



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA**



Modelo estructural asociado a zonas de alteración hidrotermal y mineralización económica en proyecto Regaladas, Región de Atacama, Chile



Memoria para optar al Título de Geólogo

Alberto Nicolás Sanhueza Andrade

Profesor Patrocinante: Dr. Osvaldo Miguel Rabbia Dalmasso
Profesores Comisión: MsC. Abraham Elías Gonzalez Martínez
Dr. Jorge Andrés Quezada Flory

Concepción, 2020



*En Dios está mi salvación y gloria, en
Dios está mi roca fuerte y mi Refugio.*

INDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Ubicación y accesos	3
1.4. Metodología	5
1.4.1. Etapa de Gabinete I.....	5
1.4.2. Etapa de terreno.....	5
1.4.3. Etapa de Gabinete II.....	5
1.5. Agradecimientos	7
2. MARCO GEOTECTÓNICO	8
2.1. Generalidades	8
2.2. Jurásico superior-Cretácico inferior	9
2.3. Cretácico inferior-superior	9
2.4. Cretácico superior-Paleoceno-Eoceno	11
3. GEOLOGÍA DEL PROYECTO REGALADAS	14
3.1. Generalidades	14
3.2. Litología	16
3.2.1. Unidad Microdiorita (UMDr)	18
3.2.2. Unidad Tonalita (UTn)	19
3.2.3. Unidad Microgranodiorita (UMGr)	20
3.2.4. Unidad Dacitas (UDc)	21

3.2.5. Unidad Andesitas (UAn).....	23
3.2.6. Unidad Granodiorita (UGr)	24
3.2.7. Unidad Brechas (UBr).....	25
3.2.8. Unidad Diques (UDq)	26
3.2.9. Unidad Domos de Riolita (UDR)	28
3.3. Alteración hidrotermal y supérgena	29
3.3.1. Alteración propilítica.....	31
3.3.2. Alteración argílica intermedia.....	31
3.3.3. Alteración fílica.....	33
3.3.4. Alteración argílica avanzada.....	35
4. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	36
4.1. Antecedentes	36
4.2. Sombrero de hierro y zona de oxidación	37
4.3. Zona de enriquecimiento secundario	40
5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	43
5.1. Lineamientos regionales	43
5.2. Lineamientos locales	45
5.3. Deformación frágil	47
5.3.1. Fallas A.....	48
5.3.2. Fallas B, C y diaclasas	53
5.4. Deformación dúctil.....	54
5.5. Estructuras mineralizadas	55
5.5.1. Diques de la Unidad Domos de Riolita (UDR)	55
5.5.2. Vetas	56
6. DISCUSIÓN.....	57
6.1. Modelo litológico y estructural regional	57
6.2. Modelo litológico y estructural local	58

6.3. Control estructural en zonas de alteración hidrotermal y vetas con mineralización económica	60
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
8. REFERENCIAS	65
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. 1. Propiedades mineras proyecto Regaladas.....	2
1. 2. Mapa de ubicación y accesos.....	4
2. 1. Mapa marco geológico.	8
2. 2. Esquema de la tectónica durante el Mesozoico	10
3. 1. Mapa geológico área de estudio	15
3. 2. Mapa litológico proyecto Regaladas	17
3. 3. Afloramiento UMDr.....	18
3. 4. Muestra L9N.....	19
3. 5. Afloramiento UMGr.....	21
3. 6. Afloramiento UDC.....	22
3. 7. Muestra D6.....	23
3. 8. Afloramiento UGr.....	24
3. 9. Afloramiento UBr.....	25
3. 10. Muestra H8J.....	25
3. 11. Afloramiento UDq.....	26
3. 12. Unidad Diques de Riolita.....	28
3. 13. Mapa de alteración proyecto Regaladas.....	30
3. 14. Alteración argílica intermedia.....	31
3. 15. Muestra F7ac.....	32
3. 16. Alteración fílica en microscopía.....	34
4. 1. QEMSCAN Muestra I8J	37
4. 2. Sombrero de hierro y zona de oxidación	39
4. 3. Muestra G3J.	41
4. 4. Muestra N16J	42
5. 1. Mapa de lineamientos regionales	44
5. 2. Mapa de lineamientos locales	45
5. 3. Mapa estructural proyecto Regaladas	47

5. 4.	Resultados de softwares para fallas de calidad A.....	49
5. 5.	Estrías de turmalina.....	50
5. 6.	Mecanismo focal para planos con estrías de turmalina.....	51
5. 7.	Indicadores cinemáticos.....	52
5. 8.	Resultados de softwares para fallas B, C y diaclasas.....	53
5. 9.	Evidencias de foliación.....	54
5. 10.	Resultados softwares para diques de la Unidad Domo de Riolita.....	55
5. 11.	Resultados de softwares para vetas con mineralización económica.....	56
6. 1.	Modelo estructural regional Perfil 1.....	58
6. 2.	Modelo litológico y estructural.....	59
6. 3.	Evidencia de control estructural en zonas de alteración hidrotermal y vetas mineralizadas.....	61

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía	Página
3. 1. Unidad Tonalita.....	20
3. 2. Muestra L11N.....	22
3. 3. Pegmatita.....	27
3. 4. Afloramiento alteración argílica avanzada.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
3. 1. Categorización de datos estructurales.....	6
3. 2. Resultados DRX.....	32

RESUMEN

El proyecto Regaladas se encuentra ubicado en el distrito Algarrobal, 45 kilómetros al noreste de Vallenar, en la Tercera Región de Atacama. Corresponde a un distrito con una larga historia de exploración y explotación artesanal de vetas con mineralización de oro, donde se han encontrado leyes de hasta 298 g/t de Au.

Las rocas son ígneas volcánicas a subvolcánicas, tienen una edad Cretácico superior-Paleoceno y constituyen la evolución de un arco volcanomagmático durante condiciones compresivas transpresionales a extensivas transtensionales. Entre la variedad litológica se han encontrado tonalitas, microdioritas, granodioritas, granitos, andesitas, dacitas diques riolíticos y cuerpos brechosos, pertenecientes al Complejo Plutónico Los Morteros (Arévalo y Welkner, 2008, Peña y otros, 2013) y a la Formación Viñitas, facies El Molle (Segerstrom, 1959).

Las condiciones tectónicas durante el Cretácico superior-Paleoceno y Eoceno, dieron origen a diversos cuerpos de pórfidos de Cu y Au, brechas y sistemas de stockworks, con interés económico (Camus, 2003, Sillitoe y Perelló, 2005).

El trabajo de terreno permitió reconocer vetas y vetillas con mineralización de oro, sulfuros de Cu como calcopirita, covelina y calcosina, y óxidos de Cu como atacamita-brocantita, además de crisocola. El oro superficial se encuentra diseminado entre las capas de sílice coloidal e incluido en piritita y calcopirita. Los cuerpos mineralizados tienen una orientación promedio N50°W a E-W con manteos subverticales, y están relacionados a condiciones tectónicas transpresionales, con reactivación posterior en condiciones transpresivas. Tienen hasta 600 metros de corrida, un mínimo de 40 metros de profundidad y espesor de 0,7 a 1,2 metros.

Las vetas mineralizadas se encuentran rodeadas por un halo cercano de alteración fílica de varios centímetros de potencia, y un amplio halo de alteración propilítica y argílica intermedia. Además, las estructuras mineralizadas, se encuentran cubiertas por una zona de lixiviación caracterizada por la presencia de cuarzo, hematita y limonitas, las cuales han servido como guía de exploración. Las características de estos sistemas de vetas permiten relacionarlos con vetas económicas estudiadas por ENAMI en 2014.

Dadas las asociaciones minerales tanto de mena como de ganga y el contexto geológico en el cual está ubicado el proyecto Regaladas, se desarrolla el presente estudio de exploración bajo la hipótesis de que un cuerpo de relevancia económica subyace dentro de las propiedades, con el objetivo de delimitar zonas de alteración hidrotermal, vetas y posibles mallas de sondaje.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La gran explotación de recursos minerales ha decantado en el paulatino agotamiento de varios de los yacimientos más importantes a nivel mundial, que a pesar de sus grandes volúmenes y de tener vida útil para seguir operando durante los próximos años, hace que la industria trabaje cada vez con menores leyes. El aumento de la demanda de cobre, oro y otros metales, relacionado al tremendo incremento económico y tecnológico de los últimos años, hace que los recursos minerales sean cada vez más indispensables y escasos. Es en este contexto que la exploración minera, enfocada a yacimientos más pequeños y numerosos, toma gran relevancia.

El área ubicada al noreste de Vallenar, en el distrito Quebrada Algarrobal, cuenta con una amplia historia de explotación de yacimientos auríferos de manera artesanal. La litología está compuesta principalmente por rocas ígneas del Cretácico superior-Paleoceno, pertenecientes al Complejo plutónico Los Morteros (Arévalo y Welkner, 2008). Trabajos previos de exploración minera, realizados por ENAMI, han permitido determinar que los yacimientos asociados al Complejo Plutónico Los Morteros corresponden a vetas y cuerpos irregulares con orientación NW-SE y manto subvertical, con corrida de hasta 600 m, potencia de 0,2 a 1,2 m y profundidad de 80 m. Presentan calcopirita, oro y pirita como minerales de mena, y cuarzo, limonita, goethita, jarosita y hematita como minerales de ganga. La mayoría de estos yacimientos ya han sido explotados y se encuentran con producción paralizada (Díaz, 2014).

El proyecto Regaladas está compuesto por 15 propiedades mineras (Figura 1.1), en las que no existen estudios geológicos previos, y las propiedades Regalada 4 y Regalada 3 han sido explotadas de manera artesanal para la extracción de oro fino y grueso. Análisis realizados a muestras entregadas por el particular, han arrojado leyes promedio de 60 g/t de Au, para la “Mina del Agua”, ubicada en la propiedad minera Regalada 4.

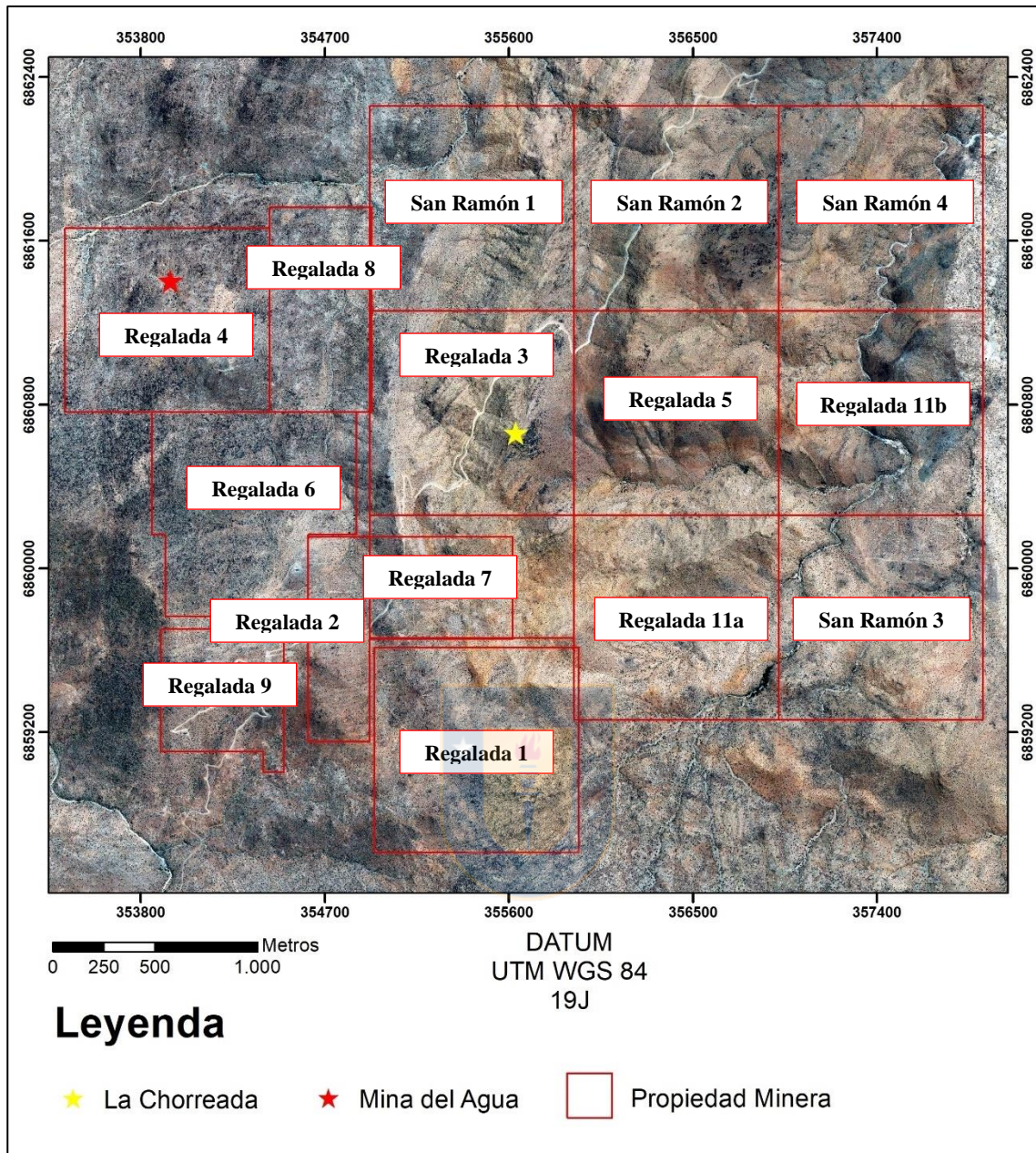


Figura 1.1. Mapa propiedades mineras del proyecto Regaladas.

La visita en terreno ha permitido identificar la presencia de una importante cantidad de vetas con calcopirita, oro y pirita, como minerales de mena, y óxidos e hidróxidos de Fe, como ganga. Estas estructuras presentan una marcada orientación NW-SE, y corresponden a cuerpos tabulares con espesores de 0,5 a 1 m y profundidades explotadas de 5 a 40 m. Estas características permiten relacionar dichas estructuras a las descritas por Díaz (2014), quien afirma que el oro puede indicar enriquecimiento supérgeno, desde la superficie hasta los 10

a 15 m, donde se puede localizar presencia de agua (también observado en Regalada 4), luego se encuentra oro fino hasta los 30 a 60 m, llegando al techo de sulfuros dominante, donde el agua es continua.

En el presente informe se detallan los antecedentes del primer trabajo de exploración minera del proyecto Regaladas, realizado mediante un mapeo de superficie de afloramientos, labores artesanales, fallas, vetas y estructuras mineralizadas, además del muestreo para análisis geoquímico y cortes transparentes pulidos, para determinar zonas de alteración hidrotermal y mineralización económica, y su relación con las estructuras regionales y locales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Establecer un modelo estructural para las zonas con alteración hidrotermal y mineralización económica del proyecto Regaladas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar descripción de cortes pulidos para determinar sulfuros relictos.
- Establecer modelo cinemático y diferenciar zonas de hematita, jarosita, goethita en superficie para establecer zonas mineralizadas que en profundidad puedan gradar a enriquecimiento secundario.
- Generar modelo estructural regional y modelo estructural local del yacimiento.
- Establecer control estructural de diferentes litologías en el proyecto.
- Relacionar las estructuras con zonas de alteración y mineralización.

1.3. Ubicación y accesos

El área de estudio se encuentra ubicada en la precordillera de la Región de Atacama, Chile. Se accede desde la ciudad de Vallenar por la ruta 5 Norte, 45 km aproximadamente, hasta el kilómetro 714, se vira a la derecha tomando la ruta C-455 de Quebrada Algarrobal por 28 km, luego se vira nuevamente a la derecha en dirección a Merceditas por 3 km.

Los caminos se encuentran en buenas condiciones, aunque se recomienda la utilización de vehículos 4x4 para aquellos caminos ubicados en el valle de Quebrada Algarrobal y dentro de las propiedades mineras pertenecientes al proyecto Regaladas.

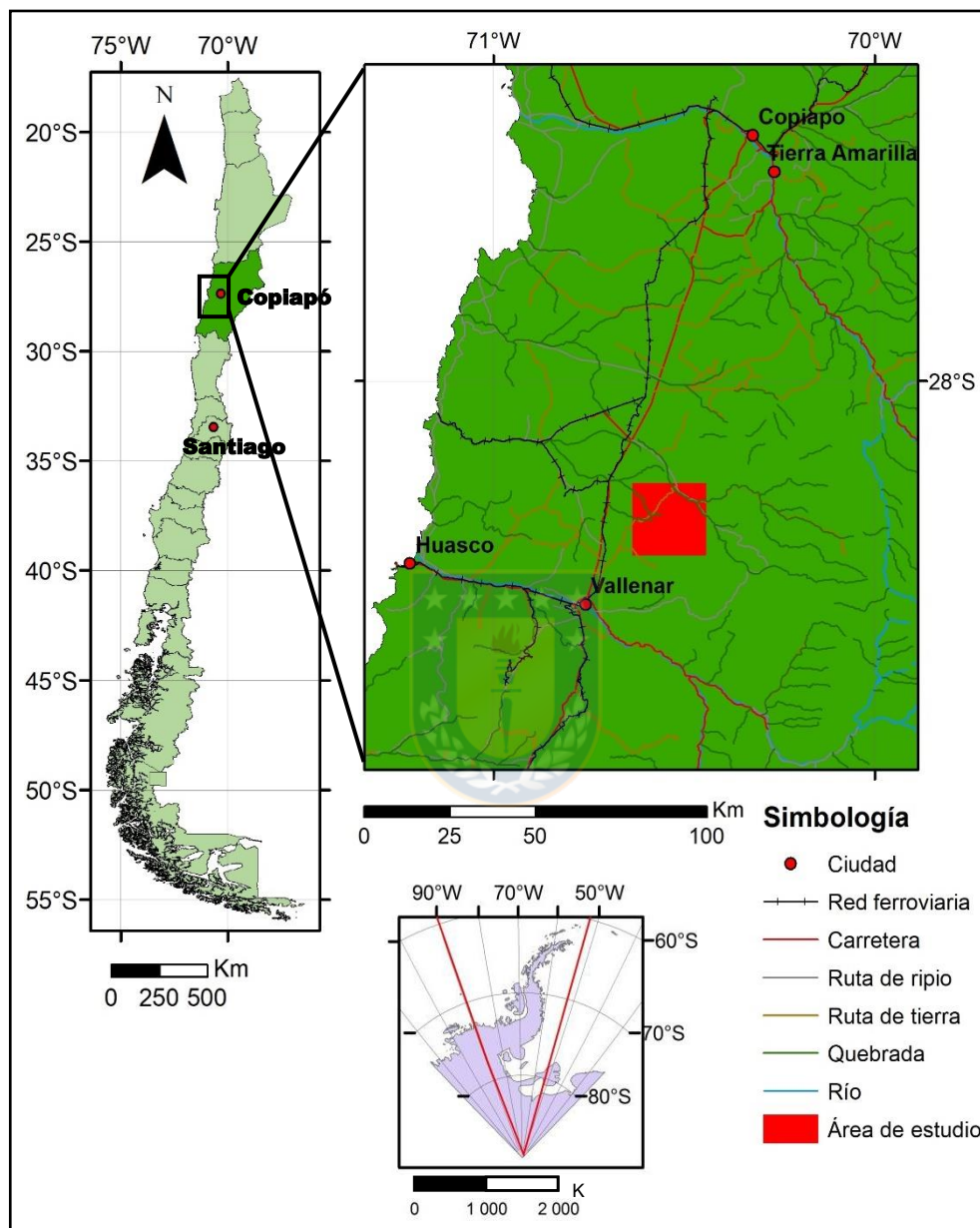


Figura 1.2 Mapa de ubicación y accesos.

1.4. Metodología

1.4.1. Etapa de Gabinete I

Se realiza una recopilación de información geológica de trabajos anteriores, complementada con estudio de sensores remotos para definir puntos de interés y targets de exploración.

A través del *software* ArcGIS 10.1 y tomando como base mapas del IGM de la zona e imágenes satelitales de Google Earth Pro, se elabora un mapa que se utilizará para ubicación y mapeo en la etapa de terreno.

1.4.2. Etapa de terreno

Se realizan 10 días de terreno durante enero de 2019 y 4 días durante mayo de 2019, los que se denominan correlativamente con las letras de la A a la N. Se lleva a cabo un levantamiento geológico de detalle, escala 1:25.000 que incluye el mapeo de rumbo y manto de vetas, vetillas, fallas, diaclasas, fracturas y estructuras mineralizadas, además de litologías y zonas de alteración hidrotermal. Se obtienen datos de GPS, medidas de estructuras, muestras y descripción de afloramientos.

Se realizan dos líneas de muestreo para estudios de geoquímica, una en el sector oeste del área de estudio y otra en la zona este.

Las principales herramientas utilizadas para esta etapa son brújulas, del tipo Brunton y estructural, GPS, bolsas para muestras, libreta de terreno, cámara fotográfica, lupa, rayador, martillo geológico, geoflex, entre otros. Para la movilización se utilizó 1 camioneta Mitsubishi L-200.

1.4.3. Etapa de Gabinete II

Se analizan los datos estructurales en los *softwares* FaultkinWin 7.0 y Dips 6.0, con el fin de obtener direcciones preferenciales de rumbo en las vetas e interpretar la cinemática del desplazamiento de las estructuras mayores y menores. Los datos estructurales han sido categorizados de acuerdo con la calidad, con letras de la “A” a la “D”, según la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Categorización de datos estructurales.

Calidad	Características
A	Plano con estrías y 2 o más indicadores cinemáticos.
B	Plano con estrías y 1 indicador cinemático.
C	Plano con estrías o 1 indicador cinemático.
D	Plano sin estrías ni indicadores cinemáticos.

Se realizan cortes transparentes pulidos en el departamento Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción y análisis químicos, en el laboratorio F.G.F. de la ciudad de La Serena, para determinar alteraciones hidrotermales, anomalías geoquímicas y zonas de mineralización económica. Los datos GPS de los puntos visitados son ingresados en Arcgis 10.1 para obtener una visión general del área y se procede a la fotointerpretación para delimitar lineamientos regionales que se puedan relacionar a los lineamientos locales vistos durante la campaña de terreno. Mediante la manipulación de imágenes satelitales de LANDSAT 8 y Sentinel 2, se extrapolan litologías y zonas de alteración.

Para la descripción de muestras de mano se utiliza la lupa Zeiss Stemi DRC de aumentos 2X y 4X, y para la descripción de cortes transparentes pulidos se usan microscopios monoculares Zeiss Standary, binoculares Olympus BX 41 y Motic BA 310 Pol del departamento Ciencias de la Tierra.

Para la clasificación de las rocas ígneas se utiliza el diagrama QAP de Streckeisen (1976).

En el Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA) se realiza análisis QMSCAN a 3 muestras y difracción de rayos x (DRX) a 5 muestras.

1.5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con el financiamiento de don Carlos Carrasco, del Departamento Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, con su programa de apoyo a alumnos memoristas, y del Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA). Agradezco el aporte del profesor Marcos Pincheira, por aceptar mi tema y asumir como profesor patrocinante a pesar de ser su último año de trabajo, y al profesor Osvaldo Rabbia, por permitirme continuar el tema posterior a la jubilación del profesor Pincheira.

Se agradece la colaboración de la profesora Ursula Kelm, profesor Oscar Jeréz y doña Nolvía Campos, por la buena disposición para realizar los análisis de QEMSCAN y DRX, del profesor Abraham Gonzalez, por la resolución de cualquier duda en cuanto a trabajo y protocolos, y de don Emiliano Navarrete por la impecable realización y arreglo de los cortes transparentes, con los cuales pude llevar a cabo este informe.

Quiero agradecer a mi compañera, amiga y futura colega Javiera Fernández, por estar en todas aquellas salidas a terreno y posteriores discusiones geológicas. A mis amigos de geología, Javi, Vale, Pipe, Yosi y Emilio, por años de retroalimentación geológica y personal. A mi polola, por el amor y apoyo brindado en esta última etapa y a mi familia, papá, abuelos y Moncho, por de una u otra forma siempre estar.

Finalmente agradezco a mi madre, por tantos años de amor, paciencia y apoyo, sin los cuales nada de esto hubiese sido posible.

2. MARCO GEOTECTÓNICO

2.1. Generalidades

El área comprendida entre los 27° y 28°S se caracteriza por una amplia historia geológica y el desarrollo de eventos tectónicos extensionales y compresivos.

