



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

# **EXPLORACIÓN TEMPRANA DE LA CONCESIÓN DE EXPLORACIÓN IGNACIO DOMEYKO, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO  
JOSÉ LUIS PRADENAS CARRASCO**

PROFESOR GUÍA  
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN  
KATJA DECKART  
VICTOR MAKSAEV JURCHUC

SANTIAGO DE CHILE  
2018

## **Exploración temprana de la concesión de explotación Ignacio Domeyko, Región de Atacama, Chile**

La concesión Ignacio Domeyko y El Ángel de propiedad de Don Claudio Cambor, se ubican en la Región de Atacama, Provincia de Huasco, Comuna de Vallenar, específicamente a 50 km al SE de la ciudad de Vallenar. Presenta extracción de cobre por “pirquineros” de la zona en una zona de laboreos ubicados en la concesión Ignacio Domeyko, dominado por ocurrencia de minerales oxidados.

El objetivo principal de este estudio es evaluar, categorizar e identificar el potencial exploratorio minero para la concesión de explotación Ignacio Domeyko, además se entrega información de leyes de cobre en las vetas y los elementos correlacionados con el cobre para el potencial exploratorio.

Estas concesiones se encuentran entre la franja metalogénica del Cretácico Temprano y Paleoceno-Eoceno temprano. El área de estudio se ubica en el distrito Ignacio Domeyko, en donde se han reconocen dos extracciones de cobre en mina San Antonio 12 km al noroeste y mina La Verde 2 km al norte. La mineralización de oxidados de cobre ubicadas en la concesión Ignacio Domeyko se emplaza en vetas ubicadas en la Formación Cerrillos próximas al contacto con el Plutón Monzodioritas de Rodados Negros siguiendo una estructura, definida como una falla.

Los resultados muestras que en las zonas mineralizas corresponden a un yacimiento tipo veta en rocas volcánicas de la Formación Cerrillos, los resultados geoquímicos muestran una distribución de cobre en la Formación Cerrillos, arrojan un rango de valores de 0.02 % a 5 % con una ley media de 1.37 %. Lo cual es consistente con la extracción mineral.

Las estadísticas descriptivas muestran una correlación directa del cobre y el azufre para leyes de cobre sobre el 1 %, asociando las zonas de altas leyes a brocantita.

El recurso mineral indicado es de 1.380 Ton y el recurso mineral inferido es de 3.335 Ton a una ley media de 1.34 % en la zona de labores.

Los estudios realizados indican que existen puntos al norte y sur de los laboreos que presentan anomalías de cobre y define como posibles puntos exploratorios.

“...Citius, Altius, Fortius...”  
Lema Olímpico

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecer a Claudio Cambor por financiar los análisis químicos para este trabajo de título. Además, agradecer a mi profesor guía Brian Townley y miembros de la comisión Katja Deckart y Victor Maksaev por su disposición durante este proceso y ser parte de este trabajo, las críticas ayudaron a crecer como un futuro geólogo y mejorar este trabajo. Finalmente agradecer al curso geología económica otoño 2017 por la ayuda y buena onda.

Agradecer a todos los miembros de esta hermosa comunidad geológica que estuvieron y están apoyando en esta larga maratón, Blanca, don Carlos, profesores y funcionarios. Gracias!

Agradecer a los innumerables amigos que surgieron en Beuchef, desde el grupo de atletismo, Braulio, Escobedo, Mariposa, Laborda, Chispo, Hevia, Duque, House, Carlos alias mechón, Ordenes, Nicoles, Quintana, Feña, Cometa Halley (Javi), a todos los demás que se quedan en el camino y a los que se unieron después y a Cote que vivimos este proceso juntos y logramos ver la recta. En especial al profesor de Atletismo Mario Rodríguez fue más grato vivir este proceso en la faculta con usted como entrenador de atletismo. A los amigos geólogos que surgieron en el camino Tania, Luis Rodrigo, Romi, Stefan, Lesly, Jecka, etc. y a todo el curso de geología de campo II, el mejor curso y la última generación la zorra en geo con ese inigualable terreno con patilo, un grande patilo, un crack!. Una mención especial a Nelson por toda la ayuda y consejos para la memoria, Gracias.

Agradecer a todos mis amigos que estuvieron en este largo proceso y a los inimitables (Comandante, Gustavo, Mariscal, Enzo) amistad que se forjo en el lugar más recóndito de la naturaleza, la misticidad del valle de Cochamo.

Agradecer a mi familia por estar presente, padre, mamá y hermana. Finalmente, y no cabe duda de que los agradecimientos más importantes van para Elena y Gabriela por estar presente en el final de este proceso, hubo un cambio gracias a ustedes. Espero que el futuro ahora nos brinde lo mejor.



# Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Formulación del proyecto .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.2.1	Objetivo general.....	2
1.2.2	Objetivos específicos .....	2
1.3	Hipótesis de trabajo.....	2
1.4	Metodología.....	2
1.4.1	Revisión y compilación de información geología disponible .....	3
1.4.2	Terreno.....	3
1.4.3	Descripción macroscópica de muestras (litología, alteración, mineralización) .....	3
1.4.4	Estudio de análisis de fluorescencia .....	4
1.4.5	Confección de mapa litológico .....	4
1.5	Clima y vegetación .....	4
1.6	Antecedentes generales .....	4
1.6.1	Ubicación y vías de acceso .....	5
1.6.2	Aspectos legales .....	6
2	Marco Geológico.....	7
2.1	Marco tectónico.....	7
2.2	Marco Metalogénico .....	7
2.3	Geología Regional.....	8
2.3.1	Rocas estratificadas .....	9
2.3.2	Rocas Intrusivas.....	10
2.3.3	Depósitos no consolidados.....	11
2.3.4	Estructuras.....	12
3	Resultados.....	14
3.1	Geología local .....	14
3.1.1	Definición de Unidades .....	15
3.2	Alteración .....	17
3.3	Estructuras.....	19
3.4	Mineralización .....	21
3.5	Cuerpo mineralizado y zona de laboreos.....	23
3.5.1	Labor de extracción 1 .....	24

3.5.2	Labor de extracción 2 .....	26
3.5.3	Labor de extracción 4 .....	29
3.5.4	Excavación minera 1 .....	30
3.5.5	Excavación minera 2 .....	30
3.6	Geoquímica .....	34
3.6.1	Muestreo y metodología .....	34
3.6.2	Resultados geoquímicos.....	35
3.6.3	Distribución geoquímica.....	40
3.6.4	Difracción de rayos x.....	42
4	Discusión .....	44
4.1	Mineralización y alteración .....	44
4.2	Discusión geoquímica .....	46
4.3	Distribución geoquímica y exploración .....	51
4.4	Zona de extracción y calicata.....	51
4.5	Cuerpo mineralizado .....	52
4.6	Modelo evolutivo y estructura .....	55
5	Conclusión.....	56
5.1	Recomendaciones.....	57
6	Bibliografía.....	59
7	Anexo .....	61
7.1	Muestreo Terreno .....	61
7.2	Control de calidad.....	62
7.3	Mapas Locales Distrito Ignacio Domeyko .....	64
7.4	Descripción macroscópica para corte transparente.....	66
7.5	Descripción macroscópica para análisis de fluorescencia.....	71

## Índice de Figuras

FIGURA 1.1: MAPA UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO (CUADRADO NEGRO). MODIFICADO DE GOOGLE EARTH.	5
FIGURA 1.2: MAPA DE CONCESIONES MINERAS DISTRITO IGNACIO DOMEYKO, TOMADA DE INFORME GL6301.	6
FIGURA 2.1: IMAGEN TOMADA DE “FRANJAS METALOGÉNICAS DE LOS ANDES CENTRAL: BLANCOS CLAVES PARA LA EXPLORACIÓN MINERA, COCHILCO 2016”.	8
FIGURA 2.2: IMAGEN TOMADA Y MODIFICADA DE LA CARTA VALLENAR – DOMEYKO (AREVALO, 2009).	13
FIGURA 3.1: MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL. MODIFICADO DE INFORME FINAL GEOLOGÍA ECONÓMICA OTOÑO 2017.	14
FIGURA 3.2: IMAGEN IZQUIERDA MUESTRA MACROSCÓPICA DE LAVA AFANÍTICA (M3D2), IMAGEN DERECHA CORTE TRANSPARENTE DE MUESTRA MACROSCÓPICA (M3D2).	15
FIGURA 3.3: IMAGEN IZQUIERDA MUESTRA MACROSCÓPICA DE INTRUSIVO (M2P8D3), IMAGEN DERECHA CORTE TRANSPARENTE DE MUESTRA MACROSCÓPICA (M2P8D3).	16
FIGURA 3.4: IMAGEN DE UNIDAD NO CONSOLIDAD.	16
FIGURA 3.5: ALTERACIÓN ARGÍLICA EN LAVA CON TRAZAS DE COBRE, COORDENADAS (340060/6807752) DATUM WGS84.	17
FIGURA 3.6: LAVA ANDESITA CON ALTERACIÓN PROPILÍTICA.	17
FIGURA 3.7: MAPA DE ALTERACIÓN EN ZONA DE LABOREOS UBICADOS AL SUR DE LA CONCESIÓN IGNACIO DOMEYKO.	18
FIGURA 3.8: EPIDOTA EN ESPEJO DE FALLA, COORDENADAS (340295/6807202) DATUM WGS84, MUESTRA 3306 PARA XRF.	19
FIGURA 3.9: VETILLAS DE EPIDOTA CORTANDO VETAS DE CUARZO-FELDESPATO, COORDENADAS (339930/6807615) DATUM WGS84, MUESTRA 3310 PARA XRF.	19
FIGURA 3.10: DIAGRAMA DE CONCENTRACIÓN DE POLOS, CON LOS VALORES TOMADOS CON MINERALIZACIÓN. SE CONSIDERA LOS PLANOS CON UN 20 % DE LOS DATOS.	20
FIGURA 3.11: DIAGRAMA DE ROSETA CON MINERALIZACIÓN EN VETILLAS.	20
FIGURA 3.12: IMAGEN DE ÓXIDOS NEGRO CON MINERALIZACIÓN DE COBRE.	21
FIGURA 3.13: IMAGEN IZQUIERDA MUESTRA MACROSCÓPICA DE LAVA CON MINERALIZACIÓN DE COBRE (02.25.01), IMAGEN DERECHA CORTE TRANSPARENTE DE MUESTRA MACROSCÓPICA (02.25.01).	21
FIGURA 3.14: MAPA DE MINERALIZACIÓN EN ZONA DE LABOREOS UBICADOS AL SUR DE LA CONCESIÓN IGNACIO DOMEYKO.	22
FIGURA 3.15: VISTA AL SUR, DONDE SE APRECIAN LAS LABORES DE EXTRACCIÓN EN LA PERTENENCIA IGNACIO DOMEYKO.	23
FIGURA 3.16: VISTA DE LABORES DE EXTRACCIÓN UBICADOS AL SUR DE LA PERTENENCIA IGNACIO DOMEYKO CON SU RESPECTIVO BOTADERO Y CALICATAS A MAYOR DETALLE.	24
FIGURA 3.17: LABOR DE EXTRACCIÓN 1 CON MINERALIZACIÓN DE ÓXIDOS DE COBRE, UBICADO AL SUR DE LA PERTENENCIA IGNACIO DOMEYKO, MUESTRA 3313 Y 3317 PARA XRF Y MUESTRA 2 Y 7 PARA CUT.	25
FIGURA 3.18: PLANOS DONDE SE PRESENTA MINERALIZACIÓN DE COBRE 205/80(B), 325/48(A) Y 105/55(C), QUE CORRESPONDE A LOS NÚMEROS 1, 2 Y 3 RESPECTIVAMENTE.	25
FIGURA 3.19: LABOR DE EXTRACCIÓN 2 CON MINERALIZACIÓN DE ÓXIDOS DE COBRE, UBICADO AL SUR DE LA PERTENENCIA IGNACIO DOMEYKO, CORTADO POR DIQUE DACÍTICO DE 1,5 M, MUESTRAS 3301 Y 3314 PARA XRF Y MUESTRA 1, 3, Y 6 PARA CUT.	26
FIGURA 3.20: LABOR DE EXTRACCIÓN 2 CON MINERALIZACIÓN DE COBRE.	27
FIGURA 3.21: LABOR DE EXTRACCIÓN 3 CON MINERALIZACIÓN DE ÓXIDOS DE COBRE, UBICADO AL SURESTE DE LA PERTENENCIA IGNACIO DOMEYKO, MUESTRA 3315 Y PARA XRF Y MUESTRA 4 PARA CUT.	28
FIGURA 3.22: LABOR DE EXTRACCIÓN 3 CON MINERALIZACIÓN DE ÓXIDOS DE COBRE, UBICADO AL SURESTE DE LA PERTENENCIA IGNACIO DOMEYKO.	28
FIGURA 3.23: LABOR DE EXTRACCIÓN 4 CON MINERALIZACIÓN DE ÓXIDOS DE COBRE, UBICADO SOBRE L. EXTRACCIÓN 3, MUESTRA 3316 Y PARA XRF Y MUESTRA 5 PARA CUT.	29

FIGURA 3.24: PIQUE MINERO 1 CON MINERALIZACIÓN DE ÓXIDOS DE COBRE, UBICADO AL NORTE DE LA PERTENENCIA EL ÁNGEL, MUESTRA 3302 PARA XRF.	30
FIGURA 3.25: ALTERACIÓN ARGÍLICA EN LAVA CON MINERALIZACIÓN DE COBRE (340060/6807752, DATUM WGS849, MUESTRA 3318 PARA ANÁLISIS DE XRF.	31
FIGURA 3.26: MINERALIZACIÓN DE COBRE EN LAVA CON ALTERACIÓN ARGÍLICA (340060/6807752, DATUM WGS84).	31
FIGURA 3.27: EXCAVACIÓN MINERA 2 CON MINERALIZACIÓN DE COBRE EN LAVA, MUESTRA 3309 Y 3319 PARA ANÁLISIS DE XRF Y MUESTRA 8 PARA CUT.	32
FIGURA 3.28: EXCAVACIÓN MINERA 2 CON MINERALIZACIÓN DE COBRE, PIROLUSITA Y CON EPIDOTA DISEMINADA.	32
FIGURA 3.29: VISTA AL ESTE DE LA EXCAVACIÓN MINERA 2 Y ZONA DE ALTERACIÓN CHL- EP, Y ZONA DE ALTERACIÓN ARGÍLICA EN EL CAMINO TROPERO.	33
FIGURA 3.30: AFLORAMIENTO CON MINERALIZACIÓN DE COBRE EN LAVA.	33
FIGURA 3.31: MAPA DE MUESTRAS DE ROCA PARA ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA.	34
FIGURA 3.32: BOXPLOTS PARA LOS ELEMENTOS MAYORES DE LA TABLA 6.	37
FIGURA 3.33: GRAFICO DE LOS ELEMENTOS ANÓMALOS CON RESPECTO A LOS VALORES DE LA CORTEZA DE TAYLOR (1964).	38
FIGURA 3.34: DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DEL COBRE.	40
FIGURA 3.35: DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DEL AZUFRE.	41
FIGURA 3.36: DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DEL ARSÉNICO.	42
FIGURA 3.37: MUESTRA BOTADERO LABOR DE EXTRACCIÓN 2, CORRESPONDE A UNA LAVA DE MASA FUNDAMENTAL AFANÍTICA DE COMPOSICIÓN ANDESITA - BASÁLTICA, PRESENTA CRISOCOLA, BROCCANTITA Y ATACAMITA.	43
FIGURA 3.38: ESPECTRO DE DRX DE LA MUESTRA DE LA FIGURA 3.35.	43
FIGURA 4.1: IMAGEN PREHNITA A NICOLES PARALELO.	44
FIGURA 4.2: IMAGEN IZQUIERDA CHL-EP A NICOLES PARALELO, IMAGEN DERECHA CHL-EP A NICOLES CRUZADOS.	45
FIGURA 4.3: IMAGEN IZQUIERDA EPIDOTA CON CALCITA Y CUARZO PRISMÁTICO. IMAGEN DERECHA EPIDOTA PRISMÁTICA CON HEMATITA ESPECULAR, CUARZO CON CALCITA Y CRISOCOLA EN TRAZAS.	45
FIGURA 4.4: MINERALIZACIÓN OXIDADA EN VETILLA, IMAGEN IZQUIERDA A NICOLES PARALELO E IMAGEN DERECHA NICOLES CRUZADOS.	46
FIGURA 4.5: PIRITA EN CORTE TRANSPARENTE PULIDO R02.	47
FIGURA 4.6: GRAFICO DISPERSIÓN DE MANGANESO VERSUS COBRE.	47
FIGURA 4.7: OXIDADOS DE COBRE Y OXIDADOS NEGROS.	48
FIGURA 4.8: GRAFICO DISPERSIÓN DE AZUFRE VERSUS COBRE.	48
FIGURA 4.9: COMPARACIÓN GEOQUÍMICA DE IGNACIO DOMEYKO Y EL ESTRATOLIGADO MANTOS CABRIZO.	50
FIGURA 4.10: COMPARACIÓN GEOQUÍMICA DE IGNACIO DOMEYKO Y EL DEPOSITO IOCG AMAPOLA.	50
FIGURA 4.11: ZONA DE LABOREOS CON CALICATAS.	51
FIGURA 4.12: CALICATA 2 ENTRE EXTRACCIÓN 1 Y 2.	52
FIGURA 4.13: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA DE LABOREOS UBICADAS AL SUR DE LA CONCESIÓN IGNACIO DOMEYKO.	53
FIGURA 5.1: PUNTOS EXPLORATORIO, SEGÚN DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DEL COBRE.	57
FIGURA 7.1: GRAFICO DE DISPERSIÓN PARA LOS DUPLICADOS 3313 Y 3317 DE LA LABOR DE EXTRACCIÓN 1.	63
FIGURA 7.2: MAPA DE ALTERACIÓN	64
FIGURA 7.3: MAPA DE ESTRUCTURAS	65

## Índice de tablas

TABLA 3.1: RESULTADOS COBRE TOTAL.	35
TABLA 3.2: RESULTADO LEYES DE XRF.	36
TABLA 3.3: VALORES ESTADÍSTICOS PARA LOS RESULTADOS DE XRF.	37
TABLA 3.4: VALORES ESTADÍSTICOS PARA LOS RESULTADOS DE XRF.	38
TABLA 3.5: TABLA COMPARATIVA DE LOS VALORES DE IGNACIO DOMEYKO V/S TAYLOR (1964).	39
TABLA 3.6: MATRIZ DE CORRELACIÓN DE PEARSON PARA LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE XRF	39
TABLA 3.7: CORRELACIÓN DE PEARSON PARA LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE XRF.	40
TABLA 4.1: TABLA COMPARATIVA CON LOS VALORES PROMEDIO DE IGNACIO DOMEYKO, MANTOS COBRIZO Y AMAPOLA.	49
TABLA 4.2: TABLA CON LOS DATOS DE DIMENSIÓN DE LAS VETAS Y LEY	53
TABLA 4.3: TABLA CON VALORES PARA OBTENER EL TONELAJE DE COBRE.	54
TABLA 7.1: COORDENADAS MUESTRAS PARA ANÁLISIS XRF, DATUM WGS84.	61
TABLA 7.2: CORRESPONDE A LAS MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE CUT, DATUM WGS84. WGS84.	62
TABLA 7.3: RESULTADOS LECTURA ESTÁNDAR LABORATORIO GEOATACAMA, VALORES REFERENCIALES PARA EL EQUIPO XRF S8 TIGER, VALORES ESPERADOS DENTRO DE 1%.	62
TABLA 7.4: RESULTADOS LECTURA BLANCOS DE CUARZO LABORATORIO GEOATACAMA PARA EL EQUIPO XRF S8 TIGER, VALORES DENTRO DEL RANGO ESPERADO.	62
TABLA 7.5: RESULTADOS ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA PARA LAS MUESTRAS 3313 Y 3317	63
TABLA 7.6: RESULTADOS ANÁLISIS DE FLUORESCENCIA PARA LAS MUESTRAS 3313 Y 3317	63
TABLA 7.7: DESCRIPCIÓN MUESTRA D3P11M4	66
TABLA 7.8: DESCRIPCIÓN MUESTRA M4	66
TABLA 7.9: DESCRIPCIÓN MUESTRA M3D2	67
TABLA 7.10: DESCRIPCIÓN MUESTRA 02_25_01	67
TABLA 7.11: DESCRIPCIÓN MUESTRA M2_D3_P8	68
TABLA 7.12: DESCRIPCIÓN MUESTRA R02	68
TABLA 7.13: DESCRIPCIÓN MUESTRA CH02	69
TABLA 7.14: DESCRIPCIÓN MUESTRA 8.16.1	69
TABLA 7.15: DESCRIPCIÓN MUESTRA CORTE 02	70
TABLA 7.16: DESCRIPCIÓN MUESTRA M2D1	70
TABLA 7.17: DESCRIPCIÓN MUESTRA M07_P29_01	71
TABLA 7.18: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3301	71
TABLA 7.19: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3302	72
TABLA 7.20: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3303	72
TABLA 7.21: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3304	73
TABLA 7.22: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3305	73
TABLA 7.23: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3306	74
TABLA 7.24: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3307	74
TABLA 7.25: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3308	75
TABLA 7.26: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3309	75
TABLA 7.27: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3310	76
TABLA 7.28: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3311	76
TABLA 7.29: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3312	77
TABLA 7.30: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3313	77
TABLA 7.31: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3314	78
TABLA 7.32: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3315	78
TABLA 7.33: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3316	79
TABLA 7.34: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3317	79
TABLA 7.35: DESCRIPCIÓN MUESTRA 3318	80

# 1 Introducción

## 1.1 Formulación del proyecto

La minería es parte de la identidad del país, la explotación de recursos minerales ha constituido un pilar fundamental en la economía chilena, donde el cobre como elemento metálico es el que proporciona mayor ingreso para políticas de estado, siendo innegable su aporte en el pasado, presente y futuro en el desarrollo del país.

El proceso minero, desde la exploración a la explotación, debe ser lo más óptimo posible para disminuir el riesgo en la inversión. Debido a esto el estudio del presente trabajo busca definir la existencia de un potencial exploratorio para la concesión Ignacio Domeyko.

La zona de estudio se encuentra La Región de Atacama, ubicada en el norte de Chile. La Región de Atacama es la quinta región en la producción de cobre con 446.388 (tmf) (Anuario de la minería chilena., Sernageomin, 2015), y la región con la mayor cantidad de pequeños mineros y pirquineros (Atlas de faenas mineras., Sernageomin, 2011).

El distrito de cobre Ignacio Domeyko se encuentra entre la franja metalogénica del Cretácico Temprano y Paleoceno-Eoceno. Esta zona ha sido estudiada por el curso Geología Económica de la Universidad de Chile (Otoño 2017) donde se reconoció extracción de mineral, crisocola, atacamita y brocantita. Además, en el área de estudio se reconocen dos tipos de depósitos minerales de cobre; tipo veta y un estratoligado.

Finalmente, existe gran interés para definir un potencial exploratorio del área de estudio, por lo cual el objetivo general de este trabajo es evaluar, categorizar e identificar el potencial exploratorio minero para la concesión de explotación Ignacio Domeyko.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Evaluar, categorizar e identificar el potencial exploratorio minero para la concesión de explotación Ignacio Domeyko.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Definir, caracterizar y describir la mineralización de cobre en el área de estudio
- Realizar un mapa de mineralización y un mapa de alteración escala 1:5.000
- Realizar un mapa litológico y un mapa de estructuras escala 1:10.000

## 1.3 Hipótesis de trabajo

La explotación histórica y actual de mineralización de cobre en el distrito Ignacio Domeyko a nivel de pequeña minería y “pirquinero”, demuestra una concentración anómala de cobre en la zona, aspecto que determina una potencial existencia de recurso mineral mayores en el área de estudio que requieren ser identificados y categorizados para la evaluación del potencial de exploración existente.

## 1.4 Metodología

Para describir las zonas mineralizadas de cobre, se realizó una campaña de terreno que consto de 6 días, durante el 30 de septiembre al 05 de octubre de 2017.

En la campaña de terreno se tomaron 21 muestras de roca para realizar un análisis químico por el método de fluorescencia de rayos X (XRF) en el laboratorio Geoatacama con el equipo XRF S8 y 8 muestras de roca para análisis de Espectroscopía de Masas con Plasmas Acoplado Inductivamente (ICP-MS) para medir el concentrado de cobre total (CuT) en el laboratorio F.G.F. para definir la ley de cobre en los puntos muestreados.

Para mantener un control de calidad para el análisis químico por el método de XRF, se realizó un duplicado (Muestra 3313 y 3317), además se solicitó el análisis de calibración del equipo XRF S8 para el laboratorio Geoatacama, y los duplicados internos en el caso que correspondiera para las muestras analizadas.

Con el programa ArcMap 10.3 se realizó los mapas de mineralización, de litología, de estructural y de alteración.

Para definir y caracterizar la litología, alteración y mineralización de cobre, se hizo una descripción macroscópica de las muestras (Anexo 7.4 y 7.5), descripción de corte trasparente y corte transparente pulido por microscopía óptica en laboratorio de microscopía I de la Universidad de Chile, en el equipo Olympus cx41, además la campaña de terreno.

Se realizó un análisis estadístico de correlación de Pearson de los resultados de XRF con el software ioGas.

#### 1.4.1 Revisión y compilación de información geología disponible

En una primera etapa se recopiló información bibliográfica de estudio en el área de estudio y de depósitos estratoligados.

Por otro lado, se revisó la información de las descripciones macroscópicas de rocas y se realizó descripción de muestras macroscópicamente cuya información posteriormente se utilizó para la elaboración del mapa de geología local.

#### 1.4.2 Terreno

Se realizó una campaña de terreno entre el viernes 29 de septiembre al jueves 5 de octubre de 2017, donde se tomaron 21 muestras para análisis de fluorescencia XRF en el laboratorio Geoatacama y 8 muestras para CuT en el laboratorio F.G.F. Además, se tomó una muestra de roca del desmonte de la labor de extracción 2 para análisis de DRX, se realizó dos calicatas para ver la continuidad entre la labor de extracción 1 y labor de extracción 2 y se realizó un mapeo a mayor detalle en la zona de laboreos y a lo largo del área de estudio para la confección de mapas.

#### 1.4.3 Descripción macroscópica de muestras (litología, alteración, mineralización)

Se describieron 32 muestras, 21 muestras correspondientes a la campaña de terreno para análisis de XRF y 11 muestras correspondientes a la campaña de terreno y del curso Gl6301 con 6 muestras para cortes transparentes. Estas descripciones se utilizaron para identificar y caracterizar las unidades litológicas, confección de mapa de geología local e identificación de mineralización y alteración.



Se utilizó un microscopio olympius de luz polarizada y reflejada para las descripciones de cortes transparentes y transparentes pulidos correspondientes a la memoria de título. De esta forma se caracterizó la mineralización, alteración y litología.

#### 1.4.4 Estudio de análisis de fluorescencia

Se analizaron 21 muestras de roca distribuidas principalmente a lo largo del contacto entre la Formación Cerrillos y el Plutón Rodados Negros (Figura 3.29), principalmente en zonas que presentan mineralización. Los elementos químicos analizados por el método de fluorescencia fueron el Si, Al, Fe, Ca, Cu, S, Mg, Na, K, Ti, P, Mn, V, Sr, Zn, Cl, Zr, Ni, As, Ga y Rb donde posteriormente se realizó un estudio con los resultados con el software ioGAS y la confección de mapas en ArcGis.

El estudio de análisis de fluorescencia se realizó en el laboratorio Geoatacama con el equipo XRF S8.

Para disminuir el sesgo en la toma de muestra y mantener un control de calidad interno del análisis químico para la fluorescencia, se realizó un duplicado correspondiente a las muestras 3313 y 3317, además se solicitó el análisis de calibración del equipo XRF S8 al laboratorio Geoatacama.

#### 1.4.5 Confección de mapa litológico

La confección del mapa litológico se realizó con el programa Arcgis 10.3 con la información obtenida en terreno, descripción de muestras macroscópicas y microscópicas y la información disponible del curso GL6301, otoño 2017.

### 1.5 Clima y vegetación

La Región de Atacama comprendida en el norte chico de Chile (27°S- 33°S), presenta una transición entre un clima árido al norte y un clima semi árido para dar paso al clima mediterráneo de Chile central hacia el sur. El área de estudio se enmarca en un clima desértico transicional con una temperatura media de 17.7°C y una precipitación media 24 mm.

### 1.6 Antecedentes generales

No existen trabajos técnicos realizados en el distrito Ignacio Domeyko previo al Informe del curso Geología Económica GL6301, otoño 2017. La información geológica del sector está en la Hoja Vallenar y Parte Norte de Serena (Moscoso, 1982) y actualizada en la Carta Vallenar – Domeyko (Arévalo, 2009).

### 1.6.1 Ubicación y vías de acceso

El distrito Ignacio Domeyko se ubica en la Región de Atacama, Provincia de Huasco, Comuna de Vallenar específicamente a 50 km al sureste de la ciudad de Vallenar y a 510 km en línea recto de Santiago. Los límites geodésicos del área de estudio están dados por 340.100E, 341.100E, 6.808.400N y 6.806.400N (datum psad56), con una altitud promedio de 1700 m.s.n.m aproximadamente.

El acceso de Santiago al área de estudio se puede hacer por vía aérea o terrestre. Para la primera opción; existen vuelos hasta las ciudades de La Serena (Aproximadamente 200 km al sur del área de estudio) o de Copiapó (Aproximadamente 250 km al norte del área de estudio). Para la segunda opción, se debe recorrer 637 km desde Santiago por la ruta 5 norte (Figura 1.1), luego se debe tomar camino C-509 por 6 km (Camino azul en Figura 1.1) y luego tomar desvío por camino interno de ripio por 22 km (Camino rojo en Figura 1.1), para finalmente caminar 2 km (Camino amarillo en Figura 1.1) accediendo al norte del área de estudio (Cuadrado negro en Figura 1.1).

