuerpos, el prospecto Cerro Oveja tendría un potencial de recursos inferidos de 34.8 millones de toneladas de roca mineralizada en las brechas ígneo-hidrotermales, con una ley promedio de 1,07% de Cu, y un valor agregado de Ag con una ley media de 11 g/ton. Mientras el potencial de las calizas mineralizadas corresponde a 270 mil toneladas de roca mineralizada por cada nivel de calizas mineralizadas, con una ley promedio de 3,7% Cu, y un valor agregado de Ag con una ley media de 26,4 g/ton.

9) Referencias

- Alvear, M. 2008. Distribución, especiación, solubilidad y límites de incorporación de metales preciosos (Au, Ag) en sulfuros de cobre en los depósitos estratoligados de cobre de la Cordillera de la Costa del norte de Chile, Región de Antofagasta. Prof. Guía Martin Reich. Memoria de Título Geólogo. Universidad de Chile. Departamento de Geología.
- Hasler, K., 2007. Petrogénesis del magmatismo bimodal y metamorfismo de muy bajo grado del cretácico inferior de la Cordillera de la Costa, Chile Central (33°20' – 34°00'S). Memoria de Título Geólogo, Tesis de Magíster en Ciencias. Universidad de Chile. Departamento de Geología. Pp. 15-30.
- Levi. 1970. Burial metamorphic episodes in the Andean Geosyncline, Central Chile. *Geologische Rundschau*, vol. 59, pp. 994-1013.
- MaksaeV, V. and Zentilli, M., 2002. Chilean strata-bound Cu- (Ag) deposits: An Overview. In - Porter, T.M. (Editor), 2002 - *Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective*, Australian Mineral Foundation, Volume 2; PGC Publishing, Adelaide, Australia, pp. 185-205 (ISBN 0-9580574-1-9).
- Millán, A. 2006. La minería metálica en Chile en el siglo XX. Ed. Universitaria, 178 p.
- Muehlenbach, W. 2001. Prospecto de Cu Yerba Buena, Región metropolitana. Informe final de exploración temporada 2000-2001. 35 p. Internal report, Noranda, Chile.
- Nasi, C.; Thiele, R. 1982. Estratigrafía del Jurásico y Cretácico de la Cordillera de la Costa al sur del río Maipo, entre Melipilla y Laguna de Aculeo (Chile Central). *Revista Geológica de Chile*, N°16, p. 81-99.
- Noranda, 2002. Informe de campaña de exploraciones Loma La Oveja. Inédito. Información Parcial.

- Piráces, R. 1976. Geología de la Cordillera de la Costa entre Catapilco y Limache, Región de Aconcagua. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología, 118 p.
- Piráces, R.; Maksaev, V. 1977. Geología de la Hoja Quillota, IV y V Región. Instituto de Investigaciones Geológicas (Inédito, N°1406), 135 p., 1 mapa 1:250.000.
- Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta Barriga. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín, N°2, 86p. 2 Mapas.
- Townley, B.K; Maksaev, V; Palacios, C; Lahsen, A; Parada, M.A. 2000. Base and precious metals geochemistry of rock units of the mainland Aysén region, Chilean Patagonia. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol 68, pp. 21-46.
- Vergara, M.; Levi, B.; Cancino, A. 1995. Jurassic and Early Cretaceous island arc volcanism, extension and subsidence in the coast range of Central Chile. *Geological Society of American Bulletin*, vol 107, pp. 1427-1440.
- Wall, R.; Gana, P.; Gutiérrez, A. 1996. Mapa geológico del área de San Antonio-Melipilla, regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos*, No. 2, 20 p., 1 mapa 1:100.000. Santiago.

ANEXOS

ANEXO I: DESCRIPCIÓN DE SONDAJE DDH-YB-01
Coordenadas UTM: 6261940-313085
Azimut: 150 Inclinación: -60°

<i>Metraje</i>		<i>Liología</i>	<i>Mineralización</i>	<i>Cu (ppm)</i>	<i>Ag (ppm)</i>
0	2	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (últimos 30cm)	7140	15,8
2	4	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (diseminado)	18000	34,2
4	6	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (diseminado)	5410	5,2
6	8	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (diseminado)	4190	14,8
8	10	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (diseminado)	3360	12,4
10	12	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (diseminado)	1720	5,8
12	14	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (diseminado)	2430	3,6
14	16	Zona de falla		2200	3,2
16	18	Zona de falla		746	1,6
18	20	Zona de falla		3100	2,6
20	22	Zona de falla		2340	2,8
22	24	Zona de falla		2150	2,6
24	26	Zona de falla		4500	3,8
26	28	Andesita		4000	2
28	30	Andesita		2320	0,2
30	32	Andesita		17800	7,2
32	34	Andesita		945	0,8
34	36	Andesita		457	0,8
36	38	Andesita		1120	2
38	40	Andesita	Oxidados de cobre (marginal)	1190	1,8
40	42	Andesita	Oxidados de cobre , calcopirita, bornita	1380	2,8
42	44	Andesita	Oxidados de cobre (marginal)	8840	1,4
44	46	Andesita	Vetillas de calcita con oxidados de cobre (malaquita, crisocola), bornita	1350	2
46	48	Andesita		842	1,4
48	50	Andesita		674	2,2
50	52	Andesita		1180	1,6
52	54	Andesita		915	1
54	56	Andesita	calcopirita, bornita , oxidados cobre	1790	4
56	58	Caliza	Oxidados cobre (en vetillas y diseminados)	16700	33,2
58	60	Caliza	Calcopirita (en vetillas y diseminada)	8700	7,4
60	62	Caliza	Calcopirita (en vetillas y diseminada)	1680	1,4
62	64	Caliza	Calcopirita (en vetillas y diseminada)	2130	2,2
64	66	Andesita	Calcopirita (en vetillas), pirita (traza), bornita (traza)	680	0,2
66	68	Andesita	Calcopirita (escasa), pirita (traza), bornita (traza)	898	2,2
68	70	Andesita		1870	3
70	72	Andesita		862	1,8
72	74	Andesita	Mineralización	882	2,2
74	76	Andesita	Bornita (en vetillas), oxidados de cobre (malaquita, crisocola)	1640	3,2
76	78	Andesita	Bornita (en vetillas), oxidados de cobre (malaquita, crisocola)	684	1,2
78	80	Andesita		714	2
80	82	Andesita		4240	2
82	84	Caliza	Calcopirita (en vetillas y diseminada) y bornita	2780	2,8

Tabla 18. Mapeo realizado por el Curso de Geología Económica Semestre Otoño 2008. Sondaje DDH-YB-01. Los datos de geoquímica y el pozo de sondaje fueron obtenidos por la campaña realizada por la empresa Noranda, en 2002.

Metraje		Litología	Mineralización	Cu (ppm)	Ag (ppm)
84	86	Caliza	Calcopirita, bornita en vetillas (traza)	3020	2
86	88	Caliza	Calcopirita, bornita en vetillas (traza)	14400	4,7
88	90	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita, menor malaquita y bornita	3400	0,8
90	92	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita (diseminada) y menor oxidados de cobre	532	0,2
92	94	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita (diseminada) y menor oxidados de cobre	468	0,6
94	96	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita (traza)	512	0,6
96	98	Andesita		678	0,8
98	100	Andesita		448	0,6
100	102	Andesita		518	0,6
102	104	Andesita		624	0,8
104	106	Andesita	bornita (traza)	664	1
106	108	Andesita	bornita (traza)	2490	3,8
108	110	Sedimentos calcáreos	Oxidados de cobre (En zona de falla)	872	1,8
110	112	Sedimentos calcáreos		3500	2,4
112	114	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita diseminada.	558	0,2
114	116	Brecha ígneo hidrotermal		130	<0,2
116	118	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita en cúmulos, diseminada y vetillas	86	0,2
118	120	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita en cúmulos, diseminada y vetillas	150	<0,2
120	122	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita (diseminada)	152	<0,2
122	124	Brecha ígneo hidrotermal	Calcopirita (diseminada)	774	1,2
124	126	Brecha ígneo hidrotermal		2240	2,2
126	128	Brecha ígneo hidrotermal		1850	1
128	130	Brecha ígneo hidrotermal		2870	1,2
130	132	Brecha ígneo hidrotermal		1500	1,2
132	134	Brecha ígneo hidrotermal		334	1,2
134	136	Brecha ígneo hidrotermal		338	1,2
136	138	Brecha ígneo hidrotermal		534	1,6
138	140	Brecha ígneo hidrotermal		472	1,6
140	142	Brecha ígneo hidrotermal		318	1
142	144	Brecha ígneo hidrotermal		378	1
144	146	Zona de falla		230	0,4
146	148	Zona de falla		348	0,6
148	150	Brecha ígneo hidrotermal		772	1,4
150	152	Brecha ígneo hidrotermal		4200	4,6
152	154	Brecha ígneo hidrotermal		795	0,2
154	156	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre (en vetillas), calcopirita (traza)	544	0,2
156	158	Brecha ígneo hidrotermal		168	0,2
158	160	Brecha ígneo hidrotermal		364	0,2
160	162	Brecha ígneo hidrotermal	Oxidados de cobre y calcopirita (traza)	346	0,2
162	164	Andesita	Oxidados de cobre (en amígdalas), calcopirita, bornita	410	0,2
164	166	Andesita		292	0,6
166	168	Andesita		334	0,8

Continuación Tabla 18. Mapeo realizado por el Curso de Geología Económica Semestre Otoño 2008. Sondaje DDH-YB-01. Los datos de geoquímica y el pozo de sondaje fueron obtenidos por la campaña realizada por la empresa Noranda, en 2002.

<i>Metraje</i>		<i>Litología</i>	<i>Mineralización</i>	<i>Cu (ppm)</i>	<i>Ag (ppm)</i>
168	170	Andesita		290	0,6
170	172	Andesita		314	0,8
172	174	Andesita		398	0,4
174	176	Andesita		224	0,4
176	178	Andesita		164	0,2
178	180	Andesita		256	0,6
180	182	Andesita		172	0,4
182	184	Andesita		164	0,2
184	186	Andesita		180	0,4
186	188	Andesita		100	0,2
188	190	Andesita		118	0,2
190	192	Andesita		126	0,2
192	194	Andesita		186	0,2
194	196	Andesita		122	<0,2
196	198	Andesita		60	<0,2
198	200	Andesita		44	<0,2
200	202	Andesita		32	0,2
202	204	Andesita		26	<0,2
204	206	Andesita		32	<0,2
206	208	Andesita		20	<0,2
208	210	Andesita		38	<0,2
210	212	Andesita		46	<0,2
212	214	Andesita		82	0,2
214	216	Andesita		120	<0,2
216	218	Andesita		134	0,2
218	220	Andesita		154	<0,2
220	222	Andesita		172	0,2
222	224	Andesita		140	0,2
224	226	Andesita		188	0,2
226	228	Andesita		200	0,2
228	230	Andesita		226	0,4
230	232	Andesita		266	0,4
232	234	Andesita		322	0,4
234	236	Andesita		430	0,6
236	238	Andesita		294	0,6

Continuación Tabla 18. Mapeo realizado por el Curso de Geología Económica Semestre Otoño 2008. Sondaje DDH-YB-01. Los datos de geoquímica y el pozo de sondaje fueron obtenidos por la campaña realizada por la empresa Noranda, en 2002.

ANEXO II. DESCRIPCIÓN SECCIONES TRANSPARENTES Y PULIDAS

Para la Unidad de Brechas Ígneo-Hidrotermales, se realizaron los siguientes cortes transparentes y pulidos, de las siguientes muestras:

- MCO 01 (Parte Superior Chimenea Occidental, UTM 6261870 - 313146)
- MCO 03 (Parte Superior Chimenea Occidental, UTM 6261830 - 313167)
- MCO 06 (Parte Superior Chimenea Occidental, UTM 6261833 - 313180)
- MCO 08 (Yerba Buena, UTM 6261087 – 313466)
- MCO 09 (Yerba Buena, UTM 6261087 – 313466)
- MCO 13 (Hechicera, UTM 6261655 - 313162)

Las coordenadas se encuentran en PSAD56, Huso 19S

Las descripciones de las muestras son las siguientes:

MCO 01.