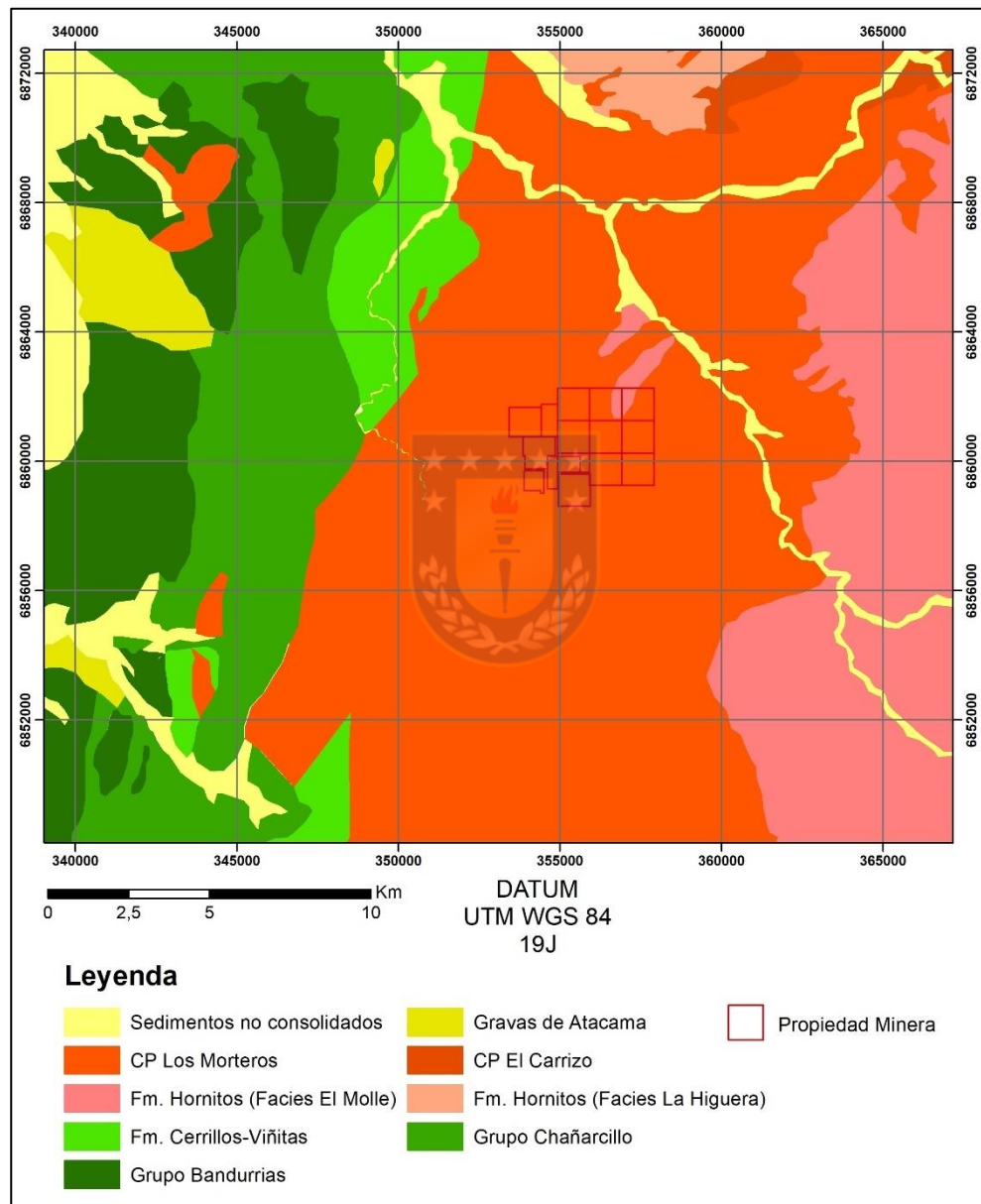


Figura 2.1. Mapa marco geológico, basado en las cartas geológicas hoja Vallenar y parte norte de La Serena (Moscoso y otros, 1982) y Yervas Buenas-Tres Morros (Peña y otros, 2013)

2.2. Jurásico superior-Cretácico inferior

En el inicio del Ciclo Andino, debido a una disminución en la velocidad de subducción, contemporánea con la fragmentación de Gondwana, se produce una importante extensión en la corteza superior, generando un arco magmático de orientación NNE-SSW, durante un período de *rift*, caracterizado por el desarrollo de importantes cuencas de trasarco paralelas al margen, en el sector oriental, con arquitectura de hemigraben (Figura 2.2 (a)) entre las que destacan la cuenca de Chañarcillo, cuenca Lautaro y cuenca Lagunillas (Coira *et al.*, 1982; Mpodosis y Ramos, 1990; Franzese y Spalletti, 2001; Amilibia y otros, 2008; Ramos, 2009, Martínez y otros, 2013). Al oeste del área de estudio, las Formaciones Abundancia, Nantoco, Pabellón y Totalillo (Biese-Nickel en Hoffstetter y otros, 1957), pertenecientes al Grupo Chañarcillo (Segerstrom y Parker, 1959), corresponden a una secuencia marina calcárea con geometría de cuña, en cuyos limbos se han observado espesores de 2000 m y menos de 1000 m, por lo que representarían una etapa de depositación *synrift*. Hacia la parte oriental del área, una potente sucesión marina y continental define las Formaciones La Ternera y Lautaro (Brüggen, 1950, Segerstrom, 1968), cuya forma también acuñada representaría la etapa *synrift* para la cuenca de Lautaro, mientras que las Formaciones La Ternera, Lagunillas (Jensen, 1976) y Quebrada Monardes (Muzzio, 1980, Reutter, 1974), definidas como secuencias marinas siliciclásticas a volcánico-continuales, representarían dicha etapa para la cuenca Lagunillas (Martínez y otros, 2013, Martínez y otros, 2015). Es en este período donde se forman las estructuras NNE-SSW, en un contexto tectónico extensivo, que posteriormente dan origen a los lineamientos más importantes observados tanto a nivel regional como local.

2.3. Cretácico inferior-superior

El desarrollo de una tectónica compresiva relacionada a la orogenia Peruana (~ 100 Ma), produce el inicio de la inversión de las cuencas de Chañarcillo, Lautaro y Lagunillas, mediante la reactivación de fallas normales (Figura 2.2 (b)) que limitaban los hemigraben, como fallas inversas (Martínez y otros, 2013, Martínez y otros, 2015). La transición de un ambiente marino a uno continental se observa en el sector ubicado al oeste del área de estudio, en la Formación Cerrillos (Segerstrom y Parker, 1959), correspondiente a una secuencia volcanoclástica continental de hasta 4000 m de potencia. Maksaev y otros (2009) sugieren un carácter *syn-orogénico* para estos depósitos, sin embargo, basados en relaciones

estructurales y estratigráficas, Martínez y otros (2013) los definen como facies de hundimiento de una etapa post-*rift*.

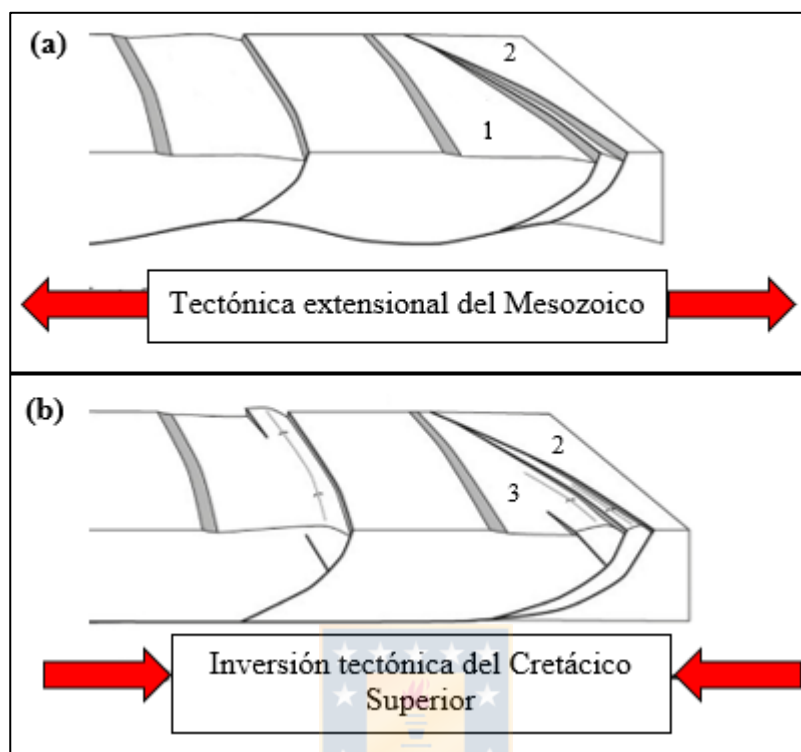


Figura 2.2. Esquema de la tectónica durante el Mesozoico. (a) Tectónica extensional durante el Jurásico – Cretácico. (b) Inversión tectónica durante el Cretácico Superior. **1:** Cuenca de Chañarcillo, **2:** Falla Elisa de Bordos – Agua de los burros, **3:** Anticlinorium Tierra Amarilla.

2.4. Cretácico superior-Paleoceno-Eoceno

Durante el Cretácico superior se produce la depositación de potentes secuencias de sedimentos continentales con importante aporte volcánico, que han sido definidas como Formación Viñita (Aguirre y Egert, 1965) y Formación Hornitos (Seegerstrom, 1959). Estos depósitos serían de carácter *syn-orogénico*, formados durante una tectónica compresiva que produjo la inversión final de la cuenca de Chañarillo, hace 65.2 Ma (Martínez y otros, 2013). Esta etapa contraccional, definida como orogenia K-T (Cornejo y otros, 2003, Charrier y otros, 2007), ha sido identificada ampliamente en la tercera región de Atacama, se habría desarrollado entre los 65 y 62 Ma, y sería la responsable de la discordancia angular entre las sucesiones sedimentarias del Cretácico y el Paleoceno.

Durante la orogenia K/T ocurre el ascenso de grandes volúmenes de magma, que dan origen a los cuerpos intrusivos que componen al Complejo Plutónico Los Morteros. Este corresponde a una serie de rocas intrusivas que pueden agruparse en 5 tipos de litologías principales, que desde la más antigua a la más joven son: dioritas y monzodioritas (KsPam(d)), granodioritas (KsPam(gd)), tonalitas y granitos (KsPam(t)), granitos y monzogranitos (KsPam(g)) y diques aplíticos (KsPam(a)). En el área de estudio se encuentran tonalitas y granodioritas.

Las tonalitas (KsPam(t)) son de color grisáceo (índice de color mesocromático), compuestas por plagioclasa, cuarzo biotita y hornblenda, como principal ferromagnesiano. Presentan numerosos xenolitos dioríticos, cuyos tamaños varían desde los 5 cm de largo a 3 cm de ancho hasta 40 cm de largo y 10 cm de ancho, con formas alargadas en dirección N30°E.

Las granodioritas KsPam(gd), en la zona de quebrada Algarrobal, han sido descritas como un cuerpo granodiorítico con variaciones a leucogranodiorita y granito, y está en contacto con meta andesitas y meta brechas volcánicas de la Formación Hornitos. Tienen índice de color leucocrático, y se componen de cuarzo, plagioclasa, ortoclasa, biotita, anfíbola, magnetita, esfeno, allanita, circón y epidota, con textura fanerítica a inequigranular (Peña y otros, 2013).

Posterior a la orogenia K-T (ubicada en el límite Cretácico-Paleógeno) se desarrolla un arco volcano-plutónico de orientación NNE-SSW y extensión de más de 3000 km, donde predominan condiciones extensionales a transtensionales (Mpdzisz y otros, 1995, Charrier

y otros, 2007). Este arco da origen a una cadena de complejos volcánicos que incluyen domos riolíticos y varias calderas de colapso formadas posterior a un evento compresivo mayor y que cubren a los depósitos cretácicos (Cornejo y otros, 1993).

El Cretácico superior-Paleoceno e inclusive Eoceno de la Tercera Región, está caracterizado por la formación de grandes complejos volcano-plutónicos emplazados a través de eventos de colapso-resurgencia en un ambiente extensional a transtensional. En la Precordillera de Vallenar, en las quebradas Yervas Buenas y Algarrobal, se han reconocido facies volcánico-piroclásticas e intrusivas, que incluye flujos ignimbríticos, lavas e intercalaciones volcanoclásticas y volcano-sedimentarias, intruídas por *stocks* granodiorítico-dioríticos que determinan el desarrollo de extensas zonas de alteración hidrotermal. Las asociaciones de facies, sus relaciones estructurales y temporales, y la marcada morfología subanular, permiten sugerir un campo de calderas anidadas al sur de la Quebrada Algarrobal. Dicho campo estaría compuesto por al menos 4 estructuras de colapso denominadas en conjunto Complejo Volcano-plutónico Yervas Buenas, el cual se encontraría disectado por una extensa zona de fallas de características regionales de rumbo N65°W, la que sería de importancia económica (Rivera y Falcon, 2000).

La actividad magmática del arco del Paleoceno a Eoceno medio está caracterizada por el emplazamiento de plutones, domos, pequeños *stocks* e intrusivos subvolcánicos de composiciones gabroicas a dacíticas y erupción de abundantes depósitos volcánicos de carácter basáltico, andesítico y dacítico-riolítico, habitualmente ligados a campos de calderas y extensas zonas de alteración hidrotermal y mineralización económica (Charrier y otros, 2009).

A lo largo del arco volcano-plutónico durante el Paleoceno a Eoceno temprano, se formaron pórfidos de Cu-Mo (59 a 52 Ma) (Camus, 2003, Sillitoe y Perelló, 2005). Estos se distribuyen a lo largo de una franja de unos 1500 km de largo y de 30 a 50 km de ancho, desde el sur de Perú hasta Chile central (17° a 29°30'S). En Chile, esta franja se encuentra en la Depresión Central y Precordillera, y aunque se explotan depósitos como Cerro Colorado, Spence y Lomas Bayas, y hay otros prospectos perforados, tales como Sierra Gorda, Mocha, Relincho y Las Pascualas, la franja concentra menor cantidad de cobre (12,7 Mt de Cu, según Camus, 2003) e históricamente ha tenido menor relevancia económica.

Estos yacimientos tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au tendrían una génesis relacionada a las sucesivas intrusiones derivadas de los eventos de colapso-resurgencia, ya que los pórfidos cupríferos y los campos de calderas, más que ser antitéticos estarían comúnmente asociados (Lipman y Sawyer, 1985).



3. GEOLOGÍA DEL PROYECTO REGALADAS

3.1. Generalidades

Debido a su ubicación geográfica, el proyecto Regaladas abarca un amplio espectro de rocas ígneas, principalmente intrusivas a subvolcánicas, y en menor medida volcánicas. Estas litologías, pertenecen al Complejo Plutónico Los Morteros y son el resultado de una importante actividad ígnea relacionada al desarrollo del arco volcano-plutónico del Cretácico superior-Paleoceno, caracterizado por el ascenso de un gran volumen de magma, con afinidad geoquímica calcoalcalina y de carácter peraluminoso, en forma de plutones y complejos de domos y diques (Arévalo y Welkner, 2008, Peña y otros, 2013). Este magma habría llegado a partes someras de la corteza en un contexto tectónico compresivo, relacionado a la orogenia K-T (Cornejo y otros, 2003, Charrier y otros, 2007). Posteriormente, en condiciones extensionales a transtensionales, habría ocurrido el desarrollo de grandes campos de calderas de colapso-resurgencia durante el Paleoceno-Eoceno, donde se habrían generado amplias zonas de alteración hidrotermal y mineralización económica, debido a numerosos eventos de intrusión de domos riolíticos y migración de fluidos (Rivera y Mpdozis, 1991, Arévalo y otros, 1994, Rivera y Falcón, 2000)

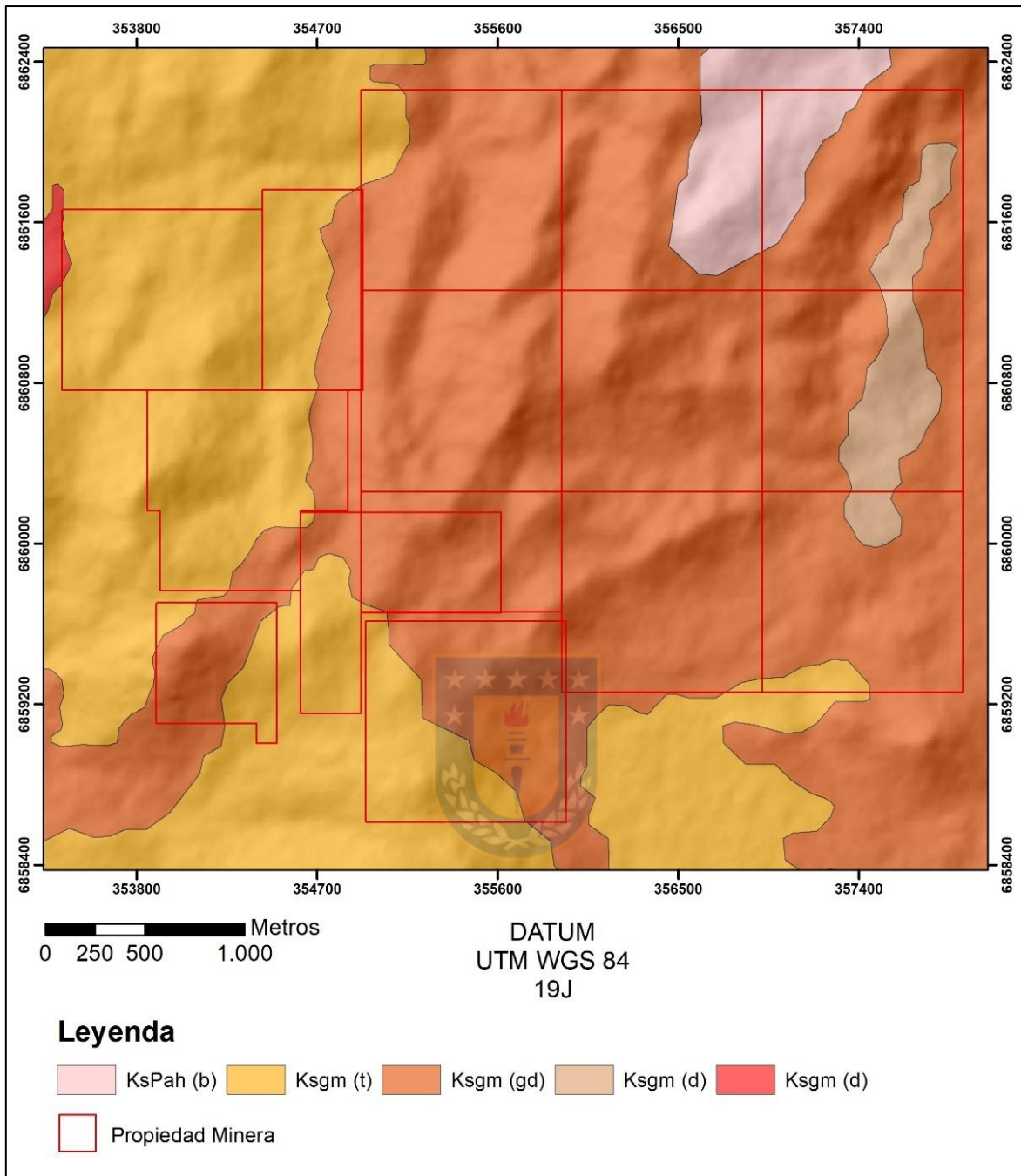


Figura 3.1. Mapa geológico área de estudio, modificado de carta geológica Yerbas Buenas-Tres Morros (Peña y otros, 2013)

3.2. Litología

Los tipos litológicos identificados a través del análisis de muestras de mano, cortes transparentes y pulidos, han sido agrupados en “Unidades”, de acuerdo con sus características composicionales y su clasificación según Streckeisen (1976), y se pueden observar en el mapa de litología de la Figura 3.2. Para complementar las observaciones de terreno se han utilizado imágenes satelitales, de LANDSAT 8 y SENTINEL 2, procesadas en Arcgis 10.1 mediante la herramienta *Composite bands*, para obtener composiciones de bandas que permitieran resaltar los atributos de estas litologías.

Las unidades tienen un marcado control estructural, se encuentran limitadas por fallas de orientación NNE-SSW, WNW-ESE y en menor medida NE-SW. Incluyen dioritas, tonalitas, granodioritas, granitos, dacitas, andesitas y diques de variada composición.

Las observaciones, tanto composicionales como texturales, permiten relacionar las unidades del proyecto Regaladas al Complejo Plutónico Los Morteros y Formación Hornitos (Facies El Molle).



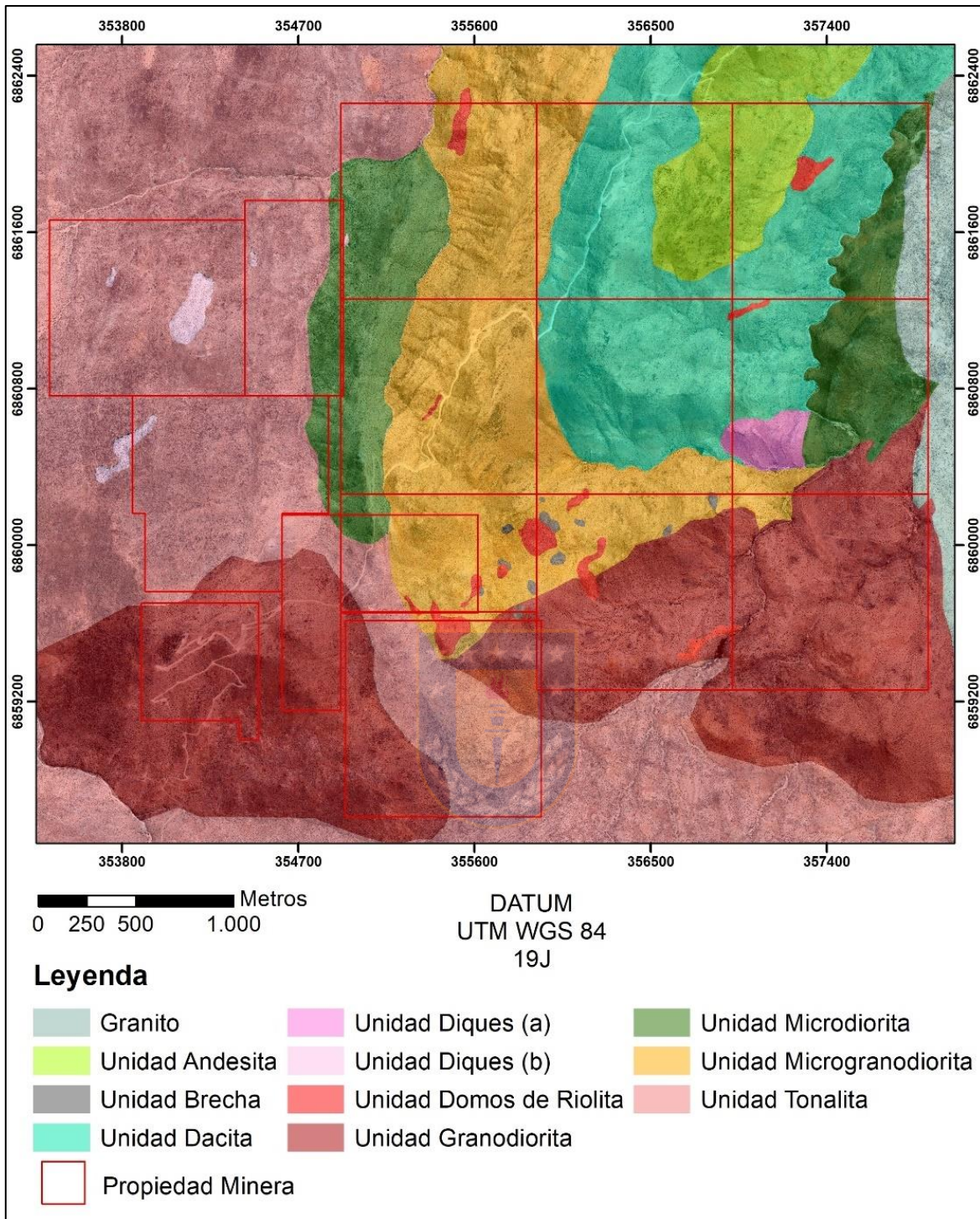


Figura 3.2. Mapa litológico proyecto Regaladas.

3.2.1. Unidad Microdiorita (UMDR)

Aflora como dos franjas paralelas de orientación NNE-SSW, ubicadas en el sector central y oriental del área. Está intruída por el resto de las litologías y a menudo se encuentra como enclaves en la Unidad Tonalita, Unidad Microgranodiorita y Unidad Granodiorita, por lo que constituiría una fase temprana del magmatismo de la zona.

La mineralogía, vista en corte transparente (Figura 3.4) está compuesta por plagioclasa (35%), cuarzo (15%), anfíbol (20%), biotita (12%) y magnetita (8%). Tiene textura microfanerítica a microporfídica, con fenocristales de anfíbol, biotita y magnetita. Los anfíboles y biotita se encuentran moderada a fuertemente alterados a clorita \pm epidota, y presentan un leve bandeamiento en dirección N20°E. La magnetita se encuentra diseminada en la roca, presenta martitización y tendría un origen magmático.

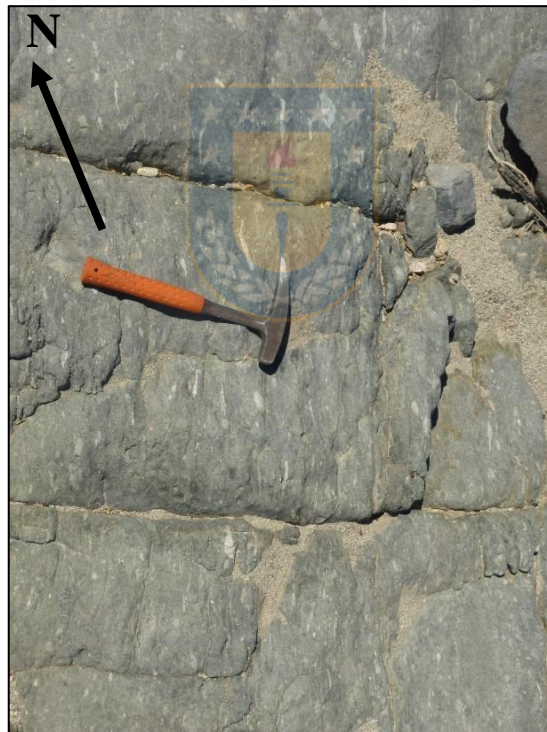


Figura 3.3. Afloramiento UMDR, se observa orientación N20°E de cuarzo y clastos.