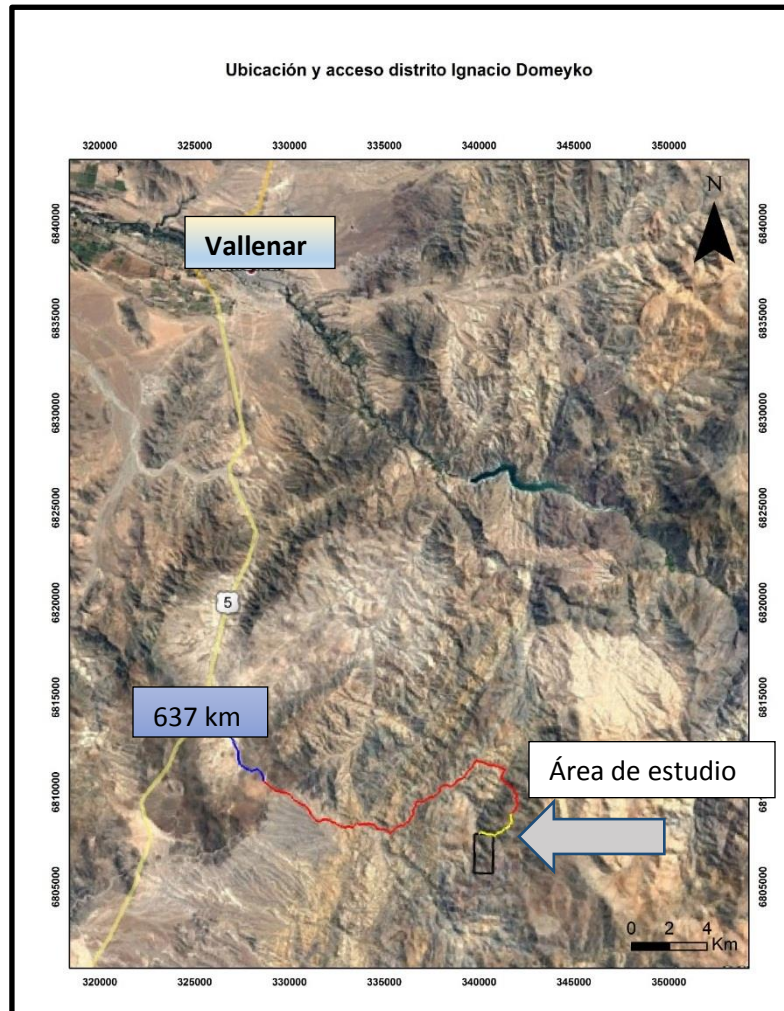


Figura 1.1: Mapa Ubicación área de estudio (cuadrado negro). Modificado de Google Earth.

## 1.6.2 Aspectos legales

Las concesiones de explotación para las pertenencias Ignacio Domeyko y El Ángel (Area de estudio, cuadrado negro en Figura 1.1), ubicadas en la Region de Atacama, Provincia de Huasco, Comuna de Vallenar, pertenecen a Don Claudio Cambor. Sin embargo, el catastro de concesiones mineras del Sernageomin no tiene como persona al Sr. Cambor con la concesión de explotación de la pertenencia Ignacio Domeyko.

Existen varias concesiones de exploración al sur y norte de las pertenencias Ignacio Domeyko y El Ángel, donde existe un traslape de la concesión de exploración de Amalia 599 y Amalia 600 perteneciente a minera Fuego Ltda y la concesión de explotación de Ignacio Domeyko (Figura 1.2).

Solo existe la concesión de explotación Lolita 1/20 al norte de la pertenencia Ignacio Domeyko y tanto al sur, poniente y oriente no existe concesión de explotación alguna.

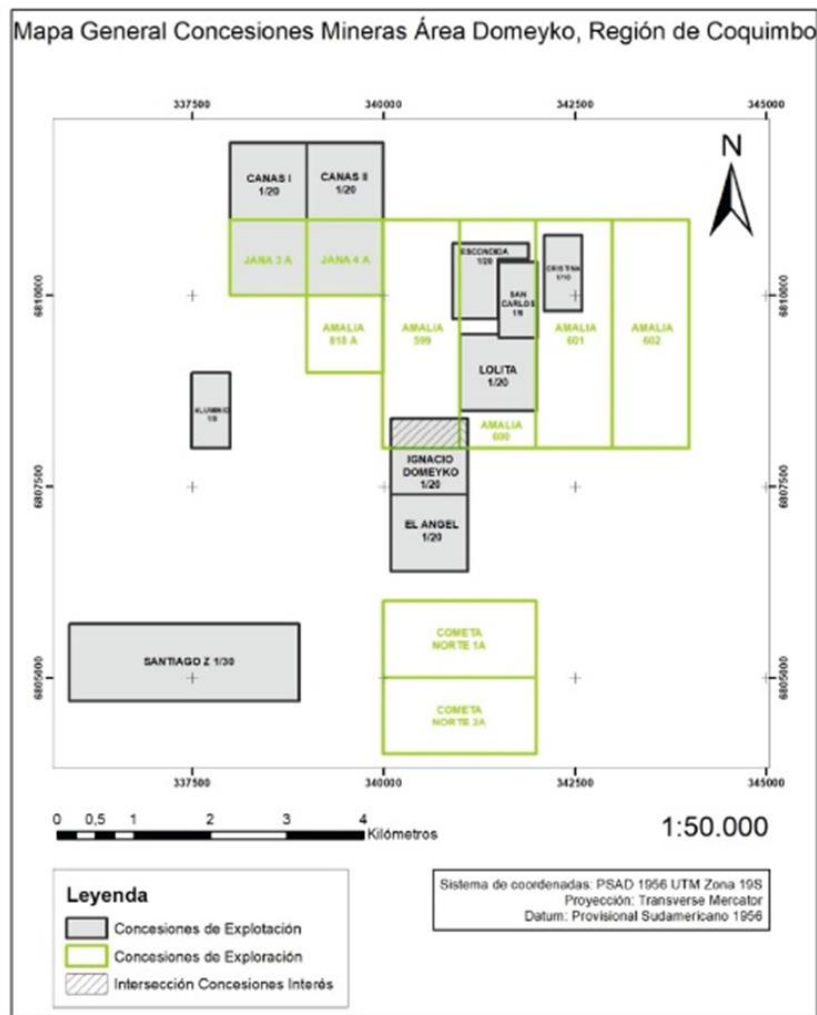


Figura 1.2: Mapa de concesiones mineras distrito Ignacio Domeyko, Tomada de Informe GI6301.

## 2 Marco Geológico

### 2.1 Marco tectónico

El área de estudio se encuentra situada en rocas del Cretácico Superior, situándonos en el ciclo andino, caracterizado por el reinicio de la subducción a lo largo del margen continental en el Jurásico Inferior.

Este ciclo tectónico tiene 3 etapas, la primera del Jurásico Inferior al Cretácico Inferior tardío caracterizada por una extensión generalizada del margen continental, desarrollo de un arco magmático y una cuenca de trasarco en el lado oriental del arco concluyendo con una deformación generalizada, seguida por la segunda etapa caracterizada por un cambio en el marco geodinámico, producto de una disminución del ángulo de inclinación del plano de subducción dando lugar a una subducción más parecida al tipo chilena, finalizando con una deformación generalizada en el Mioceno medio. Finalmente, en la tercera etapa el marco geodinámico es una subducción tipo chilena hasta el presente.

Localmente el área de estudio está dominada estructuralmente por la falla Agua de Los Burros de carácter normal al poniente del intrusivo cuarzo monzodiorítico Rodados Negros, siendo este un sistema longevo (Albiano-Campaniano).

### 2.2 Marco Metalogénico

El área de estudio se enmarca en la Región de Atacama, conocida como norte chico y se encuentra entre las franjas metalogénicas del Cretácico Temprano y Paleoceno-Eoceno temprano, donde los principales depósitos del Jurásico - Cretácico Temprano corresponden a yacimientos tipo óxidos de hierro-cobre-oro, yacimiento de hierro - apatito, estratoligados y de menor importancia pórfidos cupríferos, donde se reconoce los depósitos: El Soldado, Manto Verdes, Andacollo y Candelaria entre otros para este periodo. Para la franja metalogénica del Paleoceno-Eoceno temprano corresponde a depósitos tipos pórfido cupríferos Cu-Mo, vetas epitermales de Au-Hg (alta y baja sulfuración) principalmente, donde se reconocen Lomas Bayes, Sierra Gorda (Figura 2.1).

Cercano al área de estudio se reconoce vetas y mantos de Cu emplazados en rocas de la Formación Cerrillos o en la traza de la Falla Agua de Los Burros. Las vetas o mantos poseen extensiones que varían entre los 20 a 600 m y potencias entre los 0,1 y 30 m (Arévalo, 2009). De los cuales se reconoce mina San Antonio y La Verde. La mineralización de mena es calcopirita, atacamita, crisocola, chenevixita y malaquita y los minerales de ganga, cuarzo, pirita, calcita y epidota.

Para estos depósitos minerales no hay edades disponibles y su proximidad a cuerpos intrusivos monzodioríticos del Cretácico Tardío (Monzodioritas de Rodados Negros, 73-71 Ma), permite asignarles preliminar una edad análoga a ellos.

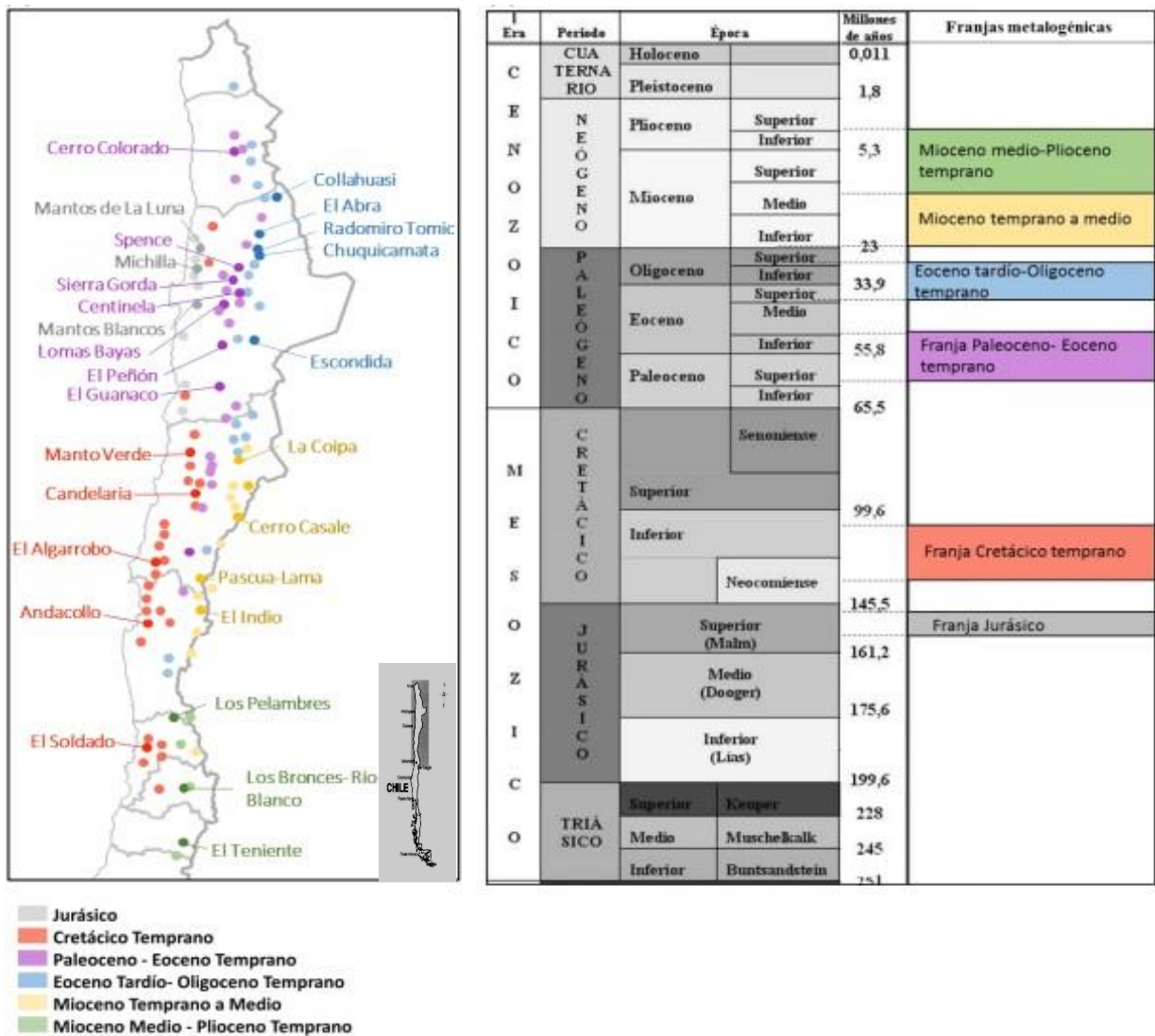


Figura 2.1: Imagen tomada de "Franjas metalogénicas de los andes central: blancos claves para la exploración minera, cochilco 2016".

### 2.3 Geología Regional

El área de estudio se ubica en el posible distrito de cobre Ignacio Domeyko, esta área ha sido estudiada por Moscoso (1982) y actualizada por Arévalo (2009). Donde la concesión Ignacio Domeyko y El Ángel se sitúan en rocas de la Formación Cerrillos, con una serie de cuerpos plutónicos y la Falla Agua de Los Burros al poniente del área estudiada (Figura 2.2).

## 2.3.1 Rocas estratificadas

### 2.3.1.1 Formación Pabellón (Barremiano superior-Aptiano) (Biese-Nickel *in* Hoffstetter *et al.*, 1957)

La Formación Pabellón sobreyace a las lutitas calcáreas de la Formación Totoralillo (Corvalán, 1974) y subyace concordantemente a la Formación Cerrillos (Segerstrom y Parker, 1959).

En cuanto a la litología corresponde a una sucesión de rocas sedimentarias marinas carbonatadas y detríticas, deformadas, aflorando en una franja de dirección NNE (Arévalo, 2009), su espesor varía desde los 400 m hasta los 2000 m en sierra La Lechuza (Corvalán, 1974). Dentro de la formación se distingue una parte inferior, intermedia y superior. En su parte inferior, la Formación Pabellón está constituida por calcilutitas con estratificación media de color marrón amarillento a negro, para la parte intermedia de la formación predominan las calcarenitas bioclásticas de color anaranjado con trazas fósiles, hacia la parte superior de la formación se compone de calizas arenosas bioclástica con bivalvos fragmentados y en el techo areniscas arcósicas con intercalaciones delgadas de calcilutitas.

Respecto a la edad la Formación Pabellón fue asignada al Aptiano superior sobre la base de un amonite identificado como '*Parahoplites gr nutfieldi* (*J. Sowerby*)' (Pérez *et al.*, 1990). Sin embargo, el reestudio de dicho ejemplar permitió atribuirlo al género *Neodeshayesites* y asignar dichos niveles de esta formación al Albiano inferior (Mourgues, 2007a).

### 2.3.1.2 Formación Cerrillos (Albiano-Campaniano) (Segerstrom y Parker, 1959)

La Formación Cerrillos sobreyace concordantemente a la Formación Pabellón y su techo no aparece expuesta en la carta Vallenar Domeyko, por lo que se estima un espesor mínimo de 3000 m.

En cuanto a su litología corresponde una sucesión sedimentaria, clástica y volcánica formada por un miembro basal de areniscas y conglomerados tobáceos, y un miembro superior de coladas de andesitas, tobas y brechas (Arévalo, 2009)

La sección basal corresponde a una litología fundamentalmente sedimentaria clástica a tobácea con intercalaciones calcáreas menores. Compuesta por paraconglomerados bien estratificados, matriz soportados, y con clastos andesíticos y dacíticos sur y norte del río Huasco. Al sur del río Huasco se aprecia que los paraconglomerados se interdigitan hacia el este y arriba con un paquete rojo a verdoso,

de estratificación gruesa, formado por tobas dacíticas brechosas no soldadas y brechas volcanoclásticas macizas. Al este, a lo largo de la quebrada Pie de Gallo afloran areniscas verde violáceas finas con estratificación rítmica alterados con limolitas.

La sección superior corresponde a una litología fundamentalmente volcánica, de color gris violáceo a verdosa, homogénea, compuesta por coladas andesíticas a andesitas basálticas gris oscuras afaníticas a porfídicas finas.

La secuencia se encuentra instruida por una serie de complejos plutónicos y por cuerpos monzodioríticos que la cortan, en la carta Vallenar Domeyko señalan una edad de 71 Ma. Este antecedente sugiere un rango de edad amplio Albiano-Campaniano para la formación, siendo consistente con la edad en un círculo obtenida en una toba cristalina soldada cercana al embalse Santa Juana. Al no poseer fauna de valor cronoestratigráfico y sobreyacer a la Formación Pabellón se asigna indirectamente una edad máxima aptiana

## 2.3.2 Rocas Intrusivas

### 2.3.2.1 Monzodioritas de Rodados Negros (73-71 Ma) (Arevalo, 2009)

Serie de cuerpos plutónicos monzodioríticos rojizos a blanquecinos, que afloran a lo largo del cordón Rodados Negros, al pie de la sierra Veraguaz en la quebrada Mollaca, e intruyen a la Formación Cerrillos.

La mayor parte de estos cuerpos corresponden a monzodioritas cuarcíferas de anfíbola y biotita de textura equigranular a levemente porfídica. La anfíbola se presenta actinolizada o cloritizada. Se asocian a estos cuerpos zonas importantes de alteración cuarzo-sericita con hematita.

Respecto a la edad se dataron en biotitas por el método de  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ . Estas edades son de  $71,0 \pm 0,8$  Ma y  $73,1 \pm 0,6$  Ma.

### 2.3.2.2 Complejo Plutónico Pie de Gallo Pap (65-64 Ma) (Arévalo, 2009)

Corresponde a un cuerpo plutónico bimodal, que aflora en el cerro del mismo nombre, donde intruye a la Formación Cerrillos. Corresponde mayoritariamente a granodioritas. Cuerpos lenticulares de dioritas pequeños se emplazan entre las granodioritas y las rocas de caja, al norte y sur del plutón y se denominan como la subunidad plutónica diorítica.

Las granodioritas son rosadas, grises y equigranulares, tienen variaciones a granitos y contienen biotita y anfíbola como sus ferromagnesianos principales. El cuarzo aparece recristalizado con extinción ondulosa y subgranos. Las dioritas varían también a monzodioritas y presentan anfíbola, piroxeno con bordes de anfíbola y titanita.

Respecto a la edad se dispone de cuatro edades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , dos en biotita  $65,0\pm 0,4$  Ma y  $63,8\pm 0,7$  Ma, en anfíbola (Arevalo, 2009), y  $64,3\pm 0,5$  Ma en biotita y  $65,4\pm 0,6$  Ma en hornblenda (Gipson *et al.*, 2003).

### 2.3.3 Depósitos no consolidados

#### 2.3.3.1 Depósitos coluviales (Pleistoceno-Holoceno) (Arévalo, 2009)

Corresponden a gravas y derrubios de bloques angulosos, sueltos, de mala selección, que forman taludes inestables en quebradas cortas, con laderas de gran pendiente y laderas de valles mayores. Se exponen en las laderas del valle del río Huasco, aguas arriba del embalse Santa Juana, en las laderas de la quebrada Los Corrales o en las faldas de la sierra El Orito.

En todos estos sectores los detritos son de proveniencia local. La edad de estos depósitos parece ser, en gran parte, holocena. Sin embargo, debido a que algunos depósitos coluviales, no representables a la escala de la carta Vallenar Domeyko, están inactivos se estima que esta edad puede ser extendida hasta el Pleistoceno.

#### 2.3.3.2 Depósitos aluviales (Pleistoceno-Holoceno) (Arévalo, 2009)

Sedimentos no consolidados a moderadamente consolidados, formados por ripios de bolones y bloques, gravas, arenas y limos que ocupan laderas de baja pendiente y rellenan quebradas. Por sus relaciones morfológicas y de contacto, se dividen en depósitos aluviales inactivos y depósitos aluviales activos. Los inactivos ocupan el ancho completo de sus cauces, son moderadamente consolidados y están formados por clastos, de tamaño gravas y arena gruesa, heterocomposicionales y subangulosos en matriz limoarenosa. Presentan fábrica interna desorganizada, que caracteriza a los depósitos gravitacionales de tipo flujo de detrito y se interestratifican con sedimentos mejor estratificados, que internamente tienen escasa imbricación de gravas y laminación plana paralela a cruzada en cuenca, principalmente en arenas. Los depósitos aluviales activos se restringen a cauces someros y recientes, no están consolidados y cortan los depósitos inactivos (ripios, arenas y gravas). Los depósitos



aluviales, inactivos y activos, se producen por flujos aluvionales asociados a episodios pluviales esporádicos, en general de gran intensidad.

## 2.3.4 Estructuras

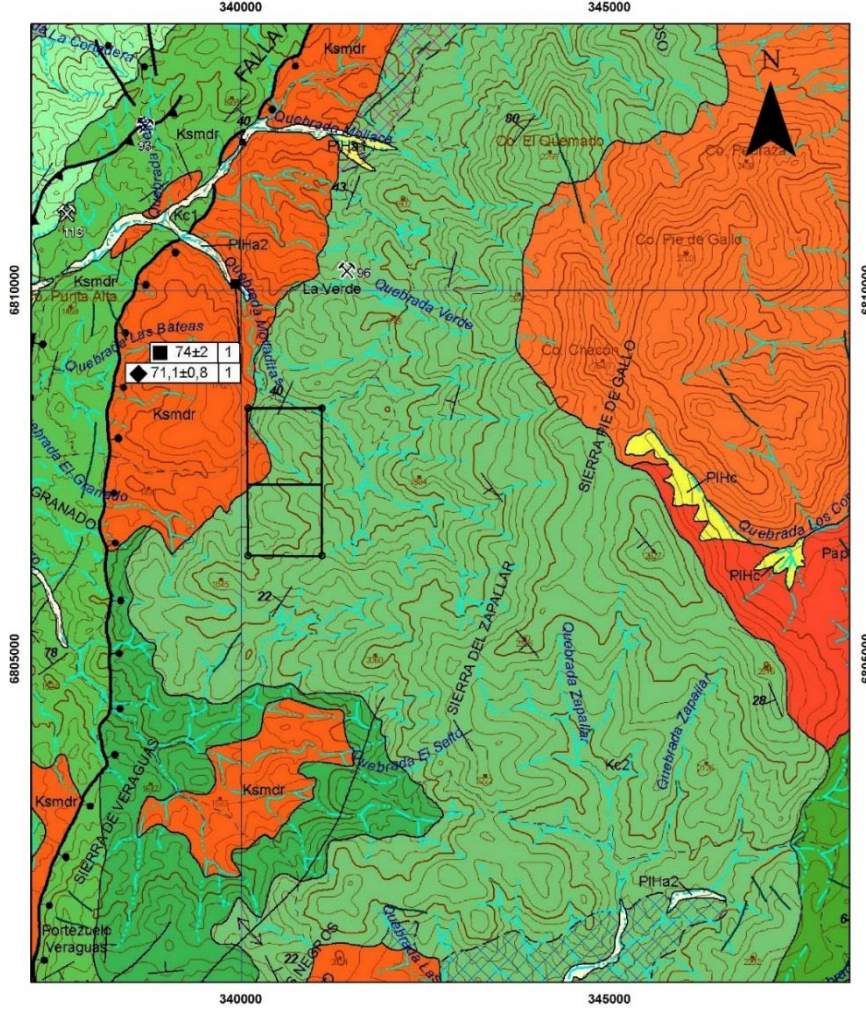
### 2.3.4.1 Falla Agua de Los Burros (Arévalo, 2009)

Al este de la Zona de Cizalle Algarrobo la Falla Agua de Los Burros encuentra desplazando normalmente a la Formación Punta del Cobre, Grupo Chañarcillo y Formación Cerrillos por un conjunto de fallas de alto ángulo y rumbos NO, NNE y NE. Donde las estructuras NO y NE son en general de desplazamiento baja 5 km aproximado y la estructura NNE de mayor desplazamiento, superando los 10 km, de estas últimas la Falla Agua de Los Burros y sus paralelas marca el contacto regional entre el Grupo Chañarcillo y Formación Cerrillos. Localmente la Falla Agua de los Burros limita al intrusivo Monzodioritas de Rodados Negros por el oeste y al norte pone en contacto el miembro inferior de la Formación Cerrillos con su miembro superior.

Este sistema estructural es longevo (Albiano-Campaniano) por el hecho de que estas estructuras las facies clásticas gruesas de la Formación Cerrillos gradan a facies clásticas finas, acuñándose al este. Indicando que estas fallas actuaron como borde de cuencas.

### Mapa Geología distrito Ignacio Domeyko

### Legenda



- PIHa** (1) (2) **Depósitos aluviales** (Pleistoceno-Holoceno)  
Ripios, gravas y arenas que ocupan laderas de baja pendiente y rellenan quebradas.  
1 Aluviales inactivos.  
2 Aluviales activos.
- PIHc** **Depósitos coluviales** (Pleistoceno-Holoceno)  
Depósitos de gravas y ripios de bloques sueltos, de mala selección, constituidos por fragmentos monocomposicionales de formas angulosas restringidos a laderas donde forman taludes o rellenan quebradas cortas y de gran pendiente.
- Pap** (gd) (d) **Complejo Plutónico Pie de Gallo** (65-64 Ma)  
(d) Dioritas y monzonoiditas de anfíbola y piroxeno.  
(gd) Granodioritas y granitos de biotita y anfíbola.
- Ksmdr** **Monzonoiditas de Rodados Negros** (73-71 Ma)  
Monzonoidita cuarcífera, en parte porfídica, de anfíbola y biotita. La anfíbola se encuentra alterada a actinolita y epidota.
- Kc** **Formación Cerrillos** (Albiano-Campaniano)  
1 Paraglomerados bien estratificados y areniscas.  
1a Calizas y areniscas.  
1b Tobas brechosas y brechas.  
1c Areniscas finas bien estratificadas.  
2 Lavas andesíticas. Brechas y tobas menores.
- Kip** **Formación Pabellón** (Baremiense superior-Aptiano)  
Sucesión formada por calcilitas montmorilloníticas, calcarenitas bioclásticas con thalassinoides, calcilitas con rudistes, lavas andesítico-basálticas y volcarenitas intercaladas.
- Falla normal**; símbolo indica bloque hundido
- Falla inversa**; símbolo indica bloque alzado
- Curva de nivel**
- Quebrada seca o curso intermitente**

### SIMBOLOGÍA

#### DATACIONES RADIOMÉTRICAS (Ma)

- K-Ar en biotita
- ◆ <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar en biotita

Figura 2.2: Imagen tomada y modificada de la Carta Vallenar – Domeyko (Arevalo, 2009).

### 3 Resultados

#### 3.1 Geología local

Para confeccionar la geología local se utilizó la información obtenida del mapeo de terreno y la información y descripción de muestra macroscópica de la campaña de terreno (Anexo 7.4 y 7.5)

La revisión de la información de los datos y de las descripciones macroscópicas arrojaron unas litologías (Figura 3.1) de poniente a oriente; intrusivo cuarzo monzodiorítico de hornblenda, depósitos no consolidados, seguida por unidad volcánica compuesta por; tobas, brechas volcánicas y lava de composición andesita - basáltica. En estas últimas se encuentra mineralización de cobre; crisocola, atacamita y brocantita, además óxidos de manganeso, en vetillas y diseminada. Una alteración hidrotermal clorita-epidota a nivel regional, y una alteración argílica en sectores a lo largo del contacto de la unidad volcánica e intrusivo.

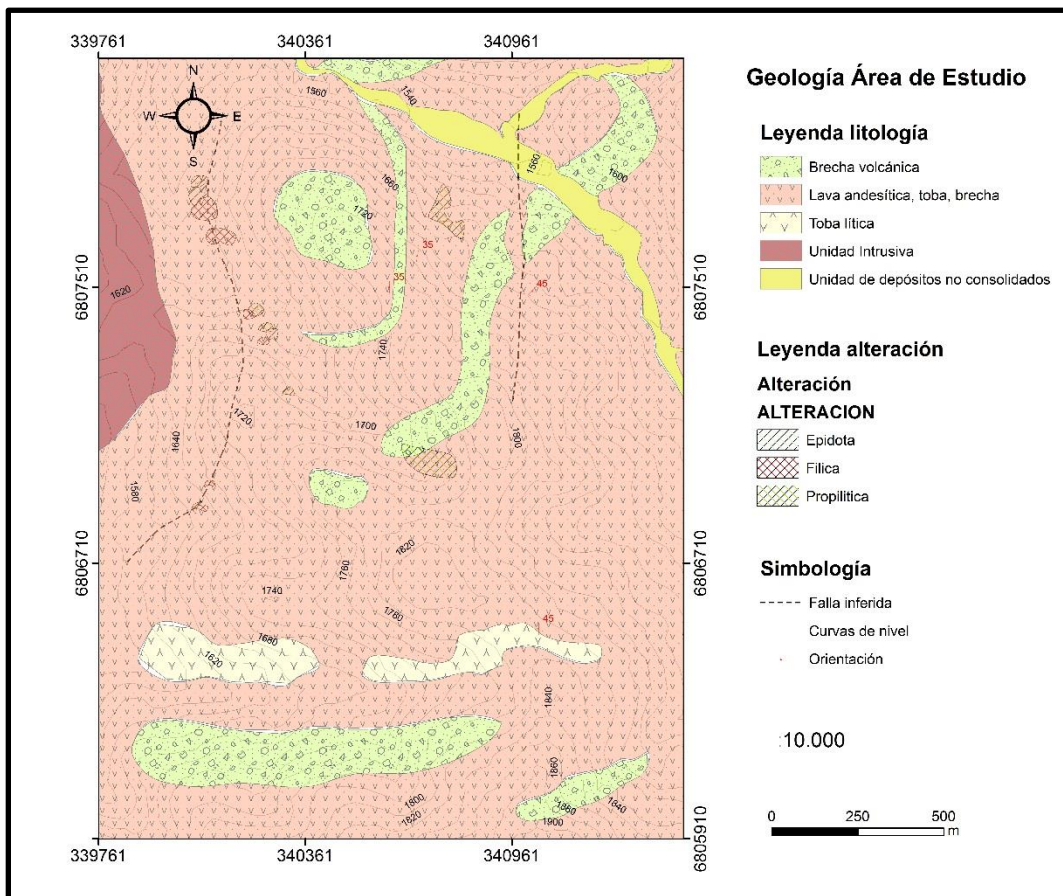


Figura 3.1: Mapa de geología Local. Modificado de informe final Geología Económica otoño 2017.