Corresponde a una muestra de brecha ígneo-hidrotermal del sector superior de la Chimenea Occidental del prospecto Cerro Oveja, de textura porfírica, con presencia de esferulitas en la matriz. Posee una mineralogía primaria exclusiva de plagioclasas, con tamaños variables entre 0.5 a 2 mm, son subhedrales, fracturados. Se puede observar además una mineralogía de alteración correspondiente a Clorita-Smectita, diseminada en la masa fundamental, y además de presentarse en zonas reemplazando a plagioclasas y en vetillas. Otro mineral de alteración que se puede observar cristales de epidota, que se encuentra en reemplazo de plagioclasas, al igual que la clorita. Se puede apreciar hematita en pátina, sobre los minerales del corte. Su mayor abundancia se encuentra en cúmulos alrededor de minerales opacos anhedrales. La muestra se encuentra en su totalidad argilizada. La presencia de minerales opacos no es mayor al 1%, reconociéndose en muestras de mano crisocola y malaquita.

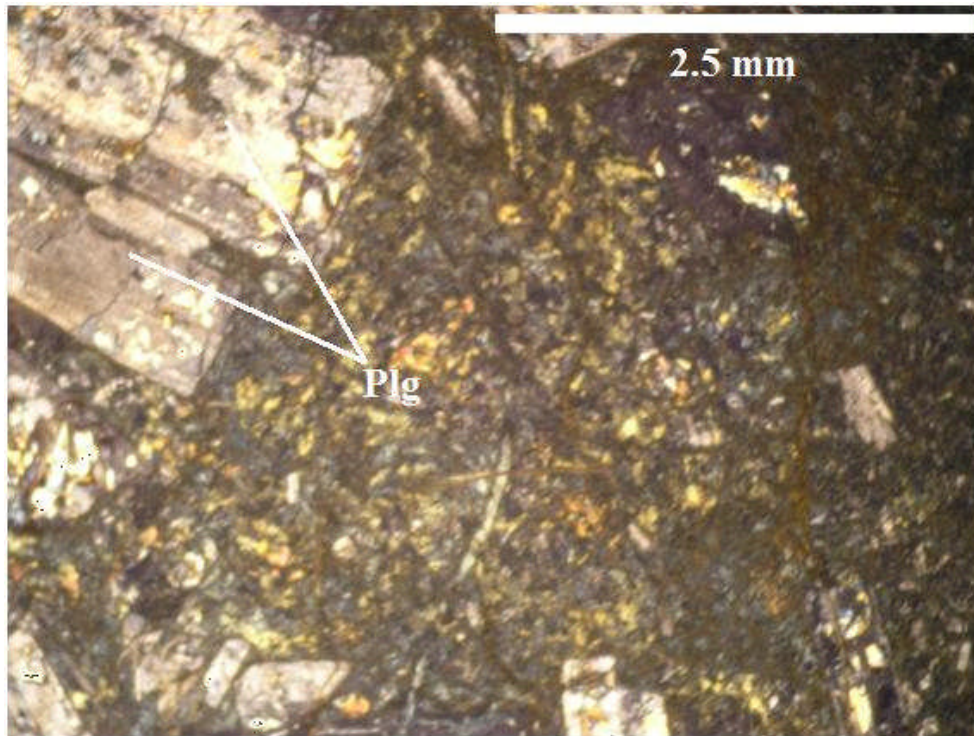


Foto 21. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-01). Nícoles Cruzados. Se observan fenocristales de Plagioclasa en la matriz de la brecha.

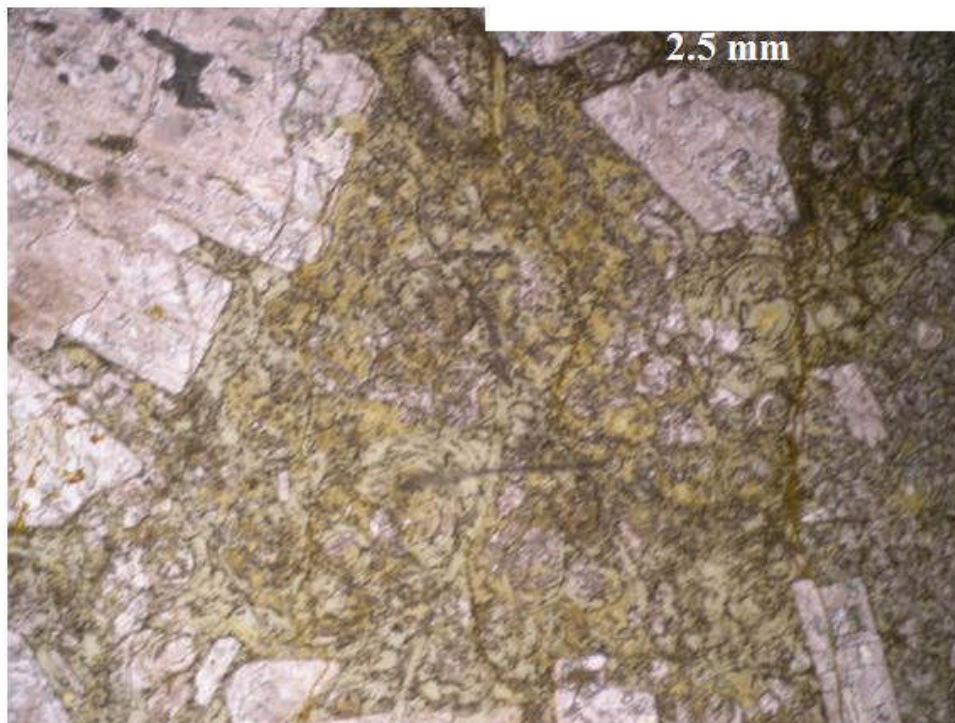


Foto 22. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-01). Nícoles Paralelos. Se observa textura esferulítica en la matriz de la brecha cloritizada.

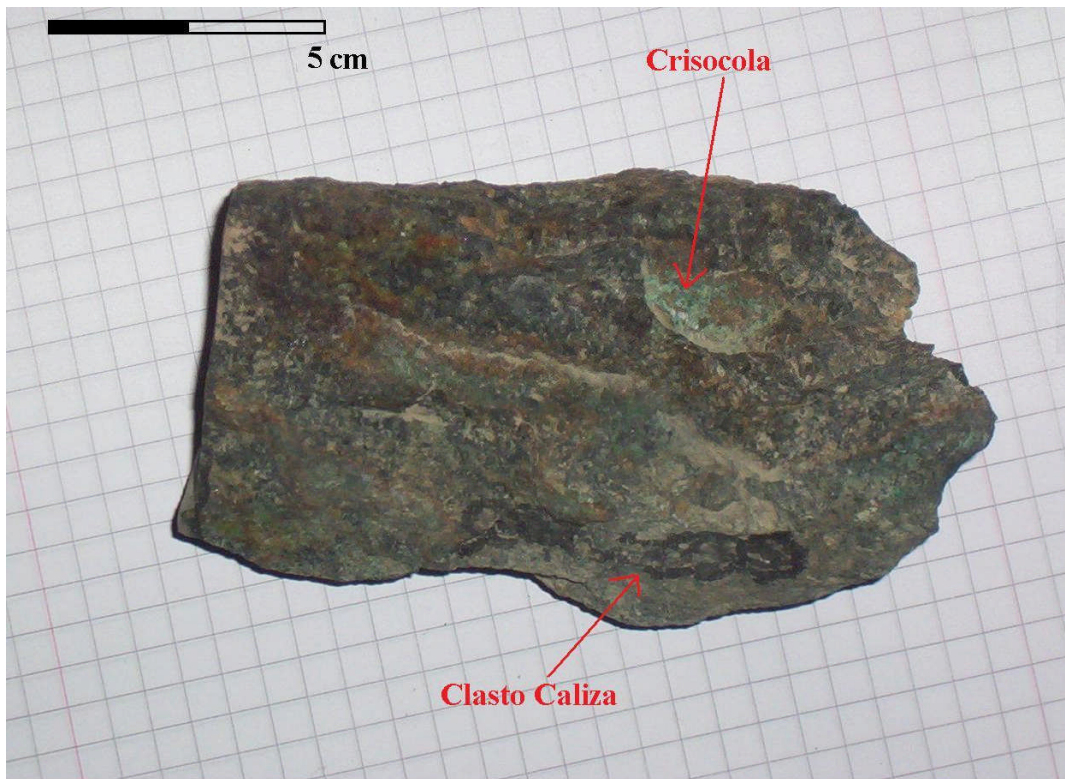


Foto 23. Muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-01). Se observa clasto de caliza en la matriz de la brecha, y mineralización de crisocola.

MCO 03

Corresponde a una muestra de brecha hidrotermal con matriz de turmalina del sector superior de la Chimenea Occidental del prospecto Cerro Oveja, de textura porfírica y presencia de esferulitas. Su mineralogía primaria corresponde a plagioclasas exclusivamente, subhedrales, con tamaños de hasta 8 mm. La masa fundamental de la muestra presenta cuarzo secundario y además se encuentra cloritizada, siendo ésta la que adapta la forma de esferulitas. Se puede apreciar además epidota, en menor medida, afectando a las plagioclasas. La muestra en su totalidad se encuentra argilizada. La presencia de minerales opacos es cercana al 2%, reconociéndose en muestras de mano crisocola y malaquita.

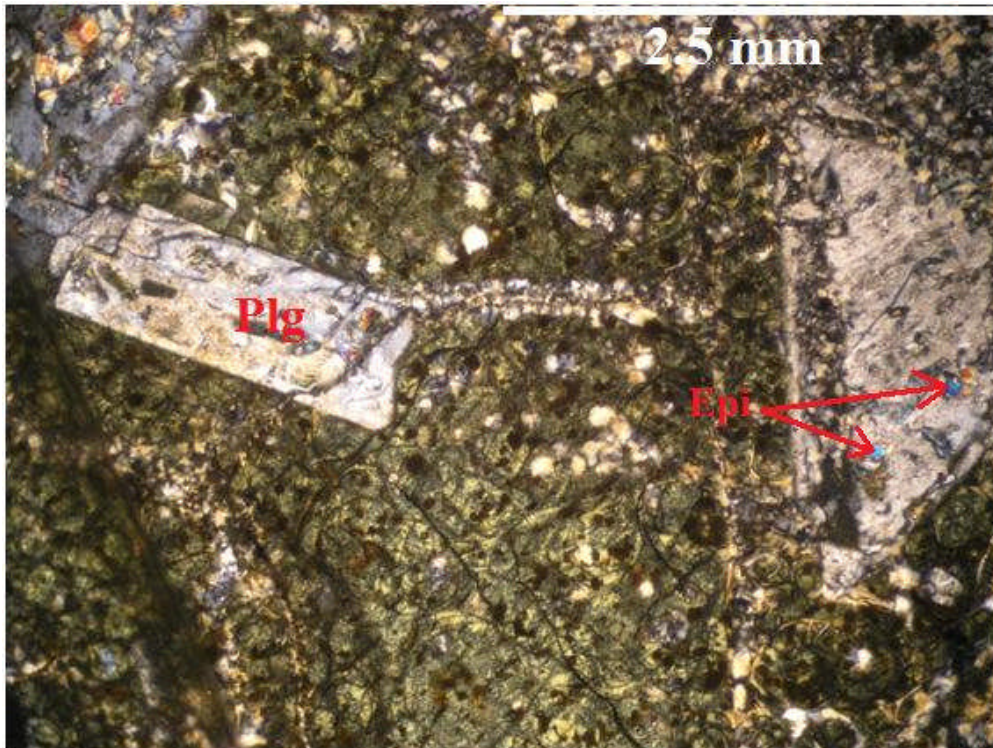


Foto 24. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles Cruzados. Se observan fenocristales de Plagioclasa en la matriz de la brecha, además de textura esferulítica.