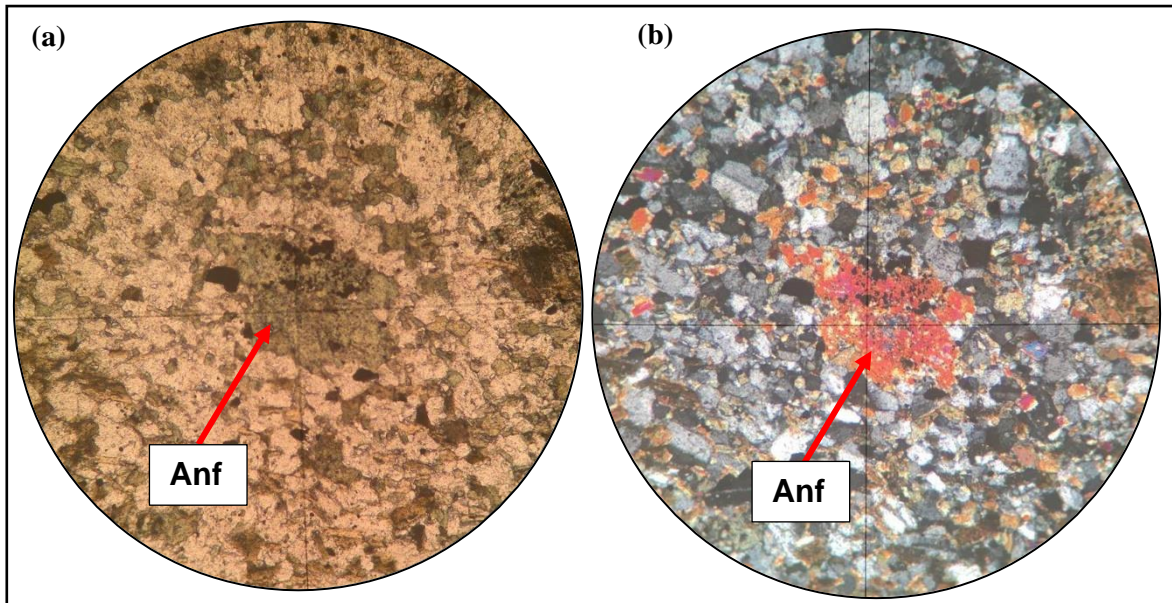
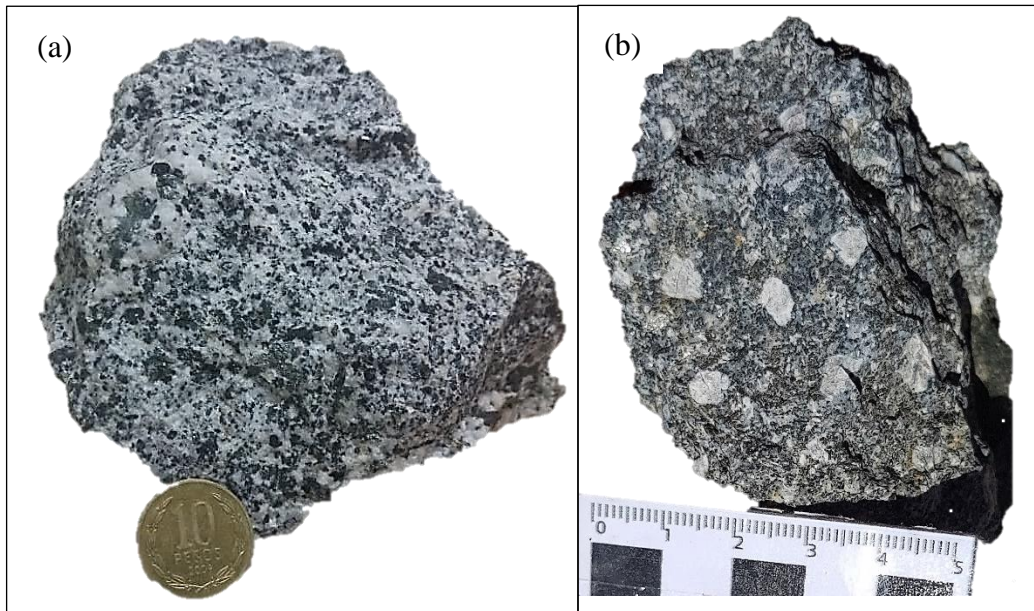


Figura 3.4. Muestra L9N, anfíbol parcialmente reemplazado por clorita + epidota (a) vista en LPP, (b) vista en NC.

3.2.2. Unidad Tonalita (UTN)

Se encuentra en la parte oeste y sureste del área de estudio. En el sector occidental está en relación de contacto por intrusión con la Unidad Granodiorita, donde se ha observado una zona de *mixing*, caracterizado por la mezcla de magmas de ambas composiciones.

La mineralogía está compuesta por cuarzo (28%), plagioclasa (35%), anfíbol (12%) y biotita (22%), y en menor medida turmalina (3%). La textura es fanerítica (Fotografía 3.1 (a)) y el tamaño de grano varía de medio a grueso en afloramientos en superficie, mientras que en profundidades de 30 a 40 m se ha observado una variación hacia texturas porfídicas (Fotografía 3.1 (b)), con gruesos fenocristales de plagioclasa. Esta unidad se encuentra prácticamente inalterada, excepto en las vetas relacionadas a fallas, donde se desarrolla alteración hidrotermal fílica y propilítica. En general, en los afloramientos predominan los procesos de meteorización, de manera muy superficial, por lo que el macizo rocoso presenta buena calidad.



Fotografía 3.1. Unidad Tonalita. (a) Tonalita con textura fanerítica equigranular. (b) Tonalita con textura porfídica.

3.2.3. Unidad Microgranodiorita (UMGR)

Incluye una variación de diques, de composición tonalítica a granodiorítica, que afloran como una franja con elongación NNE-SSW y NE-SW (Figura 3.5), en la parte central del área. Mineralógicamente está compuesta por cuarzo (30-40%), plagioclasa (30-35%), ortoclasa y/o microclina (20-5%), anfíbol (8%), biotita (8%) e ilmenita reemplazada por hematita (<4%). Presenta textura microfanerítica y una importante orientación en bandas N20-40°E. Los anfíboles se encuentran parcialmente alterados a epidota y clorita, mientras que los feldespatos presentan alteración a arcilla por meteorización. En algunos sectores se han observado cúmulos de muscovita, biotita e ilmenita. Se encuentra ampliamente intruída por la Unidad Domos de Riolita y en los bordes de contacto se han desarrollado extensas zonas de alteración argílica intermedia.



Figura 3.5. Afloramiento UMGR, se observa rumbo N20°E.

3.2.4. Unidad Dacitas (UDC)

Se encuentran en el sector noreste, sobreyacen en inconformidad a la Unidad Microgranodiorita y subyacen concordantes a la Unidad Andesitas. Presentan una estratificación con rumbo N43-65°W y manto de 36-56° hacia el NE (Figura 3.6), y en menor medida, se han observado como diques que intruyen a la unidad Microgranodiorita. La mineralogía (Fotografía 3.2) está compuesta por cuarzo (50%), ortoclasa (10%), plagioclasa (30%), biotita (8%), pirita (2%) y líticos de microtonalita (<1%). Tienen textura porfídica con fenocristales de cuarzo, plagioclasa y ortoclasa, mientras que la masa fundamental está compuesta principalmente por cuarzo recristalizado. Los fenocristales de cuarzo, en sectores, se encuentran fracturados y rellenos por cuarzo secundario microgranular, el cual estaría relacionado a un evento de silicificación. La pirita se encuentra en cúmulos, principalmente en los planos de contacto entre capas, y está fuertemente oxidada a hematita.



Figura 3.6 Afloramiento UDC, se observa manteo de las capas hacia el NE.



Fotografía 3.2 Muestra L11N, dacita porfídica.

3.2.5. Unidad Andesitas (UAN)

Aflora en el sector noreste e incluye lavas afaníticas, lavas porfídicas y autobrechas. Se ha observado una variación textural desde afanítica a porfídica con masa fundamental afanítica. Los fenocristales corresponden a plagioclasa de hasta 1 cm, las cuales se encuentran fuertemente alteradas a arcillas. Además, presenta leve magnetismo por presencia de magnetita diseminada (Figura 3.7). Tienen un color verdoso por alteración a clorita + epidota y en algunos sectores se ha observado el desarrollo de foliación en dirección N20-40°E.

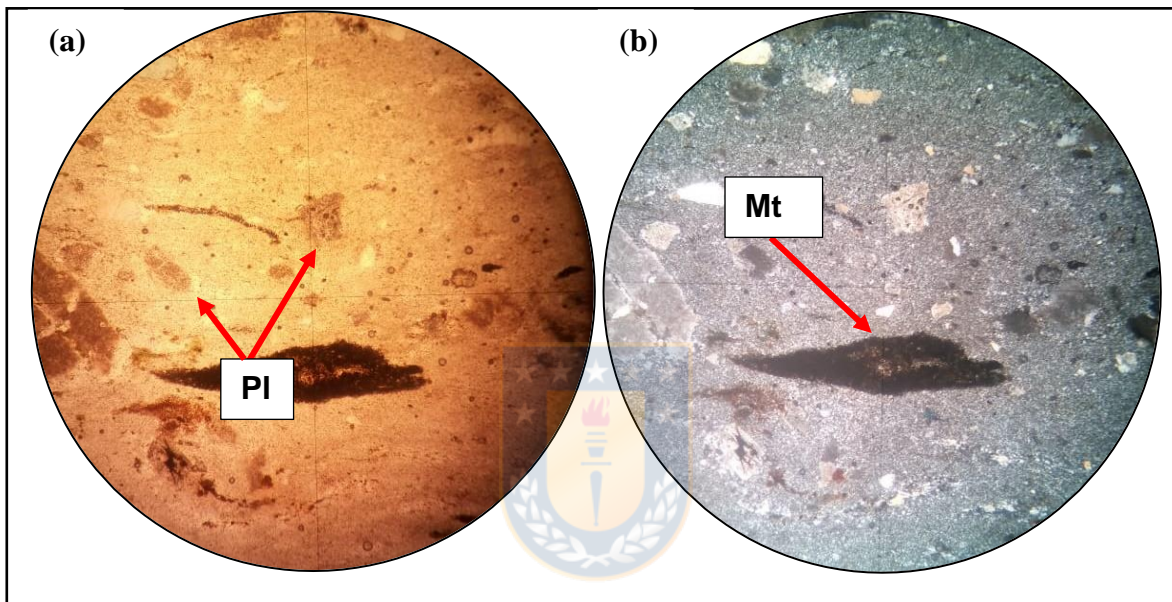


Figura 3.7. Muestra D6, (a) Vista en LPP, fenocristales de plagioclasas (Pl) argilizados, **(b)** Vista en NC, cúmulo de magnetita (Mt).

3.2.6. Unidad Granodiorita (UGR)

Aflora en la parte sur del área. Tiene textura fanerítica a porfídica y la mineralogía está compuesta por cuarzo (37%), plagioclasa (30%), ortoclasa (15%), turmalina (10%) y biotita (8%). Los feldespatos se encuentran levemente alterados a arcilla, por meteorización. Contienen enclaves de la Unidad Microdiorita y la Unidad Tonalita, por lo que representarían una etapa tardía del magmatismo. No presenta alteración hidrotermal ni relación con vetas con mineralización económica.

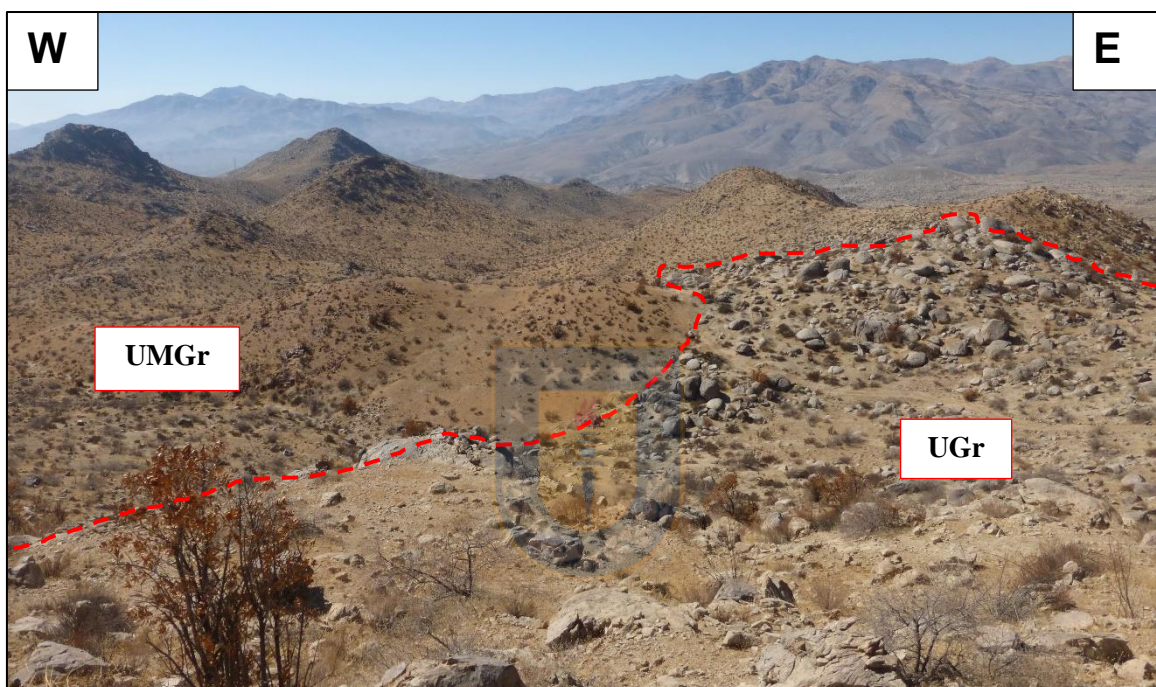


Figura 3.8. Afloramiento de UGR, afectada por meteorización, en contacto con UMGR.

3.2.7. Unidad Brechas (UBR)

Aflora en el sector central del área de estudio, como pequeños cuerpos subredondeados que siguen un lineamiento de orientación N40°E, ubicados cerca del contacto entre la Unidad Granodiorita y la Unidad Microgranodiorita, y además relacionados espacialmente con la Unidad Domos de Riolita. Tienen textura brechosa, y la fábrica varía desde grano soportada en los lugares cercanos a la roca caja, a matriz soportada, en los sectores más alejados (Figura 3.9).

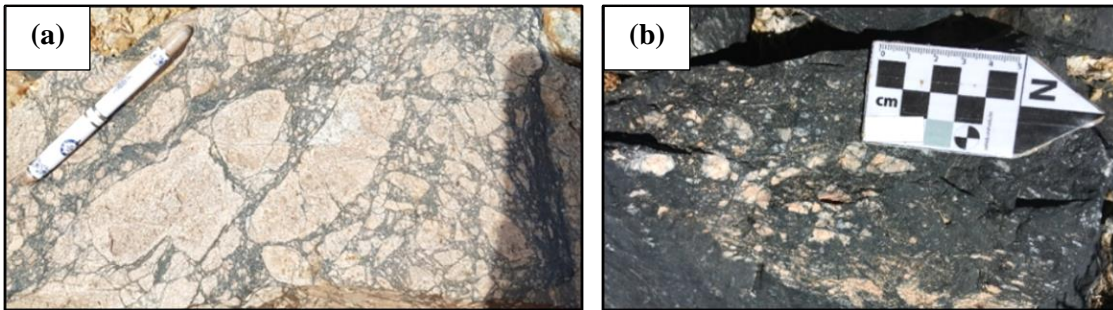


Figura 3.9. Afloramiento UBR, (a) Fábrica clasto-soportada, (b) Fábrica matriz-soportada.

Los líticos tienen composición riolítica, y presentan magnetita y sulfuros diseminados, reemplazados parcialmente por hematita y limonitas. En los bordes de los líticos se desarrolla un halo de alteración cuarzo + sericita. La matriz está compuesta mayoritariamente por turmalina, y en menor medida por clorita y cuarzo microgranular (Figura 3.10).

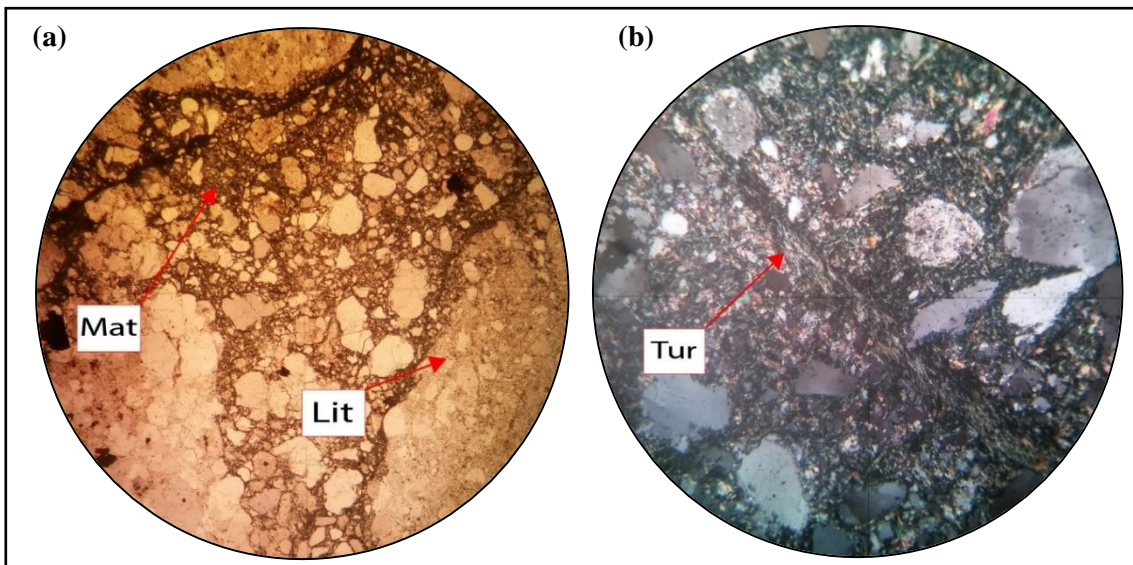


Figura 3.10. Muestra H8J, (a) Vista en LPP, se observa matriz (Mat) y líticos (Lit), (b) Vista en NC, se observa matriz de turmalina (Tur).

3.2.8. Unidad Diques (UDQ)

Agrupar a aquellos cuerpos discordantes que intruyen a la unidad Microgranodiorita (a), y a los afloramientos de pegmatitas en las unidades Microdiorita, Tonalita y Granodiorita (b).

Los diques, composicionalmente, varían desde aplita hasta diabasa, tienen textura micro fanerítica, 0,3-2 m de potencia y una marcada orientación N50°W (Figura 3.11).

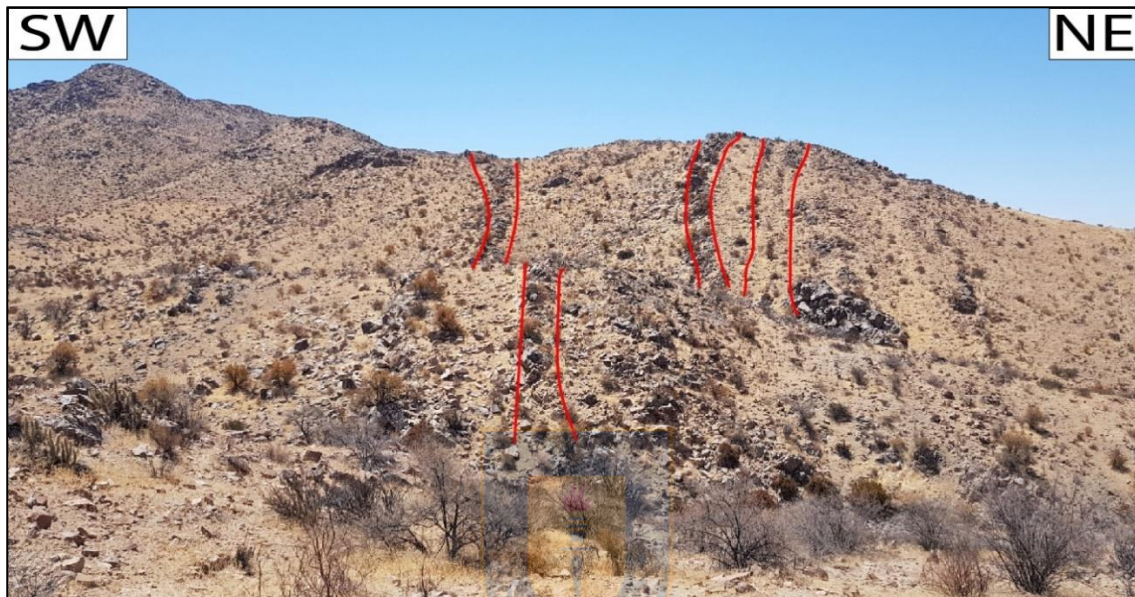
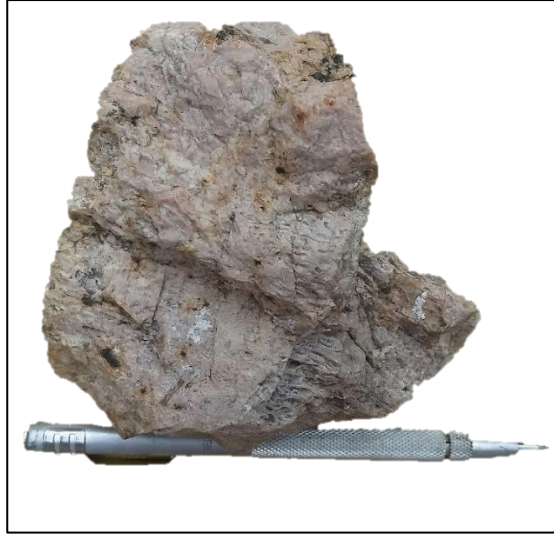


Figura 3.11. Afloramiento UDQ (a), se observa potencia de hasta 2 m y orientación N50°W.

Por otro lado, los afloramientos de pegmatitas corresponden a cuerpos ovalados, elongados en dirección N20°E, y serían la fase final de cristalización de los plutones. La mineralogía está compuesta por ortoclasa, cuarzo, muscovita, biotita y turmalina. Tienen textura fanerítica y grano tamaño grueso, también se ha observado textura gráfica con intercrecimiento de cuarzo y ortoclasa (Fotografía 3.3).



Fotografia 3.3. Pegmatita.



3.2.9. Unidad Domos de Riolita (UDR)

Aflora como pequeños cuerpos de orientación N20-40°E (Figura 3.12 (a)), restringida a zonas con gran actividad estructural, en general, valles ubicados en los límites de la Unidad Microgranodiorita. La mineralogía está compuesta por cuarzo (40%), ortoclasa (25%), plagioclasa (10%), biotita (10%) y hematita (5%).

Tienen textura porfídica, los fenocristales están compuestos por cuarzo con embahiamiento, ortoclasa, plagioclasa y biotita euhedrales, mientras que la masa fundamental está formada por cuarzo y ortoclasa (Figura 3.12 (b)). Los cristales de ortoclasa y plagioclasa presentan recristalización con ortoclasa 2° y biotita 2° en cúmulo, y están alterados a arcillas de forma incipiente, por procesos de meteorización. Los cúmulo de biotita están estrechamente relacionados a la presencia de menas. Los metálicos corresponden principalmente a hematita que, probablemente, es producto de la fuerte oxidación de pirita, magnetita y calcopirita, de los cuales se han observado relictos y pseudomorfismo. Las menas se encuentran diseminadas y en cúmulo, y alcanzan casi un 5%.

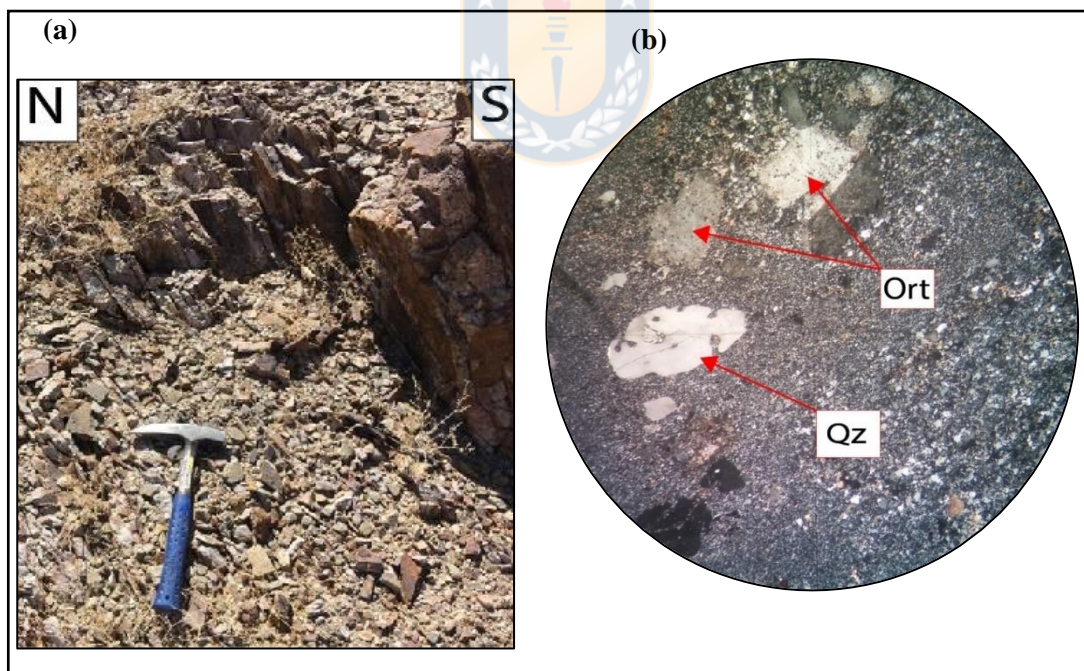


Figura 3.12. (a) Afloramiento UDR, orientación N20°E, (b) Muestra J3J, vista en NC, se pueden ver fenocristales de ortoclasa (Ort) y cuarzo (Qz) con embahiamiento.

3.3. Alteración hidrotermal y supérgena.

En el área de estudio se ha identificado una importante actividad hidrotermal relacionada a zonas de fallas. En el sector oeste, la alteración hidrotermal está restringida a vetas de 0,3 a 1 m de espesor y orientación N50°W a E-W, donde la roca caja corresponde a la Unidad Tonalita, la cual desarrolla un delgado halo de alteración controlado por dichas estructuras. En el sector este, debido a una mayor actividad estructural, se observan amplias zonas de alteración hidrotermal en valles y zonas de bajos topográficos, desarrollando halos de alteración de varios metros de extensión, que afecta a la Unidad Microgranodiorita y Unidad Domos de Riolita. Por otro lado, ha sido posible determinar una importante oxidación caracterizada por la presencia de zonas de hematita y limonita, y en menor medida por óxidos de cobre como atacamita-brocantita, malaquita y crisocola. En la Figura 3.13 se observa la distribución de las zonas de alteración hidrotermal y supérgena.