### 3.1.1 Definición de Unidades

Como se mencionó se definieron 3 unidades: Unidad Intrusiva, Unidad de Depósitos no Consolidados y Unidad Volcánica (Figura 3.1)

#### 3.1.1.1 Unidad Volcánica

Secuencia volcánica de tobas líticas, brechas volcánicas y lavas de composición andesita-basáltica, que abarcan la mayor parte del área de estudio (Figura 5). Se dispone en forma de un homoclinal con manteo al oeste, manteos que varía entre los 30° a 45°. Se caracteriza en el área de estudio por presentar lavas andesíticas (Figura 3.2) con textura porfírica y matriz afanítica con fenocristales de plagioclasa de 1 a 2 mm, patinas de óxido de hierro y epidota tanto en venillas como diseminadas, clorita alterando minerales máficos, presenta una recrystalización de grano fino en las lavas de cota alta. En esta unidad se presenta la mineralización oxidada de cobre en venillas de crisocola, atacamita y brocantita. Esta unidad se asocia a la Formación Cerrillos.

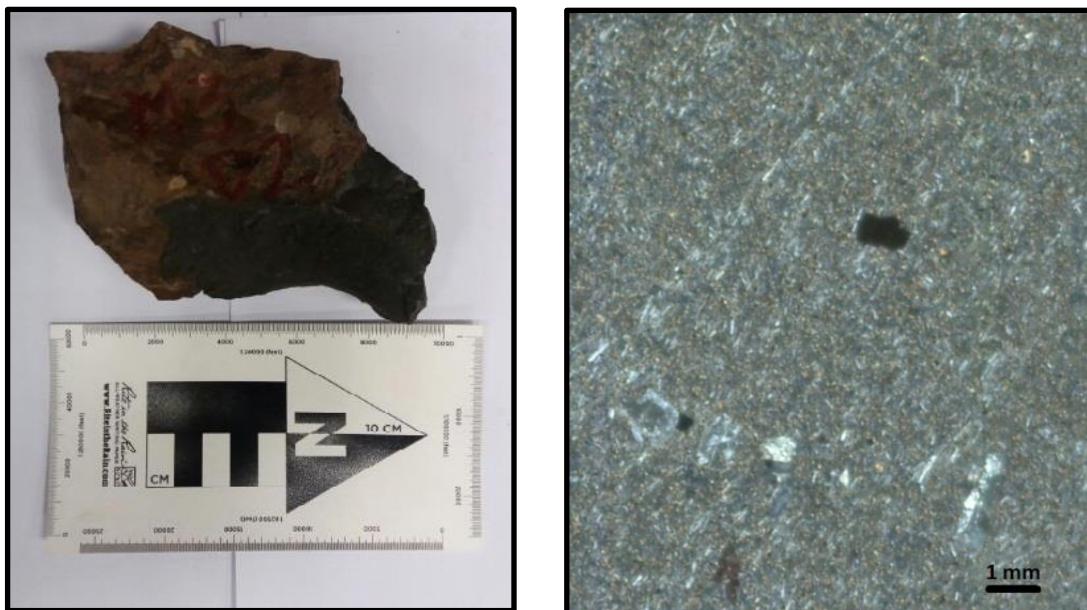


Figura 3.2: Imagen izquierda muestra macroscópica de lava afanítica (M3D2), imagen derecha corte transparente de muestra macroscópica (M3D2).

#### 3.1.1.2 Unidad intrusiva

Corresponde a un intrusivo hipabisal cuarzo monzodiorita de hornblenda (Figura 3.3), se presenta al oeste del área de estudio y cubre un área de al menos 120.000 m<sup>2</sup>. Presenta clorita alterando a los anfíboles y venillas y vetillas de cuarzo feldespato con halos de epidota y epidota diseminada. Esta unidad se asocia al intrusivo monzodioritas de Rodados Negros.

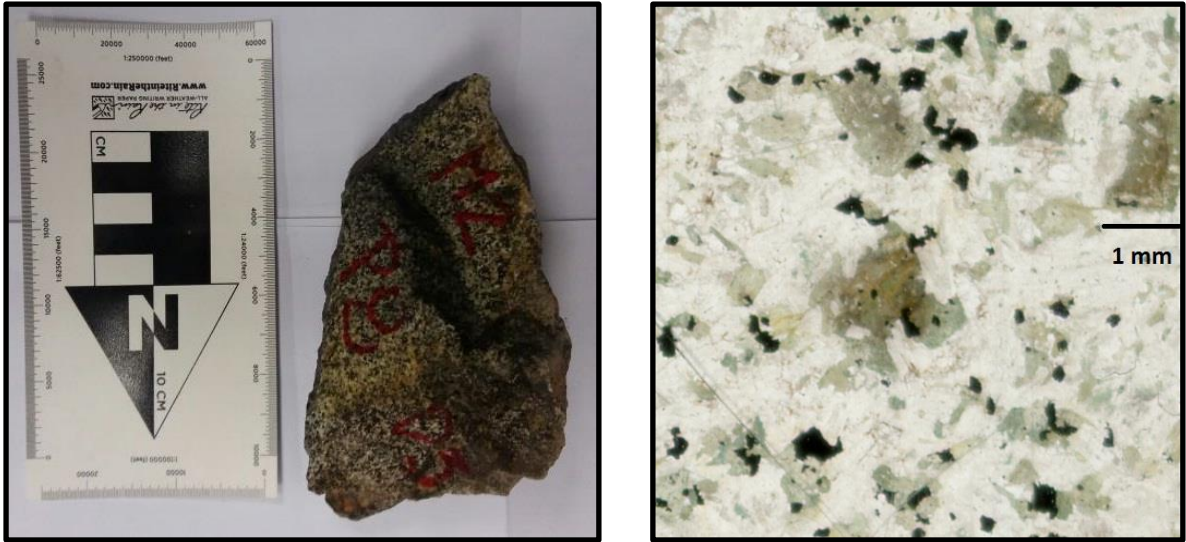


Figura 3.3: Imagen izquierda muestra macroscópica de intrusivo (M2P8D3), imagen derecha corte transparente de muestra macroscópica (M2P8D3).

### 3.1.1.3 Unidad no consolidada (Informe GL6301)

Corresponde a la unidad cuaternaria no consolidada (Figura 3.4), compuesta por depósitos de gravas y arenas fluviales, coluviales y aluviales. Los depósitos fluviales se observan en el lecho de las quebradas las cuales representan cauces de flujos de aguas estacionales. Los depósitos coluviales, en cambio, forman principalmente conos de deyección en zonas escarpadas y los últimos se presentan como abanicos aluviales y relleno de quebradas

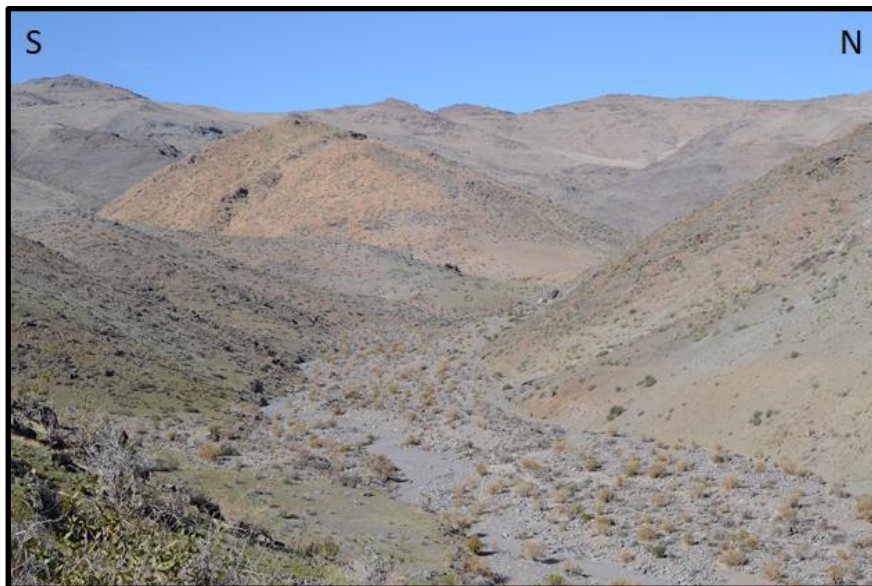


Figura 3.4: Imagen de unidad no consolidada.



## 3.2 Alteración

Existe un metamorfismo de muy bajo grado, observado por la prehnita (Figura 4.1) También una alteración hidrotermal de epidota en vetillas con clorita y/o calcita (Figura 3.6) en los niveles estratigráficos bajos de la Formación Cerrillos, principalmente en la zona de laboreos (Figura 3.7). También una alteración argílica (Figura 3.5) sobreimpuesta a la alteración propilítica, esta se observa en a lo largo del contacto entre la Formación Cerrillos y el Pluton Rodados Negros.



Figura 3.5: Alteración argílica en lava con trazas de cobre, coordenadas (340060/6807752) datum wgs84.



Figura 3.6: Lava andesita con alteración propilítica.

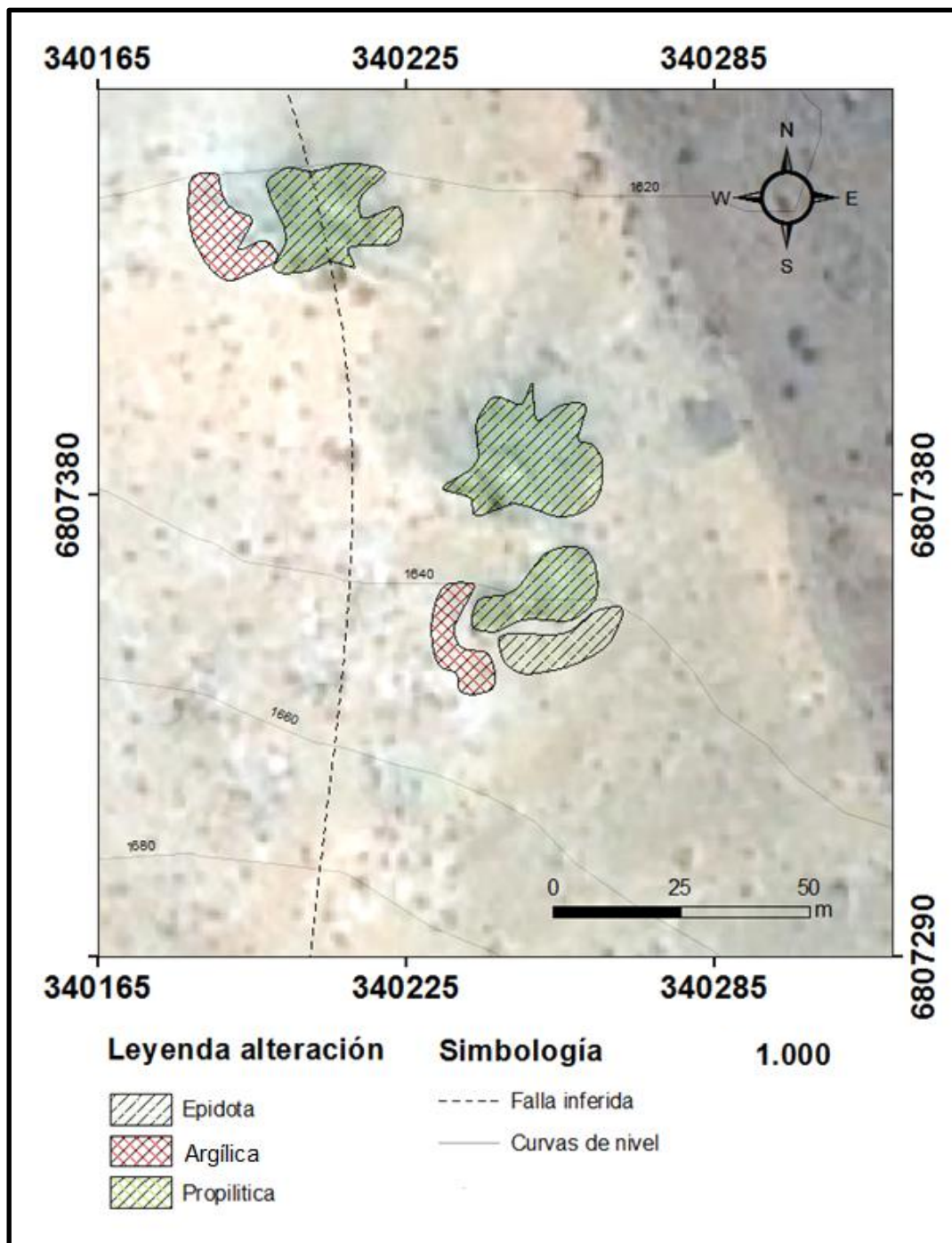


Figura 3.7: Mapa de alteración en zona de laboreos ubicados al sur de la concesión Ignacio Domeyko.



### 3.3 Estructuras

Se realizó el mapa con los datos tomados del curso GL6301, con los datos del terreno de memoria. Existe una falla transcurrente dextral en el sector nororiente de la zona estudiada y epidota en espejos de fallas con dirección N25E/30E a lo largo del contacto entre el Plutón Rodados Negros y la Formación Cerrillos (Anexo 7.3).



Figura 3.8: Epidota en espejo de falla, coordenadas (340295/6807202) datum wgs84, muestra 3306 para XRF.

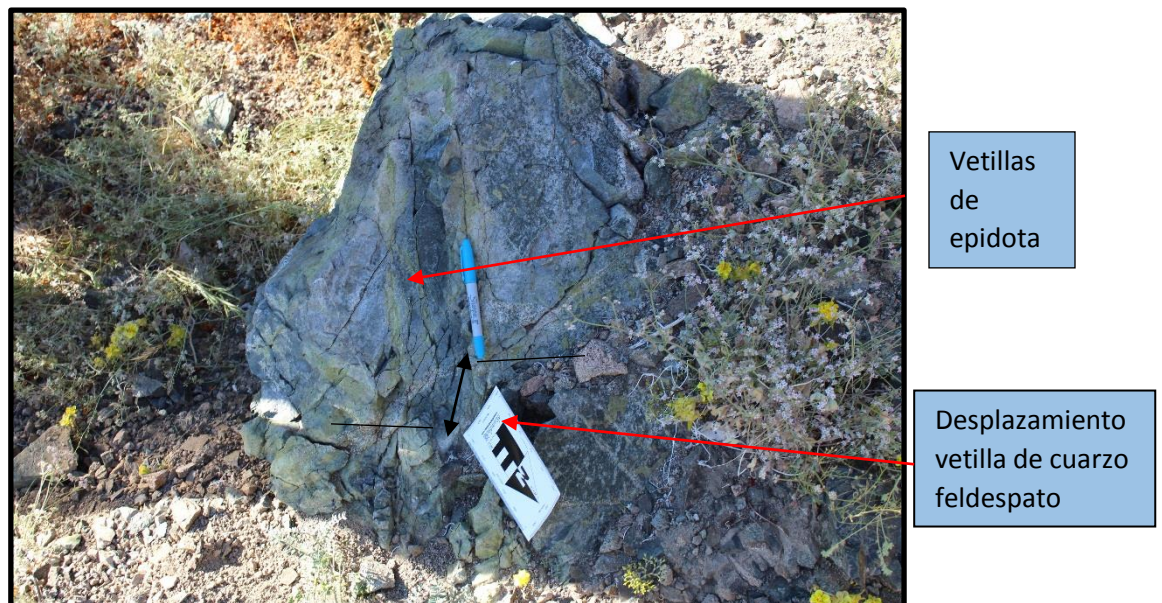


Figura 3.9: Vetillas de epidota cortando vetas de cuarzo-feldespato, coordenadas (339930/6807615) datum wgs84, muestra 3310 para XRF.



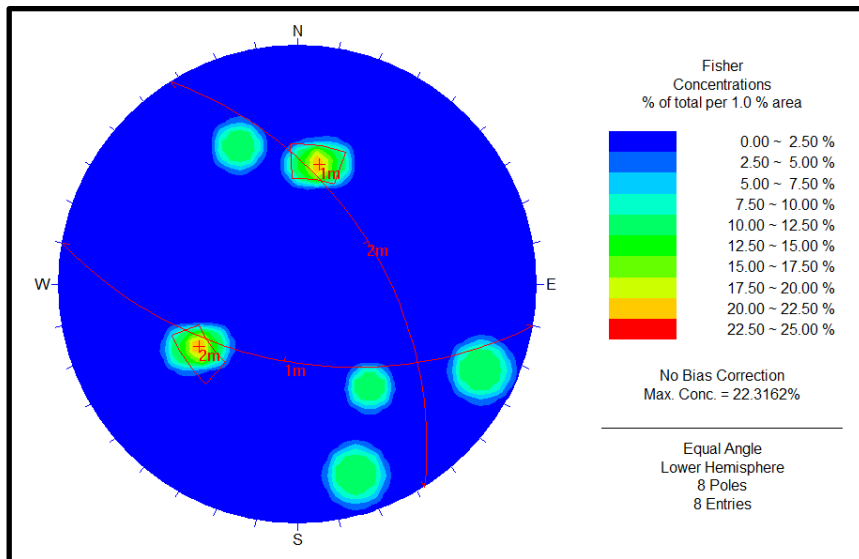


Figura 3.10: Diagrama de concentración de polos, con los valores tomados con mineralización. Se considera los planos con un 20 % de los datos.

En la figura 3.10 se grafican los valores de las facturas que presentan mineralización con el software Dips, donde se aprecian dos polos con un 20 % de los datos. teniendo 1m un Trend/Plunge de 20/42 y 2m Trend/Plunge de 248/31.

Además, con los datos obtenidos de la mineralización en vetillas (capitulo 3.5.1 a 3.5.4) se realizó un diagrama de roseta (Figura 3.11), donde no se aprecia una orientación preferencial de las vetillas con mineralización.

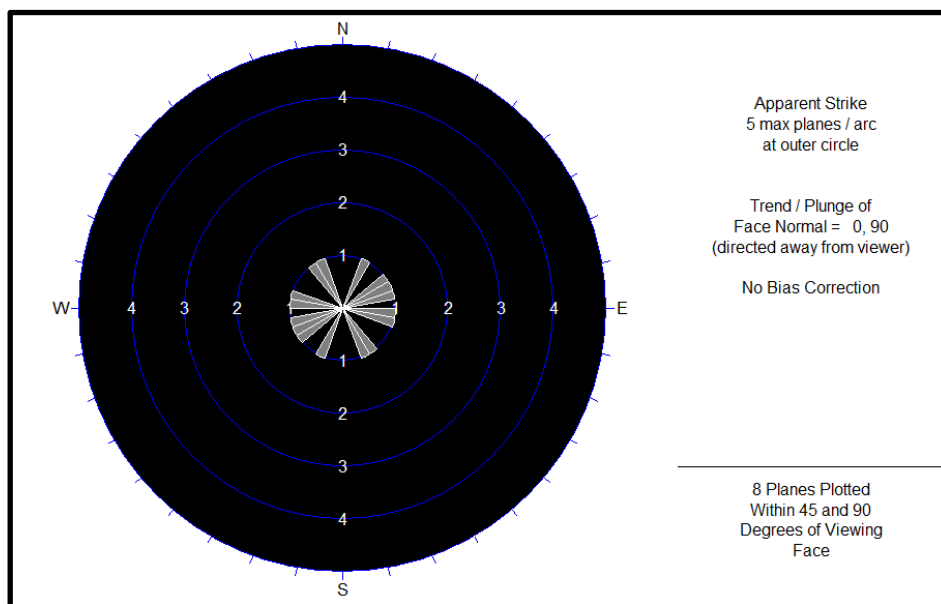


Figura 3.11: Diagrama de roseta con mineralización en vetillas.

### 3.4 Mineralización

El distrito Ignacio Domeyko presenta una mineralización principal de crisocola, atacamita y brocantita en la Formación Cerrillos a lo largo del contacto con el Plutón Rodados Negros. En la zona de laboreos la mineralización se distribuye en la Figura 3.14

También se aprecia copper pitch en las muestras con mineralización de cobre, asociada óxidos de manganeso (Figura 3.12 y 3.13).

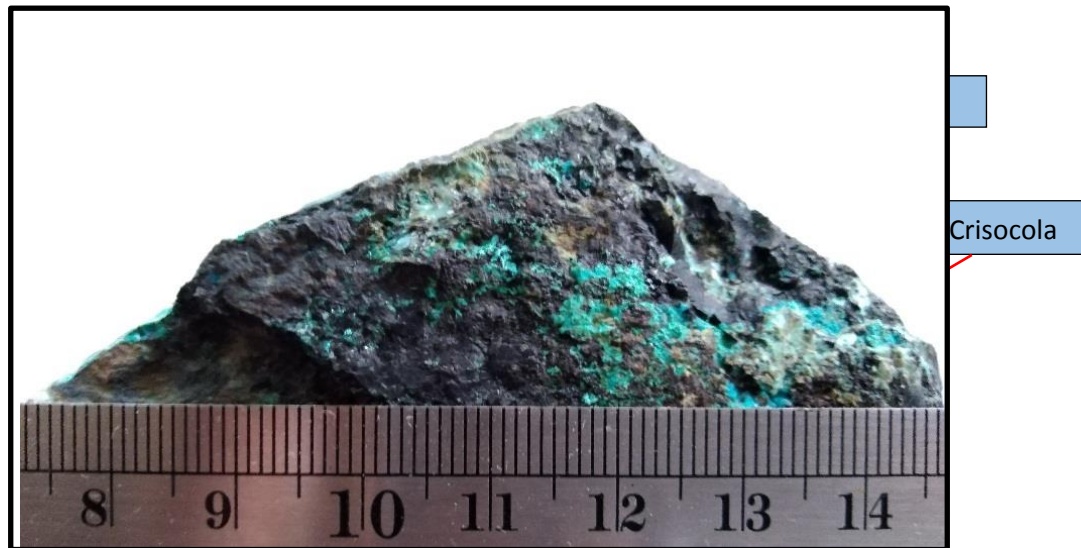


Figura 3.12: Imagen de óxidos negro con mineralización de cobre.

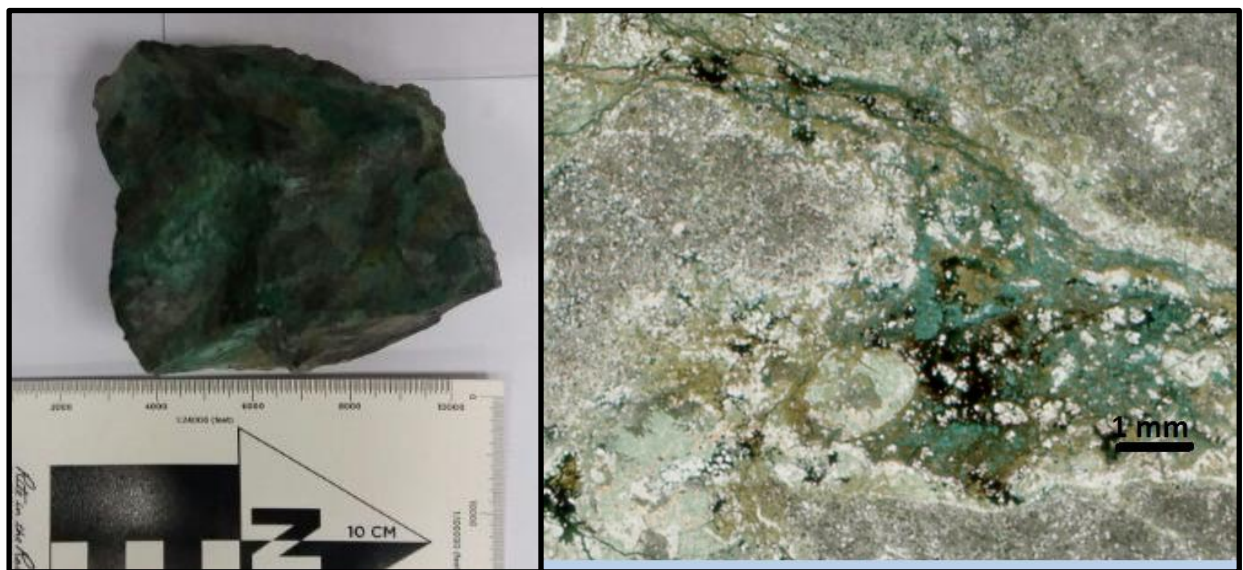


Figura 3.13: Imagen izquierda muestra muestra macroscópica de lava con mineralización de cobre (02.25.01), imagen derecha corte transparente de muestra macroscópica (02.25.01).

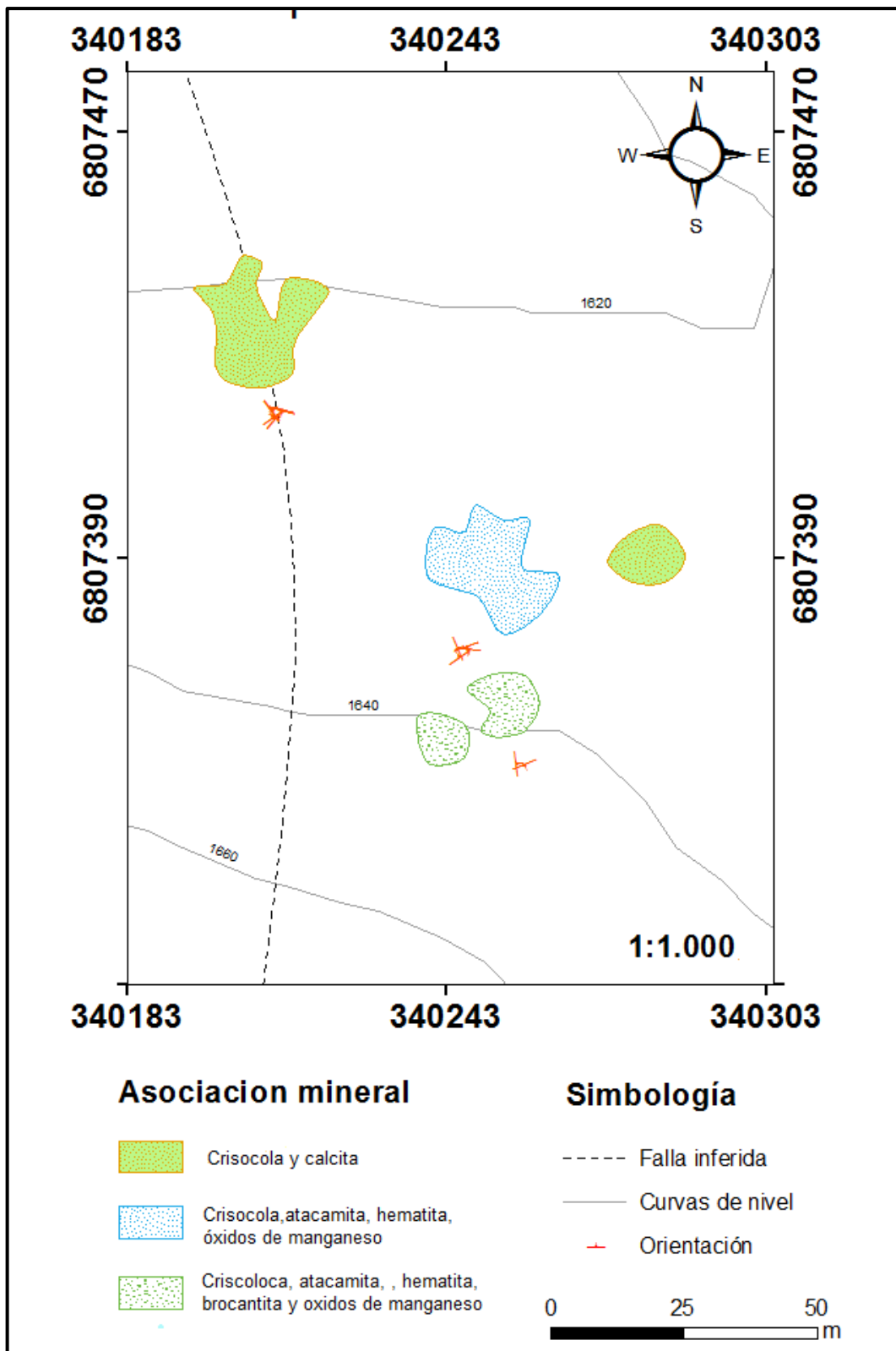


Figura 3.14: Mapa de mineralización en zona de laboreos ubicados al sur de la concesión Ignacio Domeyko.

### 3.5 Cuerpo mineralizado y zona de laboreos

La mineralización de cobre, específicamente oxidados de cobre atacamita, crisocola, brocantita. Se presenta en una serie de vetas a lo largo del contacto entre la Formación Cerrillos y el Plutón Rodados Negros (Figura 3.15), concentrando extracción de cobre de modo artesanal por “pirquineros” en una zona de laboreos al sur de la concesión Ignacio Domeyko en 3 vetas en la Formación Cerrillos. Está cae homoclinal al oeste con  $35^\circ$  en contacto con las monzodioritas de Rodados Negros.