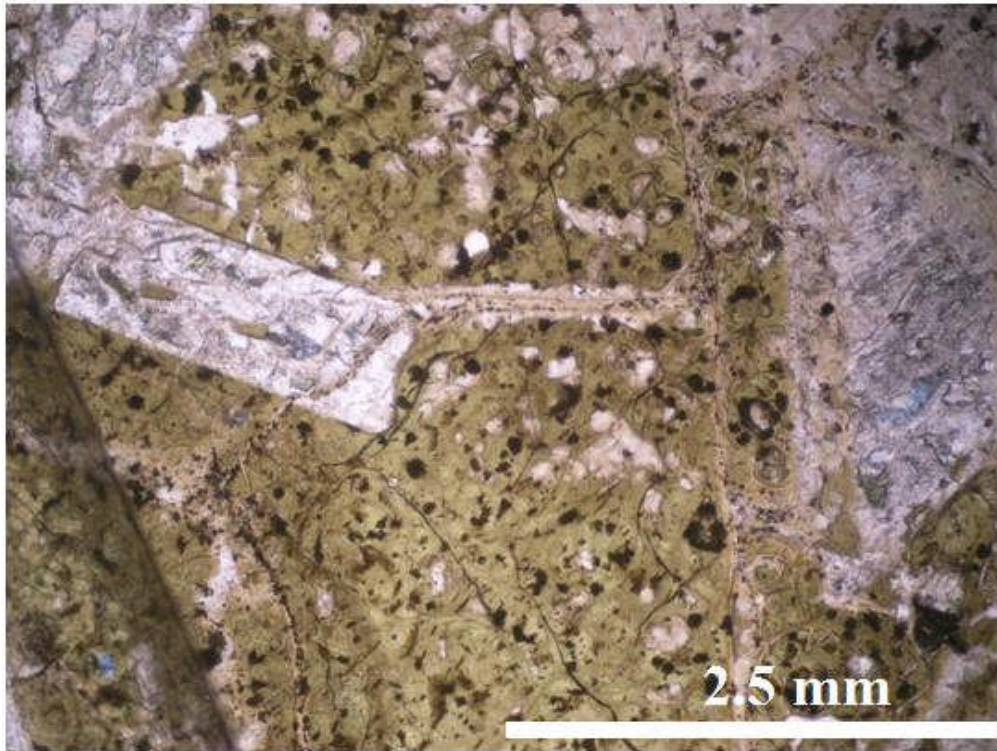


Foto 25. Corte transparente muestra de brecha ígnea andesítica (MCO-03). Nícoles Paralelos. Se puede observar la textura esferulítica con cloritización.

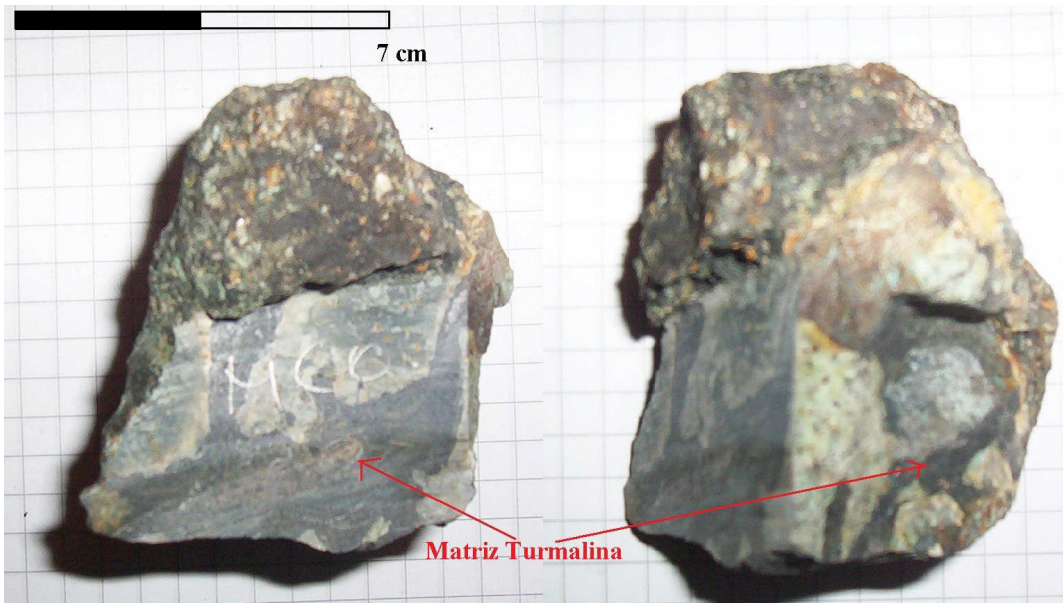


Foto 26. Muestra de brecha hidrotermal andesítica (MCO-03). Se puede observar la matriz de turmalina vista desde 2 caras de la misma muestra.

MCO 06.

Corresponde a una muestra de brecha ígneo-hidrotermal, de textura porfírica, del sector superior de la Chimenea Occidental del prospecto Cerro Oveja. Su mineralogía primaria consiste en 80% de fenocristales de plagioclasas anhedrales, de tamaños menores a 1 mm, y un 20% de cuarzos anhedrales, de tamaños de 0.5 a 1 mm, recristalizados. En la masa fundamental se pueden ver plagioclasas de tamaños menores a 0.05 mm, totalmente argilizada. Se pueden apreciar minerales de alteración, tales como epidota, alterando a las plagioclasas; actinolita acumulada de tamaños cercanos a 1 mm, clorita penetrativa en la muestra, afectando principalmente a la masa fundamental, hematita en los alrededores del cuarzo, y arcillas blancas y amarillas afectando la totalidad de la muestra. Los minerales opacos son alrededor del 1%, correspondientes a malaquita y crisocola.

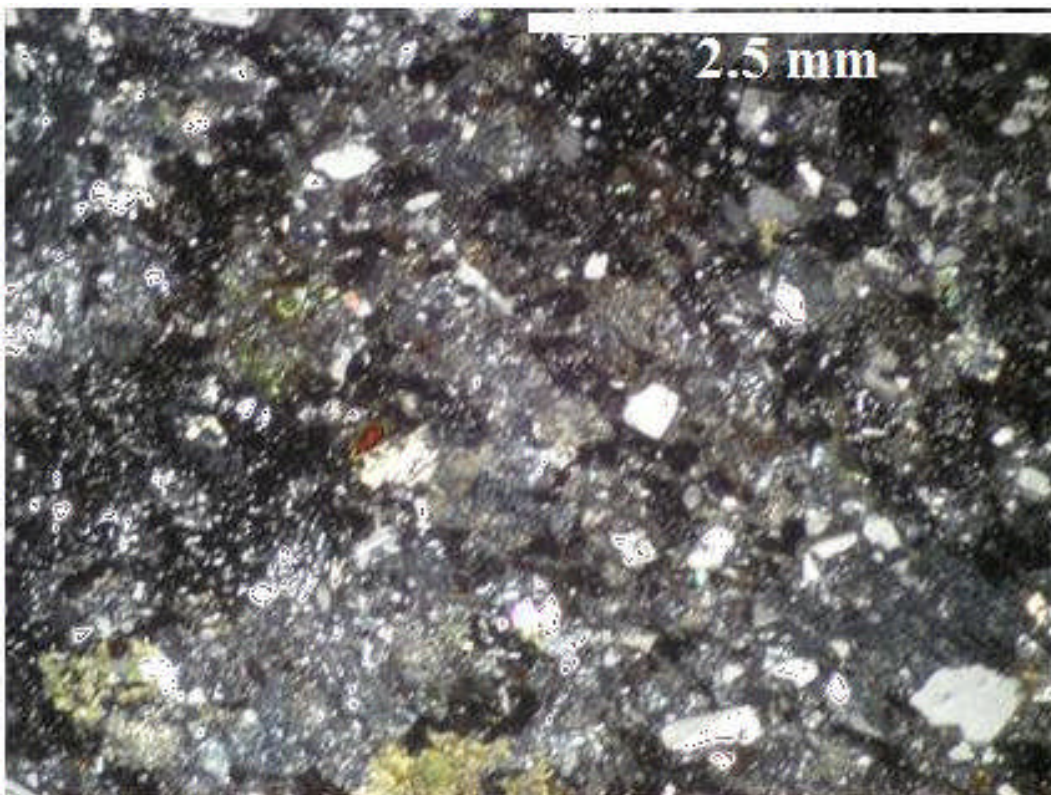


Foto 27. Corte transparente muestra de brecha ígneo-hidrotermal andesítica (MCO-06). Nícoles cruzados. Se puede observar la textura porfírica, con los minerales de plagioclasas.

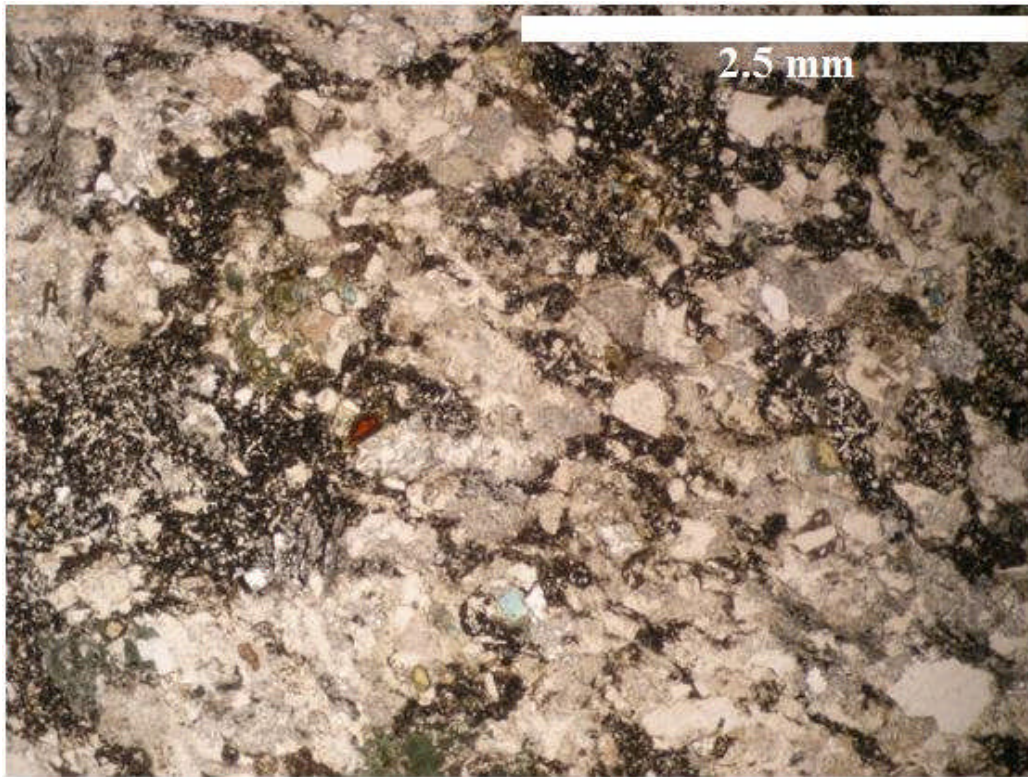


Foto 28. Corte transparente muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-06). Nícoles cruzados. Se puede observar la textura porfírica, con los minerales de plagioclasas.