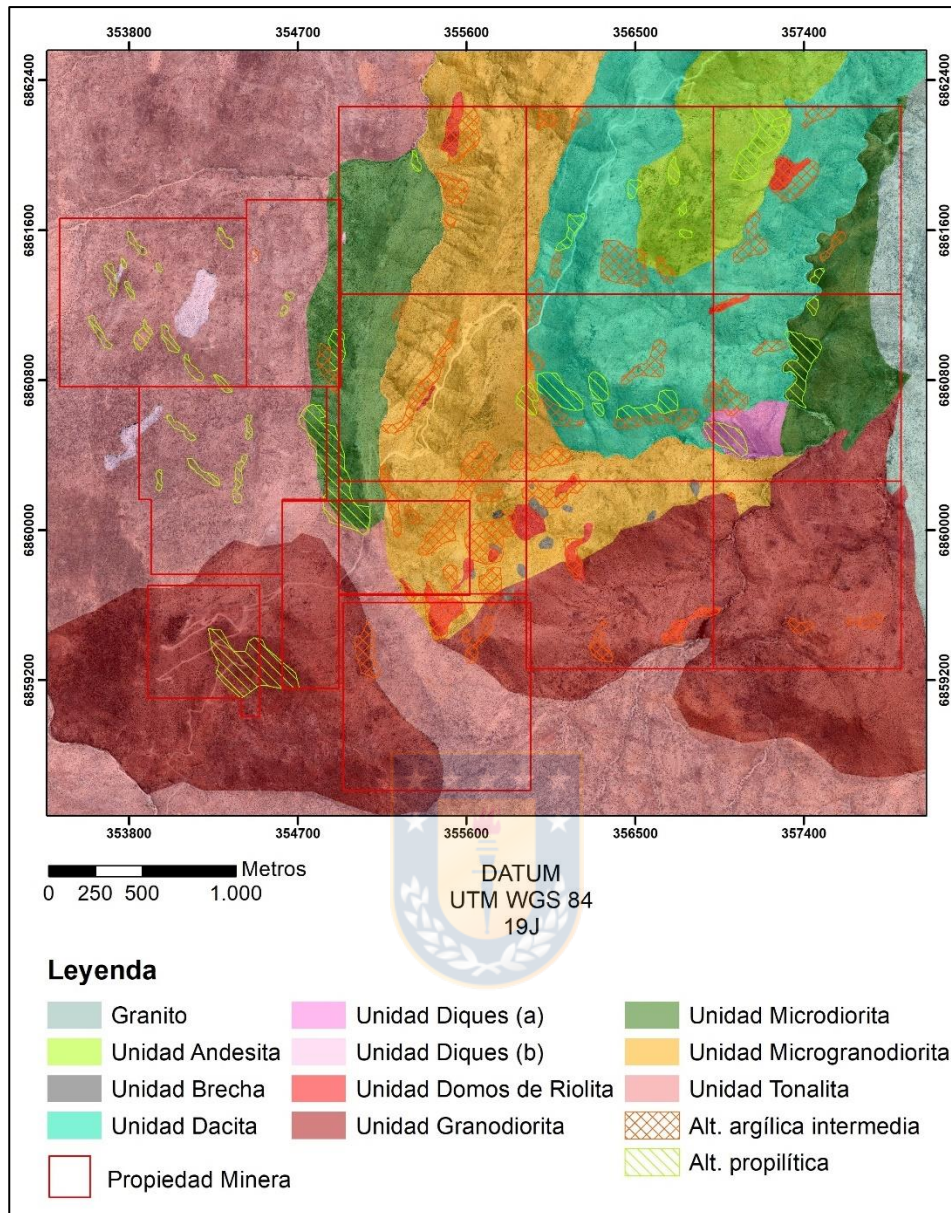


Figura 3.13 Mapa de alteración proyecto Regaladas.

3.3.1. Alteración propilítica

Tiene una amplia distribución en el área, se desarrolla principalmente como halo distal de las zonas de alteración fílica, argílica intermedia y avanzada en las unidades Microgranodiorita y Microdiorita. Está caracterizada por la paragénesis de clorita + epidota \pm calcita. Tiñe las rocas de un color verdoso característico y habitualmente está relacionada con zonas que presentan magnetismo. También se ha observado alteración propilítica en las vetas, obliterada por procesos posteriores de alteración fílica y argílica avanzada.

3.3.2. Alteración argílica intermedia

Tiene gran distribución en el área afectando prácticamente a todas las unidades, está relacionada a valles y zonas deprimidas, y a lineamientos de orientación N20-40°E, teniendo su extensión más importante en el sector central del proyecto. Está caracterizada por la alteración de feldespato potásico y plagioclasas a arcillas, dando a las rocas un color pardo anaranjado. Se desarrolla como halo cercano a zonas de alteración fílica y se encuentra espacialmente relacionada con *stockworks* de hematita + magnetita fuertemente oxidados a limonita y goethita (Figura 3.14).

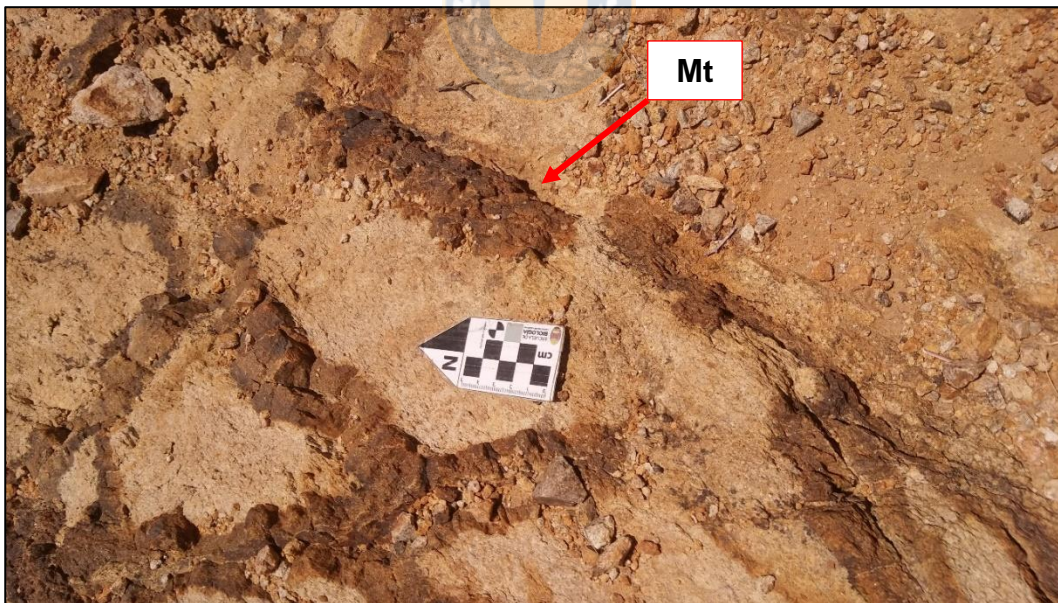


Figura 3.14. Alteración argílica intermedia y *stockwork* de magnetita (Mt) oxidada a limonita, afectando a UMGR.

Las zonas de alteración argílica intermedia están relacionadas principalmente a sectores donde la actividad estructural es muy marcada y ha contribuido al desarrollo de una

importante permeabilidad secundaria, que habría favorecido el tránsito de fluidos, ya sea hidrotermales o meteóricos. Para determinar la naturaleza de esta alteración (hidrotermal o supérgena) se analizaron 5 muestras por el método de difracción de rayos X. La información obtenida de los difractogramas (ANEXO) ha sido resumida en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resultados DRX.

Muestra	Montmorillonita	Caolinita	Hematita	Magnetita	Goethita	Jarosita
AG-1	-	-		X	-	-
AG-3	-	-		X	-	-
D-4	-	-	-	-	-	-
F7ac	X	X	X	-	-	-
G3J	-	X	X	-	X	X

Las muestras AG-1, AG-3 y D-4 presentan un desarrollo de arcillas inferior al límite de detección, principalmente se ha encontrado magnetita y hematita debido a la estrecha relación espacial de estas muestras con zonas de oxidación. La muestra F7ac presenta peaks de montmorillonita y caolinita, mientras que en la muestra G3J se han encontrado peaks pertenecientes a caolinita y jarosita. La presencia de montmorillonita representaría un origen hidrotermal de la alteración argílica intermedia, mientras que la caolinita representaría una etapa supérgena de alteración debido a la circulación de aguas meteóricas, favorecida por las estructuras que afectan a las unidades, principalmente en las zonas de contacto. La presencia de jarosita en la muestra G3J estaría relacionada a una etapa de alteración argílica avanzada.



Figura 3.15. Muestra F7ac.

3.3.3. Alteración fílica

Constituye la alteración hidrotermal económicamente más relevante, ya que estaría relacionada a la depositación de menas como calcopirita, oro, plata y pirita. Se han encontrado dos paragénesis que marcarían dos etapas de alteración fílica.

La primera etapa está caracterizada por la paragénesis de sericita + muscovita + cuarzo 2° ± clorita, que se encuentra en zonas de 20 a 40 m de profundidad, en vetas con relleno de cuarzo + muscovita + pirita + hematita + calcopirita ± covelina ± calcosina, más cercanas a la fuente de los fluidos (Figura 3.16 (a)).

La segunda etapa está caracterizada por la paragénesis de pirofilita + sericita + cuarzo 2° ± clorita, relacionada al emplazamiento de vetillas de tipo E con relleno de cuarzo + calcita + muscovita ± pirita ± calcopirita ± oro (Figura 3.16 (b)). Las vetas con esta paragénesis se han encontrado en las zonas más superficiales, por lo que constituirían una etapa tardía o residual del fluido que da origen a esta alteración, en cuyos sectores termina con vetillas tipo E, de color verde con presencia de abundante siderita, jarosita y calcita.

El halo de alteración fílica va desde 10 cm hasta 1 m de extensión y su desarrollo ha sido observado principalmente en las vetas de orientación N50°W a E-W. Además, en la Unidad Brechas también ha sido posible observar un delgado halo de alteración fílica que afecta a los líticos de la roca caja de las brechas cuya matriz está compuesta por turmalina + cuarzo ± clorita.

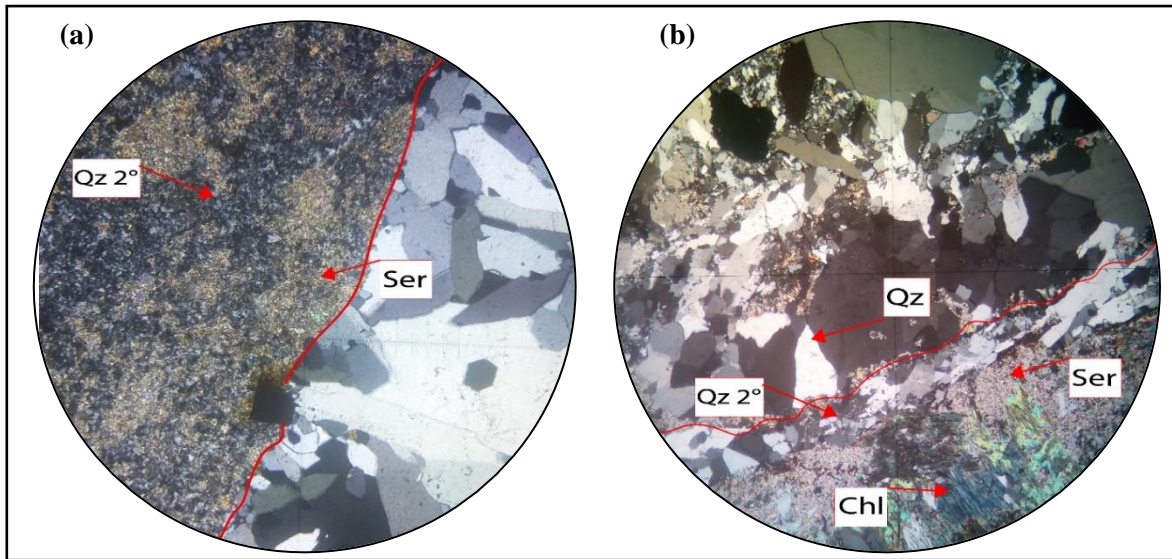
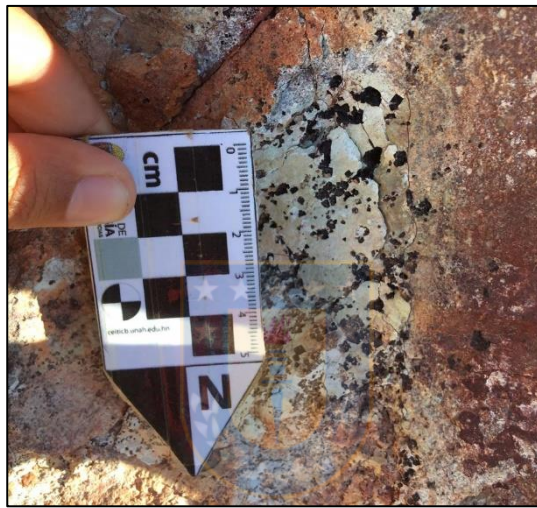


Figura 3.16. Alteración fílica en microscopía. (a) **Muestra I11J**, se observa cuarzo secundario ($Qz\ 2^\circ$) y sericita (Ser) además de relleno de cuarzo como drusas, (b) **Muestra I8J**, se observa relleno de cuarzo (Qz) y sericita (Ser), cuarzo secundario ($Qz\ 2^\circ$) y clorita (Chl) como minerales de alteración.



3.3.4. Alteración argílica avanzada

Se encuentra restringida a estructuras de orientación N50°W a E-W, y en menor medida N20-40°E, de espesores centimétricos. Se caracteriza por la presencia de *boxworks* de pirita y calcopirita, como resultado de la oxidación y lixiviación extrema de sulfuros primarios y secundarios, con texturas oquerosas (Figura 3.4). En algunos sectores los *boxworks* se encuentran rellenos por calcedonia, por lo que la paragénesis característica de esta alteración corresponde a cuarzo + calcedonia ± alunita ± oro.



Fotografía 3.4. Afloramiento alteración argílica avanzada

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

4.1. Antecedentes

El proyecto Regaladas cuenta con un amplio historial de explotación de recursos auríferos de manera artesanal, que data de hace 40 años. En el área de estudio, dicha actividad se ha desarrollado principalmente en “La mina del Agua” y “La Chorreada”, ubicadas en las propiedades Regalada 4 y Regalada 3, respectivamente. Análisis de laboratorio realizados en LFS de La Serena por el dueño del proyecto don Carlos Carrasco, en despuntes seleccionados de “La mina del Agua”, han arrojado leyes promedio de 60 g/t de Au (Anexo 1). Es en esta labor donde se ha podido identificar de mejor manera la zonación en la ocurrencia de oro que existe en el área. Entre los 0 y los 20 m se presenta como oro fino y oro grueso, mientras que de los 20 a los 40 m se encuentra como oro fino, en forma de inclusiones dentro de pirita, donde alcanza las mayores leyes (193 g/t Au en seleccionado). Hacia los 40 m, algunas muestras presentan calcopirita>pirita lo que podría indicar el techo de la zona de sulfuros y una posible zona primaria en profundidad, tal como se ha descrito para estructuras similares ubicadas dentro del distrito Algarrobal (Díaz, 2014).

Durante el trabajo en terreno, se obtuvieron muestras de la parte superficial de las vetas de “La Mina del Agua” y se le realizaron análisis de microscopía en luz transparente y reflejada, además de QEMSCAN. Estas vetas están restringidas a estructuras generadas por fallas de orientación N50°W a E-W, con una potencia de 0,3 m en superficie hasta un 1 m en profundidad, con posibilidades de aumentar. Dentro de la estructura, la roca caja está afectada por alteración propilítica (epidota + clorita) a la que se le sobre impone una alteración fílica tardía pervasiva (pirofilita + sericita + cuarzo 2°). En superficie las vetillas van de 3 a 10 cm, con relleno de cuarzo + muscovita + calcita ±pirita, calcopirita y hematita (Figura 4.1)

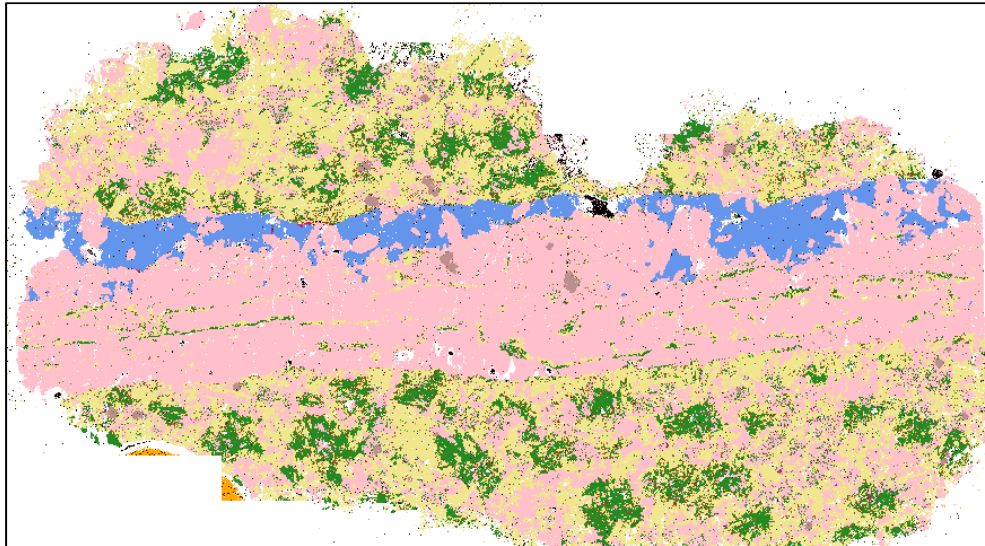
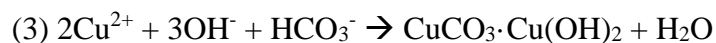
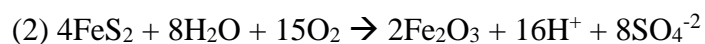
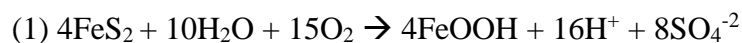


Figura 4.1. QEMSCAN Muestra I8J, se observa relleno de veta y minerales de alteración. Verde: clorita, azul: calcita, amarillo pálido: muscovita, café: biotita, rojo pálido: óxidos e hidróxidos de Fe,

4.2. Sombrero de hierro y zona de oxidación

Se han identificado amplias zonas de oxidación, caracterizadas por la presencia de hematita (>5%) reemplazando parcial a totalmente a magnetita, pirita y calcopirita (Figura 4.2 (a), (b)) de acuerdo con las reacciones (1) y (2). Esta zona oxidada se encuentra en la porción superficial de las vetas con mineralización económica, con profundidades de 0 a 10 m. En algunos sectores se han observado óxidos de cobre como atacamita, brocantita, además de malaquita, crisocola y chenevixita, como costras y relleno de espacios, según la reacción (3) (Figura 4.2 (c)). Por otro lado, en la parte superior de la zona de oxidación, se desarrolla una zona lixiviada, caracterizada por la presencia de limonitas y goethitas, como resultado de una oxidación y lixiviación extrema de los sulfuros primarios y secundarios.



La muestra P3J, obtenida en la parte superficial de la mina “La Chorreada” presenta *boxworks* de pirita y calcopirita rellenos por calcedonia de hábito coloidal, en la cual ha sido

posible identificar oro fino (1%) diseminado en las capas del coloide (Figura 4.2 (d), (e), (f)), y pirita parcialmente reemplazada por hematita.



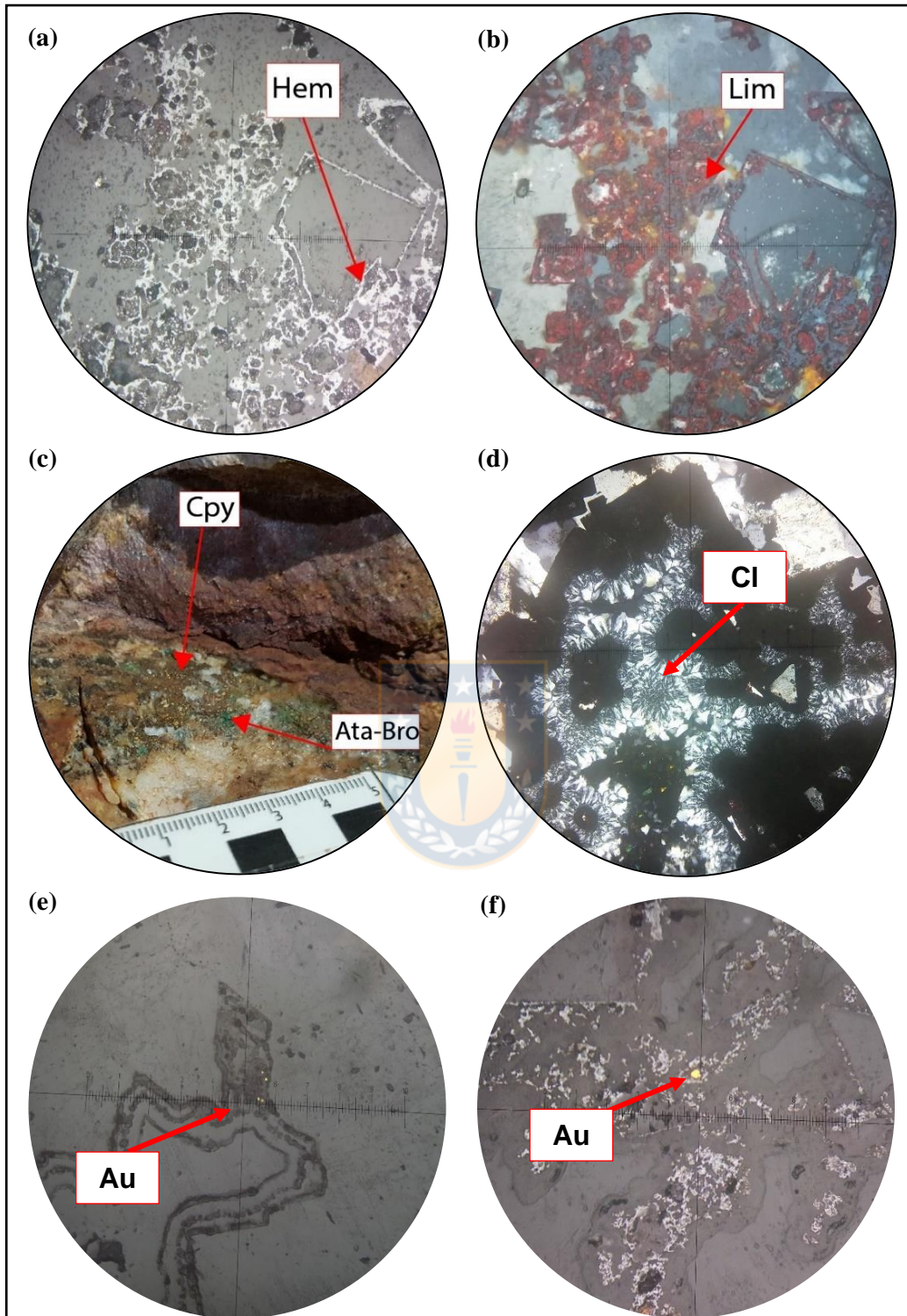
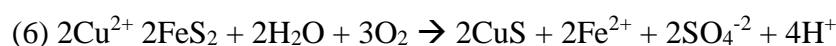


Figura 4.2. (a) **Muestra G3J**, vista en luz reflejada, se observa hematita (Hem). (b) **Muestra G3J**, vista en NC, se observa limonita (Lim) bordeando a hematita. (c) **Óxidos de Cu**, atacamita-brochantita (Ata-Bro), y sulfuros, calcopirita (Cpy), en veta de muestra G3J. (d) **Muestra P3J en NC**, boxworks rellenos con calcedonia (Cl). (d) y (e) **Muestra P3J en luz reflejada**, oro fino en capas de coloides de calcedonia

4.3. Zona de enriquecimiento secundario

Se han obtenido muestras de sectores profundos de las vetas con mineralización económica, lo que ha permitido identificar una prominente zona con enriquecimiento secundario de sulfuros. Se encuentra bajo la zona de oxidación, entre los 10 a 40 m (aprox.) de profundidad y está caracterizada por la presencia de calcosina y covelina como reemplazo parcial de calcopirita y pirita, de acuerdo con las reacciones (4), (5) y (6).



La muestra G3J (UTM: 19 J 6860447 S, 355250 E) corresponde a una vetilla de cuarzo con óxidos de cobre y hierro y sulfuros de cobre ubicada a 10 m de profundidad, dentro de una pequeña labor. Existe un proceso de alteración fílica, que produce la alteración de los feldespatos a sericita y recristalización del cuarzo primario a secundario en los clastos de roca caja que quedan dentro de la vetilla y en los bordes, como halo. En la etapa de alteración fílica se produciría la mineralización de pirita y calcopirita, las que se encuentran diseminadas y en cúmulos, restringidas a la vetilla. Posteriormente ocurre el reemplazo de pirita y calcopirita por calcosina y covelina, comenzando principalmente desde los bordes y por las zonas de debilidad cristalográfica. En esta muestra el reemplazo por sulfuros secundarios es prácticamente total (Figura 4.3). En los sectores más superficiales de la labor, la veta presenta atacamita – brocantita y malaquita, marcando una zona mixta donde existe un traslape entre el enriquecimiento secundario y la oxidación.

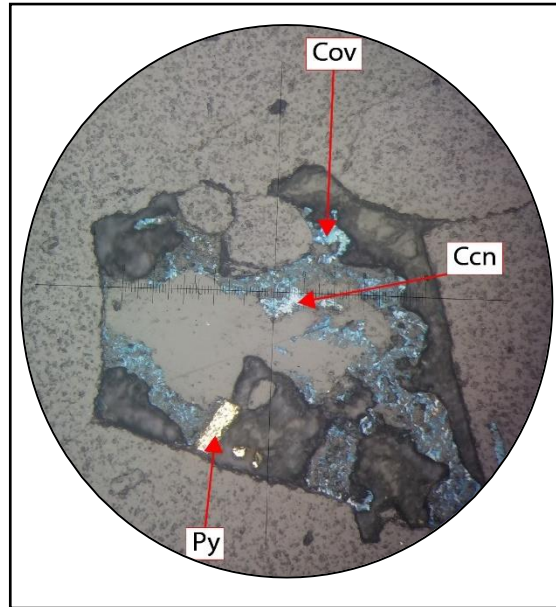


Figura 4.3. Muestra G3J, vista en luz reflejada, se observa covelina (Cov), calcosina (Ccn) y pirita (Py).

La muestra N16J (UTM: 19J 6859443 S, 355182 E) corresponde a una vetilla con relleno de cuarzo, feldespatos, calcopirita, pirita, hematita y goethita. Presenta alteración fílica, con presencia de cuarzo secundario, sericita y arcillas producto de una alteración incipiente de los feldespatos. La calcopirita y pirita se encuentran diseminadas en la veta y alcanzan un 4% y 6% respectivamente. El proceso de enriquecimiento secundario está muy bien desarrollado, donde es posible observar el reemplazo de calcopirita por covelina y calcosina, desde los bordes de los granos hacia el centro y en las zonas de debilidades cristalográficas (Figura 4.4). En esta muestra además ha sido posible identificar que los hidróxidos de Fe como limonitas y goethitas son el resultado final de la oxidación extrema de calcopirita, pirita y hematita, de acuerdo con las reacciones.