La zona de laboreos se presenta en 3 vetas donde la veta 1 corresponde a la labor de extracción 1, la veta 2 la labor de extracción 2 y la veta 3 corresponde a la labor de extracción 3 y 4 presentando una veta común.

La mineralización en estas vetas se presenta diseminada en la Formación Cerrillos y en fractura con dirección 235/54, 323/45 y 104/54 en la veta 1, en la veta 2 se presenta diseminada y en fracturas con dirección 336/64, 67/81, 78/42 y 236/48 y con un dique dacítico de textura afanítica. La veta 3 la mineralización se presenta diseminada y estructuras con dirección 353/79 y 67/64.

En el área de ubican 4 labores de extracción (Figura 3.16) en la concesión Ignacio Domeyko y 3 excavaciones mineras a lo largo entre el contacto de la Formación Cerrillos y las monzodioritas de Rodados Negros. En las zonas se aprecia ocurrencias de minerales oxidados, alteración clorita-epidota y alteración argílica.

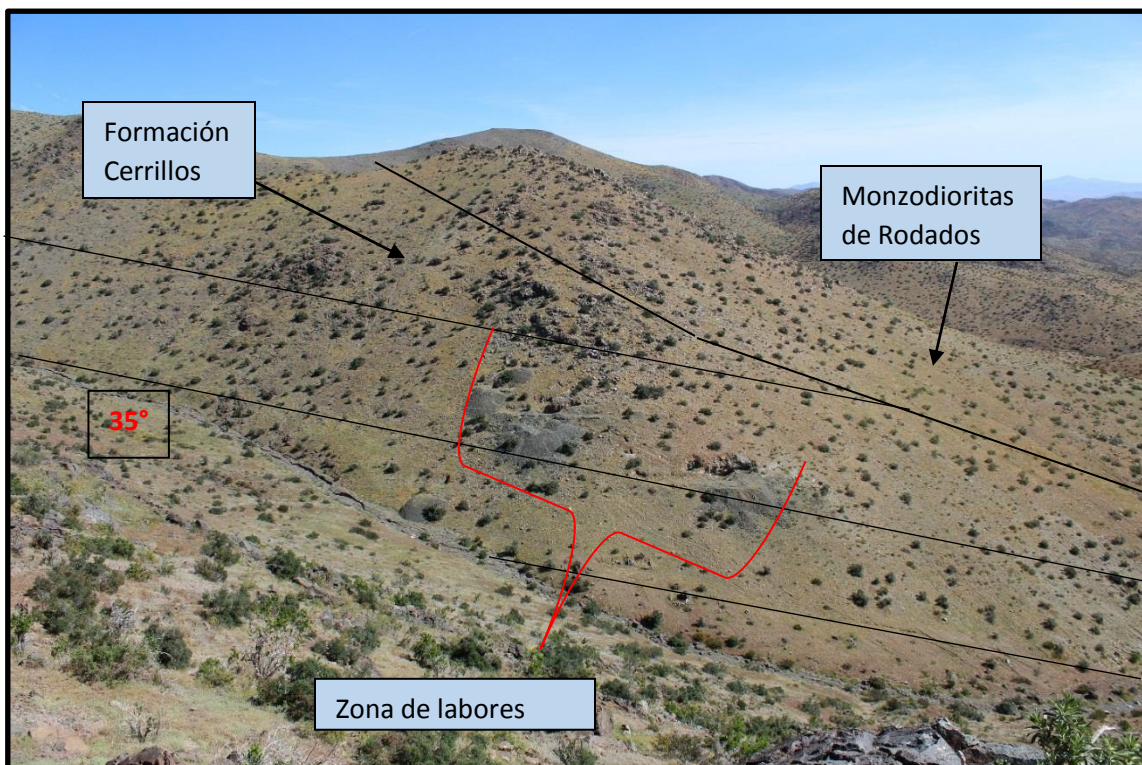


Figura 3.15: Vista al sur, donde se aprecian las labores de extracción en la pertenencia Ignacio Domeyko.



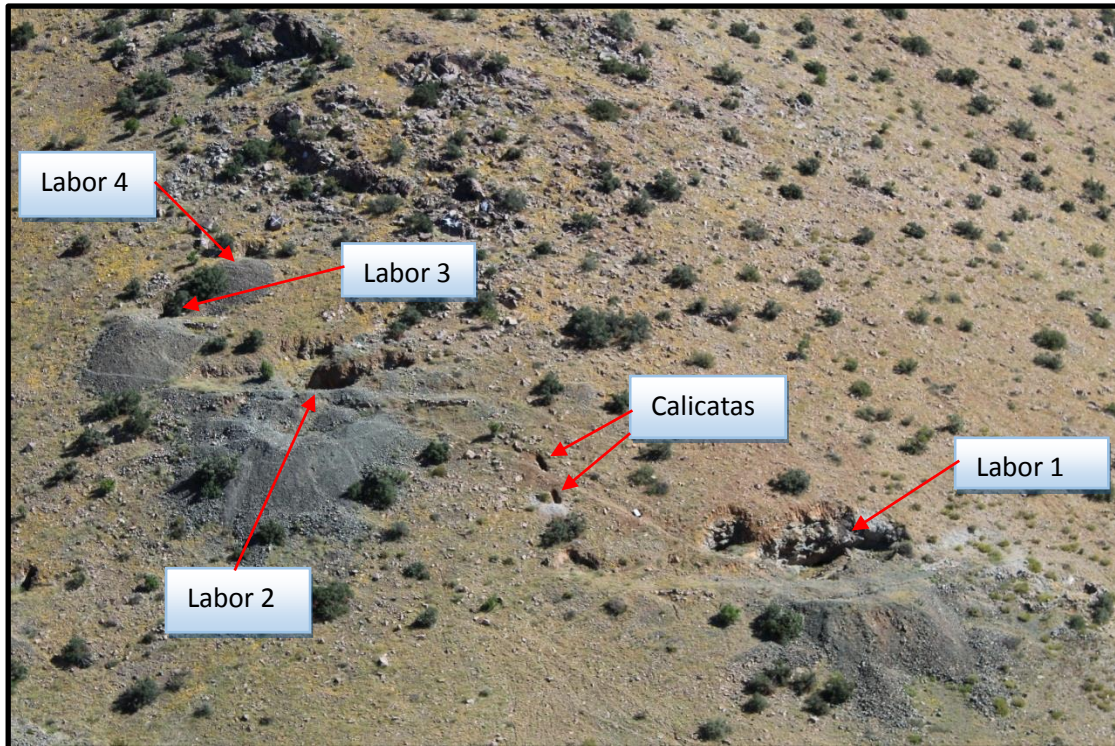


Figura 3.16: Vista de labores de extracción ubicados al sur de la pertenencia Ignacio Domeyko con su respectivo botadero y calicatas a mayor detalle.

### 3.5.1 Labor de extracción 1

Se ubica al sur de la pertenencia Ignacio Domeyko y es la primera labor de este a oeste, con coordenadas 340215/6807425 + - 3 m (datum wgs84) y altitud 1636 m.s.n.m. Tiene dimensiones de 22 m de largo por 4 m de alto y una profundidad de 4 m. Presenta crisocola y atacamita, una alteración argílica en los bordes y cercana al suelo, además presenta vetillas de carbonato de calcio, epidota y menor clorita alterando la lava. La mineralización se presenta en vetillas con dirección: 235/54, 323/45 y 104/54 (datum en azimuth/manteo), con esta última presentando mayor mineralización de cobre (Figura 3.17 y 3.18), además logrando medir 2 planos con epidota en espejo de falla con dirección 31/21 y 325/31 (datum en azimuth/manteo), en este punto se tomaron las muestras 3313 y 3317 para análisis de XRF, las muestras 2 y 7 para análisis de CuT, donde la muestra 2 corresponde a la cara expuesta en superficie de la labor y la muestra 7 al desmote de este.





*Figura 3.17: Labor de extracción 1 con mineralización de óxidos de cobre, ubicado al sur de la pertenencia Ignacio Domeyko, muestra 3313 y 3317 para XRF y muestra 2 y 7 para CuT.*



*Figura 3.18: Planos donde se presenta mineralización de cobre 205/80(B), 325/48(A) y 105/55(C), que corresponde a los números 1, 2 y 3 respectivamente.*



### 3.5.2 Labor de extracción 2

Se ubica a la derecha de la labor de extracción 1, con coordenadas 340346, 6807381 + - 3 m (datum wgs84) y altitud 1654 m.s.n.m. Tiene dimensiones de 15 m de largo por 3,5 m de alto y una profundidad de 6 m. Exhibe crisocola, atacamita y brocantita, presenta hematita especular diseminada. La ocurrencia de minerales oxidados se presenta en vetilla, con dirección 235/55, 330/56 y 94/53 (datum en azimut/manteo). Presenta un dique dacítico de 1,5 m con mineralización en los halos externos de este (Figura 3.19 y 3.20), en este punto se tomaron las muestras 3301 y 3314 para análisis de XRF, donde la muestra 3301 corresponde al interior de este y la muestra 3314 al exterior del mismo. Además, para análisis de CuT las muestras 1, 3 y 6, donde las muestras corresponden; 1 al interior de este; 3 cara expuesta en superficie de la labor y la muestra 6 al desmote.

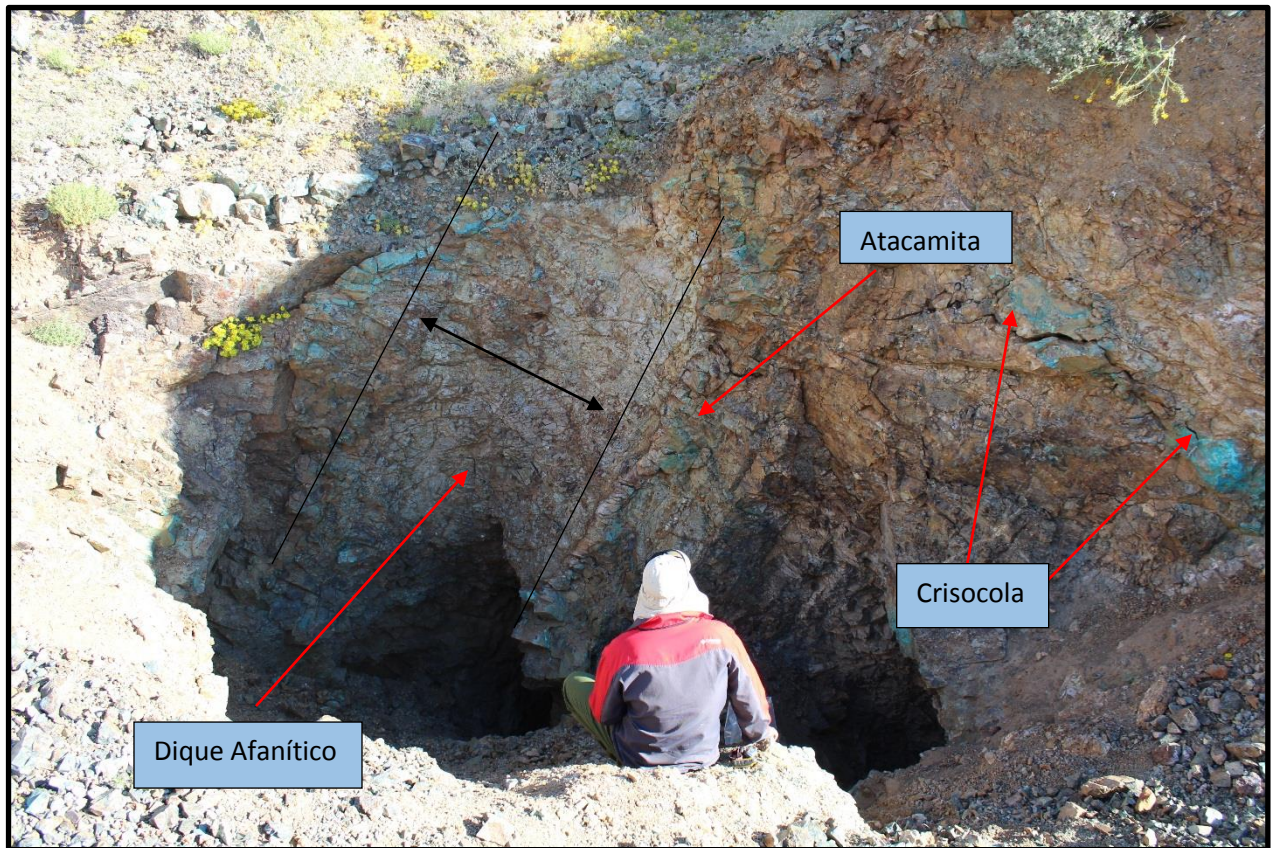


Figura 3.19: Labor de extracción 2 con mineralización de óxidos de cobre, ubicado al sur de la pertenencia Ignacio Domeyko, cortado por dique dacítico de 1,5 m, muestras 3301 y 3314 para XRF y muestra 1, 3, y 6 para CuT.



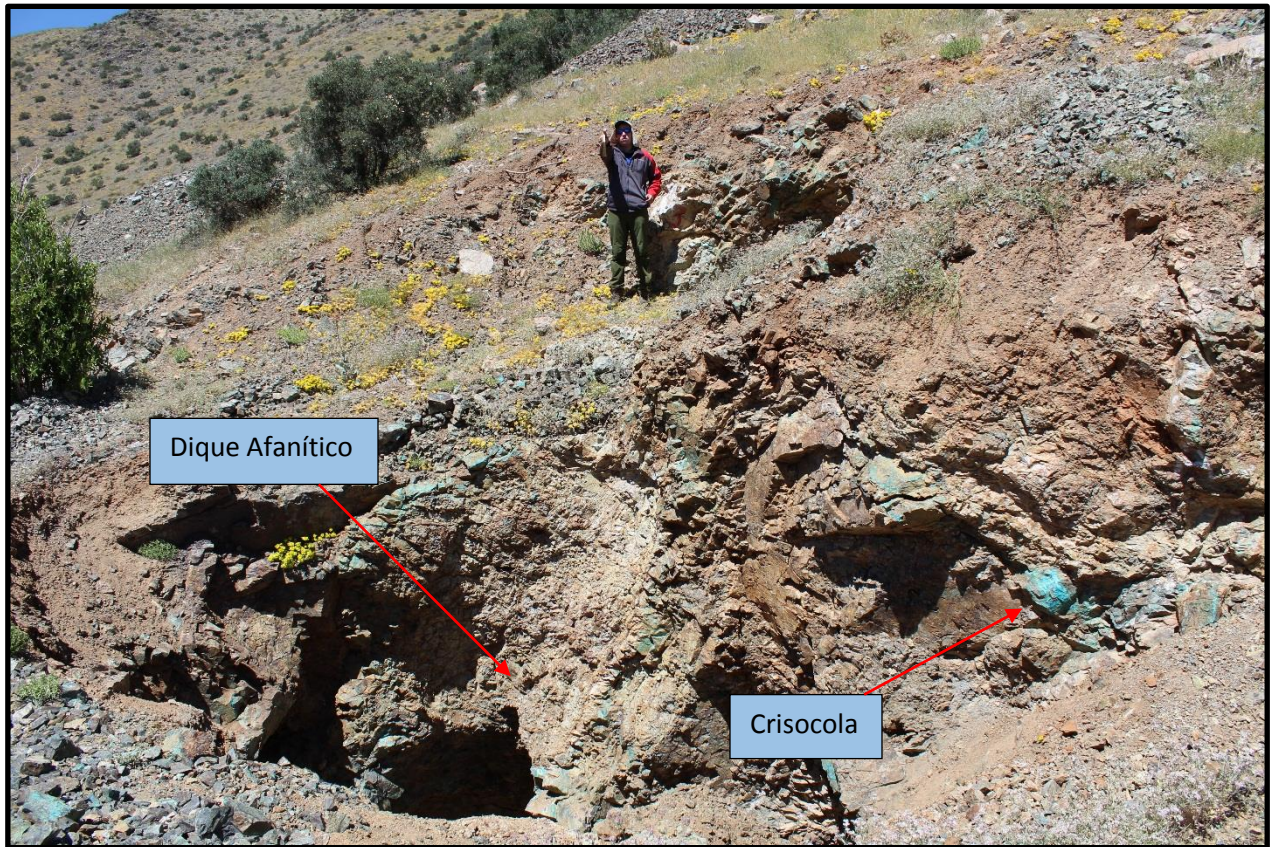


Figura 3.20: Labor de extracción 2 con mineralización de cobre.

### Labor de extracción 3

Se ubica al SE de la pertenencia Ignacio Domeyko, con coordenadas 340254, 6807361 + - 3 m (datum wgs84) y altitud 1658 m.s.n.m. Tiene dimensiones de 1,5 m de largo por 2 m de alto y una profundidad de 10 m. Exhibe crisocola, atacamita y brocantita. La ocurrencia de minerales oxidados se presenta en vetilla con dirección 253/79, y 67/64 (datum en azimuth/manteo) (Figura 3.21 y 3.22). En este punto se tomó la muestra 3315 para análisis de XRF y la muestra 4 para análisis de CuT, ambas muestras corresponden a la cara expuesta en superficie.





*Figura 3.21: Labor de extracción 3 con mineralización de óxidos de cobre, ubicado al sureste de la pertenencia Ignacio Domeyko, muestra 3315 y para XRF y muestra 4 para CuT.*



*Figura 3.22: Labor de extracción 3 con mineralización de óxidos de cobre, ubicado al sureste de la pertenencia Ignacio Domeyko.*



### 3.5.3 Labor de extracción 4

Se Ubica sobre la labor de extracción 3 con coordenadas 340242, 6807355 + - 3 m.s.n.m (datum wgs84) y altitud 1661 m. Tiene dimensiones de 3 m de largo por 2 m de alto y una profundidad de desconocida. Exhibe; crisocola, atacamita y brocantita. La ocurrencia de minerales oxidados se presenta en vetilla, pudiendo medir una dirección de la mineralización de cobre en vetillas 353/59 (datum en azimuth/manteo), (Figura 3.23), en este punto se tomó la muestra 3316 para análisis de XRF y la muestra 5 para análisis de CuT, ambas muestras corresponden a la cara expuesta en superficie.



Figura 3.23: Labor de extracción 4 con mineralización de óxidos de cobre, ubicado sobre L. extracción 3, muestra 3316 y para XRF y muestra 5 para CuT.



### 3.5.4 Excavación minera 1

Se ubica al norte de la pertenencia El Ángel con coordenadas 340046, 6806872 + - 3 m (datum wgs84) y altura 1628 m.s.n.m. Tiene dimensiones de 3 m de largo por 2,5 m de alto y una profundidad de desconocida. Exhibe; crisocola, atacamita y brocantita, presenta calcita en vetillas con dirección 340/26 (datum en azimuth/manteo). La ocurrencia de minerales oxidados se presenta en vetilla, pudiendo medir 2 direcciones 342/73 y 40/70 (datum en azimuth/manteo). (Figura 3.24), en este punto se tomó la muestra 3302 para análisis de XRF en la cara expuesta en superficie.



*Figura 3.24: Pique minero 1 con mineralización de óxidos de cobre, ubicado al norte de la pertenencia El Ángel, muestra 3302 para XRF.*

### 3.5.5 Excavación minera 2

Se ubica al norte de la pertenencia Ignacio Domeyko con coordenadas 340054, 6807815 + - 3 m (datum wgs84) y altura 1586 m.s.n.m. Tiene dimensiones de 3 m de largo por 2 m de alto y una profundidad de desconocida (Figuras 3.25, 3.26, 3.27 y 3.28). Exhibe; crisocola, atacamita y brocantita, presenta vetillas de epidota. Es posible medir una dirección con ocurrencias de minerales oxidados 278/58 (datum en azimuth/manteo). Presenta una alteración chl-ep y una alteración argílica (Figuras 3.29 y 3.30).





*Figura 3.25: Alteración Argílica en lava con mineralización de cobre (340060/6807752, datum wgs849, muestra 3318 para análisis de XRF.*



*Figura 3.26: Mineralización de cobre en lava con alteración argílica (340060/6807752, datum wgs84).*



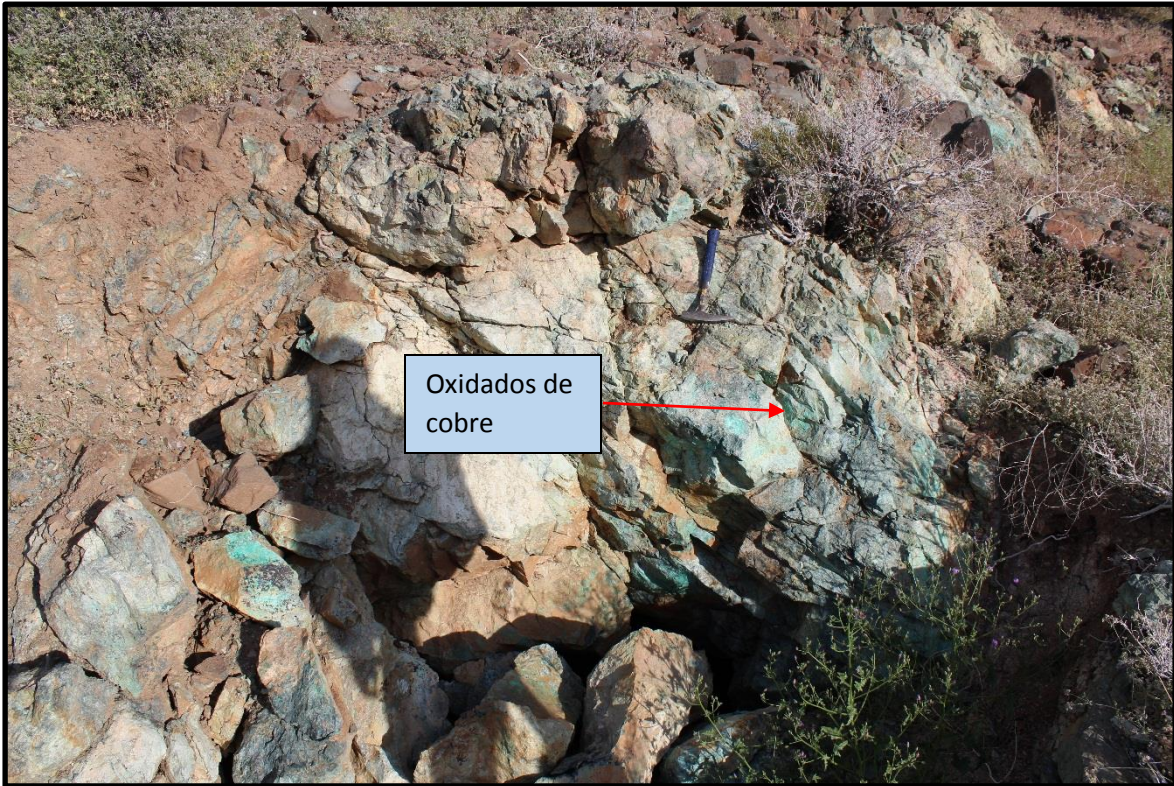


Figura 3.27: Excavación minera 2 con mineralización de cobre en lava, muestra 3309 y 3319 para análisis de XRF y muestra 8 para CuT.

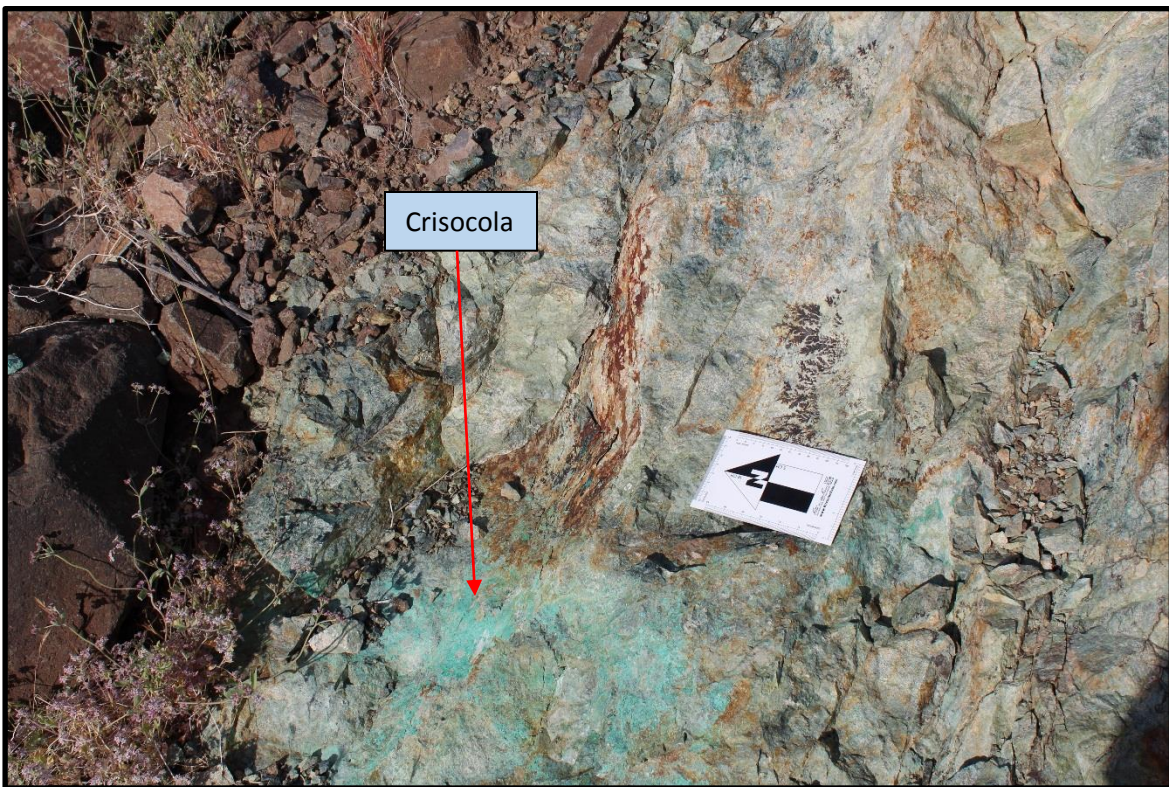


Figura 3.28: Excavación minera 2 con mineralización de cobre, pirolusita y con epidota diseminada.



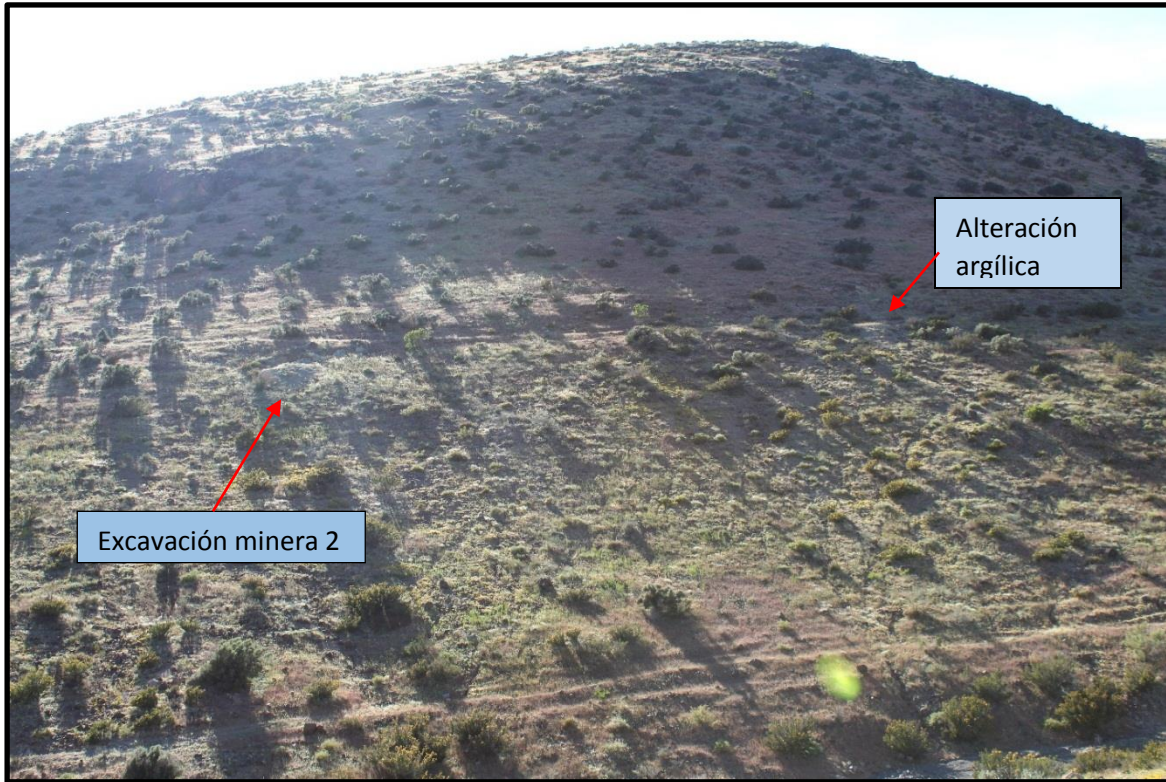


Figura 3.29: Vista al este de la excavación minera 2 y zona de alteración chl- ep, y zona de alteración argílica en el camino tropero.



Figura 3.30: Afloramiento con mineralización de cobre en lava.



## 3.6 Geoquímica

### 3.6.1 Muestreo y metodología

Durante la campaña de terreno realizada en el distrito Ignacio Domeyko se realizó un muestreo de roca, siguiendo el contacto entre la Formación Cerrillos con el Plutón monzodioritas de Rodados Negros (Figura 3.31) en la concesión Ignacio Domeyko y sector norte de la concesión El Ángel principalmente en zonas que presentaban mineralización.

El muestreo corresponde a un total de 21 muestras de roca para análisis de XRF y 8 muestras de roca para cobre total en los laboreos al sur de la pertenencia Ignacio Domeyko y 6 muestras para cortes transparentes y cortes transparentes pulidos.