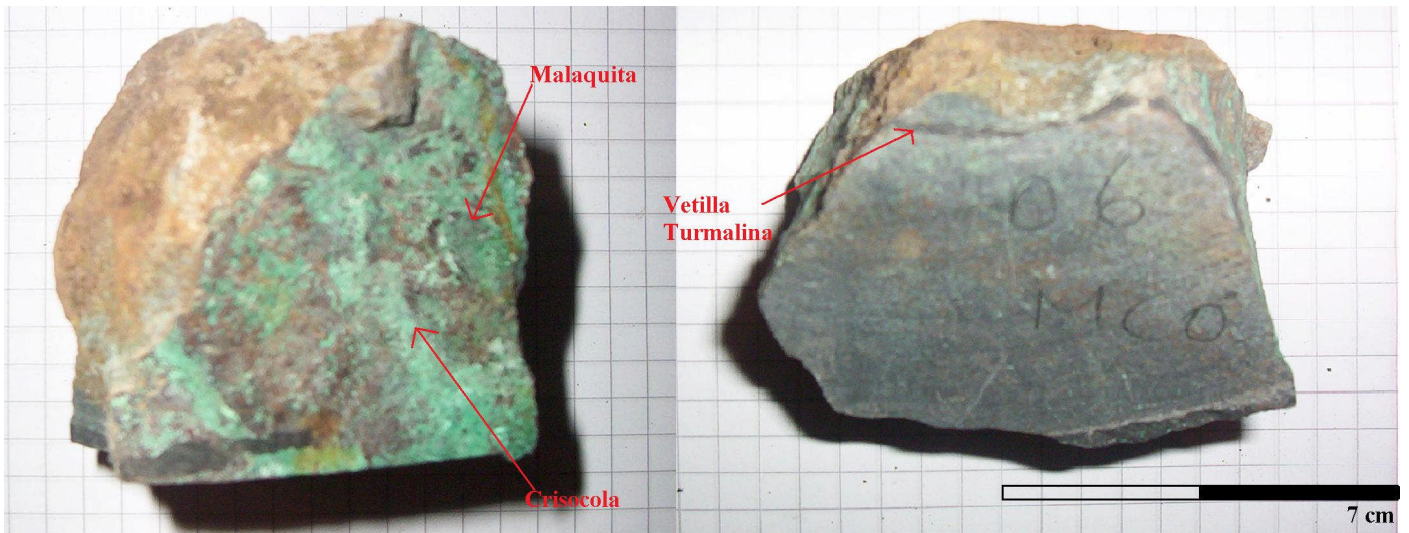


Foto 29. Muestra de mano de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-06). Se puede observar la malaquita y la crisocola, además de una vetilla de turmalina.

MCO 08

Corresponde a una muestra de brecha ígneo-hidrotermal, de textura porfírica, correspondiente a las cercanías de las labores de una mina ubicada en las coordenadas UTM 6261087 – 313466. La mineralogía primaria consta exclusivamente de plagioclasas subhedrales, de tamaños menores a 2 mm. Su gran mayoría se encuentra argilizada. En la masa fundamental son de tamaños menores a 0.05 mm. La masa fundamental se encuentra con calcita diseminada, además de algunos cristales de mayor tamaño (entre 1 y 2 mm) en zonas aisladas. Se encuentran epidotas alterando plagioclasas. La muestra se encuentra muy argilizada, tanto con arcillas amarillas como con arcillas blancas. Presenta aproximadamente un 2% de minerales opacos, los que corresponden principalmente a minerales hipógenos de digenita y bornita, mientras que la calcosina se observa supérgena, en reemplazos de la bornita existente.

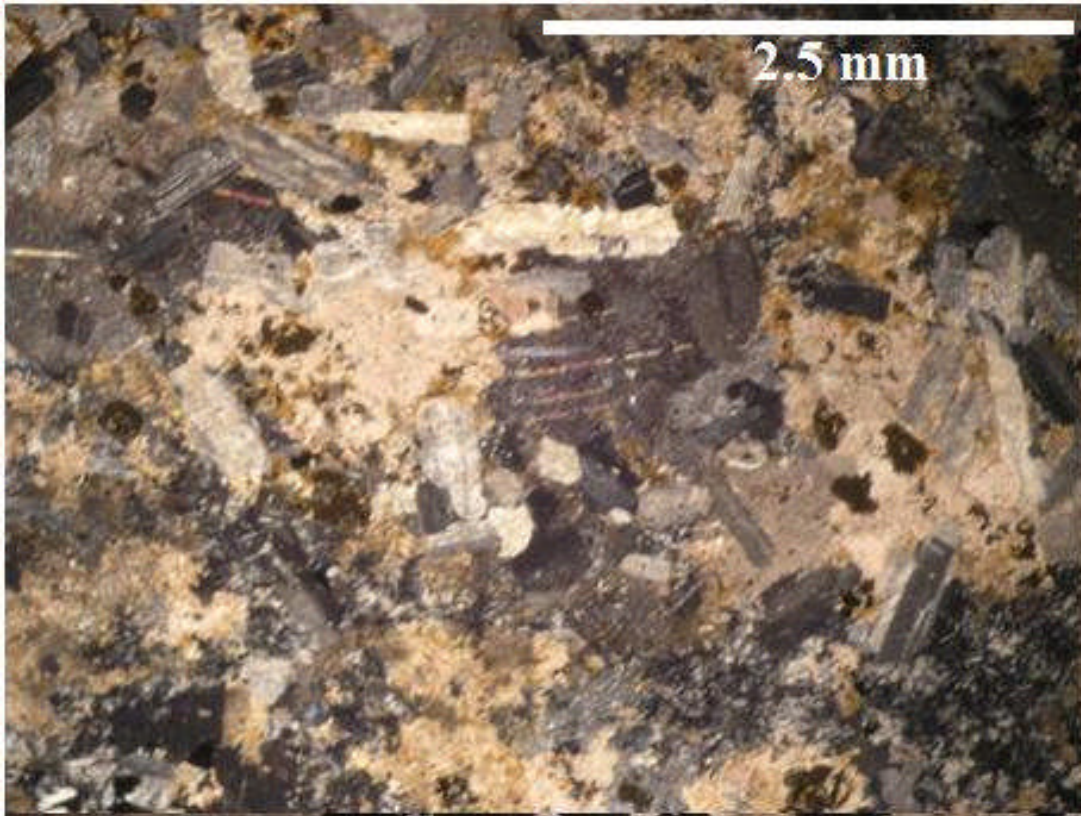


Foto 30. Corte transparente muestra de brecha ígneo-hidrotermal andesítica (MCO-08). Nícoles cruzados. Se pueden observar los cristales de plagioclasas argilizados

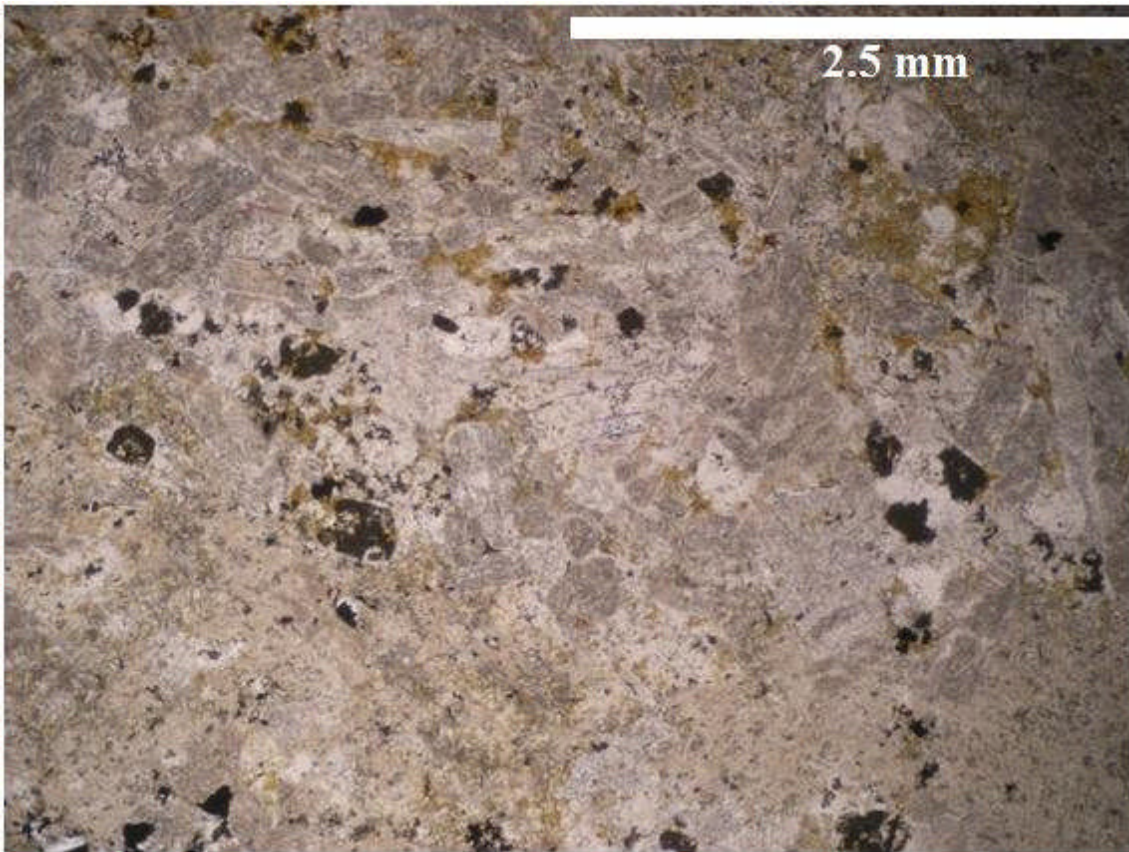


Foto 31. Corte transparente muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08). Nícoles paralelos. Se puede observar la argilización de la muestra.

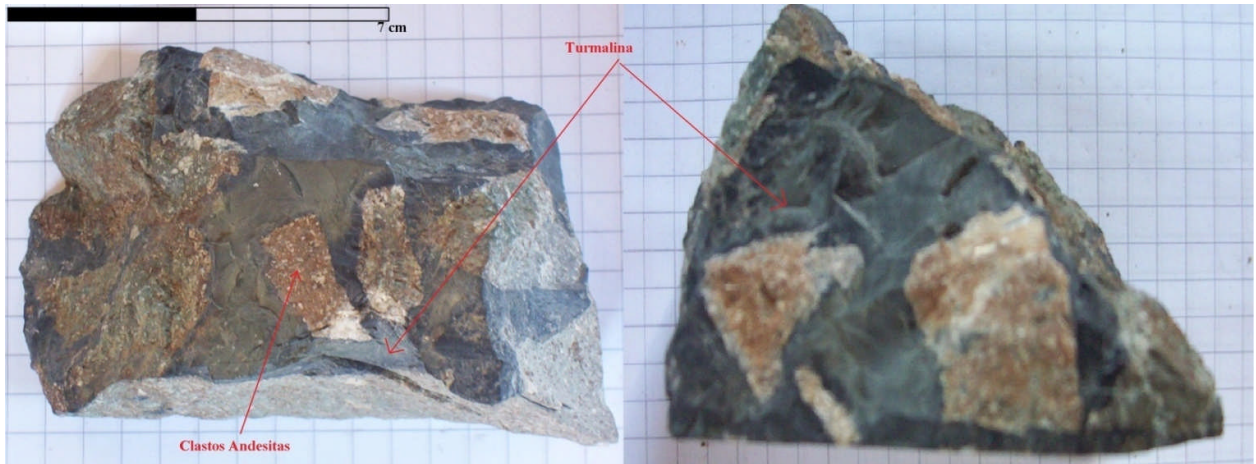


Foto 32. Muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08). Se pueden observar las vetas de turmalina y los clastos de andesita.