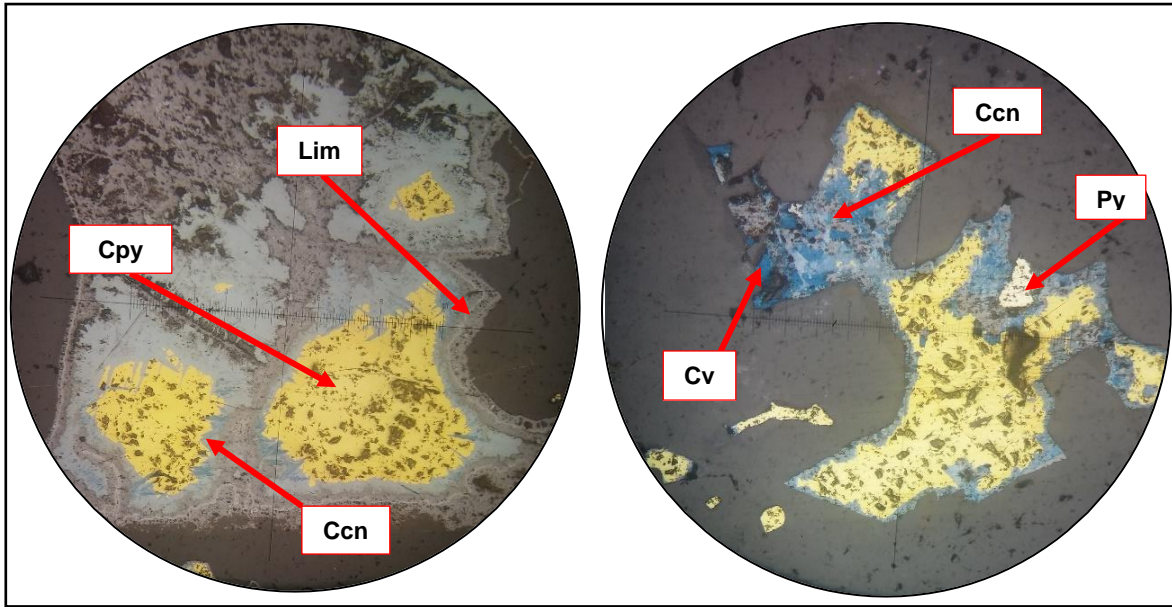


Figura 4.4. Muestra N16J, vista en luz reflejada, se observa reemplazo de pirita (Py) y calcopirita (Cpy) por calcosina (Ccn), covelina (Cv) y limonita (Lim).



5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

5.1. Lineamientos regionales:

La Región de Atacama está caracterizada por una intensa actividad estructural, producto de diversos períodos compresivos y extensivos que han ocurrido sucesivamente. A nivel regional ha sido posible identificar numerosos lineamientos, los cuales se detallan en la Figura 5.1.

Los lineamientos más abundantes son aquellos de dirección N-S y NNE-SSW, el más importante de ellos correspondiente a la falla Elisa de Bordos – Agua de los Burros (Arévalo, 2005b, Arévalo y Welkner, 2008, Martínez y otros, 2013; Peña y otros, 2013) que corresponde a una falla inversa de alto ángulo, de vergencia al este, cuyo origen habría ocurrido en un régimen extensivo. Constituye el límite de cuenca de los hemigraben desarrollados durante el Mesozoico y posteriormente habría sufrido reactivación inversa durante el Cretácico Superior – Paleoceno (Martínez y otros, 2013). En la zona comprendida entre Copiapó y Vallenar, se observa que la falla Elisa de Bordos – Agua de los Burros es paralela a ejes de pliegue de la Formación Hornitos y, hacia el oeste, le corta y pone en contacto con la Formación Cerrillos y el Grupo Chañarcillo (Peña y otros, 2009).

Otro de los rasgos más importantes a nivel regional son estructuras subanulares, que según detallan Rivera y Mpodozis (1991), y Rivera y Falcón (2000), corresponderían a cuerpos producidos por el colapso de estructuras de caldera que se habrían desarrollado en un período transtensivo ocurrido en Paleoceno – Eoceno. Dichas estructuras se encuentran anidadas y juntas son definidas como Complejo volcánico – plutónico Yerbas Buenas, siendo parte del extenso campo de calderas del Paleoceno – Eoceno observadas en la zona de Copiapó, donde además se encuentran la megacaldera Carrizalillo, caldera Lomas Bayas, caldera El Durazno, caldera Bellavista, entre otras.

Finalmente, se han observado lineamientos de dirección NW-SE, menos numerosos a nivel regional, entre los que destacan el valle de Quebrada Algarrobal, y el lineamiento “Fortuna” de orientación N65°W, cuyo final correspondería a las estructuras subanulares de caldera (Mpodozis y Falcón, 2000).

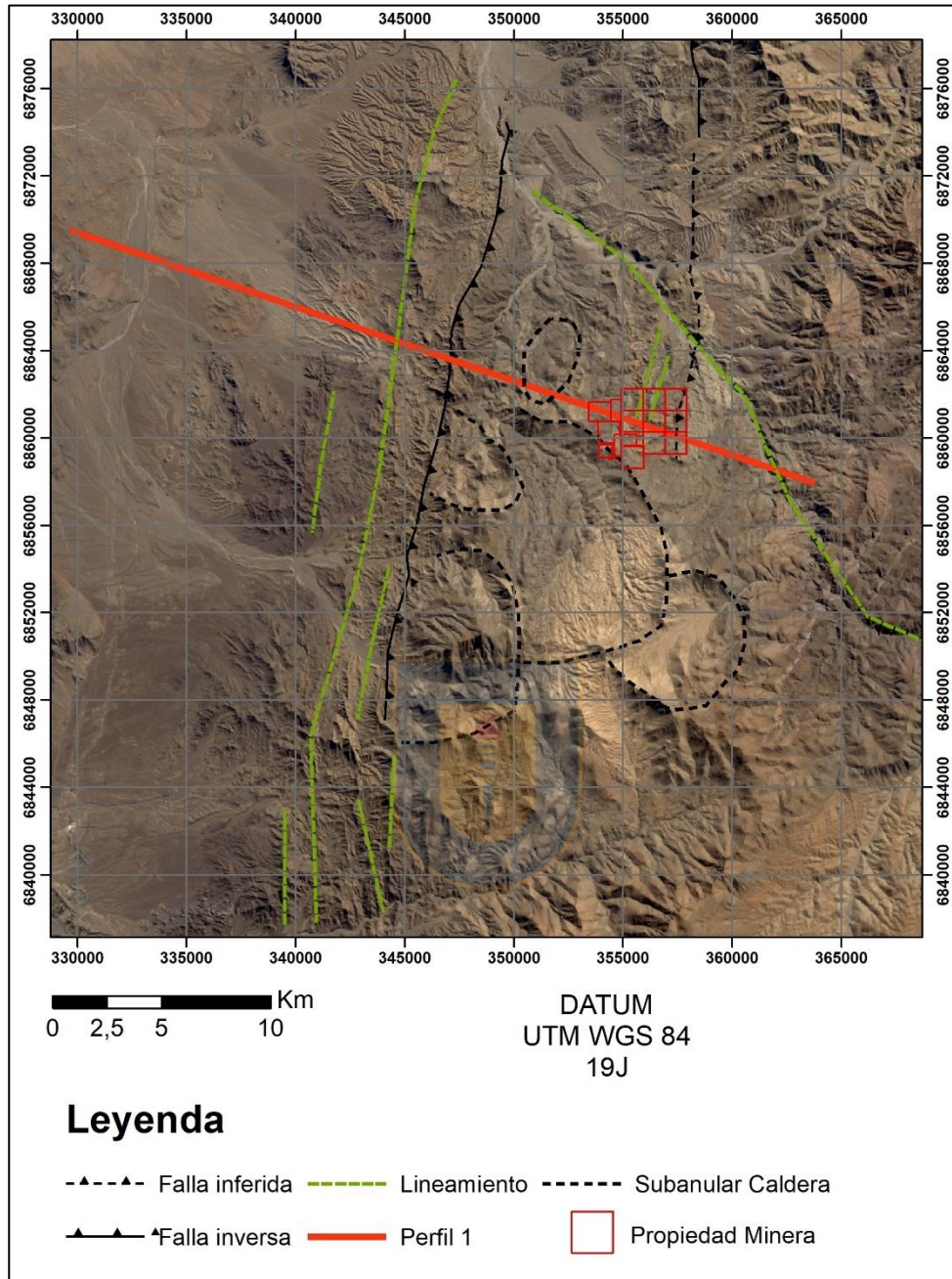


Figura 5.1. Mapa de lineamientos regionales.

NNE-SSW como NNW-SSW, donde existe una mayor densidad de datos entre N20-40°E. Se relacionan a cumbres de montañas y redes hidrográficas mayores, afectan a rocas intrusivas, subvolcánicas y volcánicas, encontrándose incluso evidencias de metamorfismo en algunos sectores ubicados al noreste del área. Delimitan los contactos entre las unidades, además de representar zonas con desarrollo de una fuerte argilización.

Lineamientos NE-SW: son de menor escala que los lineamientos NNE-SSW y podrían estar genéticamente relacionados a estos. Se encuentran afectando a rocas intrusivas y subvolcánicas en el sector centro sur del área, y delimitan los afloramientos de los cuerpos de brecha.

Lineamientos NW-SE a E-W: lineamientos mayores de segundo orden que se intersectan con los lineamientos N-S, afectan a rocas intrusivas y volcánicas. Es en estos lineamientos donde se encuentran las vetas con mineralización económica. Están ubicados principalmente en el sector oeste del área y están relacionados a redes hidrográficas de corta extensión.



5.3. Deformación frágil

El área se encuentra afectada por una intensa actividad estructural, cuyos procesos se ven reflejados en la presencia de diversas estructuras. Durante el trabajo en terreno fue posible recopilar datos estructurales de rumbo y manteo de fallas, diaclasas, vetas, vetillas, estratificación y diques, además de datos de deformación dúctil correspondientes a planos de foliación. Los datos estructurales posteriormente fueron ingresados a ArcGis (versión 10.3) y como resultado se obtiene el mapa de la Figura 5.3.

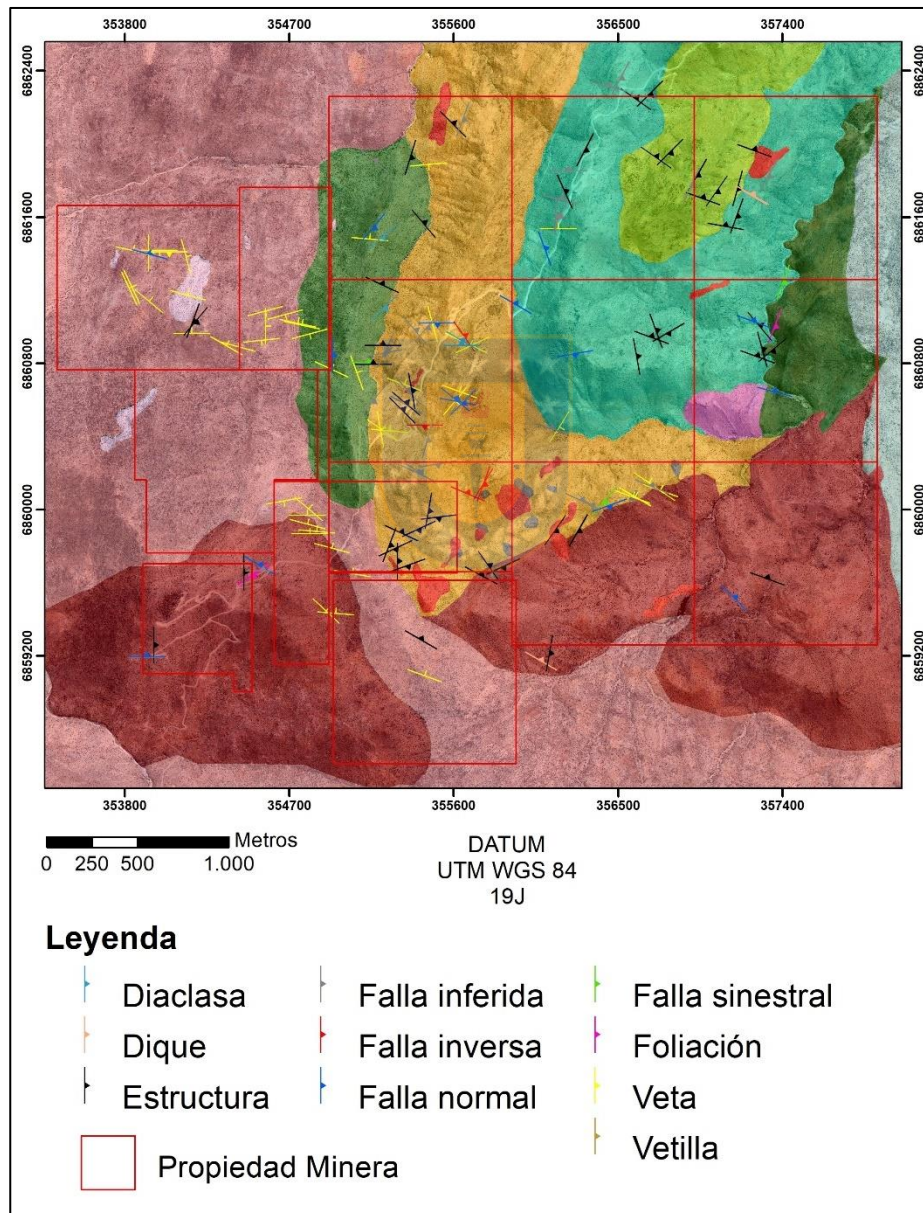


Figura 5.3. Mapa estructural proyecto Regaladas.

5.3.1. Fallas A

Los datos de 30 planos de calidad A, han permitido establecer la cinemática del área. Se han encontrado fallas normales, inversas y reactivadas con componentes en el rumbo. El análisis estadístico realizado en el *software* DIPS (6.0) muestra dos direcciones preferenciales (Figura 5.4 (a) y (b)). Las fallas de dirección N10-40°E, están relacionadas a zonas de contacto entre litologías, ya sea por intrusión aprovechando dichas zonas de debilidad o por el desplazamiento de los bloques. En esta familia de fallas están las mayores evidencias de deformación, observándose zonas muy fracturadas donde se encajan delgados valles de gran longitud. Presentan un manteo preferencial hacía el Este con ángulos desde 60° a 90°, lo que estaría relacionado a una falla maestra de rumbo N-S (aprox.) y manteo hacia el Este, que correspondería al límite de cuenca de los hemigraben mesozoicos, formada como falla normal y reactivada como falla inversa.

Los datos de rumbo, manteo y *rake*, de los planos de falla de calidad A, fueron analizados en el *software* FaultKinWin (7.4) para obtener la cinemática de dichas estructuras. Como resultado se obtiene el mecanismo focal de la Figura 5.4 (c), del cual se desprende que las estructuras N10-40E°, se habrían formado durante una tectónica transtensional sinistral, con un eje de acortamiento máximo aproximadamente vertical, y una importante componente en el rumbo, que habría sufrido reactivación inversa de dichas estructuras, pasando a un eje de acortamiento máximo horizontal, durante períodos compresivos a transpresivos.

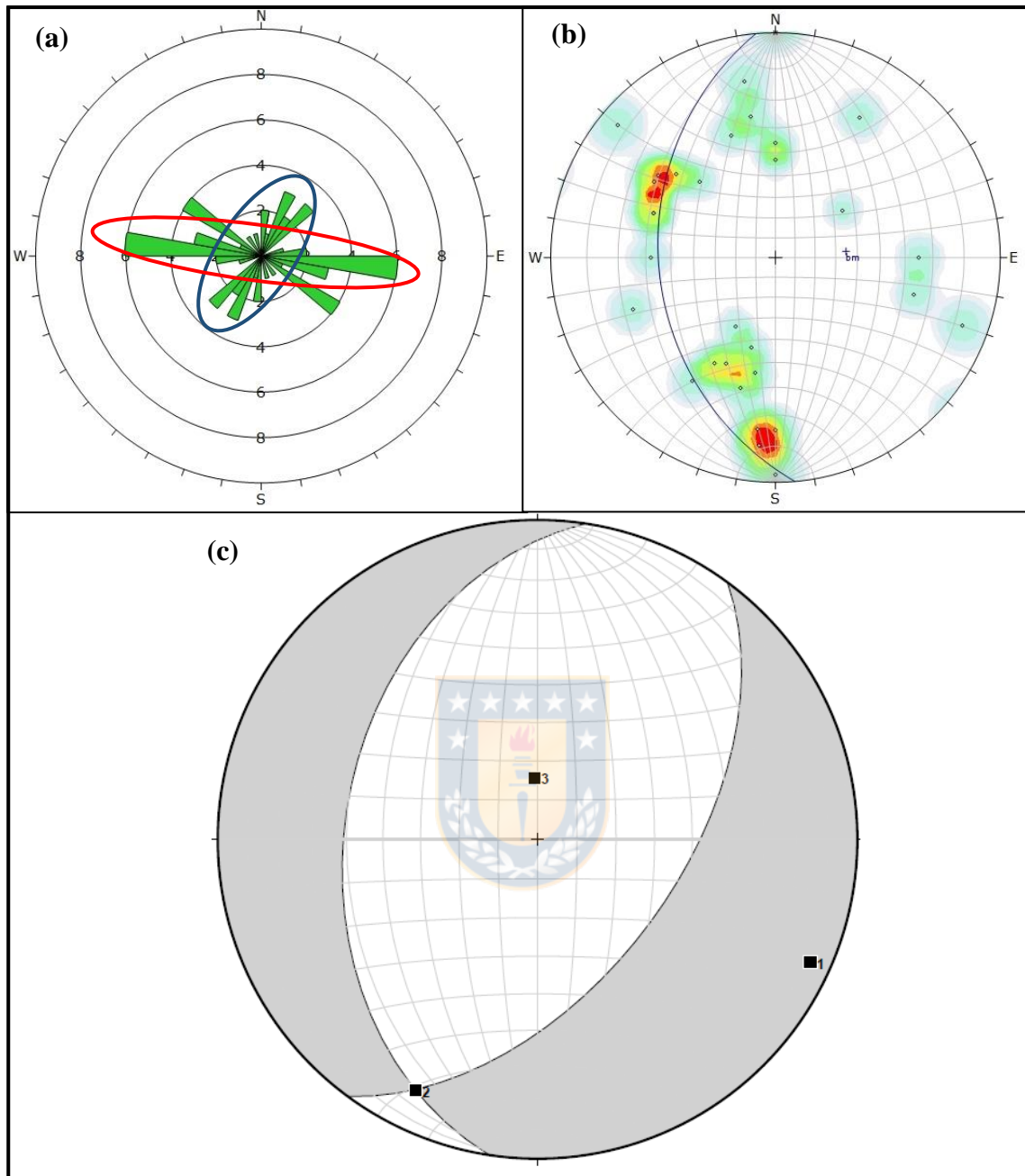


Figura 5.4. Resultados de softwares para fallas de calidad A. (a) Diagrama de roseta, en rojo se observa la orientación preferencial NW-SE a E-W, en azul dirección NNE-SSW. (b) Diagrama de densidad de polos. (c) Mecanismo focal para fallas A, 3: Eje de acortamiento máximo, 1: Eje de alargamiento máximo.

Como evidencia de estas etapas transtensivas - transpresivas, se han encontrado diversos indicadores cinemáticos, como escalones, *riedels* y estrías de crecimiento. El afloramiento más relevante, desde el punto de vista estructural, corresponde al del punto H5 (UTM: 19J 6860090 S, 355748 E). Se observa un plano de falla con estrías de crecimiento de turmalina

(Figura 5.5). Las estrías se habrían formado como relleno de espacios formados durante la tectónica extensiva, mientras que los escalones y parcial destrucción de dichas estrías corresponderían a la etapa compresiva. Para la reconstrucción cinemática de este plano, los datos de rumbo, manteo y *rake* fueron analizados en el software FaultKinWin 7, indicando al software un comportamiento normal y otro inverso. Se obtuvieron los mecanismos focales de la Figura 5.6. Estos mecanismos se acoplan bastante bien a lo visto en bibliografía y permiten analizar de mejor manera la evolución del área, con una marcada transtensión sinistral y una transpresión dextral, bien relacionadas a la tectónica regional.

El espacio que generan estas estructuras durante las etapas de transtensión, constituyen el lugar por el cual asciende el magma que da origen a los plutones y cuerpos subvolcánicos, mientras que en las etapas compresivas acomoda la mayor parte de la deformación frágil.

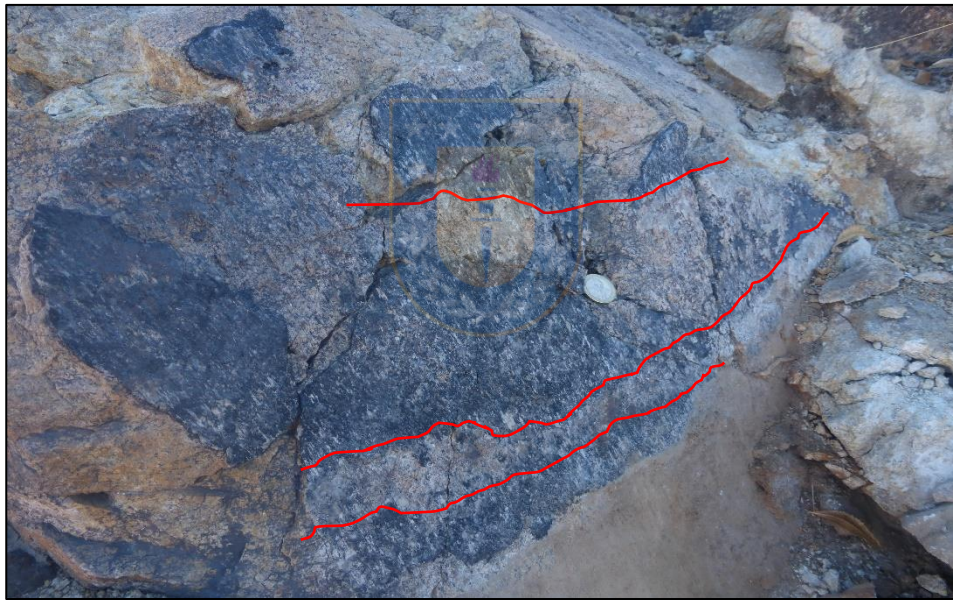


Figura 5.5. Estrías de turmalina.

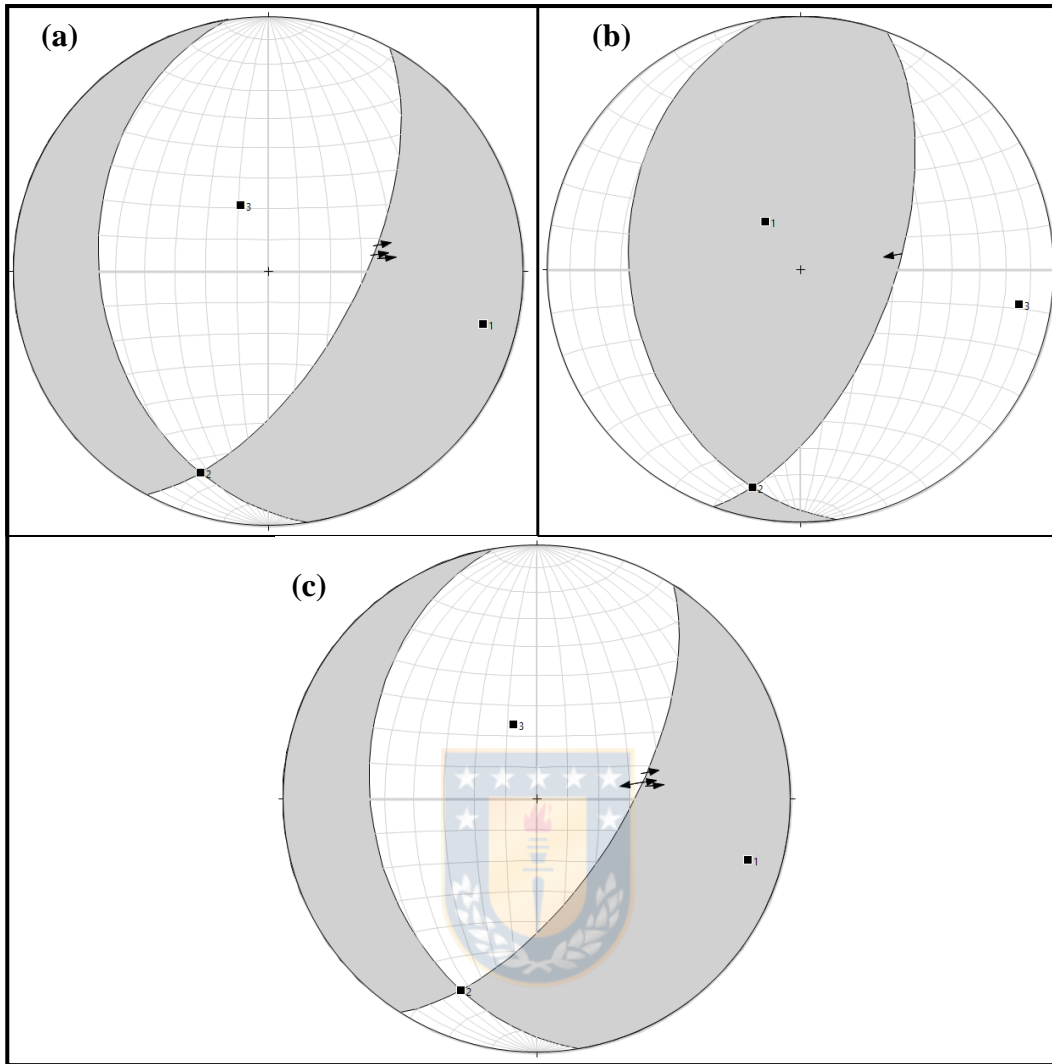


Figura 5.6. Mecanismo focal para planos con estrías de turmalina. (a) Comportamiento transtensional sinistral. **(b)** Comportamiento transpresional dextral. **(c)** Mecanismo focal de todos los planos con índices de fallamiento normal e inverso.

Las fallas de orientación N50°W a E-W constituyen la segunda dirección preferencial. Están relacionadas a vetas con mineralización económica y zonas de alteración hidrotermal de 0,3 a 1 m de espesor. En dichas vetas se han encontrado evidencias de desplazamiento inverso (Figura 5.7 (a)) y en menor medida desplazamiento en el rumbo (Figura 5.7 (b)). Presentan un manteo hacia el Noreste con ángulos de 70 a 90°.