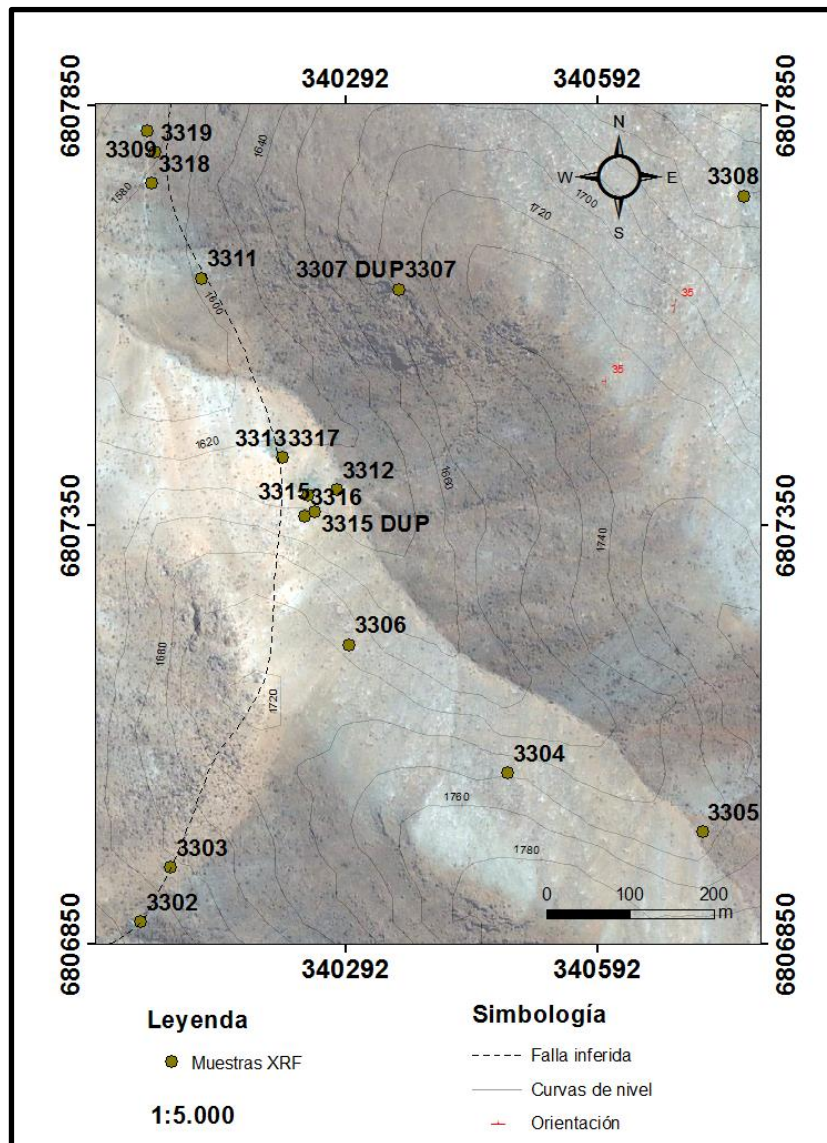


Figura 3.31: Mapa de muestras de roca para análisis de fluorescencia.

### 3.6.2 Resultados geoquímicos

Los resultados geoquímicos de las muestras de rocas analizadas se presentan en las tablas 3.1 para análisis de cobre total (CuT) por el método de Espectroscopía de Masas con Plasmas Acoplado Inductivamente (ICP-MS) en el Laboratorio F.G.F y la tabla 3.2 los resultados de leyes de XRF en el Laboratorio Geatacama. El muestreo de roca se realizó de forma aleatoria en los laboreos y puntos muestreados.

*Tabla 3.1: Resultados Cobre Total.*

N°	Id Muestra	Leyes CuT
1	1	5,92
2	2	1,93
3	3	2,32
4	4	3,55
5	5	3,55
6	6	2,48
7	7	1,94
8	8	1,21



Tabla 3.2: Resultado leyes de XRF.

		LEYES FLUORESCENCIA RAYOS X (FRX)																							
N	id muestra	Si (%)	Al (%)	Fe (%)	Ca (%)	Cu (%)	S (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Ti (%)	P (PPM)	Mn	Er (%)	V (%)	Sr (%)	Zn (%)	Cl (%)	Zr	Rb	As	Ni	Ga (PPM)		
1	3301	24,13	7,16	6,55	1,86	6,20	0,40	2,03	2,39	0,67	0,57	1196	0,32%	0,1	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01%	36 PPM					
2	3302	27,67	6,83	7,35	1,84	2,39	0,11	2,03	3,07	0,48	0,60	1395	0,23%		0,02	0,06	0,02	0,02	0,07%	22 PPM	32 PPM				
3	3303	27,85	6,53	7,52	2,62	1,88	0,02	2,15	2,20	0,50	0,47	825	0,24%			0,06	0,02	0,02	0,03	47 PPM					
4	3304	24,49	7,69	8,01	4,89	0,10	0,03	2,72	2,77	0,37	0,54	827	0,22%		0,06	0,06	0,02	0,03	0,01%			55 PPM	35		
5	3305	26,52	7,04	5,85	7,83	0,03	0,01	2,14	1,43	0,05	0,24	400	0,15%		0,03	0,20	0,02					73 PPM	30		
6	3306	22,93	7,29	8,45	6,11	1,96	0,09	2,01	2,05	0,08	0,39	870	0,30%		0,05	0,09	0,02	0,03			78 PPM				
7	3307	26,43	7,05	8,33	2,39	0,03	0,04	2,72	3,11	0,54	0,61	1439	0,21%			0,06	0,03		0,02%						
8	3307 DUP	26,73	7,00	8,40	2,42	0,03	0,05	2,61	3,12	0,53	0,62	1397	0,21%			0,06	0,03		0,01%						
9	3308	24,95	6,98	6,11	7,88	0,02	0,01	2,09	2,01	0,34	0,25	432	0,20%			0,10	0,01					60 PPM			
10	3309	25,94	7,44	5,75	4,49	1,06	0,01	2,35	2,50	0,08	0,29	701	0,35%		0,03	0,17	0,03	0,02			57 PPM	49 PPM			
11	3310	27,70	7,38	9,62	5,40	0,06	0,02	2,03	2,91	0,55	0,59	1109	0,21%		0,03	0,05	0,02	0,04	0,05%			49 PPM			
12	3311	25,26	7,27	8,30	2,65	1,05	0,03	2,97	2,47	0,24	0,33	839	0,62%		0,03	0,08	0,04	0,03	12 PPM		33 PPM	76 PPM			
13	3312	27,29	7,69	8,23	2,08	0,29	0,02	2,23	3,41	0,33	0,59	1180	0,38%		0,04	0,04	0,03		0,06%		32 PPM				
14	3313	24,39	6,83	8,68	2,86	1,16	0,04	2,83	2,23	0,39	0,53	925	0,60%		0,05	0,02	0,05	0,03	95 PPM						
15	3314	26,10	7,38	7,94	1,79	1,63	0,05	2,20	2,72	0,28	0,56	1097	0,45%		0,05	0,04	0,03	0,02	0,03%						
16	3315	25,48	7,11	8,26	1,83	2,42	0,04	1,90	2,57	0,53	0,56	1181	0,39%		0,04	0,04	0,03	0,02			0,04%				
17	3315 DUP	25,43	7,09	8,27	1,83	2,40	0,05	1,90	2,55	0,52	0,56	1185	0,39%		0,04	0,04	0,03	0,02	0,03%						
18	3316	27,06	6,10	9,07	2,96	3,49	0,07	1,80	1,72	0,27	0,51	1009	0,32%	0,18	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05%						
19	3317	24,35	6,88	8,22	3,03	1,08	0,03	2,79	2,42	0,38	0,52	895	0,60%		0,05	0,00	0,05	0,03	0,01%	23 PPM	40 PPM				
20	3318	27,26	6,07	4,68	4,52	0,43	0,03	1,72	1,95	0,83	0,35	1051	0,23%			0,06	0,02	0,03	0,10%	0,01%		54 PPM			
21	3319	26,56	7,30	5,81	5,12	0,68	0,02	2,12	2,40	0,10	0,35	751	0,33%		0,04	0,18	0,02	0,02			55 PPM	60 PPM			
22	3320	21,80	6,87	7,94	4,11	2,13	0,21	2,71	1,75	0,79	0,56	1047	0,40%			0,02	0,09		0,01%						
23	3321	24,23	7,82	8,30	1,23	4,62	0,72	3,08	3,19	0,08	0,66	1504	0,30%		0,05	0,03	0,08		0,02%			56 PPM			
24	3321 DUP	24,57	7,79	8,31	1,24	4,64	0,71	2,99	3,23	0,07	0,66	1498	0,30%		0,05	0,03	0,09		0,02%			49 PPM			

En la figura 3.32 se muestra el boxplots de 14 elementos químicos realizado en el Software ioGAS donde no se considero el P, Ni, As, Rb, por estar en ppm y tampoco el V, Cl y Er por estar cerca del limite de detección. En la tabla 3.3 y 3.4 se muestra los valores estadísticos descriptivos para los resultados del análisis de XRF, para este análisis solo se consideraron las muestras correspondientes a las concesion Ignacio Domeyko y El Ángel, sin considerar los duplicados 3307DUP y 3315 DUP realizados por el laboratorio, adicionalmente no se considero las muestras 3320, 3321 y 3321 DUP correspondientes a mina La Verde.

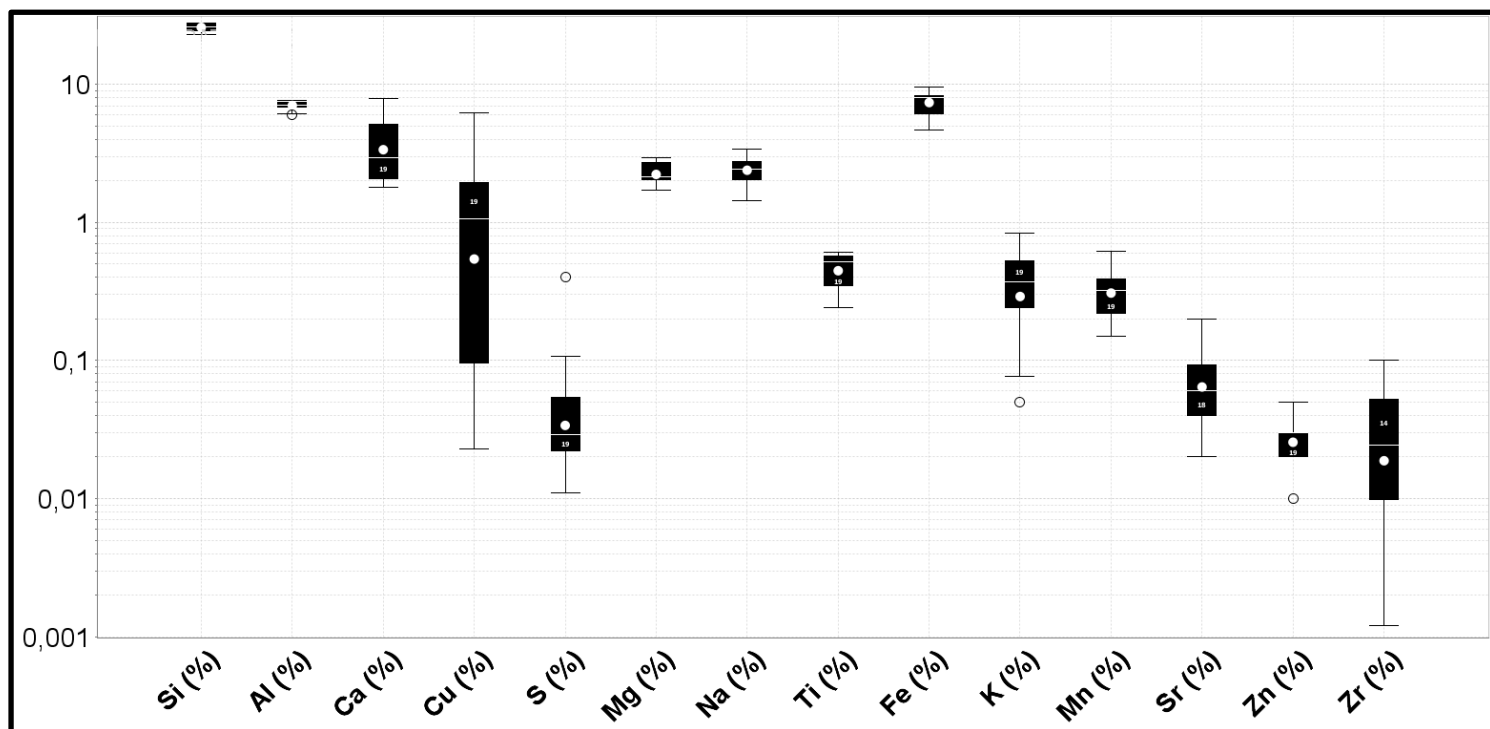


Figura 3.32: BoxPlots para los elementos mayores de la tabla 6.

Tabla 3.3: Valores estadísticos para los resultados de XRF.

id muestra	Si (%)	Al (%)	Fe (%)	Ca (%)	Cu (%)	S (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Ti (%)	P (PPM)
N°	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%
Promedio	25.91	7.05	7.51	3.80	1.37	0.06	2.25	2.44	0.37	0.47	953.79
Max	27.85	7.69	9.62	7.88	6.20	0.40	2.97	3.41	0.83	0.61	1439.00
Min	22.93	6.07	4.68	1.79	0.02	0.01	1.72	1.43	0.05	0.24	400.00
Med	26.10	7.11	8.01	2.96	1.06	0.03	2.14	2.42	0.37	0.52	925.00

Se comparó los resultados de los análisis geoquímicos por el método de fluorescencia (Tabla 3.2) con la abundancia de elementos químicos de la corteza terrestre de Taylor (1964) (Tabla 3.5). Para hacer la comparación se calculó la razón del promedio de los valores del análisis de XRF dividido por el promedio de los valores de la corteza terrestre de Taylor (1964), a este valor se aplicó el logaritmo y posteriormente se graficó (Figura 3.31), con los cual se pudo ver los elementos anómalos respecto a los valores de la corteza continental de Taylor (1964).

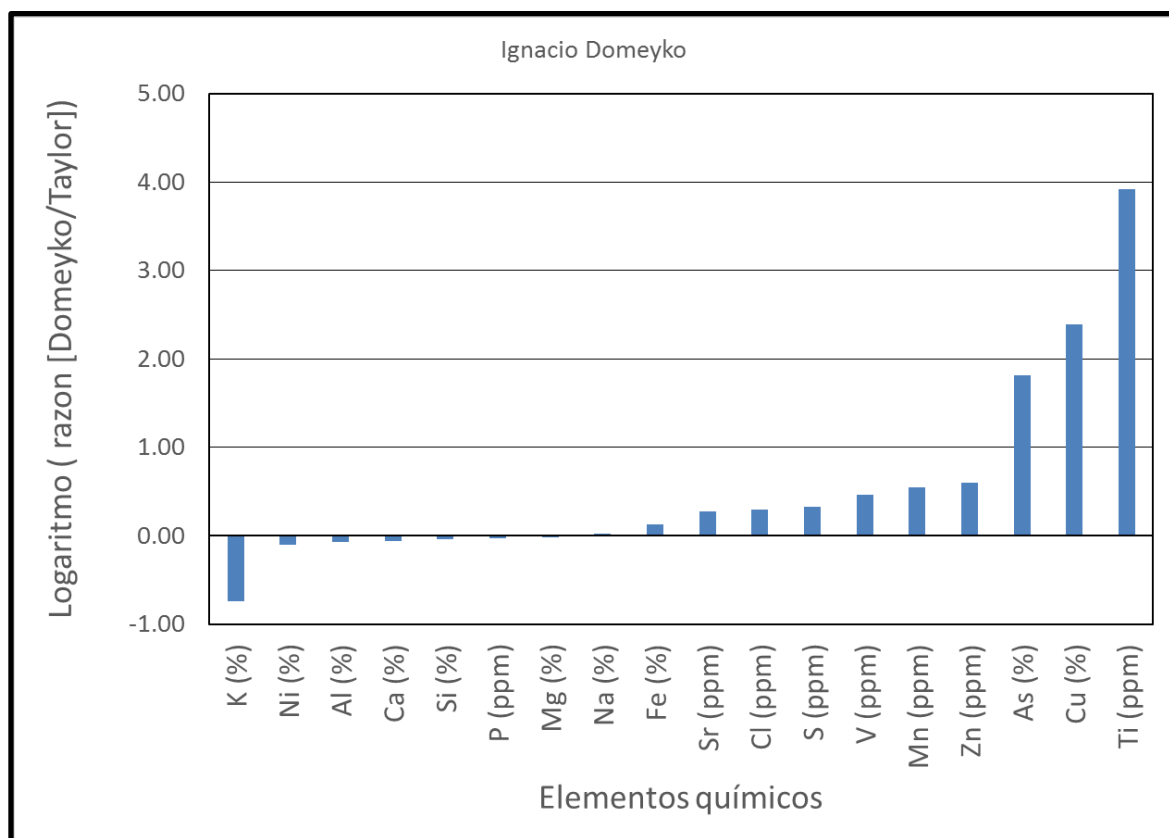


Figura 3.33: Grafico de los elementos anómalos con respecto a los valores de la corteza de Taylor (1964).

Tabla 3.4: Valores estadísticos para los resultados de XRF.

id muestra	Mn (%)	Er (%)	V (%)	Sr (%)	Zn (%)	Cl (%)	Zr (%)	Rb (ppm)	As (ppm)	Ni (ppm)
N°	19	2	15	19	19	15	14	4	9	8
%	0.57%	0.06%	0.45%	0.57%	0.57%	0.45%	0.42%	0.12%	0.27%	0.24%
Promedio	0.33	0.14	0.04	0.07	0.03	0.03	0.03	45.25	86.00	59.50
Max	0.62	0.18	0.06	0.20	0.05	0.04	0.10	100.00	400.00	76.00
Min	0.15	0.10	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	22.00	32.00	49.00
Med	0.32	0.14	0.04	0.06	0.03	0.03	0.03	29.50	47.00	57.50

Los valores anómalos fueron el Fe, S, Mn, Na, Ti, Cu, Sr, Zn, V, Cl y As.

Además, se realizó una correlación de Pearson (Tabla 3.6 y 3.7) para los valores de los resultados de fluorescencia de la Figura 3.32. Para esta correlación se utilizó el

Software ioGAS, a la correlación de Pearson se aplicó el logaritmo para evitar la influencia de los valores extremos en el resultado.

Tabla 3.5: Tabla comparativa de los Valores de Ignacio domeyko v/s Taylor (1964).

ID	Domeyko	Taylor	Razon (Domeyko/Taylor)	Log (Razon)
K (%)	0.382952	2.09	0.18	-0.74
Ni (%)	59.5	75	0.79	-0.10
Al (%)	7.05	8.23	0.86	-0.07
Ca (%)	3.64	4.15	0.88	-0.06
Si (%)	25.93	28.15	0.92	-0.04
P (ppm)	985.9	1050	0.94	-0.03
Mg (%)	2	2.33	0.97	-0.02
Na (%)	2.48	2.36	1.05	0.02
Fe (%)	7.59	5.63	1.35	0.13
Sr (ppm)	709	375	1.89	0.28
Cl (ppm)	256	130	1.97	0.29
S (ppm)	550	260	2.12	0.33
V (ppm)	393	135	2.91	0.46
Mn (ppm)	3309	950	3.48	0.54
Zn (ppm)	276	70	3.94	0.60
As (%)	117.4	1.8	65.22	1.81
Cu (%)	1.35	0.0055	245.45	2.39
Ti (ppm)	4777	0.57	8380.70	3.92

En la tabla 3.6 y 3.7 se muestra la correlación de los elementos Si, Al, Fe, Ca, Cu, S, Mg, Na, K, Ti, Mn, Zn, Sr, Zr, Donde no se consideró el Rb, Er y Ga por presentar muy pocos resultados, ni el P, As, Ni por estar en ppm y V, Cl por estar cerca del límite de dirección.

De la tabla 3.6 y 3.7 se observa que el cobre tiene buena correlación con el Azufre (0.63) y con el manganeso (0.59).

Tabla 3.6: Matriz de correlación de Pearson para los resultados del análisis de XRF

Correlation - 14 row...	Ti (%)	Fe (%)	K (%)	Mn (%)	Sr (%)	Zn (%)	Zr (%)
Si (%)	0.09	-0.13	0.19	-0.37	0.046	-0.22	0.5
Al (%)	0.083	0.22	-0.31	0.12	0.19	0.025	-0.2
Ca (%)	-0.73	-0.38	-0.53	-0.49	0.65	-0.58	0.049
Cu (%)	0.31	0.13	0.089	0.59	-0.35	0.46	-0.15
S (%)	0.59	0.3	0.36	0.19	-0.52	0.27	0.081
Mg (%)	0.09	0.34	-0.052	0.45	-0.047	0.53	-0.68
Na (%)	0.66	0.39	0.42	0.22	-0.33	0.21	0.12
Ti (%)	1	0.67	0.63	0.24	-0.78	0.42	0.37
Fe (%)	0.67	1	0.21	0.35	-0.59	0.42	-0.21
K (%)	0.63	0.21	1	0.044	-0.73	0.1	0.32
Mn (%)	0.24	0.35	0.044	1	-0.42	0.81	-0.43
Sr (%)	-0.78	-0.59	-0.73	-0.42	1	-0.5	-0.2
Zn (%)	0.42	0.42	0.1	0.81	-0.5	1	-0.39
Zr (%)	0.37	-0.21	0.32	-0.43	-0.2	-0.39	1

Tabla 3.7: Correlación de Pearson para los resultados de análisis de XRF.

Correlation - 14 row...	Si (%)	Al (%)	Ca (%)	Cu (%)	S (%)	Mg (%)	Na (%)
Si (%)	1	-0.3	-0.15	-0.16	-0.28	-0.36	0.14
Al (%)	-0.3	1	0.036	-0.23	-0.098	0.42	0.55
Ca (%)	-0.15	0.036	1	-0.59	-0.6	-0.1	-0.54
Cu (%)	-0.16	-0.23	-0.59	1	0.63	-0.2	0.019
S (%)	-0.28	-0.098	-0.6	0.63	1	-0.2	0.18
Mg (%)	-0.36	0.42	-0.1	-0.2	-0.2	1	0.32
Na (%)	0.14	0.55	-0.54	0.019	0.18	0.32	1
Ti (%)	0.09	0.083	-0.73	0.31	0.59	0.09	0.66
Fe (%)	-0.13	0.22	-0.38	0.13	0.3	0.34	0.39
K (%)	0.19	-0.31	-0.53	0.089	0.36	-0.052	0.42
Mn (%)	-0.37	0.12	-0.49	0.59	0.19	0.45	0.22
Sr (%)	0.046	0.19	0.65	-0.35	-0.52	-0.047	-0.33
Zn (%)	-0.22	0.025	-0.58	0.46	0.27	0.53	0.21
Zr (%)	0.5	-0.2	0.049	-0.15	0.081	-0.68	0.12

### 3.6.3 Distribución geoquímica

En la figura 3.34, 3.35 y 3.36 se aprecia la distribución geoquímica del cobre, azufre y arsénico a lo largo del área de estudio para ver como se comparten la correlación de estos elementos. Para la distribución geoquímica se considero el arsénico porque el análisis de un espécimen por el metodo de difraccion de rayos, la mineralogia mostro cornubita, mineral del grupo de los fosfatos que presenta cobre y arsénico.

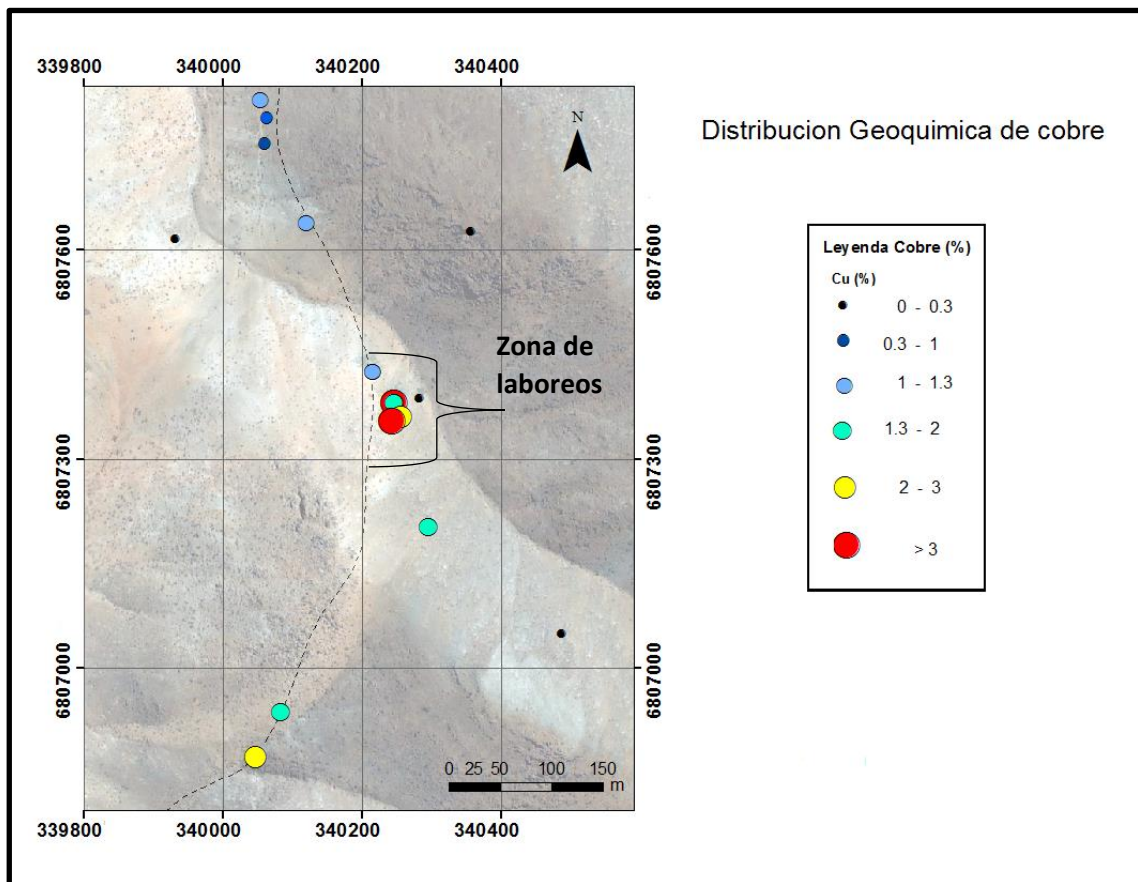


Figura 3.34: Distribución geoquímica del cobre.

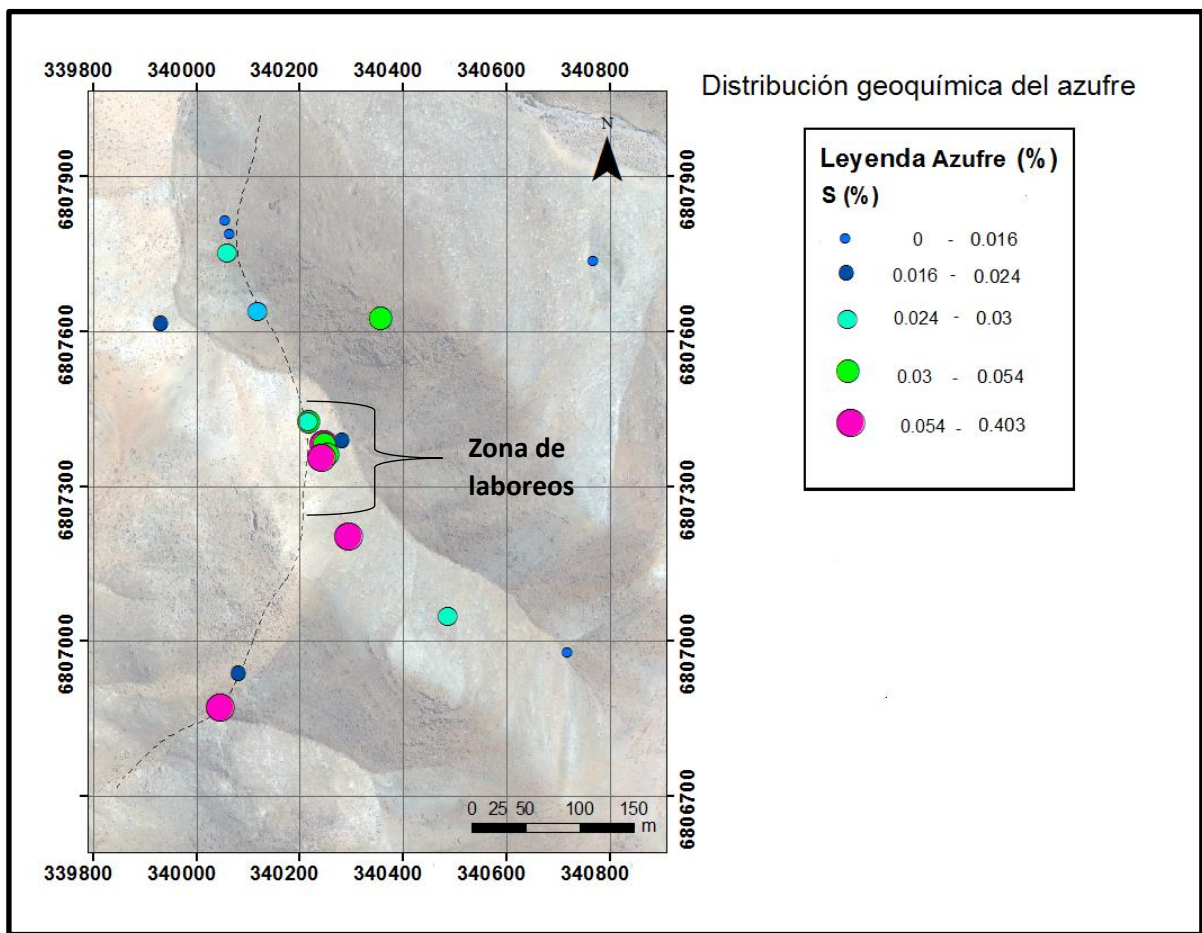


Figura 3.35: Distribución geoquímica del azufre.