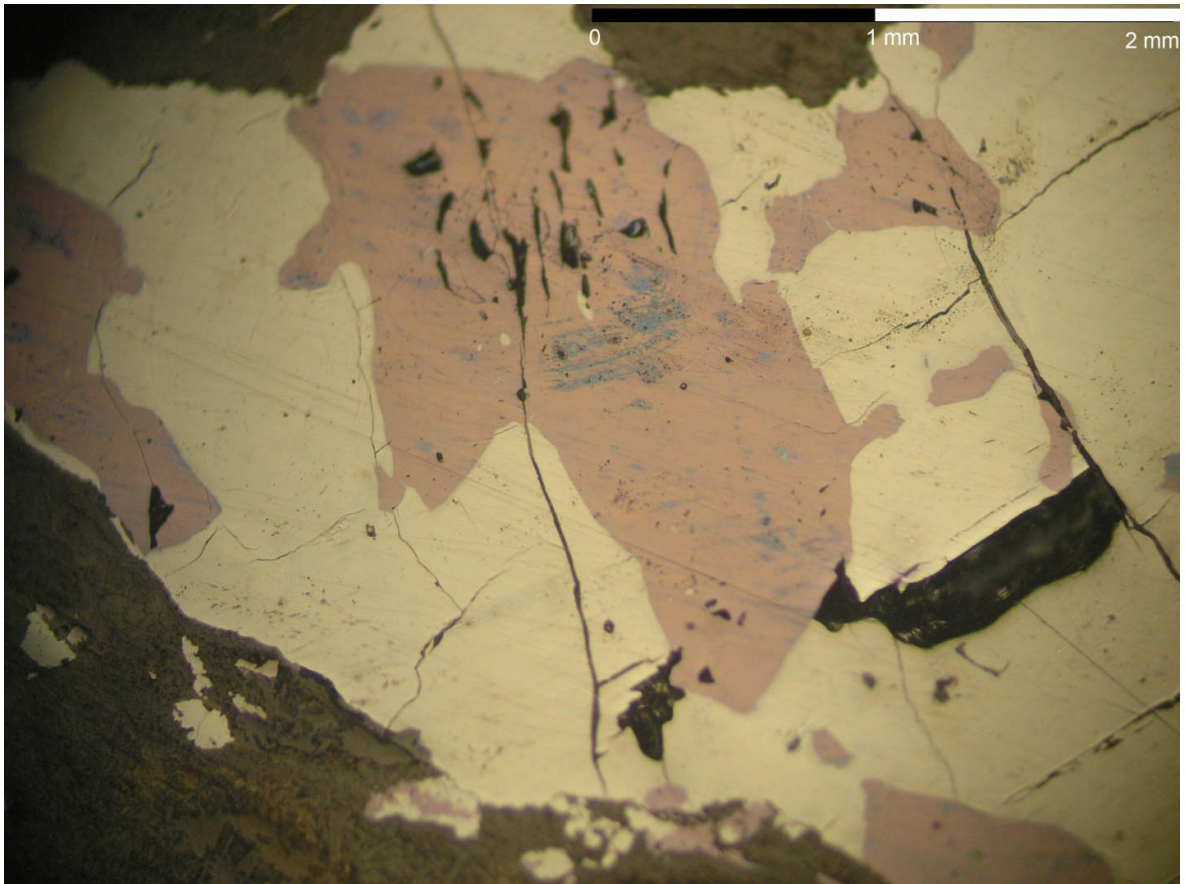


Foto 33. Corte pulido muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-08). Se aprecian minerales de calcosina, bornita y digenita.

MCO 09

Corresponde a una muestra de brecha ígneo-hidrotermal, correspondiente a las cercanías de labores mineras en las coordenadas UTM 6261087 – 313466. Posee textura porfírica, amigdaloidal. Su mineralogía primaria se compone exclusivamente de cristales de plagioclasa, con tamaños variables entre 1 y 2 mm, subhedrales, con embahiamiento. Se encuentran alterados a calcita y arcillas. En la masa fundamental se observan euhedrales, de tamaños menores a 0.1 mm. Además se observan minerales de alteración, tales como calcita, la cual se encuentra presente en la masa fundamental, en amígdalas y como fenocristales. Tiene tamaños de hasta de 2 cm. Son subhedrales. Además se observan amígdalas de Clorita-Smectita, y también en masa fundamental. Son euhedrales y de tamaños de hasta 3 mm. En las amígdalas de mayor tamaño, se puede apreciar cuarzo en los bordes, y en la matriz fundamental. Los tamaños no son mayores a 2 mm, y son anhedrales. La presencia de minerales opacos corresponde al 2% del total de la roca, siendo identificados principalmente minerales hipógenos de bornita y calcopirita, además de calcosina supérgena.

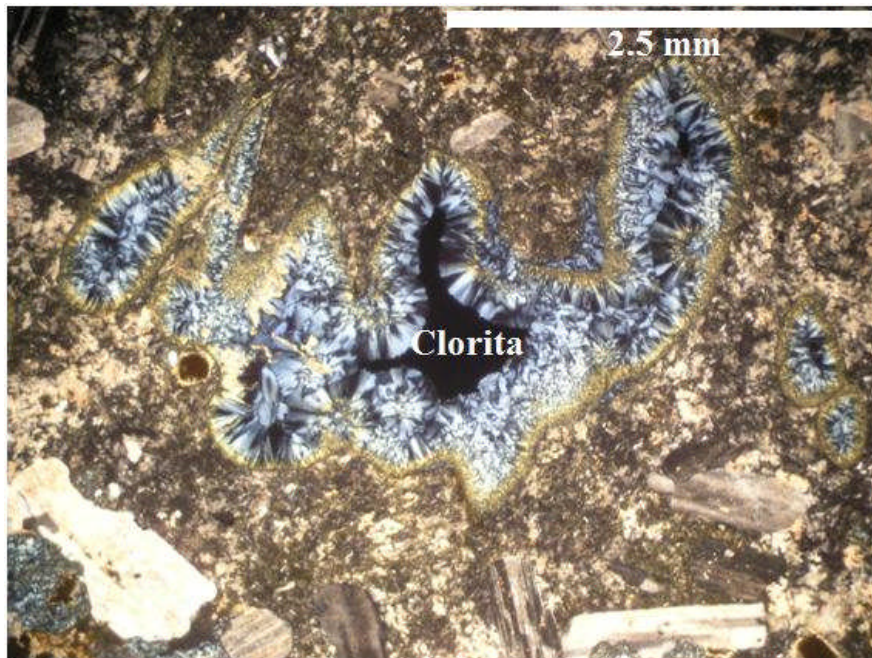


Foto 34. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles cruzados. Se aprecia amígdala de clorita-smectita, y plagioclasas como fenocristales.

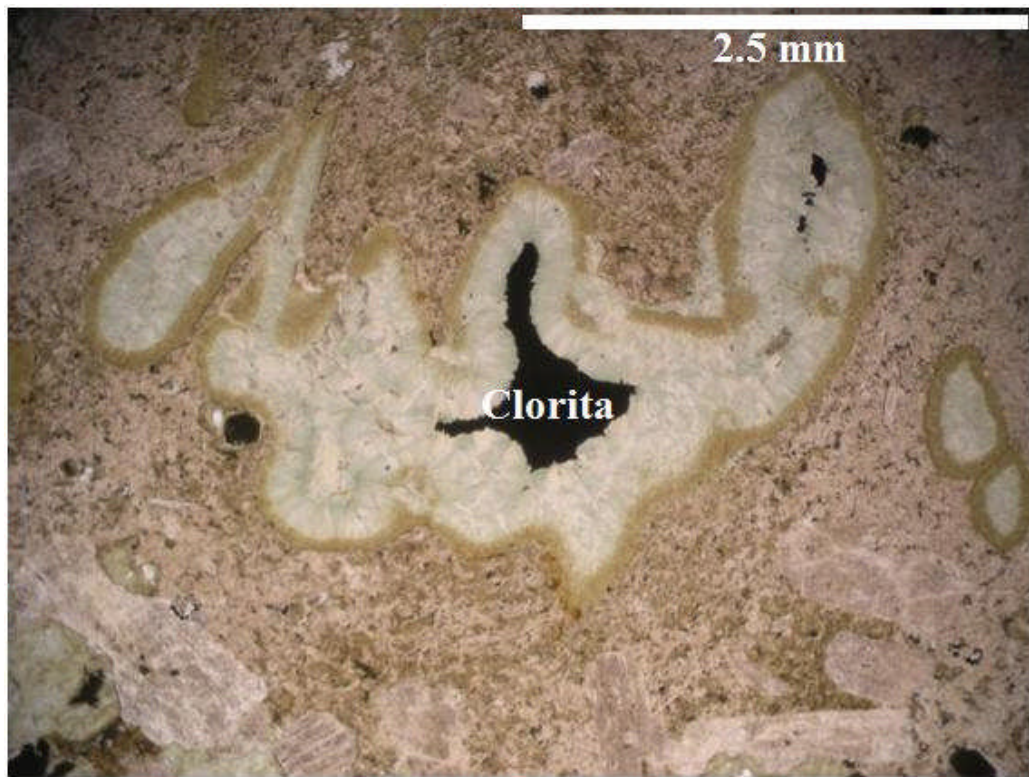


Foto 35. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles cruzados. Se aprecia amígdala de clorita-smectica, y plagioclasas como fenocristales.

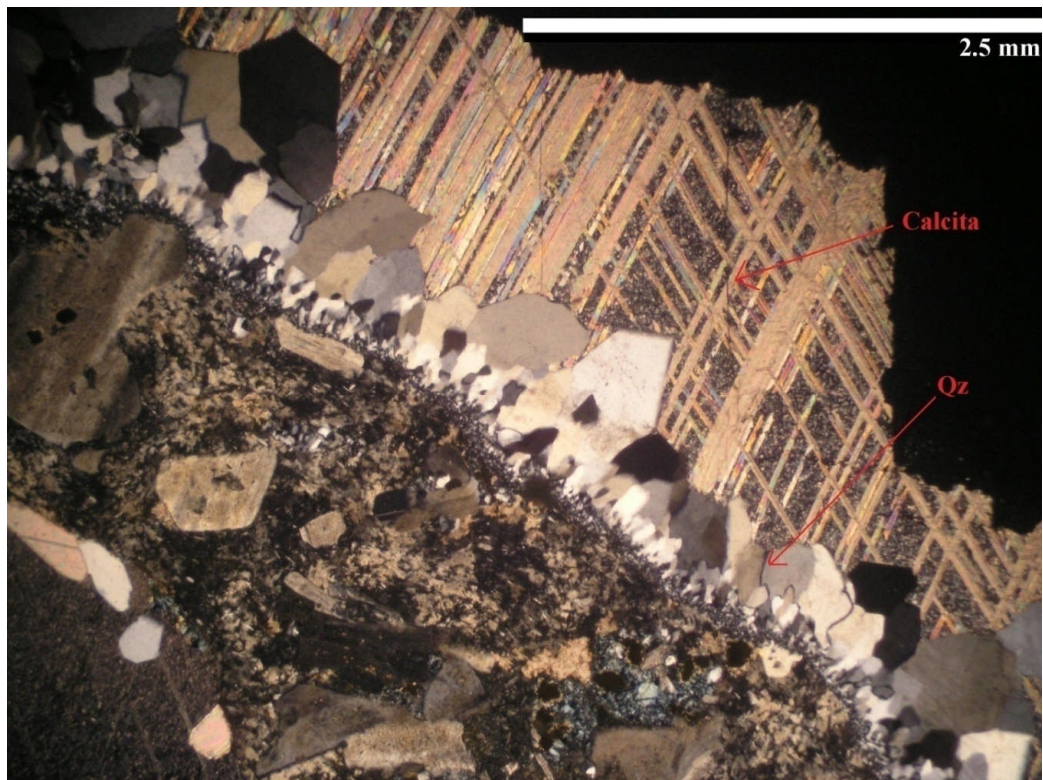


Foto 36. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles cruzados. Se aprecia amígdala de calcita con cuarzo en los bordes.