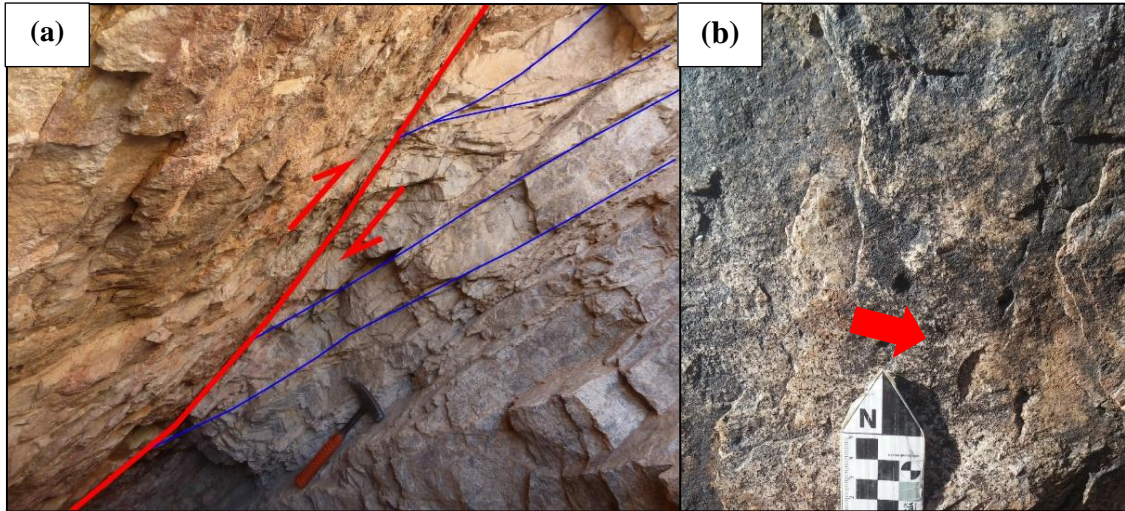


Figura 5.7. Indicadores cinemáticos. (a) Riedels observados en labor “La Chorreada”, indican desplazamiento inverso. **(b)** Medias lunas que indican desplazamiento en el rumbo.



5.3.2. Fallas B, C y diaclasas

Se agrupan todas aquellas estructuras en las que se identificaron estrías o un indicador cinemático, 120 planos de calidad B, C y D. Estas estructuras, la mayoría de las veces, se encuentran paralelas y en directa relación espacial a los planos de fallas más importantes. El análisis estadístico revela una buena correlación en cuanto a direcciones preferenciales, con respecto a los planos de fallas de calidad A. En el diagrama de roseta de la Figura 5.8 (a) y (b)), se observan dos direcciones preferenciales mayores. Una familia de dirección N20-40°E y manteo subvertical tanto al Noreste como al Noroeste, relacionado a los lineamientos mayores de dirección N10-40°E, y otra familia de dirección N50°W a E-W y manteo de 60 a 90° hacia el Noreste, que estaría genéticamente relacionado a las estructuras con mineralización económica.

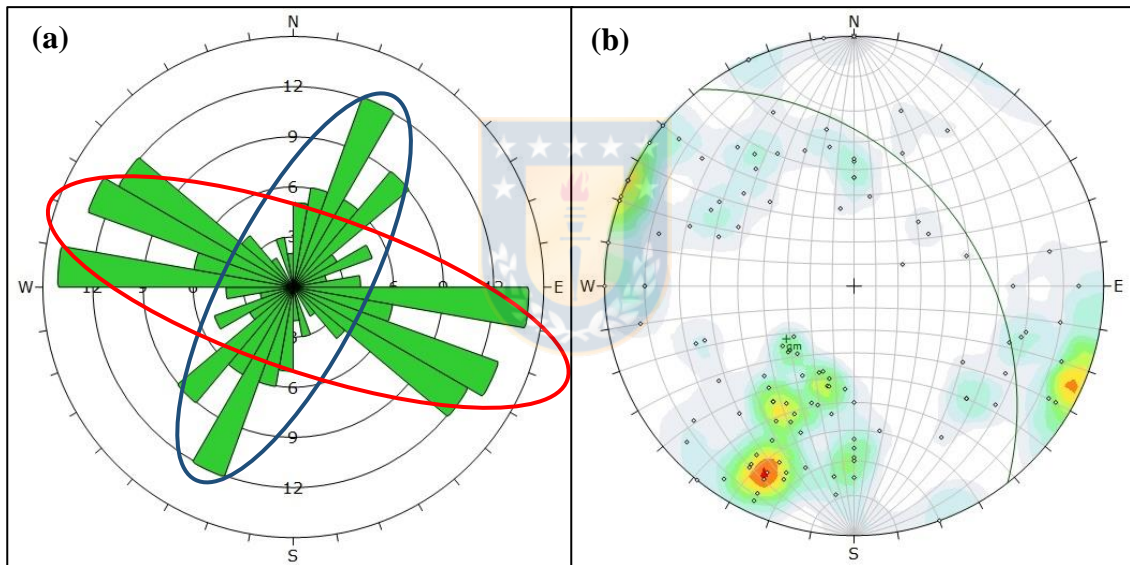


Figura 5.8. Resultados de softwares para fallas B, C y diaclasas. (a) Diagrama de roseta, en azul dirección NNE-SSW y en rojo dirección NW-SE a E-W. **(b)** Diagrama de densidad de polos.

5.4. Deformación dúctil

Como evidencia de deformación dúctil se ha encontrado el desarrollo de foliación tanto en las rocas subvolcánicas como volcánicas.

Se han obtenido datos de foliación en las unidades Microgranodiorita, Microdiorita y Andesitas. La foliación sigue una dirección preferencial N20-40°E, coincidente con el lineamiento regional que afecta a toda la zona.

En el caso de las unidades intrusivas, esta foliación se produce durante el emplazamiento de los plutones en condiciones compresivas, lo que produce el alineamiento de minerales micáceos como biotita y muscovita.

Por otro lado, para la unidad volcánica, también existen evidencias de una deformación *syn*-deposición. Estas son principalmente clastos y líticos aplastados en dirección N30°E. Al tratarse de una unidad depositada posterior al emplazamiento de los plutones, indica eventos compresivos más recientes a la deformación producida durante la fase K/T.

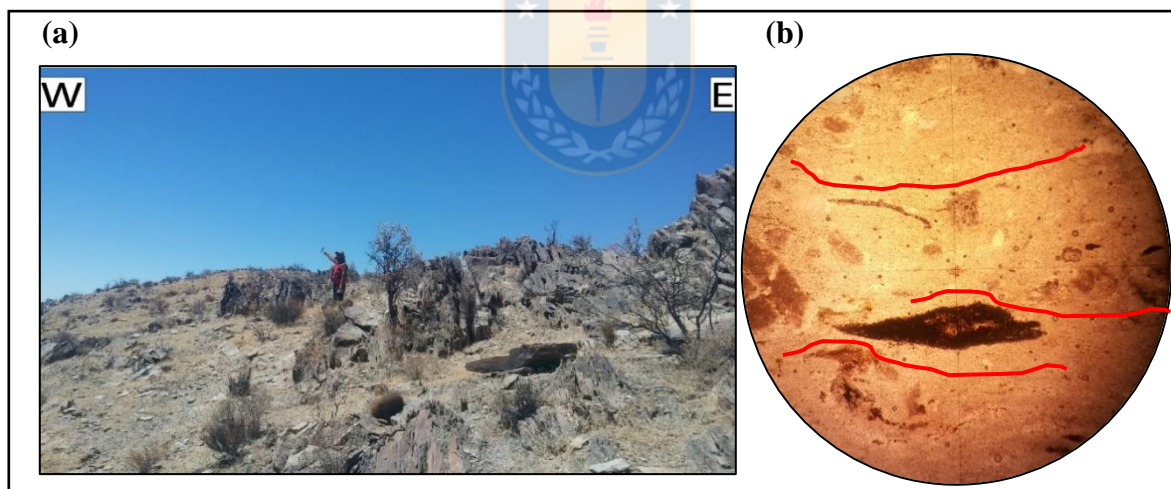


Figura 5.9. Evidencias de foliación. (a) Afloramiento con foliación de la Unidad Microdiorita (UMDR) en dirección N10°E. (b) Sección transparente en LPP de la Unidad Andesitas (UAN), las líneas rojas señalan la dirección de foliación N20°E.

5.5. Estructuras mineralizadas

5.5.1. Diques de la Unidad Domos de Riolita (UDR)

La Unidad Domos de Riolita aflora principalmente en los valles limitados por fallas de orientación N20-40°E. Se han obtenido datos de 29 planos correspondientes a diques de composición riolítica, que intruyen principalmente en las zonas de contacto entre unidades. El diagrama de rosetas de la Figura 5.10 (a) permite identificar dos direcciones preferenciales, una dirección N10-40°E que está relacionada al lineamiento regional NNE-SSW, y otra N40-80°W, relacionada al lineamiento WNW-ESE. Por otro lado, el diagrama de densidad de polos de la Figura 5.10 (b), muestra manteos prácticamente verticales con leve inclinación hacia el Sureste y el Noroeste.

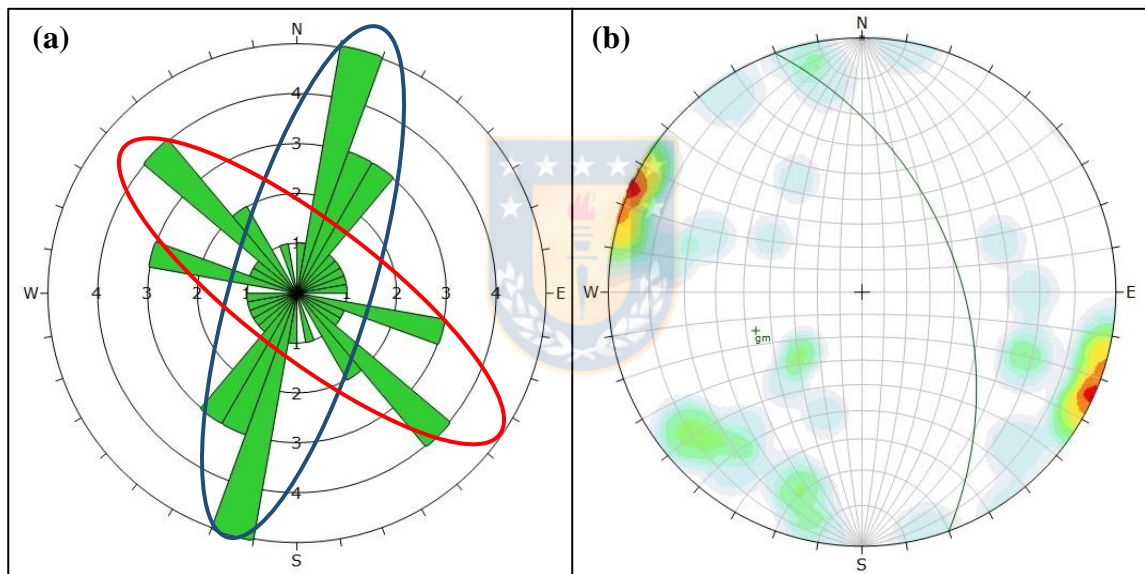


Figura 5.10. Resultados softwares para diques de la Unidad Domos de Riolita (UDR). (a) Diagrama de roseta, en rojo dirección NW-SE. (b) Diagrama de densidad de polos.

5.5.2. Vetas

Para el análisis estructural de las vetas con mineralización económica se han utilizado datos de rumbo y manteo obtenidos en terreno, correspondientes a 60 planos, los cuales fueron analizados con el *software* DIPS 6.0.

El diagrama de rosetas de la Figura 5.11 (a) muestra una clara tendencia de dirección N50-80°W, hasta E-W, y una población muy limitada de dirección N10°W y N-S.

En el diagrama de densidad de polos de la Figura 5.11 (b), se observa que las vetas presentan manteos de 60 a 80° con inclinación hacia el NE, y en algunos casos manteos verticales. Cabe destacar que, en algunos sectores, estas estructuras tienden a manteos de muy bajo ángulo (10-30°) al llegar a superficie, pero retoman la tendencia principal al aumentar la profundidad.

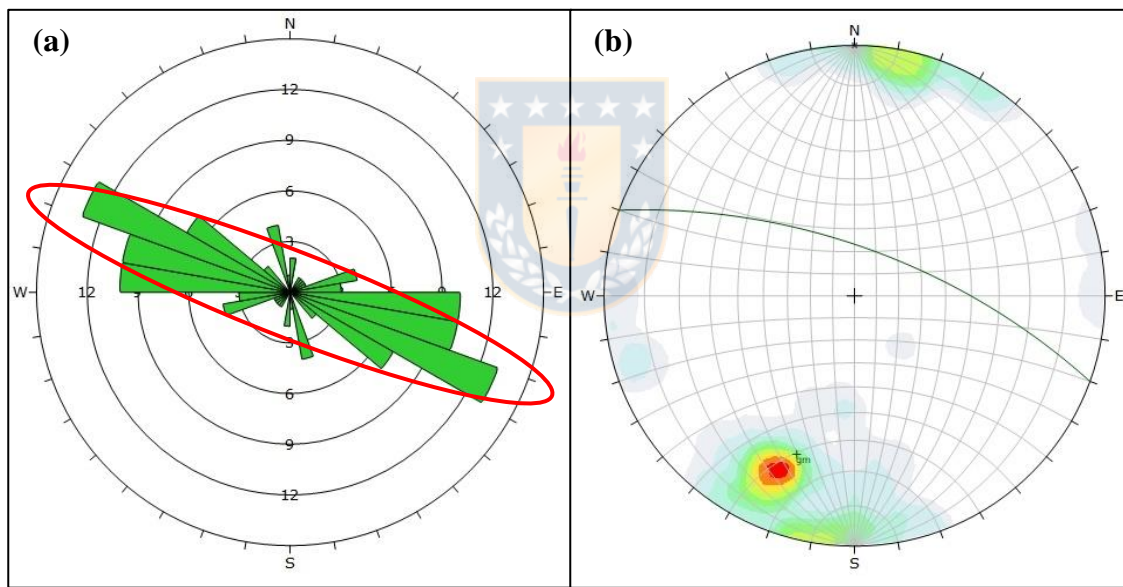


Figura 5.11. Resultados de softwares para vetas con mineralización económica. (a) Diagrama de roseta, en rojo dirección N50°W a E-W. **(b)** Diagrama de densidad de polos.

6. DISCUSIÓN

6.1. Modelo litológico y estructural regional

En el área de trabajo del proyecto Regaladas se han encontrado estructuras que dan cuenta de importantes eventos tectónicos, estas corresponden a fallas normales, inversas y de rumbo con componente sinistral y dextral. Estas fallas se habrían originado durante un régimen tectónico transtensional con componente sinistral ocurrido durante el Jurásico – Cretácico Inferior. Los lineamientos regionales de orientación NNE-SSW están relacionados a la actividad de la falla Elisa de Bordos – Agua de los Burros, que representa el límite oriental de los hemigraben mesozoicos que presentan manteos hacia el Oeste de la cuenca de Chañarcillo (Martínez y otros, 2012). Por otro lado, en el sector oriental, los lineamientos NNE-SSW, estarían relacionados a la actividad de la falla Agua de la Falda, mencionada por Peña y otros (2013), la cual se extendería hacia el sur, inclusive alcanzando el área donde se encuentran las propiedades mineras del proyecto Regaladas. Esta falla representaría el límite occidental de los hemigraben con manteo hacia el Este de la cuenca de Lautaro (Martínez, 2015).

Durante el Cretácico Superior – Paleoceno ocurre la reactivación de estas fallas, ahora bajo régimen compresivo, denominado orogenia K/T, lo que determina la formación de una serie de pliegues anticlinales, entre los que destaca el anticlinorium de Tierra Amarilla, cuyos ejes de pliegue son paralelos a la dirección de las fallas maestras.

Contemporáneo a la orogenia K/T, ocurre el emplazamiento de un gran volumen de magma de afinidad calcoalcalina, que da origen al Complejo Plutónico Los Morteros, al que pertenecen algunos importantes cuerpos plutónicos como Plutón Las Campanas, Plutón Corral de Pircas cuyas descripciones litológicas son prácticamente idénticas a las observadas durante la campaña de exploración en el proyecto Regaladas (Truelove y otros, 2003, Torres, 2018, Cifuentes y otros, 2015).

En el Paleoceno – Eoceno, una nueva etapa extensiva relacionada a una tectónica transtensiva sinistral, produce extensos campos de calderas de colapso-resurgencia en la Precordillera de la Tercera Región, proceso al cual estarían relacionadas las zonas con

alteración hidrotermal y mineralización económica. Finalmente, una nueva etapa compresiva ocurrida post Eoceno, sella estas estructuras.

En la Figura 6.1 se puede ver el resultado de todos los eventos tectónicos tanto extensionales como compresivos y su relación con las rocas estratificadas e ígneas.

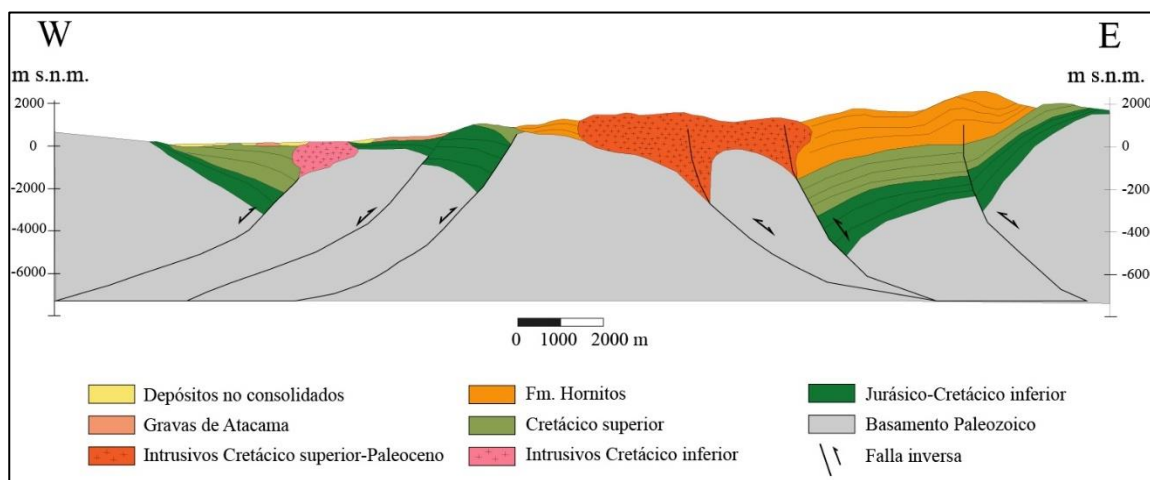


Figura 6.1. Modelo estructural regional Perfil 1.

6.2. Modelo litológico y estructural local

La geología del proyecto Regaladas está íntimamente relacionada a la configuración geoestructural regional. Esta representaría pequeñas cuencas de *pull – apart* desarrolladas durante una etapa extensiva posterior a la orogenia K/T, donde los lineamientos N20-40°E y manteo hacia el Este, serían los límites de estas minicuenas, mientras que las fallas de orientación N50°W a E-W y manteos >60° serían fallas conjugadas relacionadas a una extensión oblicua producida por el fallamiento con componente en el rumbo.

Las unidades Microdiorita, Tonalita, Microgranodiorita y Granodiorita, presentan evidencias de emplazamiento contemporáneo a un régimen tectónico compresivo y, dataciones radiométricas cercanas al área, permiten ubicar estas rocas en el límite Cretácico Superior – Paleoceno, entre los 67 y 64 Ma. Debido a su composición litológica, texturas y ubicación geográfica, además de las evidencias de deformación y datación, las unidades pertenecen al Complejo Plutónico Los Morteros (Peña y otros, 2013).

En quebrada Algarrobal se obtuvo una edad de 65.2±2 Ma, mediante datación U-Pb, para lavas pertenecientes a la Fm Hornitos (Maksaev y otros, 2009). Esta datación y los análisis

microscópicos de mineralogía permiten correlacionar la Unidad Dacitas y Unidad Andesitas con las facies El Molle de la Formación Hornitos.

La Unidad Domo de Riolita, se habría emplazado durante un régimen transtensional sinistral que afectó al área en el Paleoceno – Eoceno, relacionada a los eventos de colapso-resurgencia de las calderas terciarias.

Posteriormente, y siguiendo una dirección preferencial NE-SW se produce el emplazamiento de los cuerpos de brecha de la Unidad Brechas, que guardarían estrecha relación con un posible cuerpo ubicado en profundidad, denominado “Intrusivo X”, al cual se le atribuyen los procesos mineralizadores. Este cuerpo podría tener relevancia económica y se encontraría ubicado bajo las brechas, a una profundidad máxima de 700 a 800 m, según datos recopilados en los distritos San Pedro de Cachiyuyo, Cachiyuyo de Llampos, Los Azules y Cabeza de Vaca en la III Región (Sillitoe y Sawkins, 1971; Colley y otros, 1991), también en el Distrito Sierra Gorda en la II Región (Boric y otros, 1990), estos cuerpos de brecha estarían ligados a plutones granodioríticos paleocenos. El modelo litológico y estructural, resultado de la primera campaña de exploración del proyecto Regaladas, se observa en la Figura 6.2.



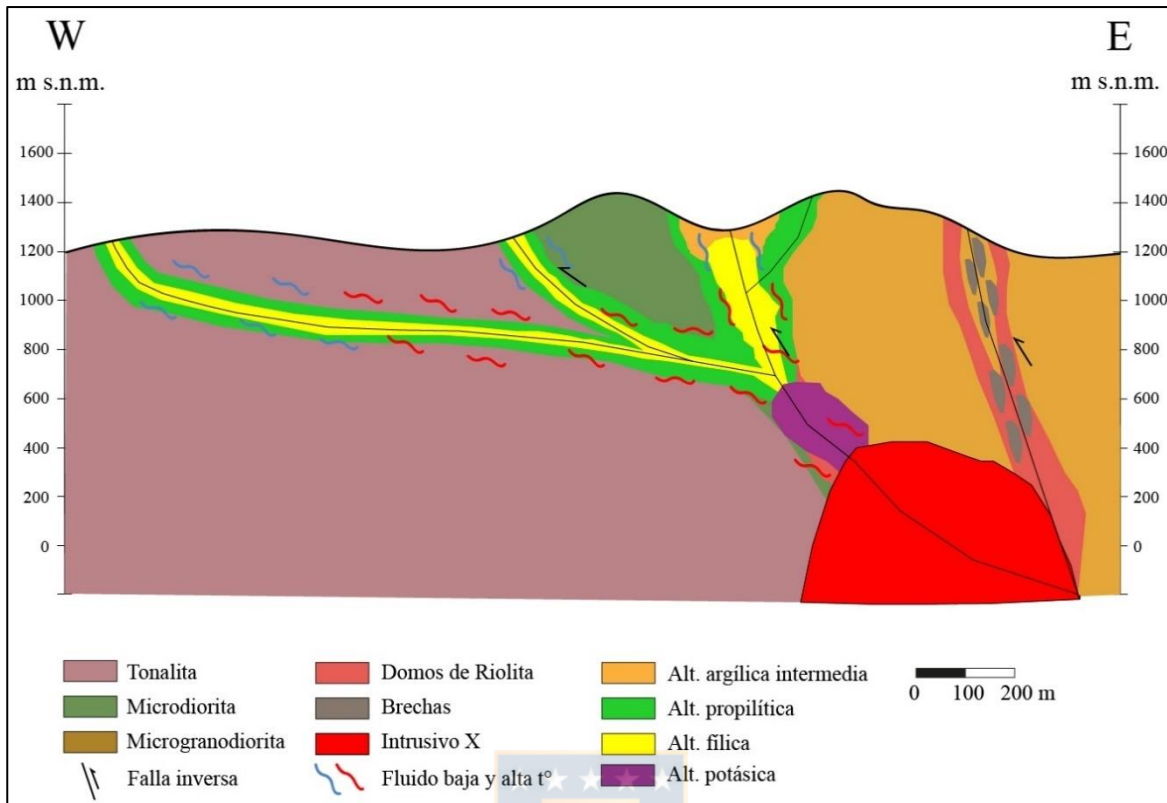


Figura 6.2. Modelo litológico y estructural local. En rojo se representa el posible cuerpo fuente de los fluidos que producen la alteración hidrotermal y mineralización económica.

6.3. Control estructural en zonas de alteración hidrotermal y vetas con mineralización económica.

La litología del proyecto Regaladas está compuesta principalmente por rocas ígneas plutónicas, subvolcánicas y volcánicas silicificadas, por lo que presentan una permeabilidad sumamente baja. En este sentido, las fallas y estructuras cobran un gran interés, ya que es en ellas donde se desarrolla la permeabilidad secundaria, necesaria para el transporte de fluidos. Las zonas con alteración hidrotermal presentan una estrecha relación con las fallas de orientación N20-40°E y N50°W a E-W. El resultado de los difractogramas de las muestras con alteración argílica intermedia muestra la presencia de arcillas, aunque su origen no es claro y por ahora, se esperan nuevos análisis en vías de determinar si su génesis está relacionada a alteración de carácter hidrotermal y/o supérgeno. Por esto, se menciona que esta alteración argílica intermedia está relacionada a los valles y bajos topográficos de orientación N20-40°E (Figura 6.3 (a) y (b)), principalmente en la zona de contacto entre la

Unidad Microdiorita y la Unidad Microgranodiorita, y espacialmente ligada a los afloramientos de la Unidad Doms de Riolita.

La alteración propilítica y alteración fílica (temprana y tardía) están estrechamente relacionadas a las estructuras de orientación N50°W a E-W, como halo de alteración de las vetas con mineralización económica que siguen la misma dirección. Estas vetas presentan relleno principalmente de cuarzo, muscovita, calcita, óxidos de hierro como hematita e ilmenita y menas como calcopirita y pirita con inclusiones de oro. Las estructuras en superficie tienen un espesor que va de los 10 a 30 cm, mientras que en profundidad van de 50 cm a 1 m, donde las explotaciones recientes han alcanzado los 40 m de profundidad. Cabe destacar que en las vetas ha sido posible identificar una variación composicional en la alteración hidrotermal y menas, que permite establecer una zonación de temperatura dentro de dichas estructuras. Como se ve en el modelo litológico estructural y local de la Figura 6.2, las minas “La Chorreada” y “Mina del Agua” habrían explotado la zona superficial, caracterizada por vetas de baja temperatura con oro fino y grueso diseminado en capas de calcedonia coloidal en paragénesis con óxidos e hidróxidos de hierro, llegando hasta el techo de sulfuros dominante donde aumenta la presencia de calcopirita y pirita con inclusiones de oro, lo que señala un aumento de temperatura y mayor cercanía a la fuente de dichos fluidos.