En la figura 3.35 se observa la distribución geoquímica del azufre apreciando que hay una correlación positiva para el cobre (Figura 3.34) y el azufre en la distribución geoquímica de ambos elementos.

Para la distribución geoquímica del arsénico (Figura 3.36) no se logra apreciar una correlación positiva directa como se aprecia en con el cobre y azufre, pero el arsénico cuenta con un 47 % de los datos (Tabla 3.4) por lo que este análisis cuenta con un sesgo, dado que para el cobre y azufre (Tabla 3.3) cuenta con un 100 % de datos en la lectura.

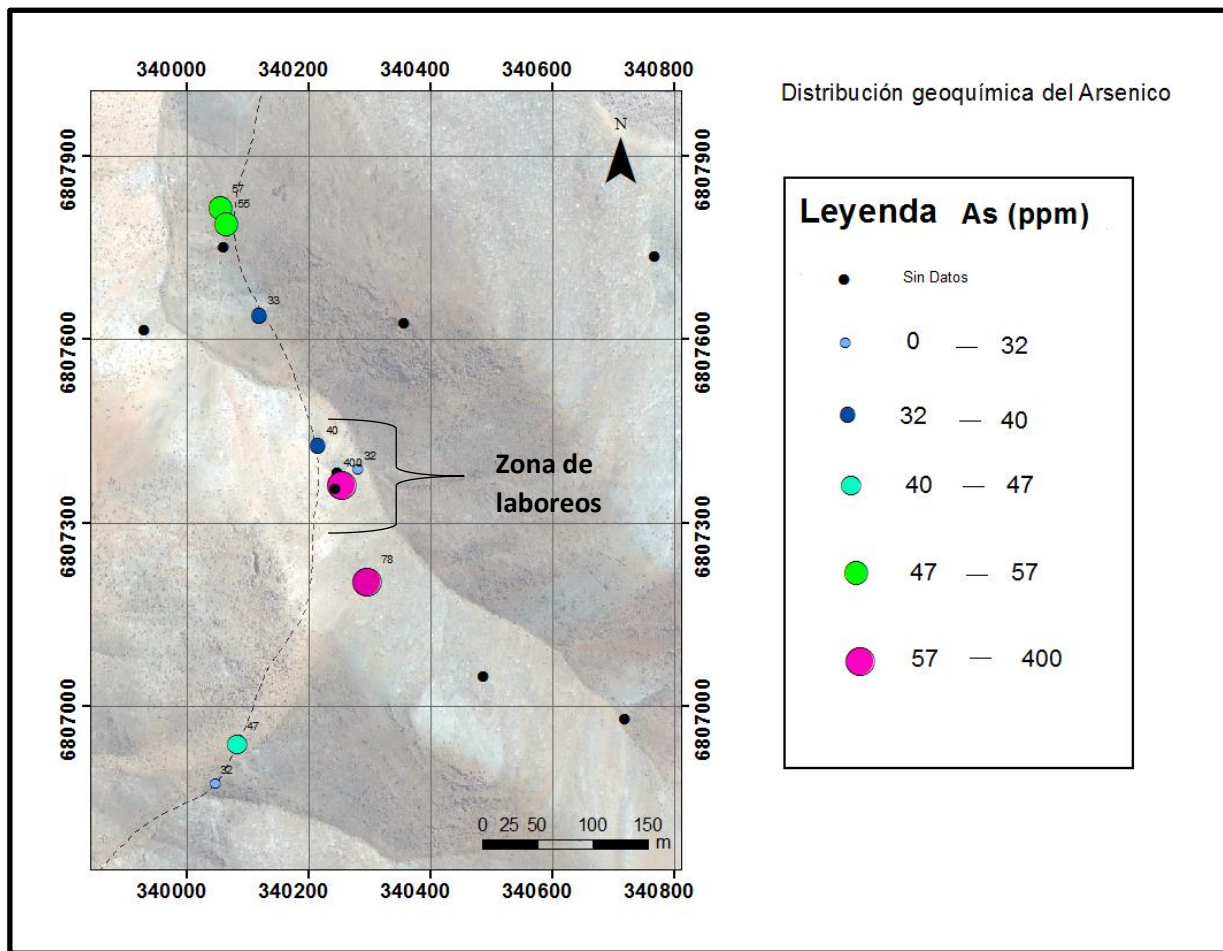


Figura 3.36: Distribución geoquímica del arsénico.

### 3.6.4 Difracción de rayos x

Se realizó un análisis de DRX para espécimen del desmonte de la labor de extracción 2 (Figura 3.37), para identificar la mineralogía existente en él, este resultado se observa en el espectro de DRX de la figura 3.38.





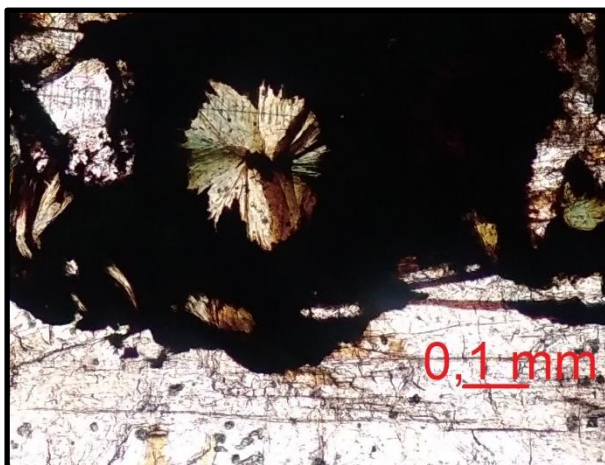
## 4 Discusión

Los resultados de este trabajo permiten evaluar tempranamente el distrito de cobre Ignacio Domeyko. Existe gran interés para definir un potencial exploratorio del área de estudio, por este motivo este trabajo busca evaluar, categorizar e identificar un posible potencial exploratorio de recurso mineral para el distrito Ignacio Domeyko.

### 4.1 Mineralización y alteración

En base a los resultados expuestos del estudio de terreno, descripción macroscópica y estudios microscópicos se puede identificar más de un evento de alteración.

Se observa en la Formación Cerrillos en contacto con el Plutón Monzodiorita de Rodados Negros una recrystalización de la masa fundamental a grano fino donde se aprecia prehnita en los cortes transparentes (Figura 4.1) y amígdalas rellenas con epidota, cuarzo, calcita macroscópicamente (Figura 4.3) y trazas con ocurrencias de minerales oxidados.



*Figura 4.1: Imagen Prehnita a nicoles paralelo.*

Por estos minerales mencionados se puede inferir un metamorfismo de contacto de muy bajo grado pudiendo hablar de metabasita para las lavas andesitas-basálticas de la Formación Cerrillos próximas al contacto con el Plutón Rodados Negros se presentan en facies prehnita - pumpellita y su rango de temperatura entre los 200°C hasta 380°C aprox. (Gómez, 2006).

El segundo evento de alteración está asociado a la alteración hidrotermal de clorita, epidota (Figura 4.2) y calcita en las metabasitas, siendo apreciada a lo largo del contacto entre la Formación Cerrillos y el Plutón Rodados Negros, pudiendo hablar de un rango de temperaturas entre los 240°-340°C para una alteración propilítica (Corbett, 2017).

También se presenta alteración asociada a cuarzo, arcilla y - + clorita, con un rango de temperatura de 250°-350°C y con un pH 5-6 del fluido hidrotermal (Corbett, 2017) aportado por el Plutón Rodados Negros.

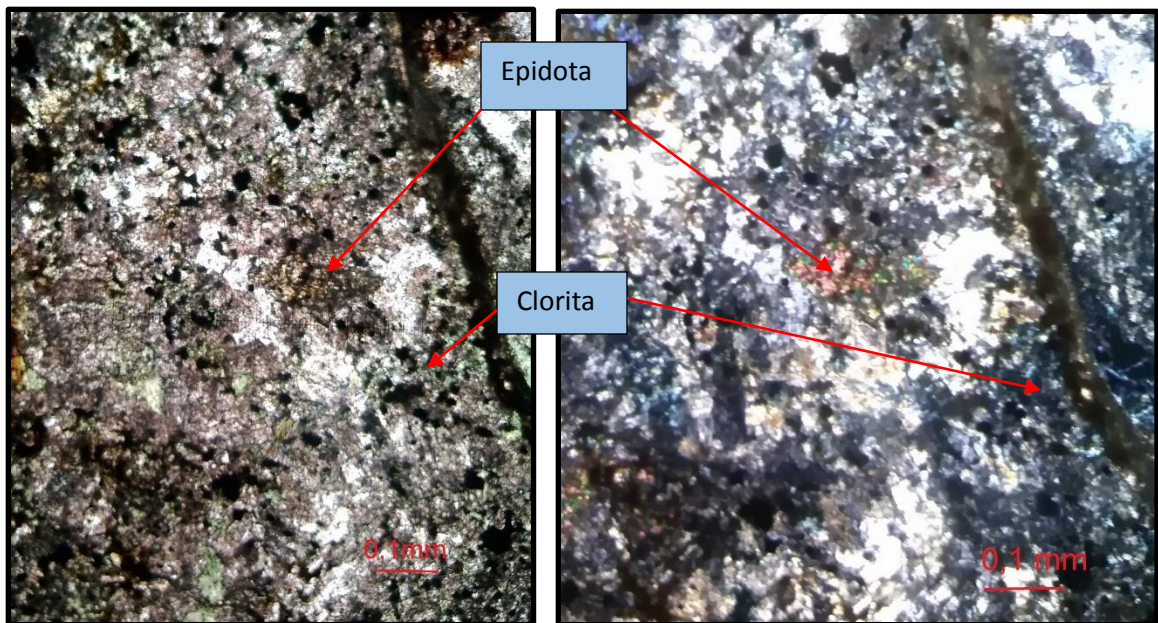


Figura 4.2: Imagen izquierda chl-ep a nicoles paralelo, imagen derecha chl-ep a nicoles cruzados.

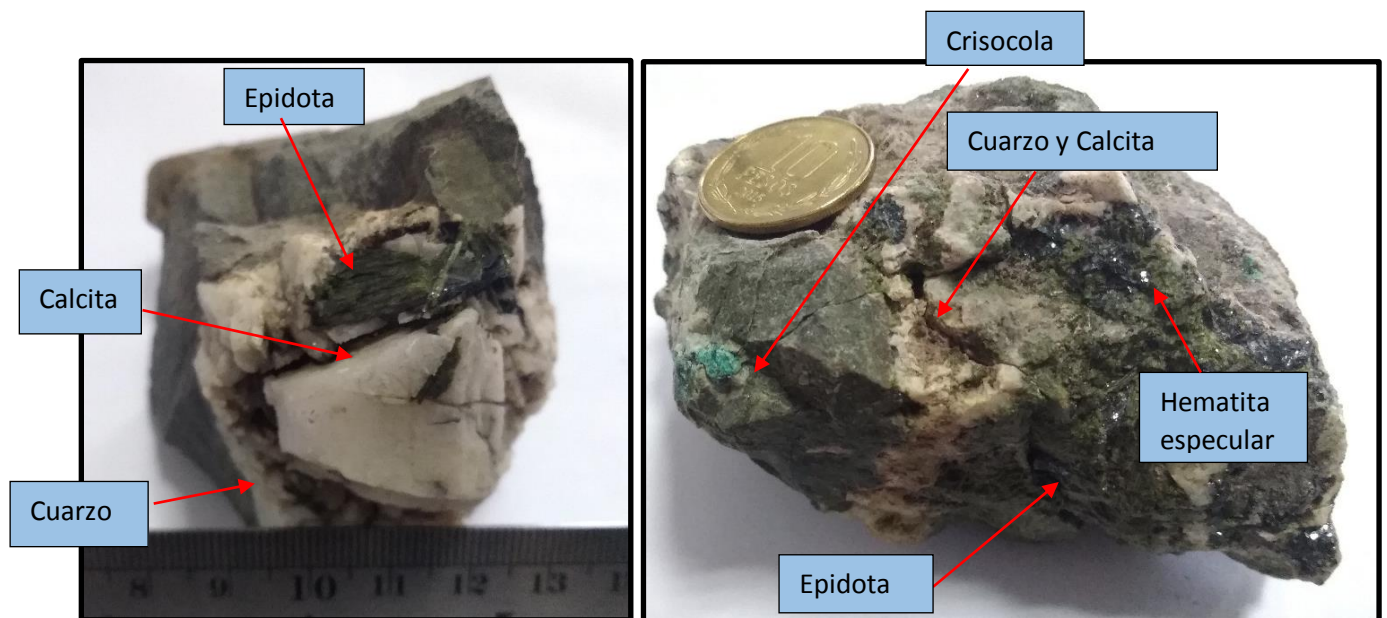


Figura 4.3: Imagen izquierda epidota con calcita y cuarzo prismático. Imagen derecha epidota prismática con hematita especular, cuarzo con calcita y crisocola en trazas.

En las labores de extracción se observa ocurrencia de minerales oxidados donde se identifica atacamita, crisocola y brocantita (Figura 4.4), además no se identifica mineralogía hipogena en la zona.

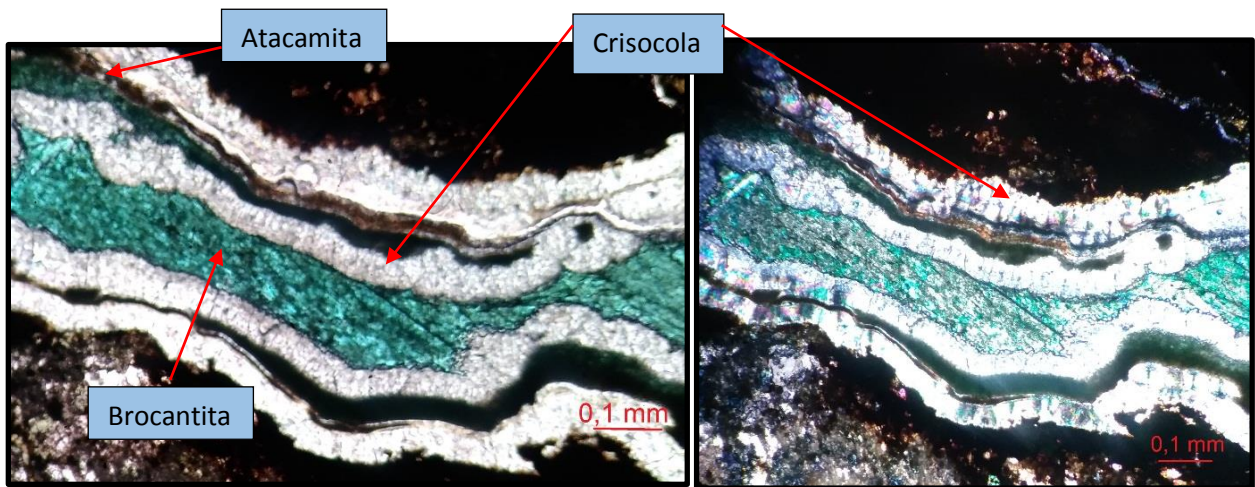


Figura 4.4: Mineralización Oxidada en vetilla, imagen izquierda a nicoles paralelo e imagen derecha nicoles cruzados.

## 4.2 Discusión geoquímica

La comparación del promedio de los elementos analizados por XRF con el promedio de los elementos de la corteza terrestre de Taylor (1964) muestra una anomalía positiva de los elementos Fe, S, Mn, Na, Ti, Cu, Sr, Zn, V, Cl y As. (Figura 3.33).

- Fe: Podría ser explicado por la alta concentración de Hematita Especular en la el área de estudio.
- Cu: Por la mineralización de oxidados de cobre presente en el área, Atacamita, brocantita, crisocola.
- Na: La albita en zonas con alteración propilítica.
- S: Presencia de Piritita en el corte R02 (Figura 4.5)
- Cl: Presencia de Atacamita
- As: Por presencia de estibarsenio o cornubita



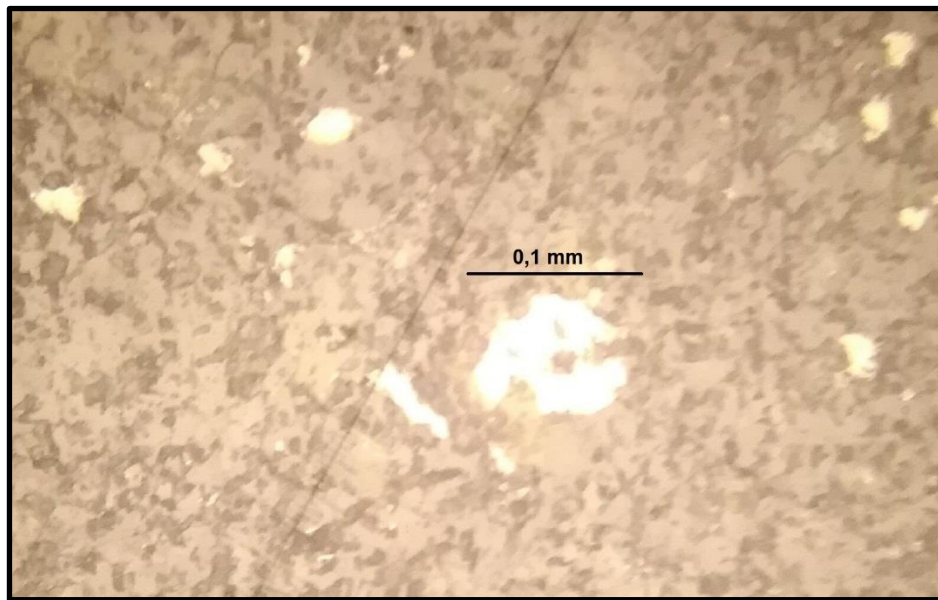


Figura 4.5: Pirita en corte transparente pulido R02.

De la correlación de Pearson (Tabla 3.6 y 3.7), los elementos que presentan una correlación con el cobre son el Manganeso y Azufre (Figura 4.6 y 4.8).

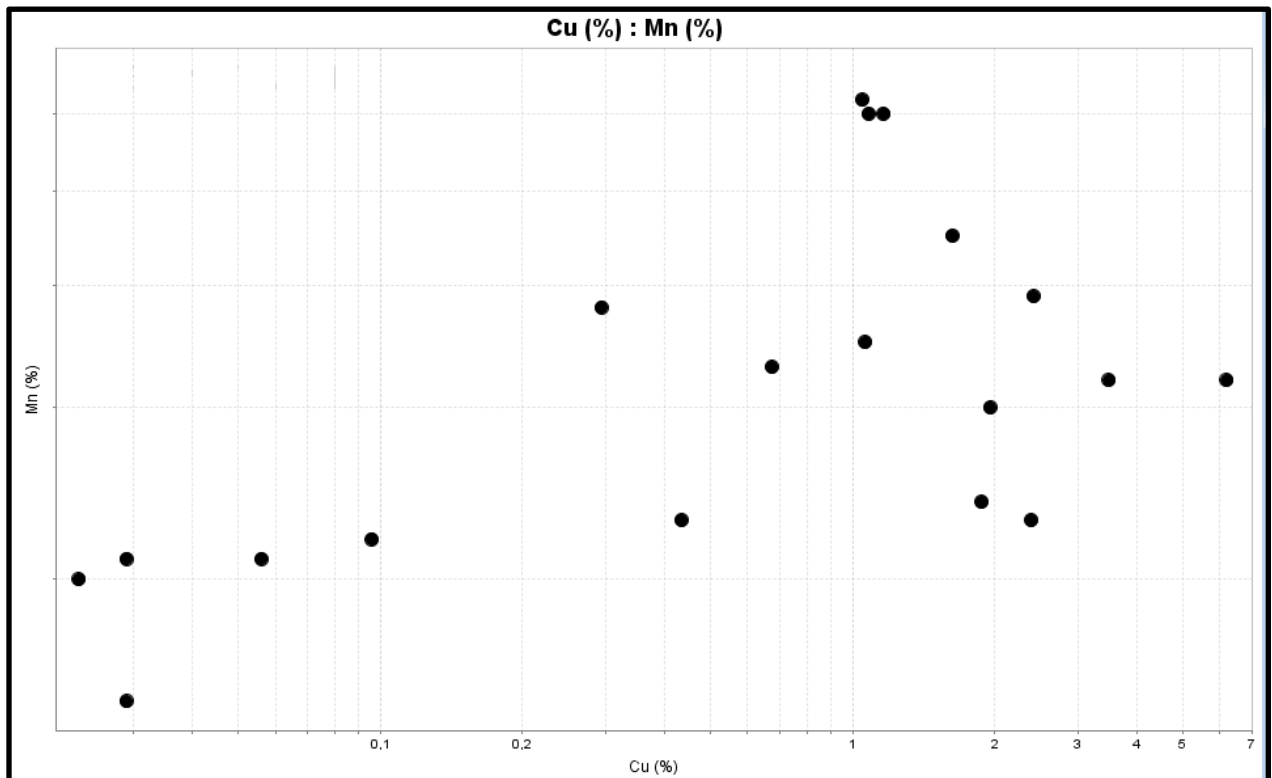


Figura 4.6: Grafico dispersión de Manganeso versus Cobre.



En las figuras 4.6 se muestra el grafico de dispersión de Mn con el Cu donde se aprecia que para valores de Cobre menor a 1 % se tiene una tendencia con el manganeso, explicado por los oxidados negros (Figura 4.7).

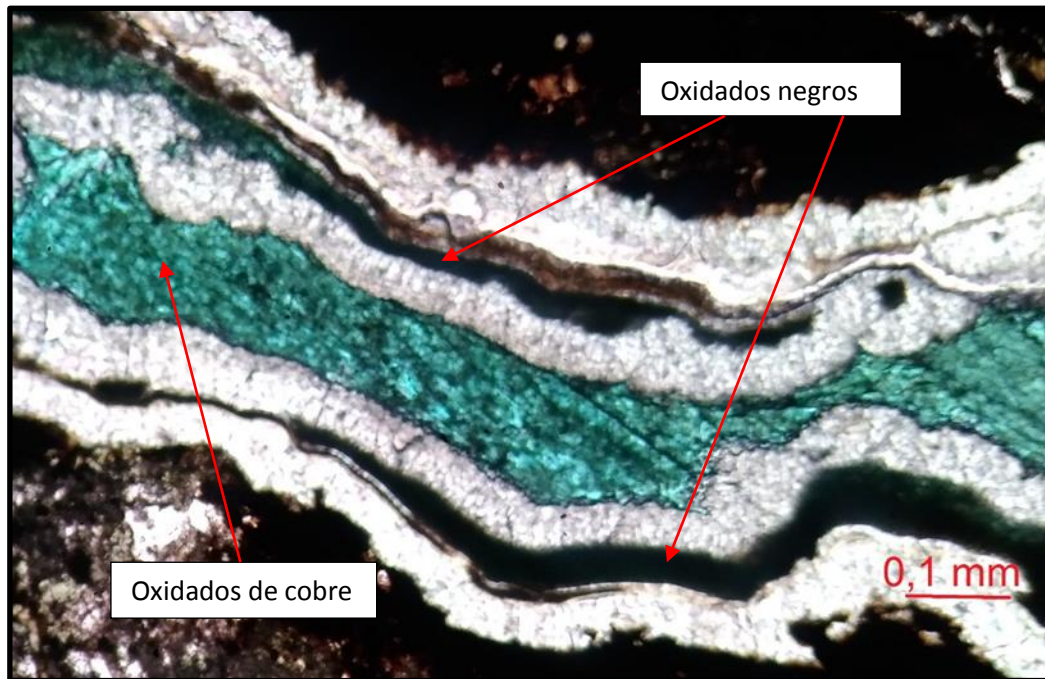


Figura 4.7: Oxidados de cobre y oxidados negros.

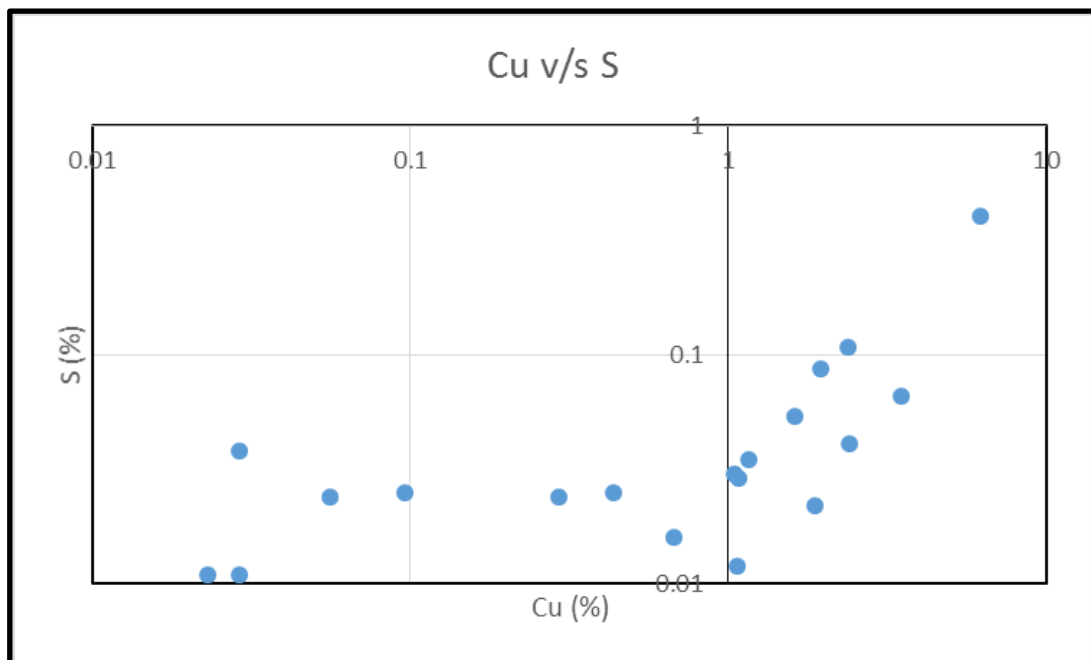


Figura 4.8: Grafico dispersión de Azufre versus Cobre.

En la Figura 4.8 se observa una buena correlación para el cobre con el azufre, para leyes de cobre sobre el 1%. Una relación directamente con el azufre y el cobre en esta zona podría deberse a mineralización de cobre asociada al grupo de los sulfatos como la brocantita y que para leyes de cobre bajo el 1% la mineralización de cobre se debe a otros minerales oxidados, crisocola. Oxidados negros.

Se compara el resultado geoquímico (Tabla 4.1) con 2 depósitos para ver una perspectiva del tipo de depósito en el área de estudio; un estratoligado (Figura 4.9) correspondiente a Mantos Cobrizo Ubicado en la provincia de Copiapó y una IOCG (Figura 4.10) correspondiente a Amapola ubicado a 20 km al NE de Pichidanguí.

Tabla 4.1: Tabla comparativa con los valores promedio de Ignacio Domeyko, Mantos Cobrizo y Amapola.

Elemento	Ignacio Domeyko	Taylor	Manto Cobrizo	Amapola
Si (%)	25.630	28.150	1.000	1.000
Fe (%)	7.664	5.630	5.110	13.800
Al (%)	7.107	8.230	1.140	1.190
Ca (%)	3.457	4.150	2.870	1.400
Na (%)	2.507	2.360	0.170	0.100
Mg (%)	2.339	2.330	0.960	0.690
Cu (%)	1.657	0.006	2.175	0.082
Ti (%)	0.496	0.570	0.140	0.140
K (%)	0.374	2.090	0.090	0.120
Mn (%)	0.331	0.095	0.091	0.051
S (%)	0.117	0.026	1.030	0.010
P (ppm)	0.103	0.105	0.114	0.000
Sr (%)	0.065	0.038	0.004	0.003
Zn (%)	0.035	0.007	0.007	0.003
V (%)	0.030	0.014	0.014	0.012
Zr (%)	0.023	0.017	1.000	1.000
Cl (%)	0.017	0.013	1.000	1.000
As (%)	0.005	0.000	0.010	0.001
Ni (%)	0.002	0.008	0.001	0.001

En la tabla 4.1 se presentan los valores geoquímicos del promedio de las muestras para el área de estudio Ignacio Domeyko, valores promedio de la corteza de Taylor (1964), valores geoquímicos del depósito estratoligado Mantos Cobrizo y valores geoquímicos del depósito IOCG Amapola. En color rojo valor no tomado para los depósitos y no se consideró el Si, Zr, Cl para hacer la comparación entre Ignacio Domeyko con Amapola y Mantos Cobrizo.

En la figura 4.9 y 4.10 se observa la comparación geoquímica de Ignacio Domeyko con Mantos Cobrizo y Amapola. Donde para el grafico de Ignacio Domeyko v/s Amapola se tomó los valores de la tabla 4.1, se calculó la razón Ignacio Domeyko/Amapola donde se tomaron los promedios de los valores geoquímicos de Ignacio Domeyko y se dividió por el promedio de los valores geoquímicos de Amapola, a esta razón se calculó el logaritmo y luego se graficó, lo mismo para el grafico Ignacio Domeyko v/s Mantos Cobrizo.