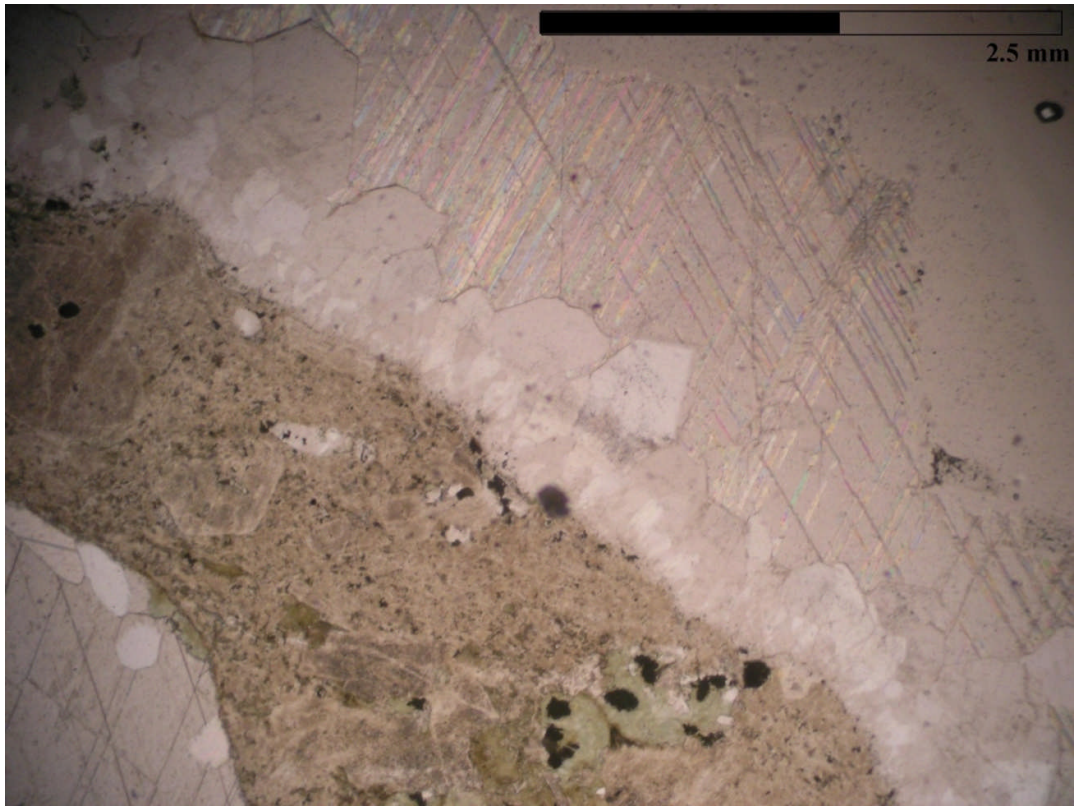


Foto 37. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-09). Nícoles paralelos. Se aprecia amígdala de calcita con cuarzo en los bordes, y amígdalas pequeñas de clorita-smectita

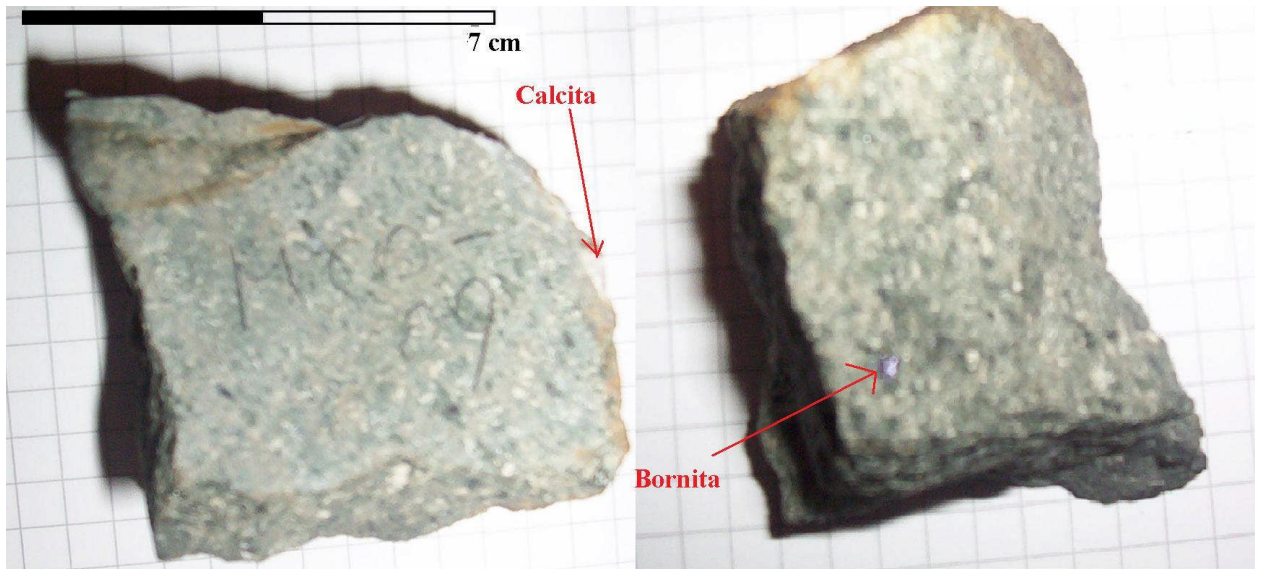


Foto 38. Muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-09). Se puede observar bornita y un poco de una amígdala de calcita

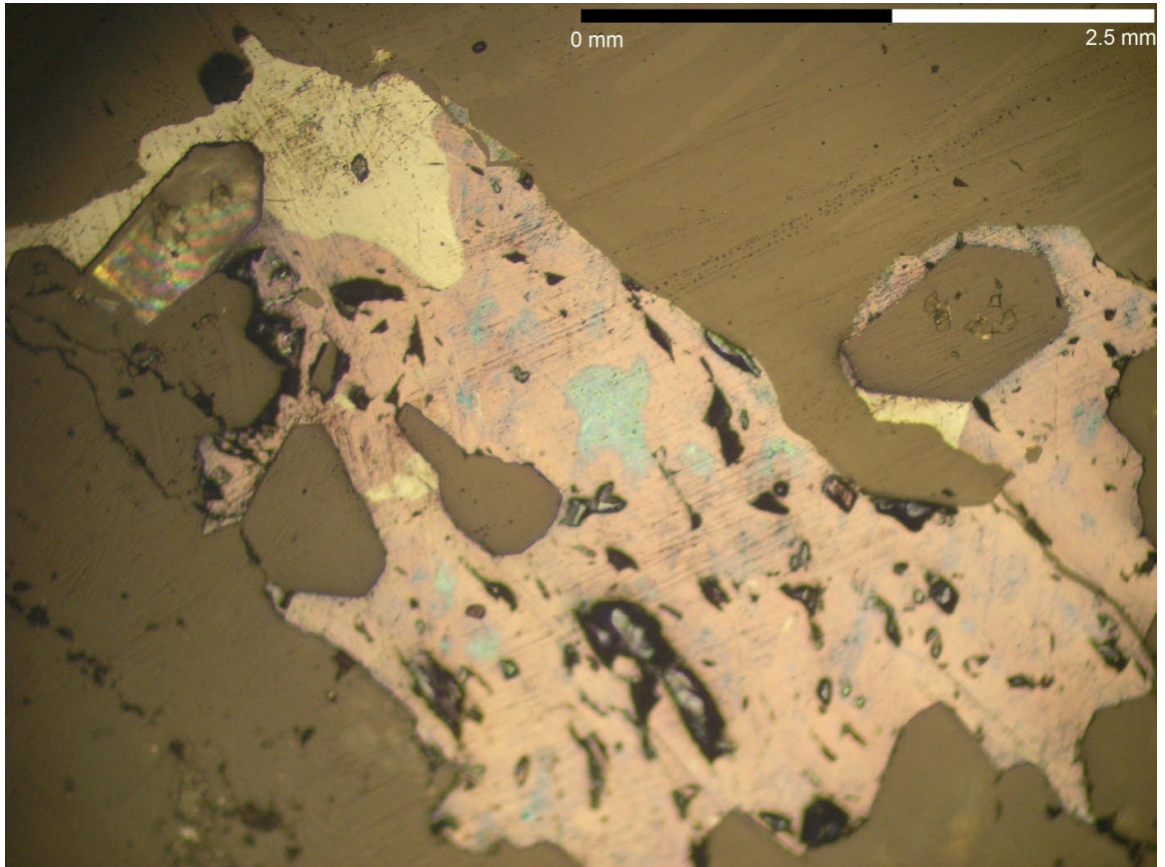


Foto 39. Corte pulido muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-09). Se pueden observar los minerales de Digenita, Bornita y Calcosina. Se observa un mineral relicto de turmalina en la esquina superior izquierda.

MCO13

Corresponde a una muestra de brecha ígneo-hidrotermal, cercana a las faenas mineras de la zona SE del mapa 1, ubicada en las coordenadas UTM 6261655 - 313162. Posee textura porfírica, esfelurítica, hipocristalina. Está constituida por fenocristales de plagioclasas que oscilan entre los 0.5 mm a los 4 mm, subhedrales, de colores pardo-grisáceos debido a la alteración clorita – smectita y a la sericita presente. Se observan casi completamente reemplazados por minerales opacos. En la masa fundamental se observan de tamaños menores a 0.5 mm, subhedrales, con igual alteración que los fenocristales. También se pueden apreciar minerales de feldespato potásico, con tamaños de alrededor de 1 mm, subhedrales, con alteraciones a sericita y clorita-smectita. Se observan de color pardo. También se pueden apreciar minerales de alteración correspondientes en su mayoría a clorita-smectita, los cuales varían de tamaños alrededor de los ~ 0.2 mm, de habito fibroso, se encuentran principalmente en la matriz y en reemplazos en plagioclasas, además de encontrarse también, menor medida, rellenando vesículas. También se observa calcita de tamaños no mayores a 2 mm, anhedrales, alterados con arcillas. Además se puede ver epidota, con cristales pequeños, de tamaños menores a 1 mm, los cuales se encuentran como cristales sueltos en la matriz, o asociados con arcillas. Los minerales opacos corresponden al 15% del total de la roca, y corresponde principalmente a calcopirita, los cuales poseen las formas y tamaños de las plagioclasas.

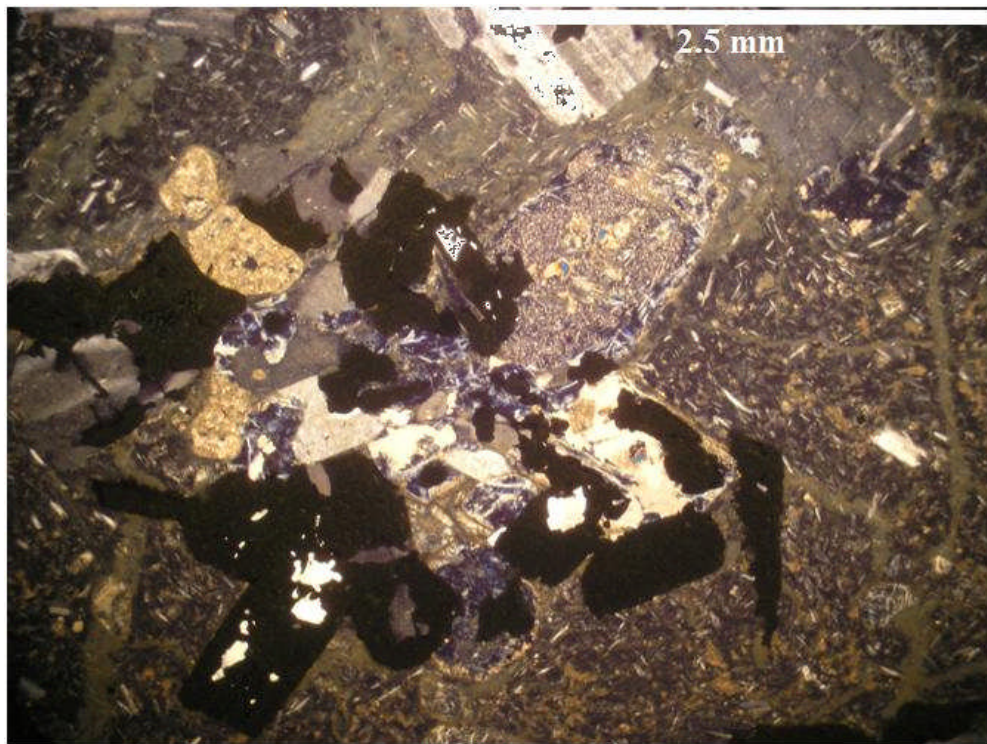


Foto 40. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-13). Nícoles cruzados. Se aprecian minerales opacos adoptando las formas de plagioclasas. Se observa también clorita y plagioclasas argilizadas.