En las vetas mineralizadas se han encontrado indicadores cinemáticos que detallan un origen extensional, debido al espacio generado que posteriormente se rellena, y una reactivación inversa (Figura 6.3 (c) y (d)) donde se produce el fracturamiento parcial de las vetas acompañado de recristalización y en algunos casos evidencias de metamorfismo (foliación incipiente en corte transparente).

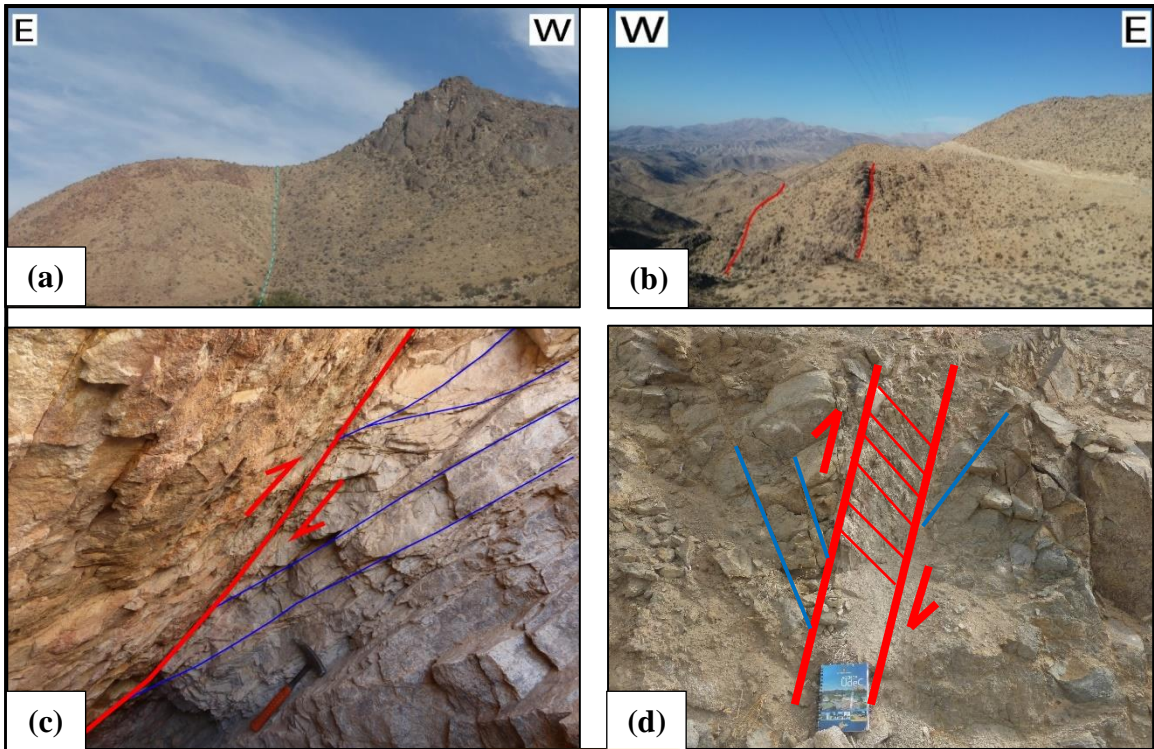


Figura 6.3. Evidencia de control estructural en zonas de alteración hidrotermal y vetas mineralizadas. (a) Contacto entre Unidad Domos de Riolita con alteración argílica intermedia y Unidad Microdiorita inalterada. **(b)** Diques de Unidad Microgranodiorita con alteración argílica intermedia. **(c)** *Riedel* en mina “La Chorreada”. **(d)** Veta con evidencias de fallamiento inverso.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los datos y muestras recopiladas durante la primera campaña de exploración del proyecto Regaladas y su posterior análisis han permitido determinar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El proyecto Regaladas presenta mineralización de oro fino y grueso en superficie y profundidades de hasta 40 m.
- El proyecto Regaladas presenta una zona de lixiviación y oxidación de sulfuros de cobre, entre los 0 y 10 m, una zona mixta entre los 10 y 20 m, y una prominente zona de enriquecimiento secundario de sulfuros de cobre entre los 20 y 40 m. Hacia zonas de mayor profundidad se encontraría la zona hipógena.
- En la cota 1200 aparece agua subterránea, transportada a través de las estructuras.
- Debido a la litología del proyecto, la mineralización aurífera, cuprífera y alteración fílica, presentan un fuerte control estructural y se encuentran restringidas a vetas de orientación N50°W a E-W, con manteos de 60 a 90° y espesor de 30 cm a 1 m, por lo que se recomienda la exploración de estructuras con dicha actitud.
- Se ha identificado continuidad de al menos 3 vetas mineralizadas (30 cm a 1 m de potencia), por lo que podrían alcanzar corridas de hasta 600 m y una profundidad comprobada de 40 m que, según datos de ENAMI, podría llegar a 60 m o incluso más.
- Las vetas están cubiertas por zonas fuertemente oxidadas, con presencia de hematita y limonitas, por lo que se recomienda la exploración de éstas, a través de teledetección y/o en terreno (Figura Anexo 2, Figura Anexo 3).
- Durante la campaña de terreno se realizó el muestreo de 2 líneas para geoquímica. Estos análisis son de vital importancia en la exploración para futuras campañas, por lo que se recomienda continuar estos estudios y realizar nuevas líneas o mallas de muestreo.
- Los cuerpos de brecha estarían relacionados a la presencia de un cuerpo en profundidad, denominado “Intrusivo X”, que podría ser la fuente de los fluidos mineralizadores, por lo que se recomienda realizar geofísica y/o sondajes para corroborar la presencia de este cuerpo.

- Se han determinado 4 zonas de sondaje, según se observa en el mapa de “Zonas de interés para sondaje” de la Figura Anexo 1.
- El proyecto Regaladas, como depósito, corresponde a un sistema de vetas de dirección N50° a E-W, con mineralización de oro-cobre.
- La “Mina del Agua”, ubicada en la propiedad Regalada 4 presenta leyes promedio de 60 g/t Au, por lo que se recomienda continuar la explotación de esta veta, ya que actualmente se encuentra detenida.
- A partir de los estudios realizados se recomienda descartar las propiedades San Ramón 4, Regalada 11b, San Ramón 3 y Regalada 9, en futuras mensuras. Por otro lado, son necesarias nuevas campañas de exploración en la propiedad San Ramón 1.
- Se recomienda la fortificación de labores subterráneas y superficiales cuando sea necesario, llevando un control diario del comportamiento de las fallas y fracturas.



8. REFERENCIAS

Aguirre, L., Egert, E. 1965. Cuadrángulo Marquesa. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, N°15, 92 p., 1 mapa escala 1:50.000. Santiago.

Amilibia, A., Sàbat, F., McClay, K.R., Muñoz, J.A., Roca, E., Chong, G. 2008. The role of inherited tectono-sedimentary architecture in the development of the central Andean mountain belt: insights from the Cordillera de Domeyko. *Journal of Structural Geology* 30, 1520-1539.

Arévalo, C.; Rivera, O.; Iriarte, S. y Mpodozis, C. 1994. Cuencas extensionales del Cretácico Superior – Terciario Inferior en la Precordillera de Copiapó (27°-28°S), Chile. 7° Congreso Geológico Chileno, Vol. II, p. 1288-1292.

Arévalo, C. 2005a. Carta Copiapó, Región de Atacama Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, 91, escala 1:100.000.

Arévalo, C. 2005b. Carta los Loros, Región de Atacama Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica, Serie Geológica Básica 92: 54 p., escala 1:100.000.

Arévalo, C., Welkner, D. 2008. Geología del Área Carrizal Bajo - Chacritas, Región de Atacama, Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica, Serie Geología Básica 111:67 p., escala 1:100.000.

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.

Biese-Nickel, W., 1942. La distribución del Cretácico Inferior al sur de Copiapó. An. Primer Cong. Panam. Ing. Min. Geol., t. II; p. 429-466.

Boric, R.; Díaz, F. y Maksaev, V. 1990. Geología y yacimientos metalíferos de la región de Antofagasta: SERNAGEOMIN. Chile Vol. No. 40, 246 p.

Brüggen, H. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar: 510 p. Santiago de Chile.

Camus, F. 2003. Geología de los sistemas porfíricos en los Andes de Chile. CODELCO SERNAGEOMIN- Sociedad Geológica de Chile, 267 p., Santiago.

Charrier, R.; Farías, M. & Maksaev, V. 2009. Evolución tectónica, paleogeográfica y metalogénica durante el Cenozoico en los Andes de Chile norte y central e implicaciones para las regiones adyacentes de Bolivia y Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (1): 5- 35.

Charrier, R., Pinto, L., Rodríguez, P. 2007. Tectonostratographic evolution of the Andean orogen in Chile. In: Moreno, T., Gibbons, W. (Eds.), *The Geology of Chile. The Geological*

Society, pp. 1-114.

Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C., Ramos, V.A. 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth-Science Reviews* 18, 303- 332.

Cornejo, P., Mpodozis, Kay, S., Tomlinson, A. & Ramírez, C. 1993. Upper Cretaceous lower Eocene potassic volcanism in an extensional regime in the precordillera of Copiapó, Chile. *Second ISAG (Oxford)*, 347-350.

Cornejo, R., Matthews, S., Pérez de Arce, C. 2003. The 'K-T' compressive deformation event in northern Chile (24-27°S). In *Congreso Geológico Chileno, No. 10, Actas, CDROM, Sesión Temática 1. Concepción*.

Díaz, N. 2015. Estudios de diagnóstico geológico distrital, distrito quebrada Algarrobal. *ENAMI*, 44p.

Franzese, J.R., Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic-early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences* 14, 257-270.

Jensen, O. 1976. Geología de las nacientes del río Copiapó entre los 27°53' y 28°20' Lat. sur, provincia de Atacama, Chile: Santiago, Universidad de Chile, Departamento de Geología, Memoria de Título, 299 p.

Lipman, P.W., and Sawyer. D.A., 1985, Mesozoic ash-flow caldera fragments in the southeastern Arizona and their relation to porphyry copper deposits: *Geology*, v. 13, p.652-656.

Maksaev, V., Munizaga, F., Valencia, V., Barra, F. 2009. LA-ICP-MS zircon U-Pb geochronology to constrain the age of post-Neocomian continental deposits of the Cerrillos Formation, Atacama Region, northern Chile: tectonic and metallogenic implications. *Andean Geology* 36 (2): 264-287.

Martínez, F., Maksymowicz, A., Ochoa, H., & Díaz, D. (2015). Geometry of the inverted Cretaceous Chañarillo Basin based on 2-D gravity and field data – an approach to the structure of the western Central Andes of northern Chile. *Solid Earth*, 6(4), 1259–1276.

Moscoso, R.; Nasi, C.; Salinas & P., 1982. Hoja Vallenar y Parte Norte de La Serena, Regiones de Atacama y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 55: 100 p., 1 mapa escala 1:250.000. Santiago.

Moscoso, R. & Mpodozis, C., 1988. Estilos estructurales en el Norte chico de Chile (28°–31° S), regiones de Atacama y Coquimbo. *Revista Geológica de Chile*, 15, 155–158.

Mpodozis, C.; Cornejo, P.; Kay, S.M. & Tittler, A., 1995. La Franja de Maricunga: Síntesis de la evolución del frente volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los Andes Centrales. *Revista Geológica de Chile* 22 (2): 273-313.

Mpodozis, C., Arriagada, C.; Basso, P.; Roperch, P.; Cobbold, P.; Reich, M. 2005. Mesozoic to Paleogene stratigraphy of the Atacama (Purilactis) Basin, Antofagasta region, northern Chile: insight into the earlier stages of central Andean tectonic evolution. *Tectonophysics*, 399: 125-154.

Mpodozis, C., & Cornejo, P. 2012. Cenozoic tectonics and porphyry copper systems of the Chilean Andes. *Society of Economic Geologists Special Publication*, 16, 329-360.

Segerstrom, K., Parker, R., 1959. Cuadrángulo Cerrillos, Prov. de Atacama - Carta Geol. De Chile (No. 6): *Inst. Invest. Geol.*; Santiago de Chile.

Peña, M., Arriagada, C., Martínez, F., & Becerra, J., 2013. Carta Geológica Yervas Buenas-Tres Morros, Región de Atacama. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago*, escala: 1:100 000.

Ramos, A. 2009. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. *The Geological Society of America Memoir* 204:31-65.

Reutter, K. J. 1974. Entwicklung und Bauplan der chilenischen Hochkordillere im Bereich 29° südlicher Breite. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* 146 (2): 153-178.

Rivera, O. y Mpodozis, C. 1991. Volcanismo explosivo del Terciario Inferior en la Precordillera de Copiapó, Región de Atacama, Chile: Las calderas Lomas Bayas y El Durazno. 6° Congreso Geológico Chileno, Actas, p. 213-216, Viña del Mar.

Rivera, O y Falcon, M. 2000. Calderas tipo colapso – resurgencia del Terciario Inferior en la Precordillera de la Región de Atacama: Emplazamiento de complejos volcano – plutónicos en las cuencas volcano – tectónicas extensionales Hornitos e Indio Muerto. 9° Congreso Geológico Chileno. Actas 2: 67-71. Puerto Varas.

Salazar, E., 2012. Evolución Tectono-Estratigráfica de la Cordillera de Vallenar: Implicancias en la construcción del Oroclino de Vallenar. MSc. Thesis (Unedited). Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, Chile. *Earth Sciences*, v. 6, p. 109-121.

Segerstrom, K., 1968. Geología de las hojas de Copiapó y Ojos del Salado Provincia de Atacama. *Inst. Invest. Geol. Nol. Bd.* 24 p. 1-58 Santiago.

Sillitoe, R. y Sawkins, F. 1971. Geologic, mineralogic and fluid inclusions studies relating to the origina of copper – bearing tourmaline breccia pipes, Chile. *Econ. Geology*, v. 66, p. 1028 – 1041.

Sillitoe, R.H. y Perelló, J. 2005. Andean copper province: tectonomagmatic settings, deposit types, Metallogeny, exploration, and discovery. En Hedenquist J.W., Thompson J.F.H., Goldfarb R., Richards, J. (eds.) *Economic Geology One Hundredth Anniversary Volume (1905-2005)*, Society of Economic Geologists Inc., 845-890, Littleton.

Streckeisen A. (1976) Classification of Common Igneous Rocks by Mean of Their Chemical Composition. A Provisional Attempt. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte, 1, 1-15

Torres, O. 2018. Determinación de las condiciones de emplazamiento del Complejo Plutónico Corral de Pirca (28,6°S-70,4°W) mediante termobarometría en silicatos y sus alcances sobre la medición de tasas de exhumación. Memoria para optar al Título de Geólogo, Facultad de Ingeniería, Departamento de Geología, Universidad Andrés Bello, Santiago. 180p.

Truelove, L.; Grocott, J.; Arevalo, C.; Gipson, M. y Taylor, G. 2003. Emplacement and structural of palaeocene plutonic complexe in the main cordillera of the Andes, Vallenar región, Northern Chile (29°S). 10° Congreso Geológico Chileno, Concepción.



ANEXOS

Anexo de mapas con zonas de interés para sondajes, zonas con hematita y limonita.

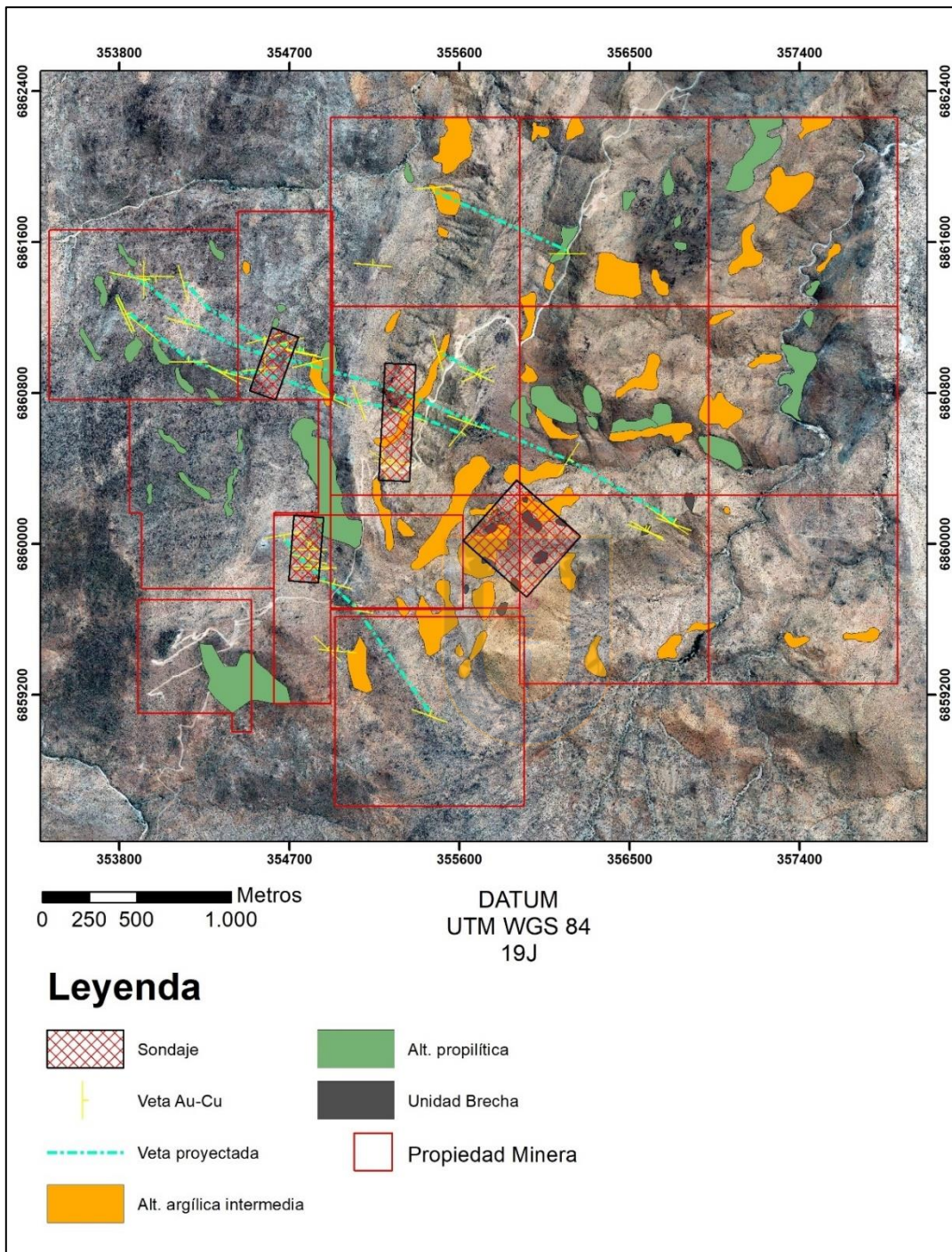


Figura Anexo 1. Zonas propuestas para sondajes.

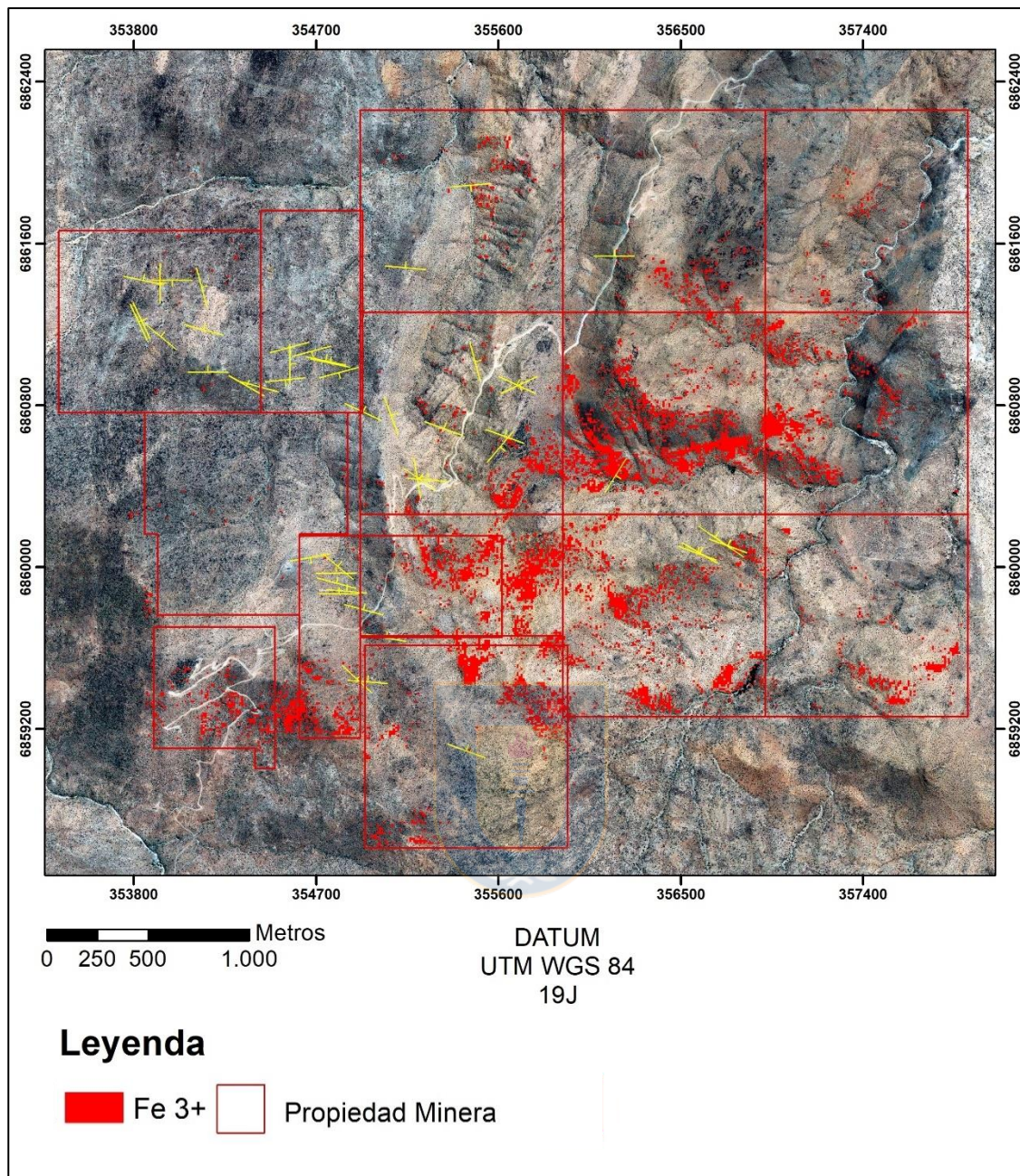


Figura Anexo 2. Zona de hematita.

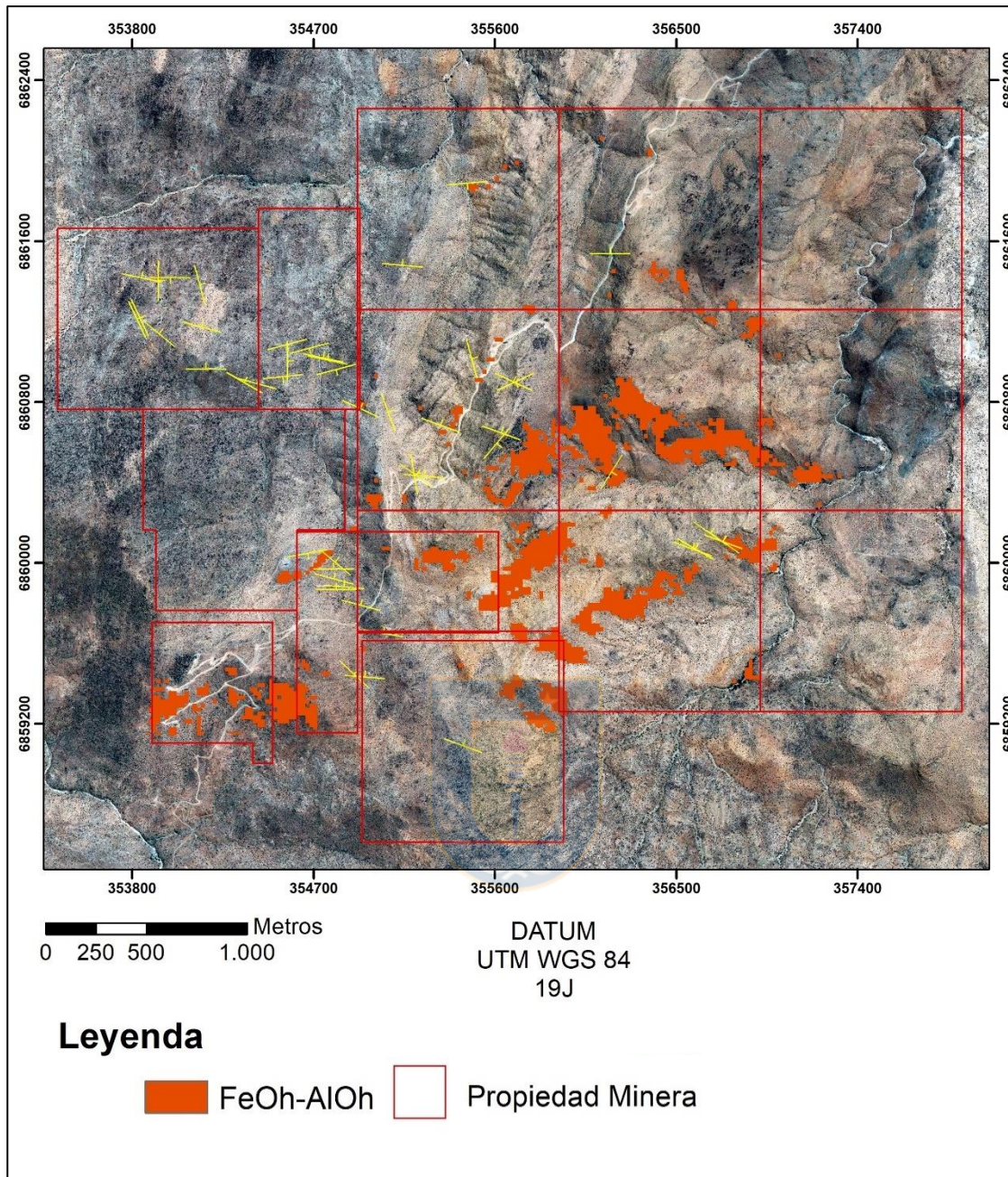


Figura Anexo 3. Zona de limonita.