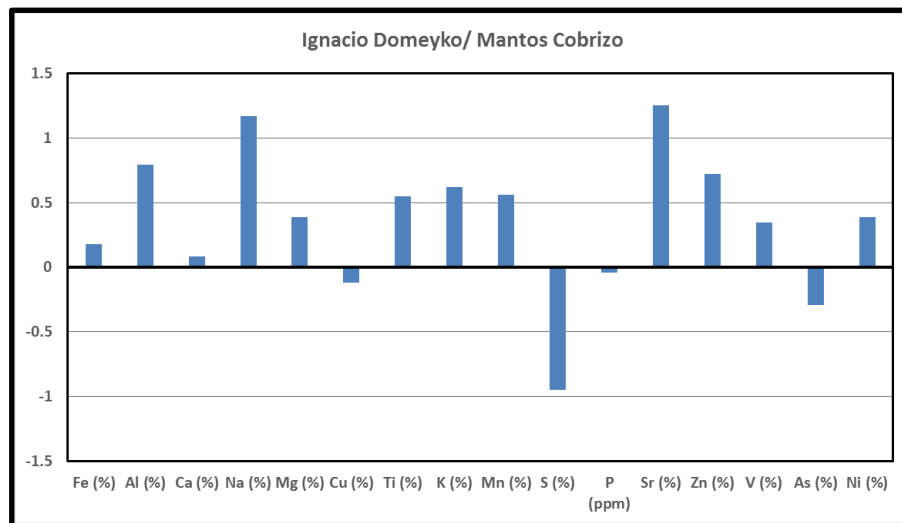


Figura 4.9: Comparación geoquímica de Ignacio Domeyko y el estratoligado Mantos Cobrizo.

En la figura 4.9 se observa que los valores geoquímicos de Ignacio Domeyko son mayores en casi todos los elementos que Mantos Cobrizo excepto para el Cu, S, As y P. esto es razonable dado que la mineralización mena en Mantos Cobrizo es Bornita y Covelina.

En la figura 4.10 los valores geoquímicos de Ignacio Domeyko son mayores en casi todos los elementos que Amapola excepto en el Fe. Esto se explica por el alto contenido de magnetita en Amapola

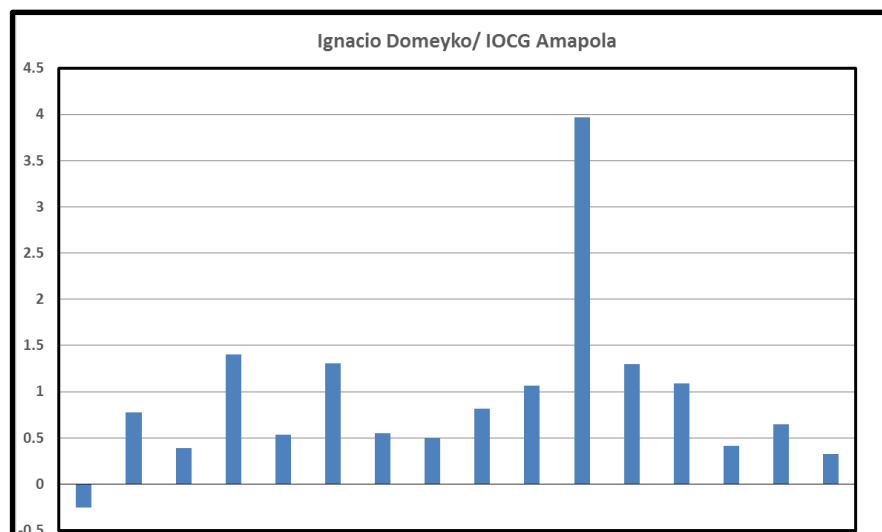


Figura 4.10: Comparación geoquímica de Ignacio Domeyko y el deposito IOCG Amapola.

### 4.3 Distribución geoquímica y exploración

La distribución espacial de las concentraciones anómalas de cobre (Figura 3.31) se aprecia a lo largo de la Formación Cerrillos próxima al contacto con el Plutón Monzodioritas de Rodados Negros siguiendo la estructura inferida y definida como una falla.

De la matriz de correlación de Pearson (Tabla 3.6 y 3.7, Capítulo 3.6.2) el azufre y manganeso presentan una correlación con el cobre. Para leyes de cobre bajo el 1% el cobre estaría asociado con el manganeso pudiendo ser explicada estas leyes de cobre por los oxidados negros (Copper pitch) y silicatos de cobre (crisocola), para leyes de cobre sobre el 1% el cobre tiene una correlación con el azufre estando asociado a brocantita. Por lo cual su importancia para la exploración sería buscar anomalías de manganeso (0.33%, Promedio manganeso, Tabla 3.4, Capítulo 3.6.2) y anomalías de azufre (0.06 %, Promedio manganeso, Tabla 3.3, Capítulo 3.6.2) en la Formación Cerrillos próximo al contacto con el Plutón Monzodioritas de Rodados Negros siguiendo la estructura inferida y definida como una falla.

### 4.4 Zona de extracción y calicata

Se realizó 2 calicatas entre la labor de extracción 1 y la labor de extracción 2 para ver la continuidad de la zona mineralizada entre ambas (Figura 4.11)

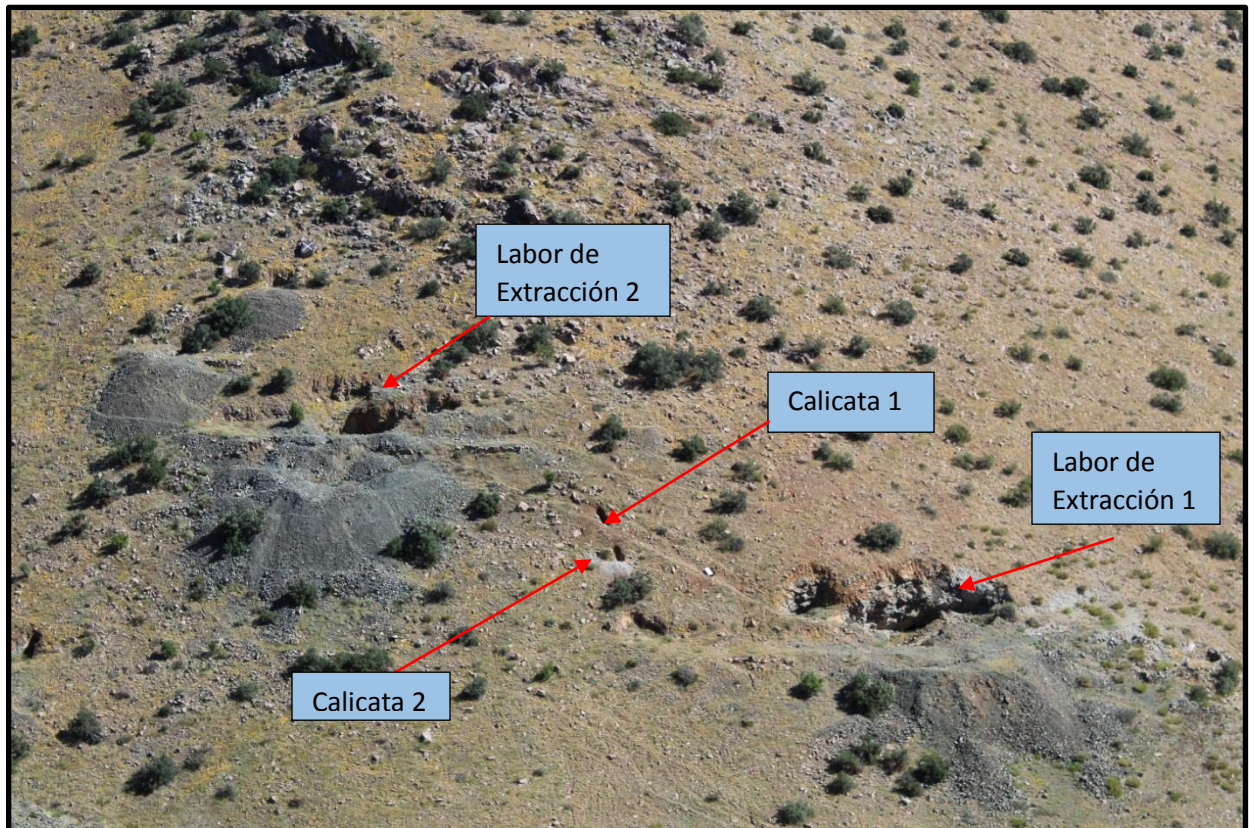


Figura 4.11: Zona de Laboreos con calicatas.



La calicata 1 con una profundidad de 1 m no se observó mineralización de cobre, sin embargo en la calicata 2 con una profundidad de 1,2 m (Figura 4.12) se aprecia lava con mineralización de cobre y una alteración argílica menor, dado la profundidad de las calicatas no pueden ser concluyente para decir que no hay una continuidad de la mineralización en la extracción 1 y 2, pero permite proponer que la mineralización en la extracción 1 y la mineralización en la extracción 2, podría corresponder a dos vetas mineralizadas distintas dentro de una zona de vetas.

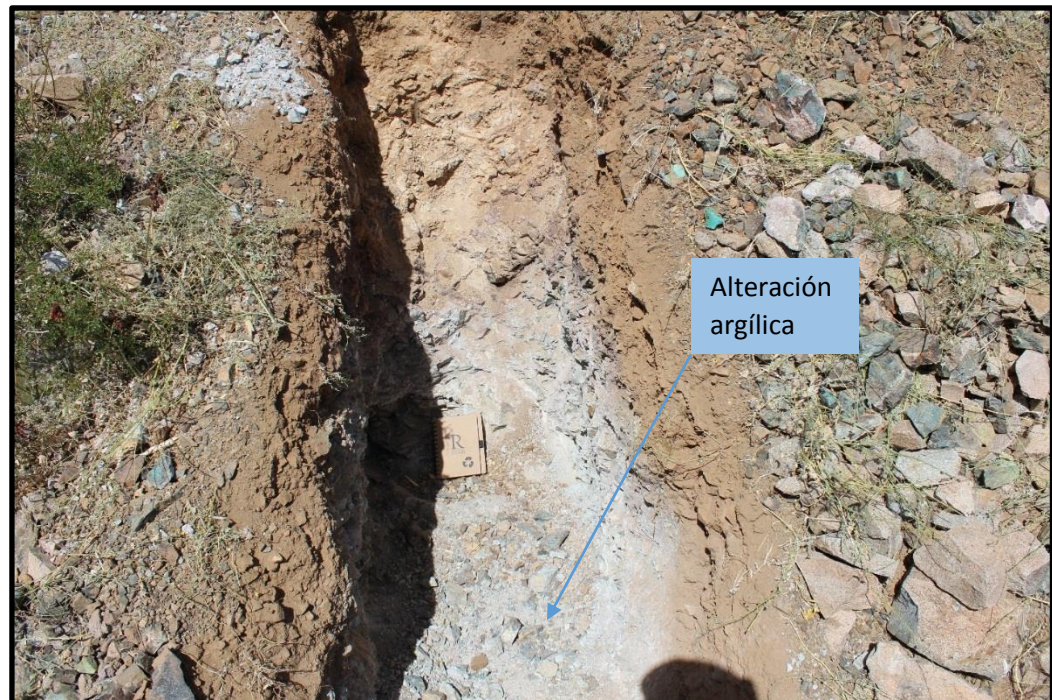


Figura 4.12: Calicata 2 entre extracción 1 y 2.

## 4.5 Cuerpo mineralizado

Se identifica un cuerpo mineralizado en la Formación Cerrillo, este se presenta en 3 vetas con ocurrencias de minerales oxidados de cobre dispuestos en venillas y diseminados en esta unidad, con resultados de mapeo, XRF y CuT es posible realizar un cálculo con los datos de la Figura 4.13 y presentados en la tabla 4.2 para obtener una evaluación simple del recurso mineral.

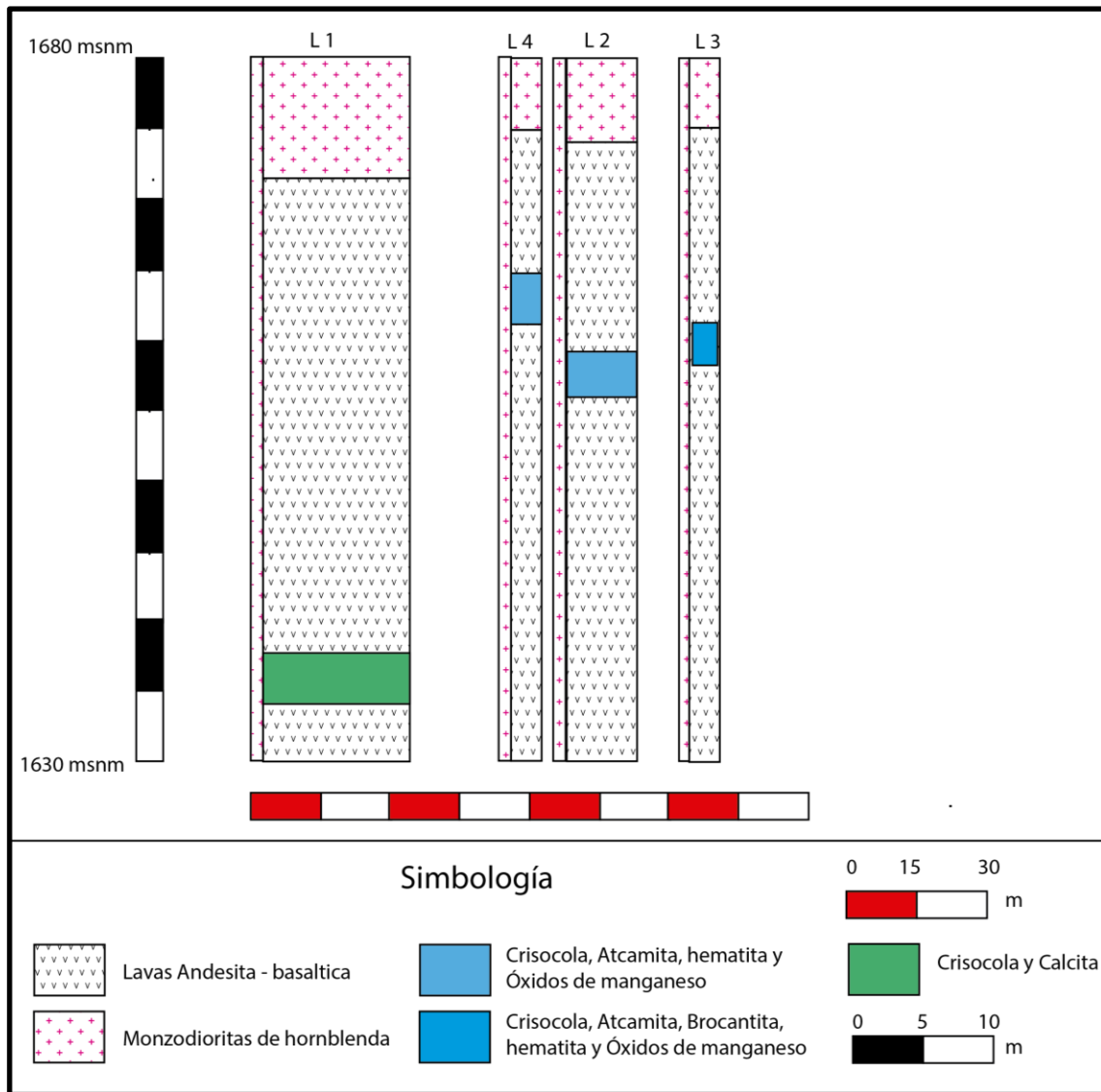


Figura 4.13: Columna estratigráfica de la zona de laboreos ubicadas al sur de la concesión Ignacio Domeyko.

De la Figura 4.13 se puede tener las dimensiones de las vetas y se toma una profundidad Z de 10 m, profundidad de la labor de extracción 3, proyectadas para todas las labores (Tabla 4.2) y considerando que se toma una muestra al interior (6 m al interior) de la labor 2 (Veta 2) correspondiente a la muestra 3301 (Tabla 3.1).

Tabla 4.2: Tabla con los datos de dimensión de las vetas y ley

Veta	Tipo	Dimensiones (m)			Ley (%)
		X	Y	Z	
1	Labor de extracción 1	30	4	10	1.34
2	Labor de extracción 2	15	4	10	2.09
3	Labor de extracción 3	5	5	10	2.4
	Labor de extracción 4				

La ley de cobre se obtuvo mediante el factor de 0.7 por la ley más baja de los resultados y 0.3 por la ley más alta, según los valores de la tabla 3.2 para las muestras en las labores de extracción.

Tabla 4.3: Tabla con valores para obtener el tonelaje de cobre.

Veta	Ley (%)	Ley Volumen	Volumen (m3)	Densidad (Ton/m3)	Tonelada Roca (Ton)
1	1,34	0,0134	1200	2,3	2760
2	2,09	0,0209	600	2,3	1380
3	2,4	0,024	250	2,3	575

En base a la tabla 4.3 el tonelaje de roca estimado es de 4.715 ton con 1.380 Ton como recurso indicado a una ley media de 1,34 %, dado que la muestra 3301 (Tabla 3.1) fue tomada en el interior de la labor 2 (Veta 2) y 3.335 Ton como recursos inferido a una ley de 1.34% tomando la ley de cobre más baja.

Al comparar el recurso indicado e inferido obtenido 4.715 Ton, es posible comparar este valor con mina La Verde ubicada 2 km al norte de Ignacio Domeyko y actualmente explotada a escala de “pirquinero” por don Carlos.Humberto Diaz.

Mina La Verde presenta oxidados de cobre en lavas andesita-basáltica de la Formación Cerrillos y una producción histórica desde 1978 a escala de “pirquineros”. Actualmente tiene una producción de 72 Ton mensuales a una ley de 2 a 3%.

Según los datos proporcionados por don Carlos, el costo del flete del distrito de cobre Ignacio Domeyko a la ciudad de Vallenar es de \$8.000 por tonelada, y precio de venta a ENAMI es de \$57.250 por tonelada de cobre a una ley media entre 1,5 a 3%.

En base a estos datos es posible obtener un primer valor para los recursos indicados (1.380 Ton) y un valor para los recursos inferidos (3.335 Ton). Donde por recursos indicados se obtiene un valor de \$67.965.000 (el valor considera venta a ENAMI de \$57.250/Ton y el costo de flete de \$8.000/Ton, sin considerar el costo de explosivo, ni el costo de confección de camino ni otros gastos) para los recursos inferidos se obtiene un valor de \$164.248.750 (el valor considera venta a ENAMI de \$57.250/Ton y el costo de flete de \$8.000/Ton, sin considerar el costo de explosivo, ni costo de confección de camino ni otros gastos).

Considerando la producción de mina La Verde 72 Ton/mes es posible estimar el tiempo para el recurso indicado y recurso inferido, ascendiendo a 5 años y 5 meses (1 año 7 meses para el recurso indicado y 3 años y 10 meses para los recursos inferidos).



## 4.6 Modelo evolutivo y estructura

En el mapa de estructuras (Anexo 7.3) se infiere 2 fallas, la primera una falla transcurrente dextral al noreste del área de estudio y una falla sin un desplazamiento observado en el centro poniente del área de estudio. La primera falla al noreste de la zona, se aprecia colas en las rocas aflorando en el área y un desplazamiento de los estratos visto de google earth. En cambio para la falla inferida en el centro poniente del mapa de estructura (Anexo 7.3) no se observa algún indicador de falla más que la epidota en espejo de falla con una orientación N20E/30E. Moscoso (1988), define la Falla Agua de Los Burros (FAB) como una falla inversa y fallas subsidiarias a la falla principal, pudiendo ser la falla inferida al centro poniente un short cut de la Falla Agua de Los Burros, sin embargo Arevalo (2009) define la Falla Agua de Los Burros como una falla normal y no evidencia fallas subsidiarias de esta, por lo que el origen de la epidota en espejo de falla podría deberse a plegamientos ocurridos por el acuñaamiento de la Formación Cerrillos al norte del área de estudio Salazar (2012). Donde Salazar (2012) define la Falla Agua de Los Burros como una falla inversa. Pudiendo la mineralización ser controlada por una falla subsidiaria a la Falla Agua de los Burros o el producto de estructuras generadas por el plegamiento y acuñaamiento del Formación Cerrillos.

## 5 Conclusión

El área de estudio se ubica en el distrito de cobre Ignacio Domeyko, entre la franja metalogénica del Cretácico Temprano y Paleoceno – Eoceno Temprano. Corresponde a un sistema vetiforme de acuerdo con su estilo y mineralización, en la Formación Cerrillos.

Mediante la información recolectada y la información obtenida de la campaña de terreno, se diferencian 5 litologías principales en el área de estudio: Intrusivo cuarzo monzodiorítico de hornblenda, brecha volcánica, toba lítica, depósitos no consolidados y lava andesítica – basáltica.

La Formación Cerrillos próxima al contacto con el Plutón Rodados Negros ha sido afectada por un metamorfismo de contacto de muy bajo grado evidenciado por la prehnita, epidota y presenta una alteración hidrotermal propilitica y argílica en los laboreos y a lo largo del contacto entre las dos unidades.

La alteración propilitica se presenta con asociación mineral de epidota, clorita y calcita en la Formación Cerrillos y la alteración argílica con arcilla, cuarzo. Se sugiere una temperatura entre 250-280°C con un pH 5-7 del fluido hidrotermal para el sistema.

La mineralización principal corresponde a crisocola, atacamita y brocantita, presente en vetillas en rocas volcánicas de la Formación Cerrillos. Los resultados muestran que en las zonas mineralizadas corresponden a un yacimiento tipo veta en rocas volcánicas de la Formación Cerrillos.

Los resultados geoquímicos muestran una distribución de cobre en la Formación Cerrillos, arrojan un rango de valores de 0.02 % a 5 % con una ley media de 1.37 %. Lo cual es consistente con la extracción mineral.

Se sugiere que la zona de laboreos corresponde a 3 vetas, donde la labor de extracción 1 corresponde a la veta 1, la labor de extracción 2 corresponde a la veta 2 y la labor de extracción 3 y 4 corresponden a una veta común.

Los resultados del análisis de fluorescencia sugieren una buena correlación entre el cobre y el azufre. Para valores de cobre sobre 1% tiene una relación directa con el azufre, lo que el cobre estaría ligado a minerales sulfatados de cobre para las zonas con valores de cobre sobre el 1 %, brocantita. Para valores de ley de cobre bajo 1% el cobre estaría asociado a otro oxidado de cobre (crisocola, atacamita) y a oxidados de manganeso (copper pitch).

Se define un potencial exploratorio al norte de la concesión Ignacio Domeyko, principalmente siguiendo la traza de la falla inferida al poniente del área estudiada.

El posible recurso mineral es de 5.715 ton con 1.380 Ton como recurso indicado y 3.335 Ton como recurso inferido, a una ley media de 1.34 %, lo que no representa un volumen significativo para ser categorizado como pequeña minería, sin embargo, su continuidad en profundidad y posibles vetas a lo largo del contacto de la Formación Cerrillos podría cambiar la evaluación de dicho recurso.

Dada la mineralización de cobre, ley de cobre, cercanía con mina La Verde que presenta características similares al área de estudio, situándose a 2 km al norte, explotada a escala de pirquinero desde 1980 al presente y entre el 2014-2015 explotada a escala de pequeña minería por minera dos amigos. Presenta crisocola, atacamita y bornita, en lava andesítica - basáltica de matriz afanítica con fenocristales de plagioclasa y, la ocurrencia mineral se presenta en vetillas y diseminada y con una producción actual es de 72 ton/mes con una ley de 3%. Por lo tanto, y de acuerdo con los antecedentes expuestos, es posible concluir que el área de estudio presenta un potencial exploratorio principalmente siguiendo la traza de la estructura que se presenta entre el contacto con la Formación Cerrillos y el Plutón Rodados Negros.

## 5.1 Recomendaciones

Realizar calicatas en la zona de laboreos, principalmente entre la veta 2 (labor de extracción 2) y veta 3 (labor de extracción 3 y 4). Para observar continuidad y delimitación de recursos. Además de realizar calicatas a lo largo de la falla principalmente en zonas que presentan mineralización siguiendo la línea roja (Figura 5.1)

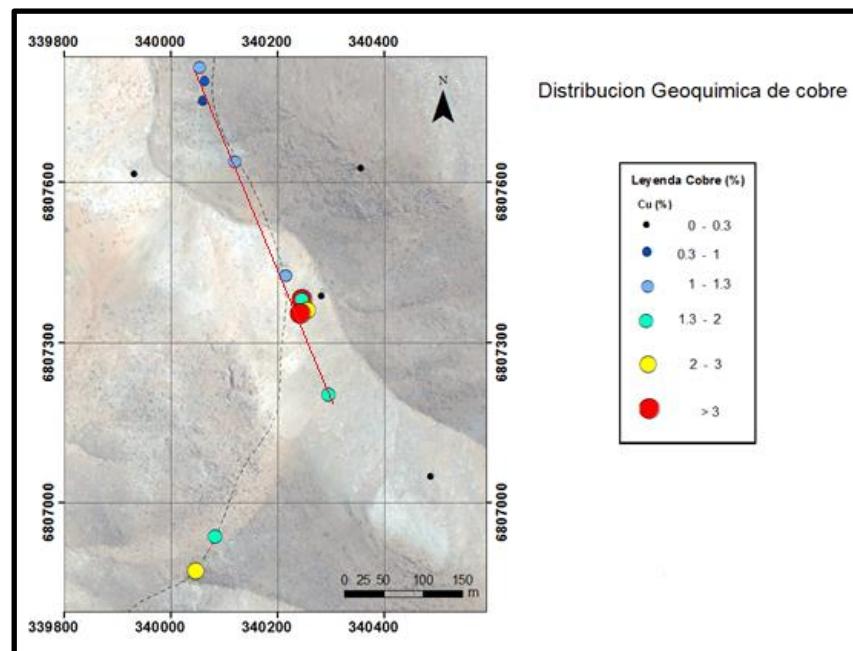


Figura 5.1: Puntos exploratorio, según distribución geoquímica del cobre.



Se recomienda al Sr. Camblor ver el estado actual de propietario de la concesión Ignacio Domeyko y un control en la zona norte de esta, dado que la Minera Fuego Ltda tiene los derechos de exploración para dicha área y podría levantar una solicitud de explotación en el área.

Se recomienda realizar un mejoramiento del camino de acceso siguiendo la quebrada con la intersección del camino principal (Punto 335710/6808159 datum WGS84) lo que permite reducir en 12 km el acceso al área de estudio, para futuros estudios.

Se propone explorar al norte y sur de las labores de extracción en los valores anómalos de cobre y definir posibles puntos exploratorios mediante los valores anómalos de azufre (0.06 %) y manganeso (0.33 %) siguiendo la estructura definida como una falla inferida para aumentar el recurso observado en los puntos con leyes de cobre sobre 0.3 % (Figura 3.34 y 5.1).

Finalmente, con la recomendación hacer una evaluación económica de recurso con la información proporcionada con los antecedentes expuestos en este trabajo de título y recomendaciones, evaluar factibilidad de la explotación de mineral.

## 6 Bibliografía

Amilibia, A. and Skarmeta, J. 2003. La inversión tectónica de la cordillera de Domeyko en el norte de Chile y su relación con la intrusión de sistemas de profidos de Cu-Mo. 10° congreso geológico chileno.

Arévalo, C.; Mourgues, F.A.; Chávez, R. 2009. Geología del Área Vallenar-Domeyko, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile No. 120.

Charrier et al., 2007. Tectono-stratigraphic Evolution of the Andean Orogen in Chile. The Geology of Chile (pp. 21-114). The Geological Society of London, Special Publication.

Corbett., 2017. Short Course Manual, Section 2.

Dirección de Estudios y políticas públicas. Comisión Chilena del Cobre 2016. Franjas metalogénicas de los Andes Centrales: blancos claves para la exploración minera.

Latorre et al., 2007. Late Quaternary environments and palaeoclimate. The Geology of Chile (pp. 314). The Geological Society of London, Special Publication.

Maksaev et al., 2010. Geochronological and thermochronological constraints on porphyry copper mineralization in the Domeyko alteration zone, northern Chile. *Andean Geology* 37, pp. 144-176.

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, volume 2; PGC Publishing, Adelaide, Australia, pp. 185-205.

Moscoso R. Mpodozis C. 1988. Estilo estructurales en el norte chico de Chile (28-31°S) Regiones de Atacama y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Revista Geologica de Chile*. Vol. 15.

Moscoso, R.; Nasi, C.; Salinas, P. 1982. Geología de la Hoja de la Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena. Regiones de Atacama y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile No. 55, 100.

Pincheira, M.; Dagnino, A.; Kelm, U.; Helle, S. 2003. "COPPER PITCH Y COPPER WAD": Contraste entre las fases presentes en las cabezas y en los rípios en pruebas de lixiviación de materiales de mina sur, Chuquicamata.

Servicio Nacional de Geología y Minería. 2011. Atlas de Faenas Mineras.

Servicio Nacional de Geología y Minería. 2015. Anuario de la Minería Chilena.

Sillitoe, R. (2003). Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean View. *Mineralium Deposita*, 30, pp. 787-812.

Taylor, S., 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table.

Vivallo et al., 2008. Geoquímica de yacimientos metálicos y de sedimentos, de las regiones de Atacama y Coquimbo, norte de Chile.

William, X.; Chávez, Jr. 1990. Supergene Oxidation of Copper Deposits: Zoning and Distribution of Copper Oxide Minerals. Number 41. Society of Economic Geologists.



## 7 Anexo

### 7.1 Muestreo Terreno

Tabla 7.1: Coordenadas muestras para análisis XRF, datum wgs84.