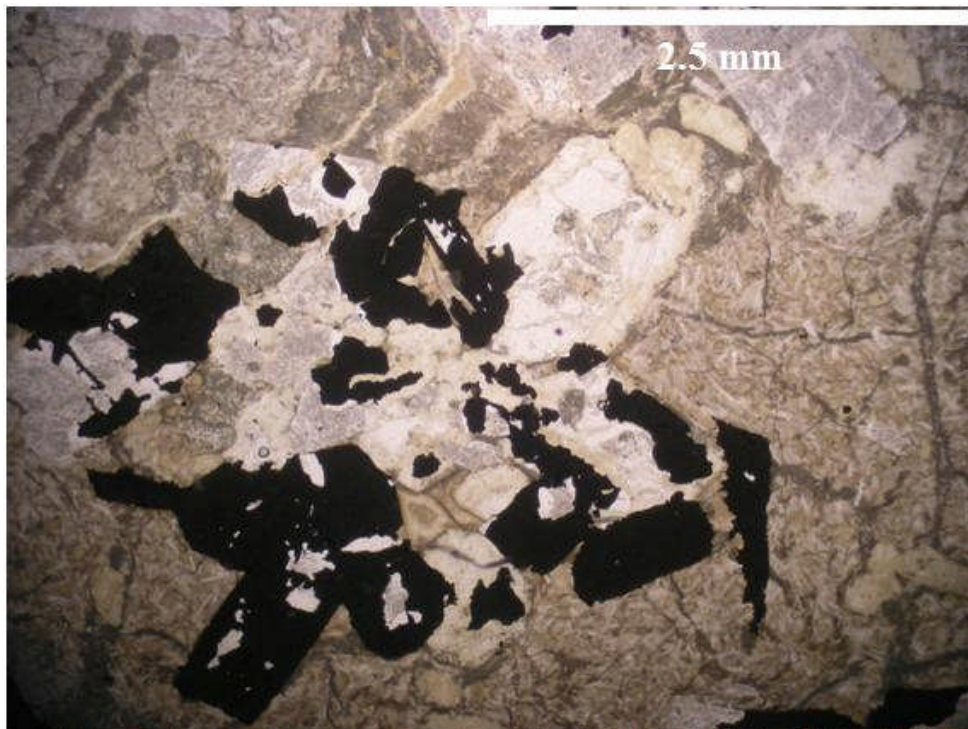


Foto 41. Corte transparente de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-13). Nícoles paralelos. Se aprecian de mejor manera los minerales opacos adoptando las formas de plagioclasas.

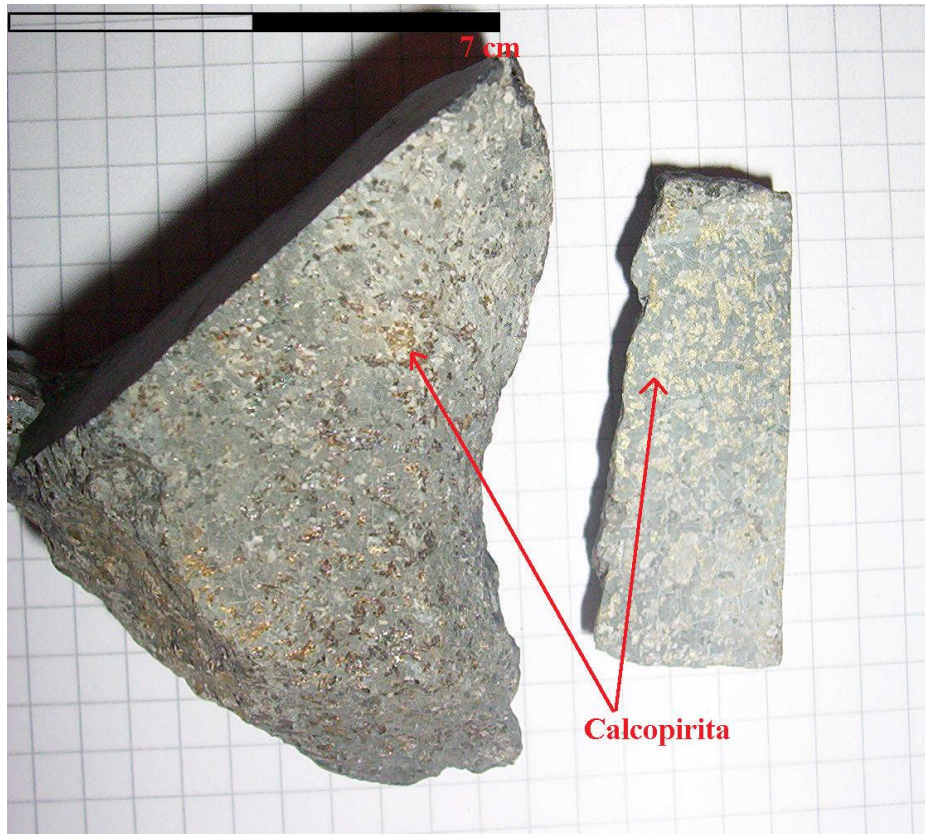


Foto 42. Muestra de brecha ígneo-hidrotermal (MCO-13). Se puede observar calcopirita en abundancia

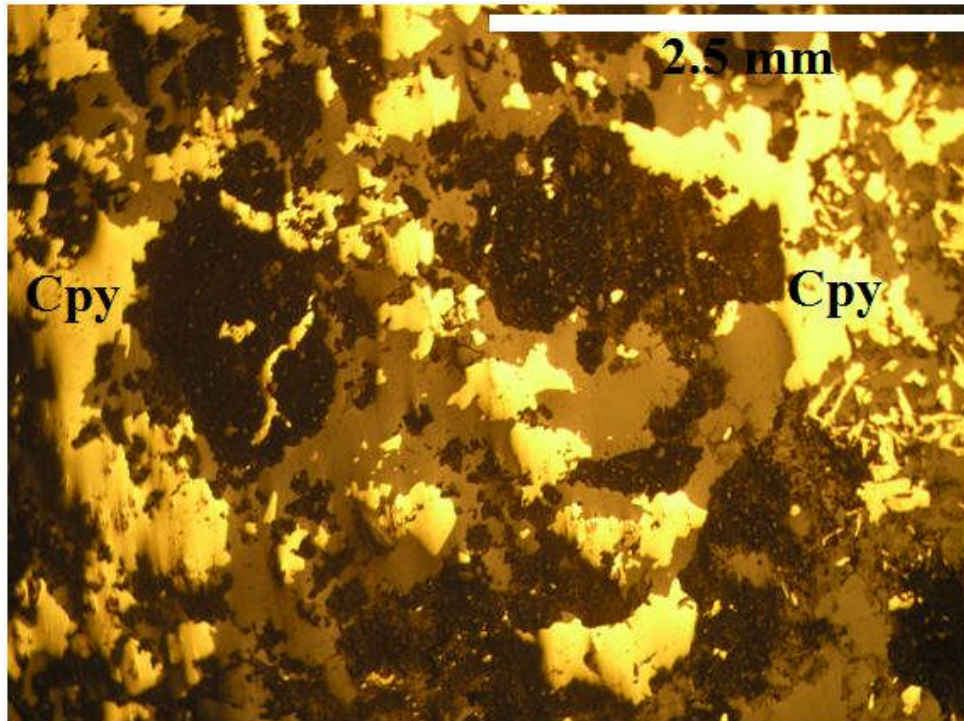


Foto 43. Corte pulido de muestra de brecha ígnea-hidrotermal andesítica (MCO-13). Se aprecian de mejor manera los minerales de calcopirita en la roca.

ANEXO III: RESULTADOS GEOQUIMICA

	Método	WGHT	G6	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	KG	Au	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni
	Unidad		PPB	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM
	Lím. Inf	0,01	5	1	1	3	1	0,3	1
1-A	Rock	3,9	10	0,5	>10000	81	112	41,4	11
1-B	Rock	3,22	8	1	>10000	67	34	67,9	7
1-C	Rock	3,52	7	2	1153	11	114	1,3	6
1-D	Rock	3,4	2,5	0,5	>10000	17	103	8,7	6
1-E	Rock	3,42	5	0,5	>10000	18	96	23,2	9
1-F	Rock	3,86	2,5	0,5	1118	43	212	1,2	6
1-G	Rock	3,62	2,5	0,5	7327	20	61	7,1	8
1-H	Rock	3,4	2,5	0,5	7232	15	77	3	6
2-A	Rock	5,2	10	2	>10000	29	114	21,6	9
2-B	Rock	4,18	7	0,5	4575	12	117	3,7	8
2-C	Rock	4,14	2,5	1	>10000	19	105	21,6	8
2-D	Rock	3,88	7	0,5	4616	44	137	4,8	6
2-E	Rock	4,4	2,5	0,5	1770	13	113	1,8	7
2-F	Rock	3,22	2,5	0,5	4782	13	127	3,7	4
2-G	Rock	3,04	2,5	0,5	6149	9	83	5,1	4
2-H	Rock	4,22	2,5	0,5	>10000	14	214	24,2	7
2-I	Rock	3,7	2,5	2	7812	25	122	0,8	7
2-J	Rock	3,66	2,5	1	1867	25	138	1,4	7
2-K	Rock	3,02	2,5	0,5	1608	21	104	1	6
2-L	Rock	2,62	6	0,5	2109	14	90	2,3	6
2-M	Rock	3,68	2,5	0,5	611	69	385	1	16
2-N	Rock	2,9	2,5	0,5	8360	39	327	11,7	14
2-O	Rock	3,04	8	0,5	5924	3	167	7,6	11
3-A	Rock	3,46	6	1	8590	19	116	6,7	7
3-B	Rock	4,84	2,5	0,5	6438	15	131	8,8	7
3-C	Rock	3,88	6	0,5	4398	16	114	6	7
3-D	Rock	4,36	7	3	>10000	183	87	14,6	9
3-E	Rock	2,22	8	0,5	2990	11	90	1,6	4
3-F	Rock	3,02	11	0,5	>10000	16	204	5,7	9

Tabla 19. Datos de geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Método	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Th	Sr
	Unidad	PPM	PPM	%	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM
	Lím. Inf	1	2	0,01	2	8	2	2	1
1-A	Rock	37	1700	6,59	22	4	1	6	34
1-B	Rock	18	1792	4,25	18	4	1	4	17
1-C	Rock	21	2501	6,11	8	4	1	6	45
1-D	Rock	19	2076	6,52	4	4	1	7	23
1-E	Rock	32	4316	4,92	17	4	1	2	24
1-F	Rock	18	1620	5,56	7	4	1	5	17
1-G	Rock	14	5890	4,42	11	4	1	1	32
1-H	Rock	12	5024	3	20	4	1	1	63
2-A	Rock	29	1835	7,42	20	4	1	5	26
2-B	Rock	20	1784	6,11	7	4	1	6	26
2-C	Rock	22	1504	6,36	42	4	1	5	40
2-D	Rock	18	2186	5,81	7	4	1	4	18
2-E	Rock	18	1888	5,26	6	4	1	5	34
2-F	Rock	12	2750	4,64	4	4	1	4	41
2-G	Rock	13	1648	3,74	3	4	2	3	28
2-H	Rock	21	3666	7,91	3	4	2	2	15
2-I	Rock	17	2896	5,52	21	4	2	5	10
2-J	Rock	19	1732	6	6	4	2	6	29
2-K	Rock	15	1417	4,86	5	4	2	5	35
2-L	Rock	18	2416	5,73	5	4	2	6	38
2-M	Rock	19	6085	4,35	22	4	2	1	50
2-N	Rock	26	3512	5,74	6	4	2	3	13
2-O	Rock	39	5479	6,69	55	4	2	1	25
3-A	Rock	33	2078	6,19	9	4	2	5	32
3-B	Rock	19	1681	6,05	5	4	2	4	40
3-C	Rock	18	2007	6,22	4	4	2	4	15
3-D	Rock	32	1090	3,33	28	4	2	3	19
3-E	Rock	15	1702	4,81	4	4	2	3	31
3-F	Rock	19	2640	4,27	4	4	2	1	57

Continuación Tabla 19. Datos de geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda

	Método	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P	La	Cr
	Unidad	PPM	PPM	PPM	PPM	%	%	PPM	PPM
	Lím. Inf	0,5	3	3	1	0,01	0,001	1	1
1-A	Rock	0,25	1,5	1,5	145	1,21	0,217	10	12
1-B	Rock	0,25	1,5	4	75	1,64	0,179	11	8
1-C	Rock	0,25	1,5	1,5	136	1,84	0,173	13	8
1-D	Rock	0,25	1,5	1,5	129	1,52	0,171	11	9
1-E	Rock	0,25	1,5	1,5	92	4,34	0,168	12	11
1-F	Rock	0,25	1,5	1,5	114	1,52	0,18	10	10
1-G	Rock	0,25	1,5	1,5	121	6,83	0,167	20	8
1-H	Rock	0,25	1,5	1,5	80	19,89	0,053	19	0,5
2-A	Rock	0,25	1,5	1,5	142	1,12	0,203	12	12
2-B	Rock	0,25	1,5	1,5	127	1,39	0,205	12	11
2-C	Rock	0,25	1,5	1,5	127	1,59	0,196	10	11
2-D	Rock	0,25	1,5	1,5	113	1,82	0,182	10	9
2-E	Rock	0,25	1,5	1,5	118	1,74	0,18	14	8
2-F	Rock	0,25	1,5	1,5	60	0,64	0,109	15	4
2-G	Rock	0,25	1,5	1,5	55	0,39	0,112	18	3
2-H	Rock	0,25	1,5	1,5	69	3,47	0,129	13	2
2-I	Rock	0,25	1,5	1,5	134	2,2	0,17	12	8
2-J	Rock	0,25	1,5	1,5	115	1,59	0,166	10	9
2-K	Rock	0,25	1,5	1,5	114	1,61	0,168	13	9
2-L	Rock	0,25	1,5	1,5	141	1,57	0,165	15	10
2-M	Rock	0,6	1,5	1,5	123	8,49	0,175	20	6
2-N	Rock	1,1	1,5	1,5	144	2,3	0,121	11	24
2-O	Rock	0,25	1,5	1,5	236	6,23	0,145	18	2
3-A	Rock	0,25	1,5	1,5	129	1,46	0,182	11	12
3-B	Rock	0,25	1,5	1,5	133	1,78	0,186	11	11
3-C	Rock	0,25	1,5	1,5	113	2,06	0,165	11	9
3-D	Rock	0,25	1,5	1,5	112	1,81	0,229	11	20
3-E	Rock	0,25	1,5	1,5	63	0,51	0,121	15	4
3-F	Rock	0,25	1,5	1,5	106	0,68	0,101	7	12

Continuación Tabla 19. Datos de geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda

	Método	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W
	Unidad	%	PPM	%	PPM	%	%	%	PPM
	Lím. Inf	0,01	1	0,01	20	0,01	0,01	0,01	2
1-A	Rock	1,3	188	0,27	10	3,28	0,06	0,09	1
1-B	Rock	0,69	25	0,14	10	1,96	0,02	0,03	1
1-C	Rock	1,02	38	0,31	10	2,74	0,05	0,05	1
1-D	Rock	1,15	97	0,3	10	2,98	0,05	0,07	1
1-E	Rock	1,56	23	0,17	10	2,06	0,03	0,04	1
1-F	Rock	1,04	41	0,25	10	2,51	0,04	0,09	1
1-G	Rock	1,48	13	0,15	10	1,87	0,02	0,06	1
1-H	Rock	0,94	333	0,05	10	1,49	0,07	0,02	1
2-A	Rock	1,85	85	0,27	10	3,2	0,06	0,09	1
2-B	Rock	1,4	86	0,26	10	2,78	0,05	0,14	1
2-C	Rock	1,45	230	0,24	10	3,16	0,07	0,06	1
2-D	Rock	1,09	78	0,19	10	2,7	0,04	0,06	1
2-E	Rock	0,97	142	0,24	10	2,42	0,06	0,19	1
2-F	Rock	0,65	96	0,13	10	1,45	0,05	0,11	1
2-G	Rock	0,92	36	0,005	10	1,74	0,03	0,08	1
2-H	Rock	2,19	20	0,005	10	3,09	0,02	0,05	1
2-I	Rock	2	13	0,23	10	2,5	0,03	0,06	1
2-J	Rock	1,26	29	0,27	10	2,65	0,04	0,13	1
2-K	Rock	0,95	41	0,26	10	2,27	0,05	0,11	1
2-L	Rock	1,07	109	0,31	10	2,86	0,06	0,1	1
2-M	Rock	0,98	433	0,19	10	2,09	0,12	0,08	1
2-N	Rock	1,94	58	0,18	34	3,31	0,04	0,03	1
2-O	Rock	1,82	275	0,19	10	2,74	0,07	0,03	1
3-A	Rock	1,18	71	0,27	10	2,76	0,05	0,12	1
3-B	Rock	1,21	116	0,27	10	2,86	0,07	0,1	1
3-C	Rock	1,21	77	0,21	10	2,9	0,04	0,07	1
3-D	Rock	0,55	31	0,17	10	2,79	0,03	0,05	1
3-E	Rock	1,16	73	0,11	10	1,86	0,04	0,09	1
3-F	Rock	1,32	57	0,15	10	2,04	0,03	0,02	1

Continuación Tabla 19. Datos de geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda

	Método Elemento Unidad Lím. Inf	1D Tl PPM 5	1D Hg PPM 1
1-A	Rock	2,5	0,5
1-B	Rock	2,5	0,5
1-C	Rock	2,5	0,5
1-D	Rock	2,5	0,5
1-E	Rock	2,5	0,5
1-F	Rock	2,5	0,5
1-G	Rock	2,5	0,5
1-H	Rock	2,5	0,5
2-A	Rock	2,5	0,5
2-B	Rock	2,5	0,5
2-C	Rock	2,5	0,5
2-D	Rock	2,5	0,5
2-E	Rock	2,5	0,5
2-F	Rock	2,5	0,5
2-G	Rock	2,5	0,5
2-H	Rock	2,5	0,5
2-I	Rock	2,5	0,5
2-J	Rock	2,5	0,5
2-K	Rock	2,5	0,5
2-L	Rock	2,5	0,5
2-M	Rock	2,5	0,5
2-N	Rock	2,5	0,5
2-O	Rock	2,5	0,5
3-A	Rock	2,5	0,5
3-B	Rock	2,5	0,5
3-C	Rock	2,5	0,5
3-D	Rock	2,5	0,5
3-E	Rock	2,5	0,5
3-F	Rock	2,5	0,5

Continuación Tabla 19. Datos de geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda

	Método	WGHT	G6	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	KG	Au	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag
	Unidad		PPB	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM
	Lím.Inf	0,01	5	1	1	3	1	0,3
Pulp Duplicates								
2J	Rock	3,66	0,25	1	1867	25	138	1,4
REP 2J	QC		0,25					
1-B	Rock	3,22	8	1	>10000	67	34	67,9
REP 1-B QC				1	>10000	69	36	66,8
Reference Materials								
STD OXJ47	STD		2409					
STD DS7	STD			16	99	65	408	0,7
STD DS7	STD			16	103	62	414	0,7
STD DS7	STD			15	116	71	414	0,8
STD DS7	STD			16	102	65	400	0,8
BLK	BLK		0,25					
BLK	BLK			<1	<1	<3	<1	<0,3
BLK	BLK			<1	<1	<3	<1	<0,3

Tabla 20. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Método	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	
	Unidad	PPM	PPM	PPM	%	PPM	PPM	PPM	PPM
	Lím.Inf	1	1	2	0,01	2	8	2	2
Pulp Duplicates									
2J	Rock	7	19	1732	6	6	4	1	
REP 2J	QC								
1-B	Rock	7	18	1792	4,25	18	4	1	
REP 1-B QC		6	18	1794	4,28	17	4	1	
Reference Materials									
STD OXJ47	STD								
STD DS7	STD	53	8	637	2,5	52	4	1	
STD DS7	STD	54	9	642	2,44	50	4	1	
STD DS7	STD	55	10	656	2,43	53	4	1	
STD DS7	STD	51	9	613	2,32	57	4	1	
BLK	BLK								
BLK	BLK	<1	<1	<2	<0,01	<2	<8	<2	
BLK	BLK	<1	<1	<2	<0,01	<2	<8	<2	

Continuación Tabla 20. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Método	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
	Unidad	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	%
	Lím.Inf	2	1	0,5	3	3	1	0,01
Pulp Duplicates								
2J	Rock	6	29	0,25	1,5	1,5	115	1,59
REP 2J	QC							
1-B	Rock	4	17	0,25	1,5	4	75	1,64
REP 1-B QC		2	18	0,25	1,5	3	75	1,68
Reference Materials								
STD OXJ47	STD							
STD DS7	STD	3	67	6	5	1,5	82	0,92
STD DS7	STD	4	65	5,9	7	1,5	82	0,92
STD DS7	STD	4	63	5,9	7	1,5	86	0,93
STD DS7	STD	4	59	5,5	<3	1,5	83	0,86
BLK	BLK							
BLK	BLK	<2	<1	<0,5	<3	<3	<1	<0,01
BLK	BLK	<2	<1	<0,5	<3	<3	<1	<0,01

Tabla 21. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Método	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1D
	Elemento	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B
	Unidad	%	PPM	PPM	%	PPM	%	PPM
	Lím.Inf	0,001	1	1	0,01	1	0,01	20
Pulp Duplicates								
2J	Rock	0,166	10	9	1,26	29	0,27	10
REP 2J	QC							
1-B	Rock	0,179	11	8	0,69	25	0,14	10
REP 1-B QC		0,18	11	9	0,69	25	0,14	10
Reference Materials								
STD OXJ47	STD							
STD DS7	STD	0,078	13	157	1,05	374	0,1	30
STD DS7	STD	0,078	12	158	1,06	386	0,11	27
STD DS7	STD	0,08	13	165	1,08	397	0,1	33
STD DS7	STD	0,075	12	153	1	370	0,1	29
BLK	BLK							
BLK	BLK	<0,001	<1	<1	<0,01	<1	<0,01	<20
BLK	BLK	<0,001	<1	<1	<0,01	<1	<0,01	<20

Tabla 22. Datos de control de calidad de la geoquímica entregada en el primer análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Method Analyte Unit MDL	8AR Cu % 0,001
1-A	Silt Pulp	2,702
2-A	Silt Pulp	1,366
1-B	Silt Pulp	4,227
2-C	Silt Pulp	1,449
1-D	Silt Pulp	1,055
3-D	Silt Pulp	3,065
1-E	Silt Pulp	1,578
3-F	Silt Pulp	1,777
2-H	Silt Pulp	1,793

Tabla 23. Datos de geoquímica entregada en el segundo análisis de laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Método	8TND	8TND
	Elemento	Ag	Cu
	Unidad	PPM	%
	Lím. Inf	1	0.001
2-V-2	Rock	1	0.066
2-V-3	Rock	11	0.657
1.3.1	Rock	11	2.454
1.3.2	Rock	4	0.486
1.3.3	Rock	5	1.100
1.3.4	Rock	41	3.919
1.2.6	Rock	12	1.695
1.2.7	Rock	3	0.935
2-V-5	Rock	3	0.523
2-V-1	Rock	6	2.475
2-V-4	Rock	90	9.088
1.2.4-A	Rock	11	2.116
1.2.4-B	Rock	14	2.054
2-D-1	Rock	11	2.754

Tabla 24. Datos de segunda campaña geoquímica entregada por laboratorio, por AcmeLabs Ltda.

	Método	8TND	8TND
	Elemento	Ag	Cu
	Unidad	PPM	%
	Lím.Inf	1	0.001
Pulp Duplicates			
2-V-3	Rock	11	0.657
REP 2-V-3	QC	12	0.651
Reference Materials			
STD CU110	STD	5	0.911
STD CU143	STD	79	2.398
STD CU110 Expected	STD	5	0.9
STD CU143 Expected	STD	79	2.32
BLK	BLK	<1	<0.001
Prep Wash			
PREP BLK	PREP BLK	<1	<0.001

Tabla 25. Datos de control de calidad de la segunda campaña geoquímica entregada por AcmeLabs Ltda.