Muestra	X	Y	Tipo
3301	340246	6807381	Lava Andesita- Basaltica
3302	340046	6806872	Lava Andesita- Basaltica
3303	340082	6806937	Lava Andesita- Basaltica
3304	340485	6807049	Lava Andesita- Basaltica
3305	340717	6806979	Lava Andesita- Basaltica
3306	340295	6807202	Lava Andesita- Basaltica
3307	340355	6807626	Lava Andesita- Basaltica
3308	340766	6807737	Lava Andesita- Basaltica
3309	340054	6807815	Lava Andesita- Basaltica
3310	339930	6807615	Lava Andesita- Basaltica
3311	340199	6807639	Lava Andesita- Basaltica
3312	340281	6807387	Lava Andesita- Basaltica
3313	340215	6807425	Lava Andesita- Basaltica
3314	340246	6807381	Lava Andesita- Basaltica
3315	340254	6807361	Lava Andesita- Basaltica
3316	340242	6807355	Lava Andesita- Basaltica
3317	340215	6807425	Lava Andesita- Basaltica
3318	340060	6807752	Lava Andesita- Basaltica
3319	340063	6807789	Lava Andesita- Basaltica
3320	341596	6808468	Lava Andesita- Basaltica
3321	341596	6808468	Lava Andesita- Basaltica

En la tabla 7.1 se muestra los puntos de control para análisis de XRF de las muestras 3301 a la 3321, donde las muestras 3313 y 3317 corresponden a un duplicado de la labor de extracción 1 y las muestras 3301 y 3314 corresponden a la labor de extracción 2, siendo la muestra 3301 del interior de esta y la muestra 3314 junto con las demás muestras de roca en superficie, siendo la muestra 3318 la única muestra correspondiente a la alteración argílica (Figura 3.5)

En la tabla 7.2 se muestra los puntos de control de las muestras 1 – 8 para análisis de cobre total (CuT), donde este análisis se concentró en los puntos donde existe extracción de cobre ubicado en la concesión Ignacio Domeyko por “pirquineros”, donde en la labor de extracción 1 se tomó la muestra 2 en superficie y la muestra 7 del desmonte de esta, en la labor de extracción 2 se tomaron 3 muestras, la muestra 1 correspondiente al interior de esta, la muestra 3 en superficie y la muestra 6 corresponde al desmonte, para la labor de extracción 3 se tomó la muestra 4 en

superficie, para la labor de extracción 4 la muestra en superficie y la muestra 8 corresponde a superficie de la excavación minera 2.

Tabla 7.2: Corresponde a las muestras para análisis de CuT, datum wgs84.

Muestra CuT		Coordenadas		Litología
Muestra	Peso (Kg)	x	y	
1	5.9	340246	6807381	Lava andesita
2	5	340215	6807425	Lava andesita
3	4.6	340246	6807381	Lava andesita
4	3.9	340254	6807361	Lava andesita
5	4.4	340242	6807355	Lava andesita
6	4.5	340246	6807381	Lava andesita
7	3.9	340215	6807425	Lava andesita
8	5.4	340054	6807815	Lava andesita

## 7.2 Control de calidad

Para mantener un control de calidad del muestreo se realizó un duplicado en la labor de extracción 1 correspondiente a las muestras 3313 y 3317. Adicionalmente se solicitó al laboratorio Geoatacama la lectura de estándar internos del laboratorio (Tabla 7.3) y lectura interna de blancos de cuarzos (Tabla 7.4) realizado para los 21 análisis de fluorescencia.

Tabla 7.3: Resultados lectura estándar Laboratorio Geoatacama, valores referenciales para el equipo XRF S8 Tiger, valores esperados dentro de 1%.

STD CONTROL					
Samples	Mn (%)	Cu (%)	Mo (%)	Fe (%)	Zr (%)
Control-SQ1	1,001	1,004	1,025	1,014	1,012
Samples	Na (%)	P (%)	Ca (%)	Pb (%)	Fe (%)
Control-SQ2	0,992	0,997	1,001	1,004	0,997
Samples	Mg (%)	Al (%)	Si (%)	K (%)	
Control-SQ3	1,002	0,989	1,003	0,998	

Tabla 7.4: Resultados lectura blancos de cuarzo Laboratorio Geoatacama para el equipo XRF S8 Tiger, valores dentro del rango esperado.

N	ID MUESTRA	Si (%)	Al (%)	Fe (%)	Ca (%)	S (%)	K (%)	Ti (%)	P (PPM)	Mn (%)	Ni (PPM)	Cu (PPM)
1	QZ-BLK 1	49,98	0,1	0,98	0,06	0,01	0,03	0,01	59	77	71	39
2	QZ-BLK 2	49,85	0,13	0,69	0,07	0,02	0,04	0,01	66	77	48	40
3	QZ-BLK 3	49,52	0,13	0,59	0,07	0,02	0,04	0,01	62	64	44	39

En la tabla 7.5 y tabla 7.6 se muestran los valores del duplicado de terreno para la Labor extracción 1 y en la Figura 7.1 se observa el grafico de dispersión para las muestras 3313 y 3317, con un coeficiente de determinación de  $R^2=0,9862$ .

Tabla 7.5: Resultados análisis de fluorescencia para las muestras 3313 y 3317

id muestra	Si (%)	Al (%)	Fe (%)	Ca (%)	Cu (%)	S (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Ti (%)
3313	24,39	6,83	8,68	2,86	1,16	0,04	2,83	2,23	0,39	0,53
3317	24,35	6,88	8,22	3,03	1,08	0,03	2,79	2,42	0,38	0,52

Tabla 7.6: Resultados análisis de fluorescencia para las muestras 3313 y 3317

id muestra	P (PPM)	Mn	Er (%)	V (%)	Sr (%)	Zn (%)	Cl (%)	Zr (PPM)	Rb (PPM)	As (PPM)	Ni	Ga (PPM)
3313	925,00	0,01	0,00	0,05	0,02	0,05	0,03	95,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3317	895,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,05	0,03	0,00	23,00	40,00	0,00	0,00

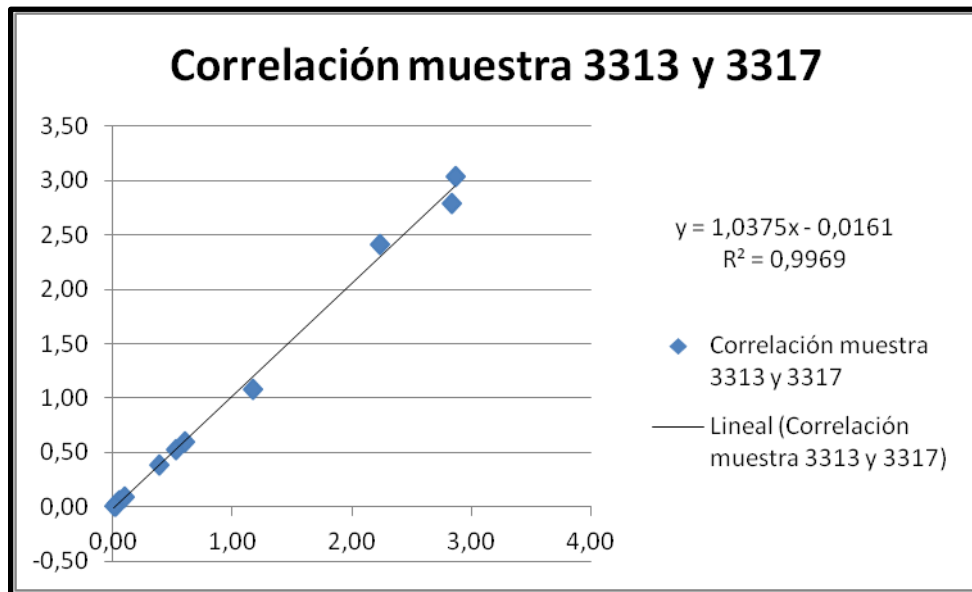


Figura 7.1: Grafico de dispersión para los duplicados 3313 y 3317 de la labor de extracción 1.

Los valores de los análisis de duplicados, de cuarzos y estándar internos del Laboratorio Geoatacama para el análisis de XRF están dentro de los valores esperados como error (1%) para el laboratorio.



### 7.3 Mapas Locales Distrito Ignacio Domeyko

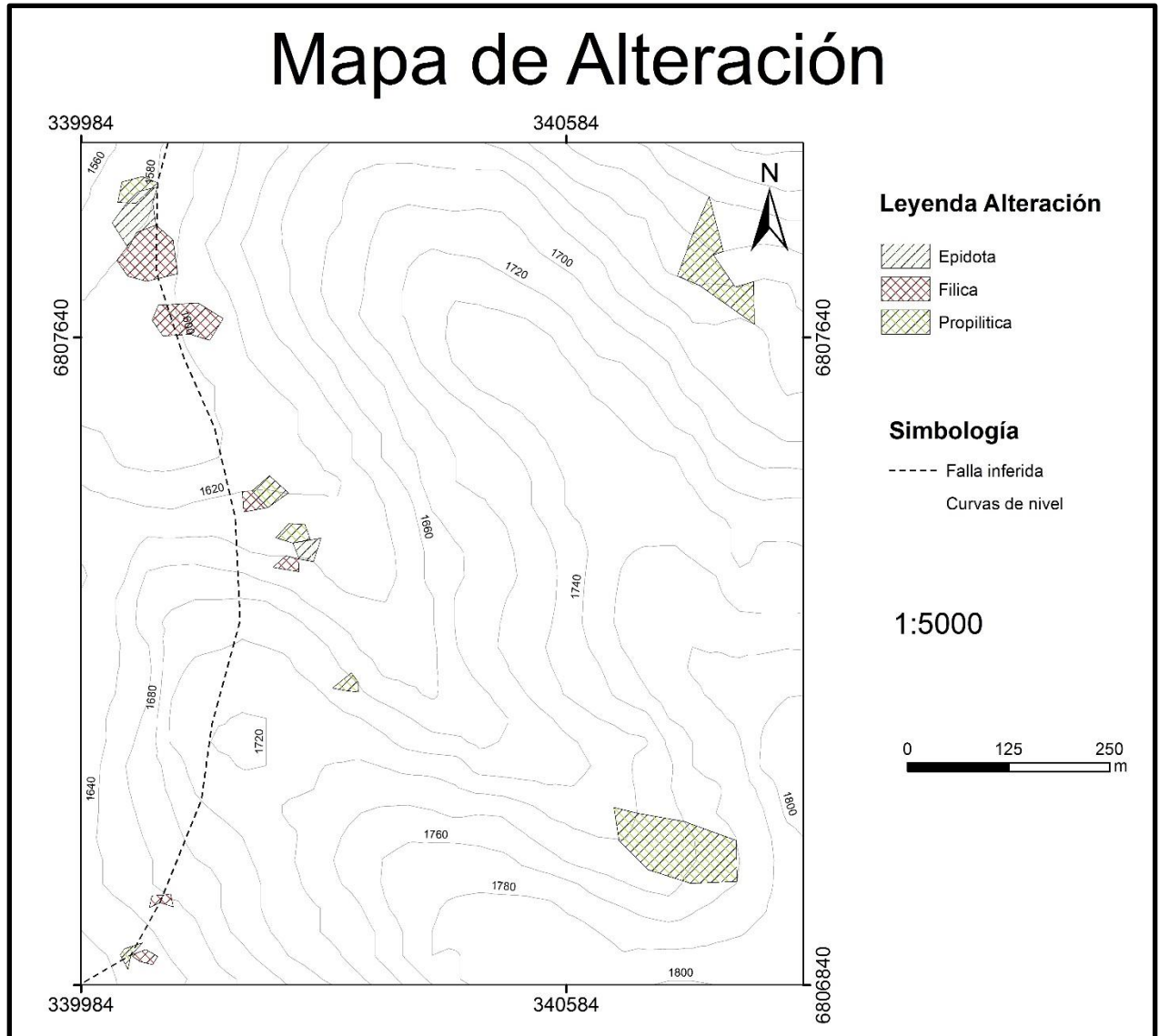


Figura 7.2: Mapa de alteración

# Mapa de Estructuras

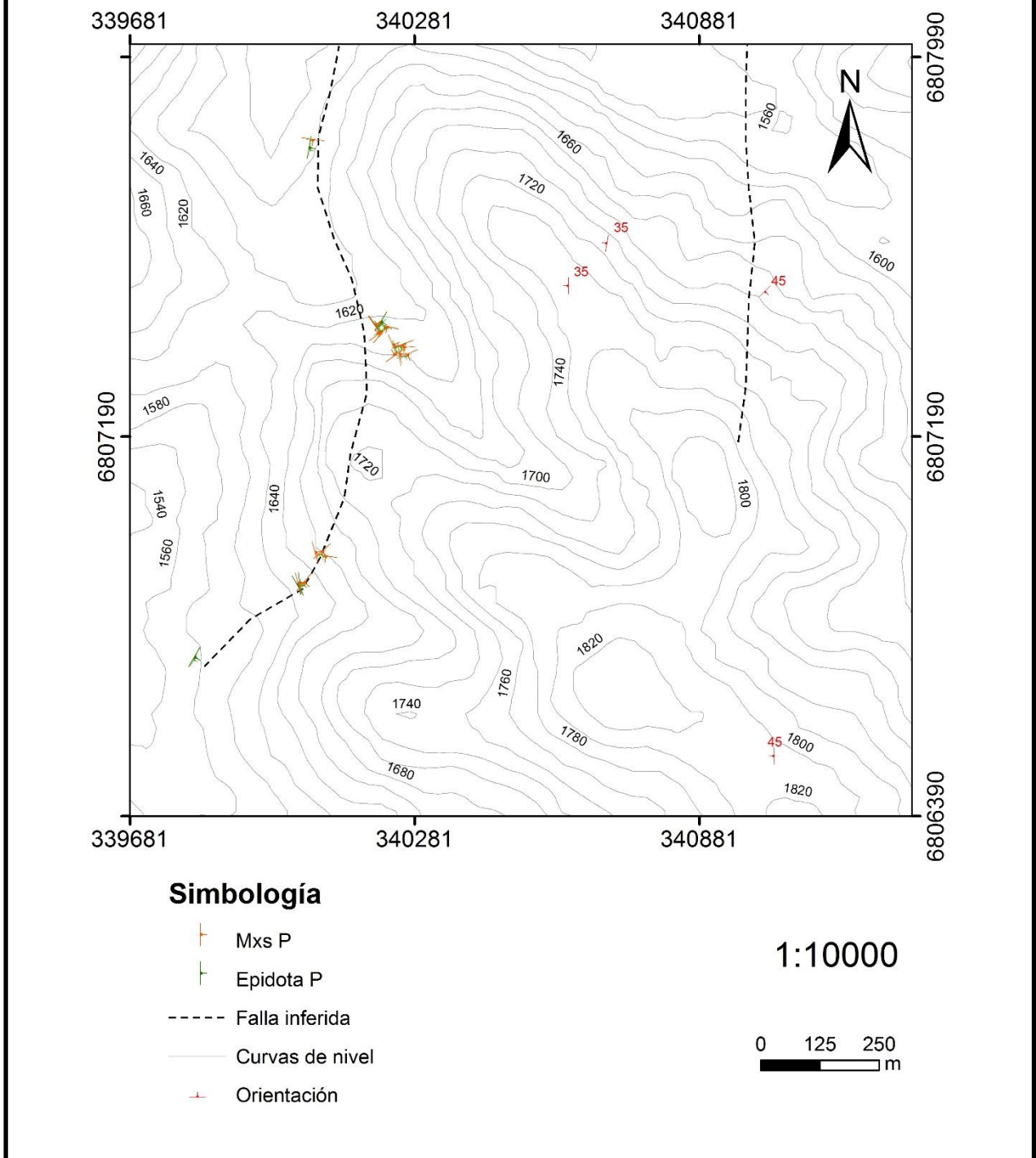


Figura 7.3: Mapa de estructuras

## 7.4 Descripción macroscópica para corte transparente

Tabla 7.7: Descripción muestra D3P11M4

	<b>Muestra</b>	D3P11M4
	<b>Coordenada</b>	
	340233	6807106
	<b>Litología</b>	Volcánica
	<b>Textura</b>	Afanítica
	<b>Alteración</b>	
	No presenta	
	<b>Mineralización</b>	
	No presenta	
	<b>Nombre</b>	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxidos de hierro (1%)		

Tabla 7.8: Descripción muestra M4

	<b>Muestra</b>	M4
	<b>Coordenada</b>	
	340784	6806931
	<b>Litología</b>	Volcánica
	<b>Textura</b>	Porfírica
	<b>Alteración</b>	
	Propilítica (20%); Clorita (47%), Epidota (50%), Calcita (3%)	
	<b>Mineralización</b>	
	Óxidos de cobre (3%); Crisocola (80%), óxido verde (20%)	
	<b>Nombre</b>	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica de color verdosa. Presenta óxido de manganeso (1%)		

Tabla 7.9: Descripción muestra M3D2


	<b>Muestra</b>	M3D2
	<b>Coordenada</b>	
	340865	6807285
	<b>Litología</b>	Volcánica
	<b>Textura</b>	Porfírica
	<b>Alteración</b>	
	No presenta	
	<b>Mineralización</b>	
	No presenta	
	<b>Nombre</b>	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-2 mm. Presenta óxidos de hierro (4%) diseminados y óxidos de manganeso (1%)		

Tabla 7.10: Descripción muestra 02\_25\_01


	<b>Muestra</b>	02_25_01
	<b>Coordenada</b>	
	340175	6808070
	<b>Litología</b>	Volcánica
	<b>Textura</b>	Porfírica
	<b>Alteración</b>	
	Propilítica (10%); Clorita (40%), Epidota (50%), Calcita (10%)	
	<b>Mineralización</b>	
	Óxidos de cobre (6%); Crisocola (55%), óxido verde (45%)	
	<b>Nombre</b>	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-2 mm. Presenta óxidos de manganeso (4%)		



Tabla 7.11: Descripción muestra M2\_D3\_P8

	<b>Muestra</b>	M2_D3_P8
	<b>Coordenada</b>	
	339978	6807094
	<b>Litología</b>	Intrusivo
	<b>Textura</b>	Fanerítica
	<b>Alteración</b>	
	Chl - Ep (13%); Clorita (80%), Epidota (20%)	
	<b>Mineralización</b>	
	Óxidos de cobre (<1%); crisocola (100%)	
	<b>Nombre</b>	
Cuarzo Monzodiorita		
<b>Observaciones</b>		
Clorita alterando anfíbol. Trazas de óxidos de cobre		

Tabla 7.12: Descripción muestra R02

	<b>Muestra</b>	R02
	<b>Coordenada</b>	
	340246	6807381
	<b>Litología</b>	Volcánica
	<b>Textura</b>	Porfírica
	<b>Alteración</b>	
	Chl - Ep (3%); Clorita (45%), Epidota (55%)	
	<b>Mineralización</b>	
	Óxidos de cobre (10%); Crisocola (50%), óxidos verdes (50%)	
	<b>Nombre</b>	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (4%) y hematita especular diseminada (2%). Además copper wad y copper pitch		

Tabla 7.13: Descripción muestra Ch02


	Muestra	Ch02
	Coordenada	
	340246	6807381
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Chl - Ep (7%); Clorita (20%), Epidota (80%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (3%); Crisocola (80%), óxidos verdes (20%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (2%) y hematita especular diseminada (2%)		

Tabla 7.14: Descripción muestra 8.16.1

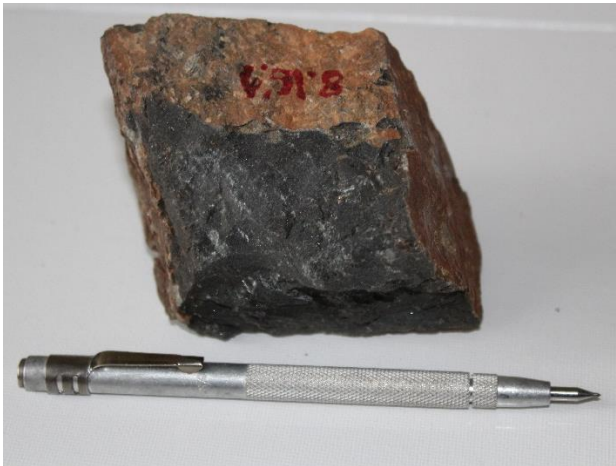
	Muestra	8.16.1
	Coordenada	
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	No presenta	
	Mineralización	
	No presenta	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-3 mm		

Tabla 7.15: Descripción muestra Corte 02



	Muestra	Corte 02
	Coordenada	
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Ep (<2%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (<1%); Crisocola (100%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-2 mm. Hematita especular diseminada (2%) y epidota alterando plagioclasa y en vetillas		

Tabla 7.16: Descripción muestra M2D1

	Muestra	M2D1
	Coordenada	
	Litología	Volcánica
	Textura	Obliterada
	Alteración	
	Chl - Ep (80%); Clorita (35%), Epidota (65%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (<1%); Crisocola (100%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta hematita especular diseminada (2%), amígdalas rellenas con epidota y con cuarzo con halos de clorita-epidota, y vesículas		

Tabla 7.17: Descripción muestra M07\_P29\_01

	Muestra	M07_P29_01
	Coordenada	
	Litología	Intrusivo
	Textura	Fanerítica
	Alteración	
	Chl - Ep (15%); Clorita (80%), Epidota (20%)	
	Mineralización	
	No presenta	
	Nombre	
Cuarzo Monzodiorita		
Observaciones		
Clorita alterando anfíbol		

## 7.5 Descripción macroscópica para análisis de fluorescencia

Tabla 7.18: Descripción muestra 3301

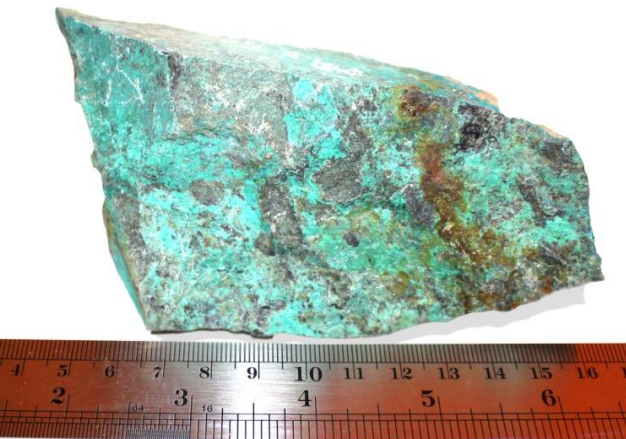
	Muestra	3301
	Coordenada	
	340246	6807381
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (8%), Clorita (20%), Epidota (45%), Calcita (35%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (20%), Crisocola (50%), Atacamita (50%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-2 mm. Presenta óxido de manganeso (5%) con hábito subhedral		



Tabla 7.19: Descripción muestra 3302

	Muestra	3302
	Coordenada	
	340046	6806872
	Litología	Volcánica
	Textura	Afanítica
	Alteración	
	Propilítica (7%); Clorita (15%), Epidota (55%), Calcita (30%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (4%); Crisocola (70%), Atacamita (30%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (4%) con habito subhedral a anhedral		

Tabla 7.20: Descripción muestra 3303

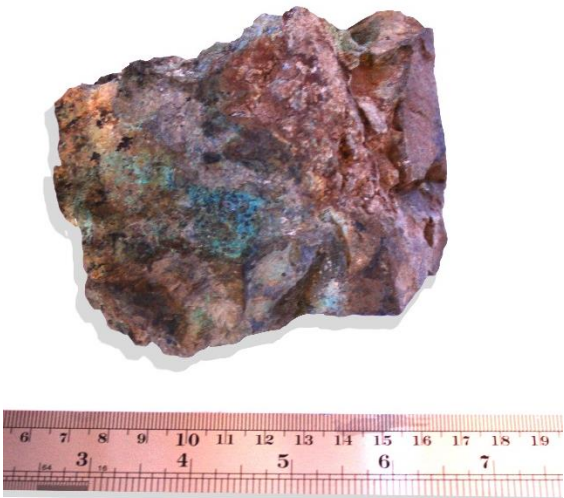
	Muestra	3303
	Coordenada	
	340082	6806937
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Chl - Ep (7%); Clorita (50%), Epidota (50%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (4%); Crisocola (60%), Atacamita (40%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica de color verdosa. Presenta pirolusita (2%) con habito euahedral		

Tabla 7.21: Descripción muestra 3304


	Muestra	3304
	Coordenada	
	340485	6807049
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	No presenta	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (<1%); Crisocola (95%), Atacamita (5%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (<1%) y patina superficial de hematita especularita		

Tabla 7.22: Descripción muestra 3305


	Muestra	3305
	Coordenada	
	340717	6806979
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (23%); Clorita (15%), Epidota (50%), calcita (35%)	
	Mineralización	
	No Presenta	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta epidota en espejo de falla		

Tabla 7.23: Descripción muestra 3306

	Muestra	3306
	Coordenada	
	340295	6807202
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Chl - Ep (17%); Clorita (50%), Epidota (50%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (3%); Crisocola (62%), Atacamita (38%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (2%) y arcillas (2%)		

Tabla 7.24: Descripción muestra 3307


	Muestra	3307
	Coordenada	
	340355	6807626
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	No presenta	
	Mineralización	
	No presenta	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-2 mm y anfíbol. Podría ser una roca cornea		

Tabla 7.25: Descripción muestra 3308


	Muestra	3308
	Coordenada	
	340766	6807737
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (33%); Clorita (30%), Epidota (30%), calcita (30%)	
	Mineralización	
	No Presenta	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta fenocristales de anfíbol 2-4 mm y amígdalas rellenas con epidota y cuarzo		

Tabla 7.26: Descripción muestra 3309

	Muestra	3309
	Coordenada	
	340054	6807815
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Chl - Ep (18%); Clorita (30%), Epidota (70%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (5%); Crisocola (75%), óxido verde (25%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta fenocristales de anfíbol 2-4 mm y amígdalas rellenas con epidota y cuarzo. Mineralización en vetillas		



Tabla 7.27: Descripción muestra 3310


	Muestra	3310
	Coordenada	
	339930	6807615
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	No presenta	
	Mineralización	
	No presenta	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica, fenocristales de plagioclasa 1-2 mm		

Tabla 7.28: Descripción muestra 3311


	Muestra	3311
	Coordenada	
	340119	6807639
	Litología	Volcánica
	Textura	Afanítica
	Alteración	
	Propilítica (7%); Clorita (15%), Epidota (55%), Calcita (30%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (3%); Crisocola (90%), Atacamita (10%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (1%)		

Tabla 7.29: Descripción muestra 3312


	Muestra	3312
	Coordenada	
	340281	6807387
	Litología	Volcánica
	Textura	Afanítica
	Alteración	
	Propilítica (5%); Clorita (20%), Epidota (55%), Calcita (25%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (1%); Crisocola (95%), óxido verde (5%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (2%) y hematita (1%) en patina		

Tabla 7.30: Descripción muestra 3313

	Muestra	3313
	Coordenada	
	340215	6807425
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (10%); Clorita (20%), Epidota (50%), Calcita (30%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (8%); Crisocola (85%), Atacamita (15%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (3%)		

Tabla 7.31: Descripción muestra 3314


	Muestra	3314
	Coordenada	
	340246	6807381
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (8%); Clorita (23%), Epidota (57%), Calcita (20%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (12%); Crisocola (65%), Atacamita (35%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (4%)		

Tabla 7.32: Descripción muestra 3315


	Muestra	3315
	Coordenada	
	340254	6807361
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (7%); Clorita (15%), Epidota (70%), Calcita (15%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (12%); Crisocola (80%), Atacamita (20%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (4%) y trazas de bornita (<1%)		

Tabla 7.33: Descripción muestra 3316

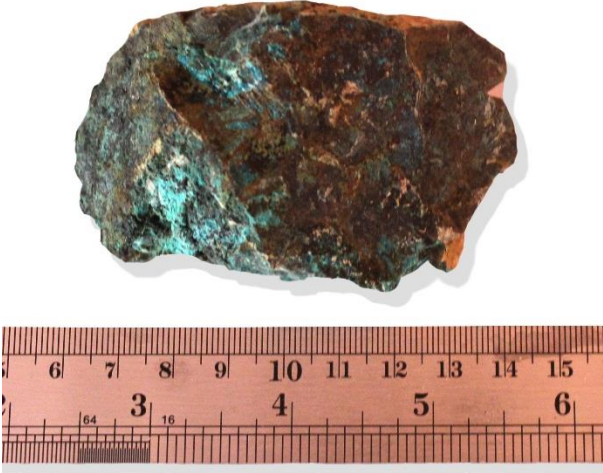
	Muestra	3316
	Coordenada	
	340242	6807355
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (7%); Clorita (15%), Epidota (65%), Calcita (20%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (12%); Crisocola (65%), Atacamita (35%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (4%)		

Tabla 7.34: Descripción muestra 3317

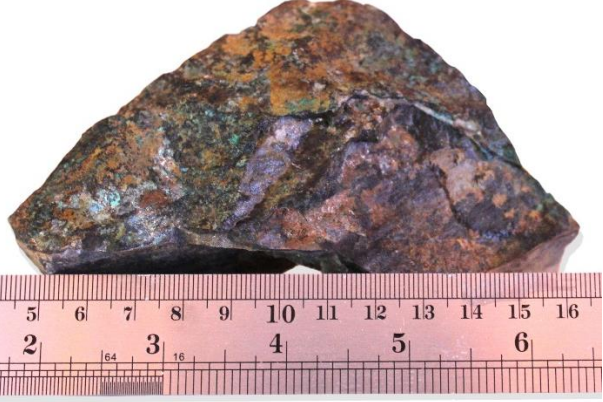

	Muestra	3317
	Coordenada	
	340215	6807425
	Litología	Volcánica
	Textura	Porfírica
	Alteración	
	Propilítica (10%); Clorita (20%), Epidota (50%), Calcita (30%)	
	Mineralización	
	Óxidos de cobre (8%); Crisocola (80%), Atacamita (20%)	
	Nombre	
Lava de composición andesita		
Observaciones		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (4%)		



Tabla 7.35: Descripción muestra 3318

	<b>Muestra</b>	3318
	<b>Coordenada</b>	
	340060	6807752
	<b>Litología</b>	Volcánica
	<b>Textura</b>	Porfírica
	<b>Alteración</b>	
	Arcillas (25%) y epidota (5%)	
	<b>Mineralización</b>	
	Óxidos de cobre (1%); Crisocola (95%), óxido verde (5%)	
	<b>Nombre</b>	
Lava de composición andesita		
<b>Observaciones</b>		
Masa fundamental afanítica. Presenta óxido de manganeso (2%)		