Informe preliminar análisis por difracción de rayos X. OT 103-2019.

10 de octubre 2019

Dr. Oscar Jerez

Instituto de Geología Económica Aplicada

Universidad de Concepción

1. Introducción

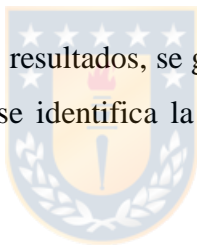
En el presente documento se muestran los resultados de los análisis realizados a 5 muestras sólidas, proporcionadas por el Sr. Alberto Sanhueza, GEA. A estas se les realizó un análisis por difracción de rayos X (DRX) en la roca total.

2. Metodología

El análisis por DRX, se realizó utilizando un equipo Bruker® D4 Endeavor, operado con radiación de Cu y filtro de radiación K β de Ni.

3. Resultados cualitativos

Para favorecer la interpretación de los resultados, se genera una simbología proporcional al espectro particular. De esta manera se identifica la presencia de una fase mineral de la siguiente manera:



*** = Fase muy abundante, ** = Fase abundante, * = Fase minoritaria, Tr = Fase traza, ? = Fase dudosa.

Tabla anexo 1. Resultados cualitativos mediante difracción de rayos X en la roca total.

Muestra	Mineralogía cualitativa										
	Cuarzo	Feldspatos K	Plagioclasas	Biotita	Muscovita	Esmectita	Clorita	Caolinita	Magnetita	Hematita	Goethita
AG-1	***	**	**	Tr?	-	-	-	-	*?	-	-
AG-3	***	*	-	-	*	-	-	-	Tr?	-	-
D-4	***	**	**	Tr?	-	-	-	-	-	-	-
F7 ac	***	-	***	-	Tr?	Tr?	Tr?	Tr?	-	*	-
G3J	***	*	-	-	**	-	-	Tr?	-	Tr?	Tr?

Anexo difractogramas.

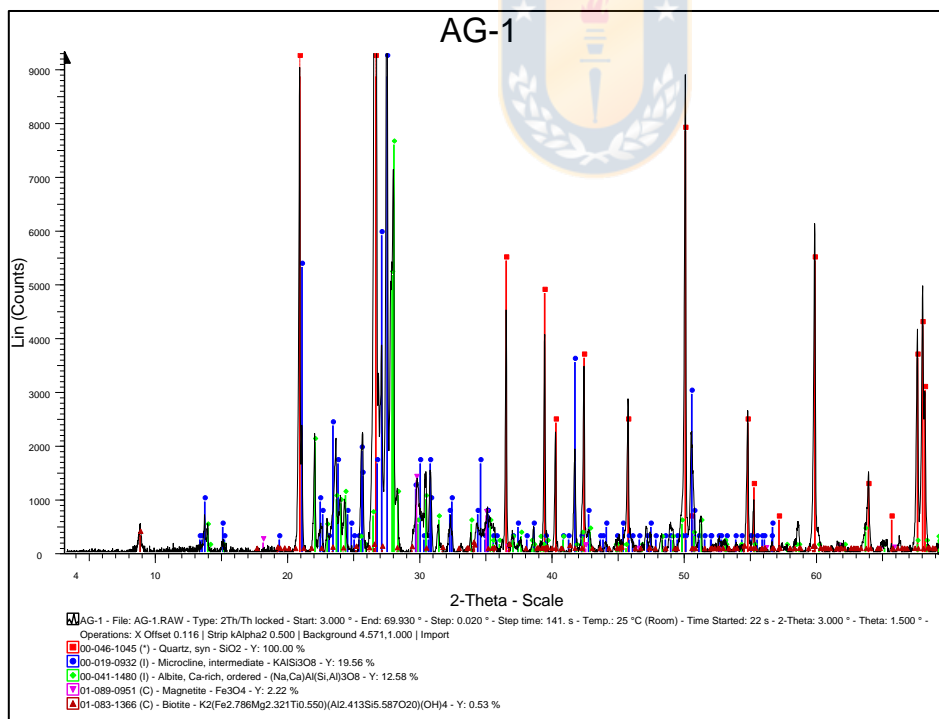
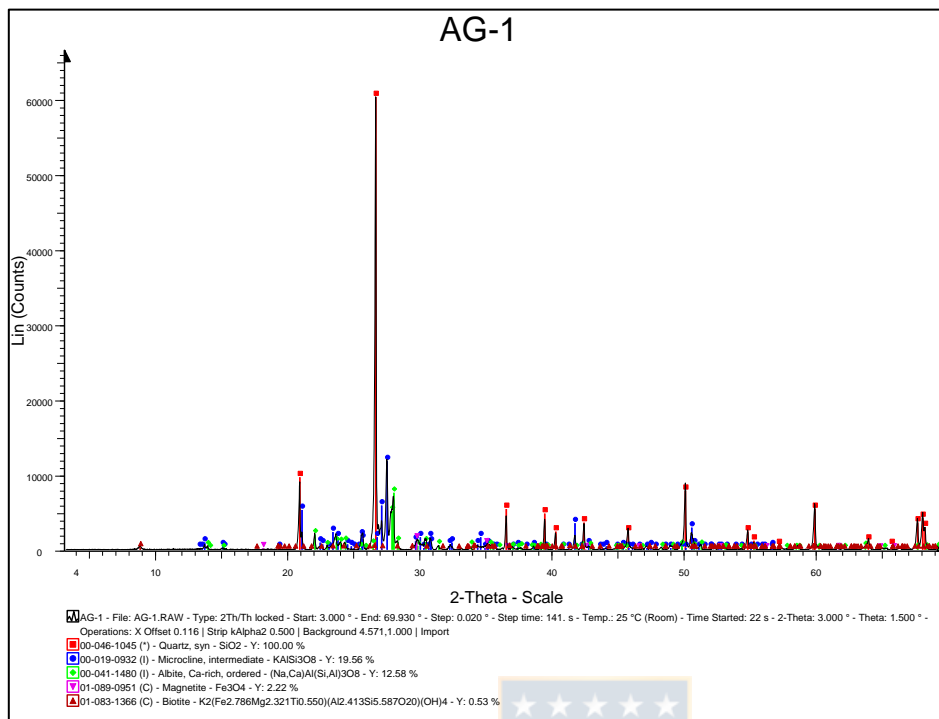


Figura Anexo 4. Difractogramas muestra AG-1.

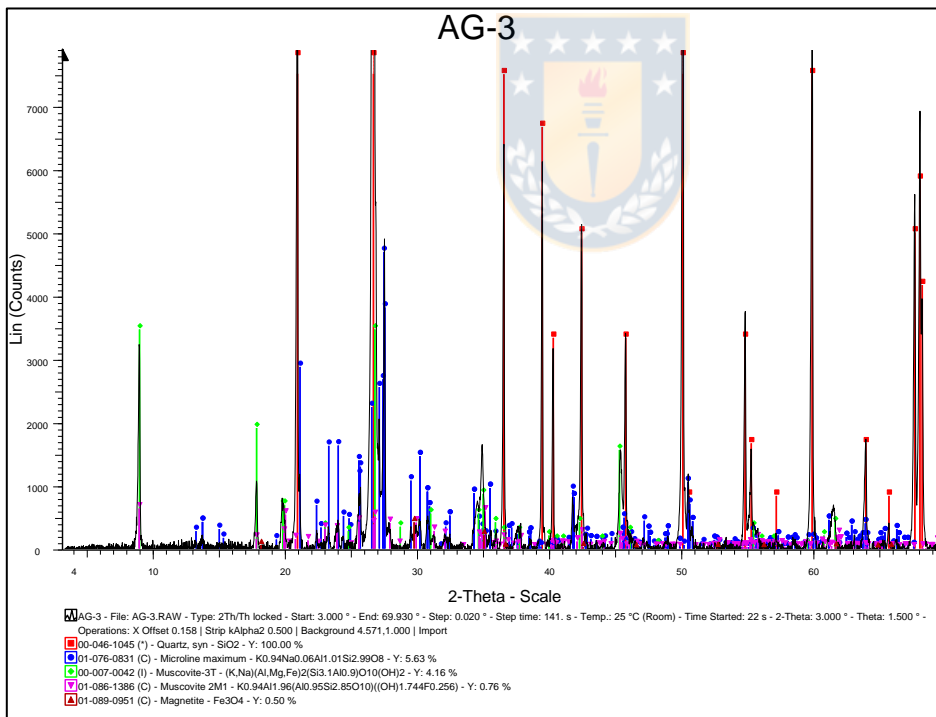
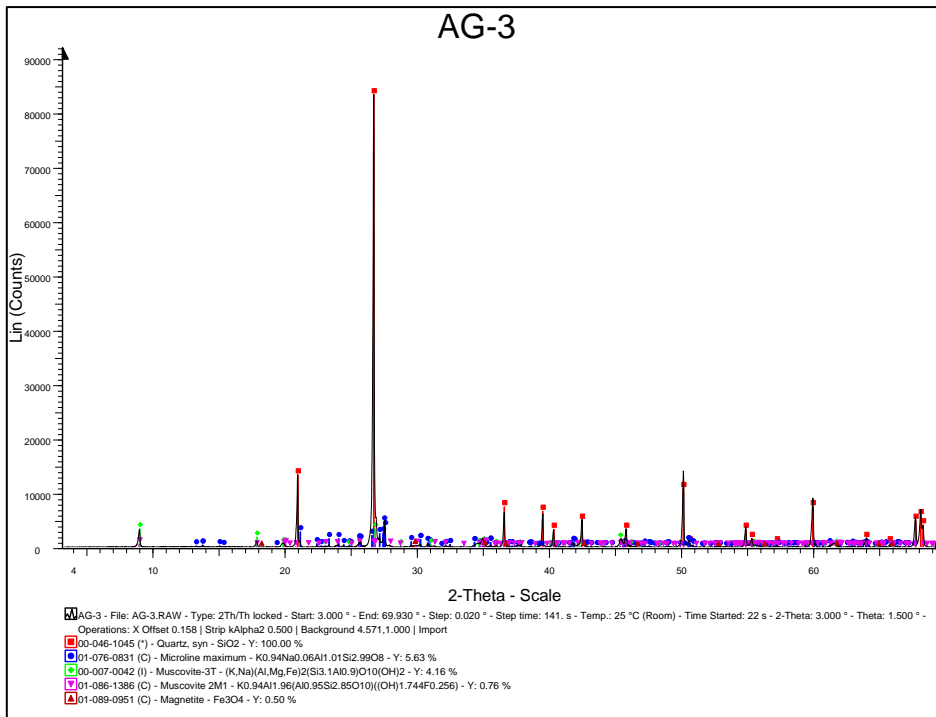


Figura Anexo 5. Difractogramas muestra AG-3.

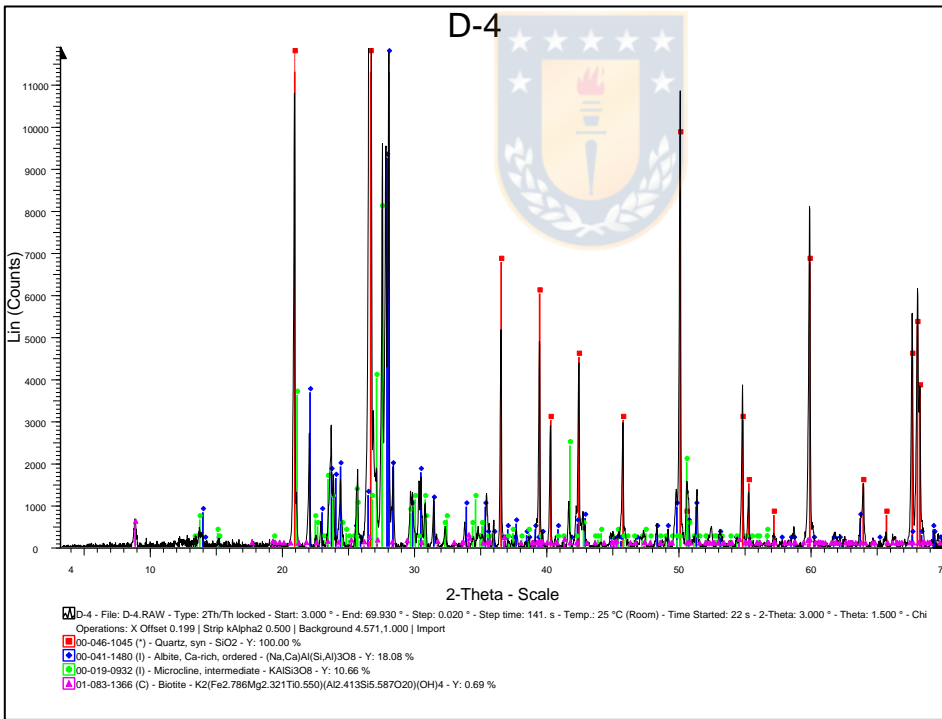
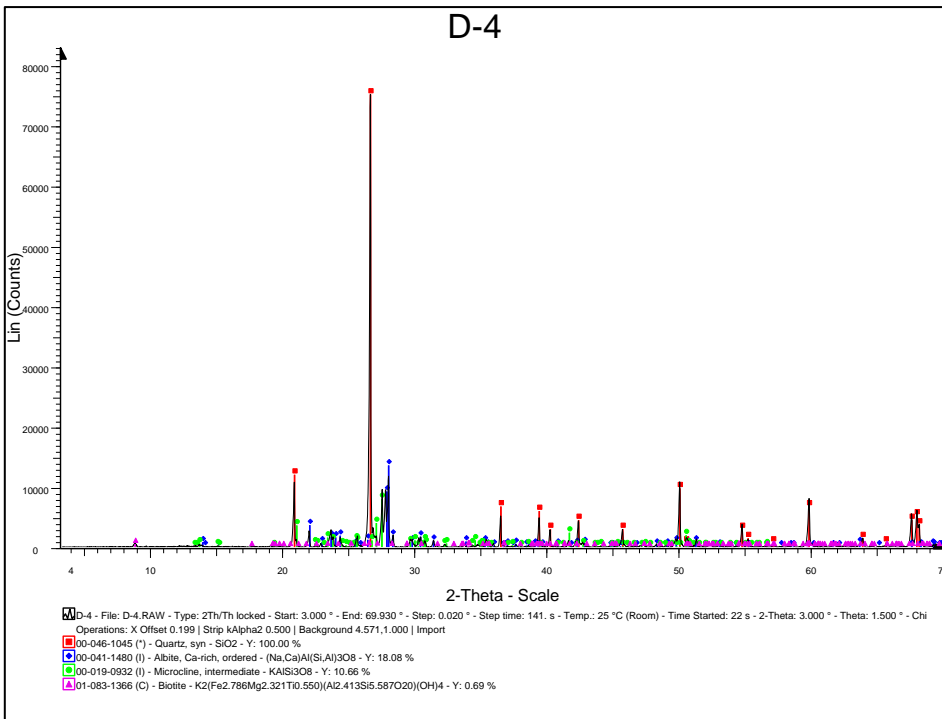


Figura Anexo 6. Difractogramas muestra D-4.

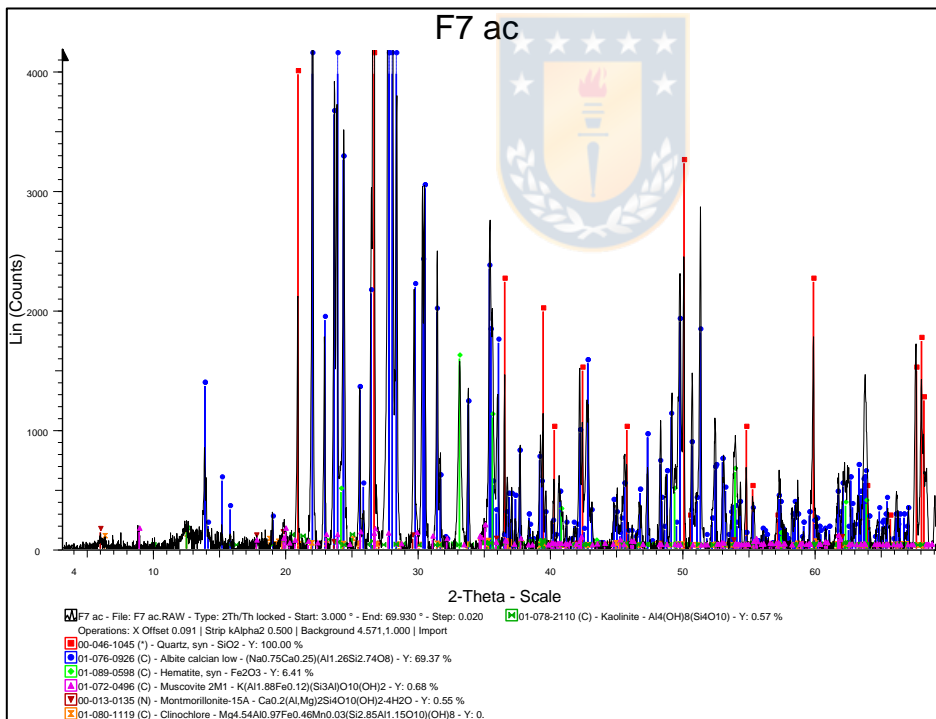
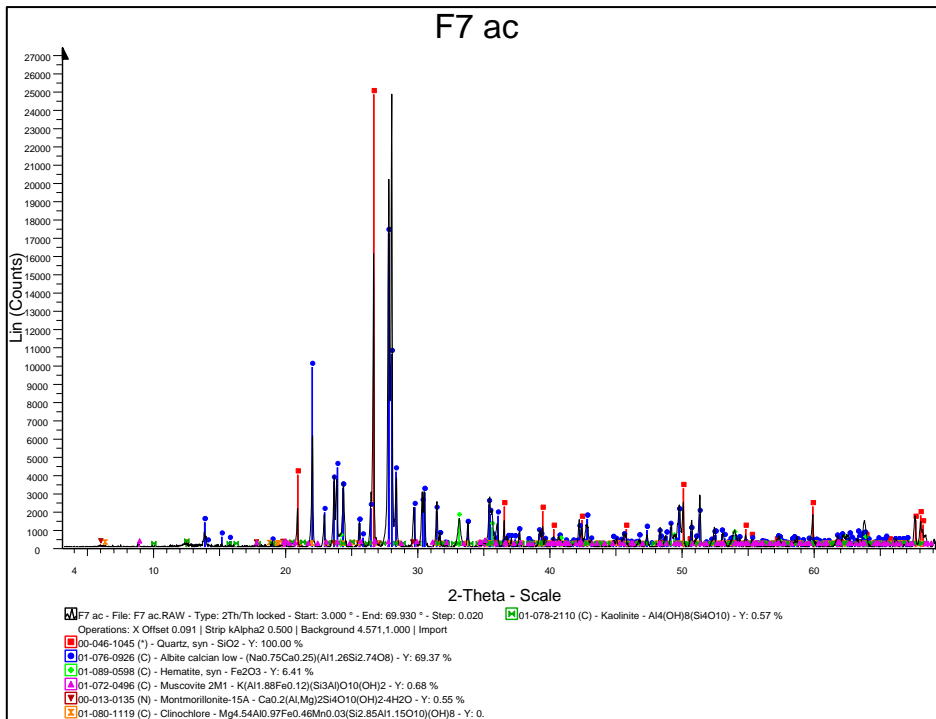


Figura Anexo 7. Difractogramas muestra F7ac.

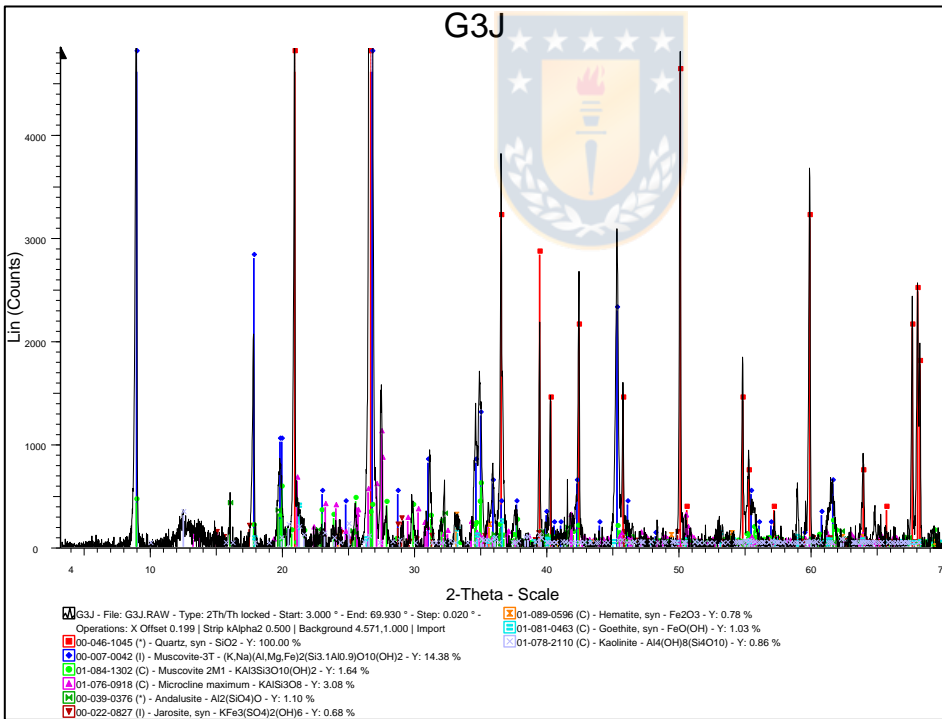
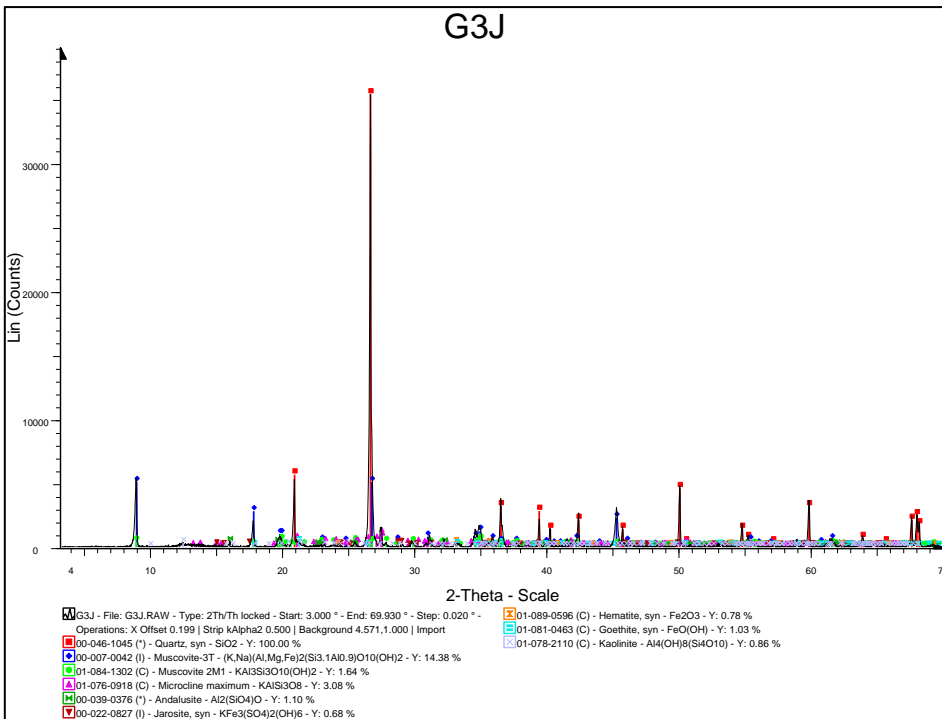


Figura Anexo 8. Difractogramas muestra G3J

Anexo de análisis químicos.



CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 45000 (Folio 45000)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 17 de Febrero de 2014
Egreso : 19 de Febrero de 2014
Análisis : Oro Retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
17036 Mina agua	13.0
17037 Muestra 1	50.8
17038 Torno piso	20.5

Análisis	17036 Mina agua	17037 Muestra 1	17038 Torno piso
Oro Fino (g/T)	12.5	16.1	11.9
Oro Grueso (g/T)	0.5	34.7	8.6
Promedio (g/T)	13.0	50.8	20.5
Peso Retalla (g)	17.1	12.1	15.4
Peso Total (g)	100	100	100
Ley Retalla (g/T)	2.7	286.4	56.1

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.


Fernando Alquinta Segura
Jefe Laboratorio
Análisis Mineros

Coquimbo, 19 de Febrero de 2014

Calle Nueva Cinco #1251 - Barrio Industrial - Alto Peñuelas - Coquimbo
Celular (09) 90435130

Web: www.laboratoriofef.cl Mail: secretaria@laboratoriofef.cl

CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 42706 (Folio 42706)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 06 de Noviembre de 2013
Egreso : 07 de Noviembre de 2013
Análisis : Oro Retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
4007 R 4 Desmante	3.5
4008 Regalada 4 Beta	5.4
4009 R 4 ½ Cerro	17.9

Análisis	4007 R 4 Desmante	4008 Regalada 4 Beta	4009 R 4 ½ Cerro
Oro Fino (g/T)	1.7	4.8	9.1
Oro Grueso (g/T)	1.8	0.6	8.8
Promedio (g/T)	3.5	5.4	17.9
Peso Retalla (g)	15.6	10.8	12.2
Peso Total (g)	100	100	100
Ley Retalla (g/T)	11.5	6.0	72.0

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquinta Segura
Jefe Laboratorio
Análisis Mineros

Coquimbo, 07 de Noviembre de 2013

CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 46511 (Folio 46511)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 22 de Abril de 2014
Egreso : 23 de Abril de 2014
Análisis : Oro retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
24647 Común veta agua	3.4
24648 Fino veta agua	13.2
24649 Veta agua	96.5

Análisis	24647 Común veta agua	24648 Fino veta agua	24649 Veta agua
Oro Fino (g/T)	2.0	9.4	18.8
Oro Grueso (g/T)	1.4	3.8	77.7
Promedio (g/T)	3.4	13.2	96.5
Peso Retalla (g)	14.3	15.6	11.1
Peso Total (g)	100	100	100
Ley Retalla (g/T)	10.1	24.2	700.0

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquinta Segura
 Jefe Laboratorio
 Análisis Mineros

Coquimbo, 23 de Abril de 2014

CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 47343 (Folio 47343)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 03 de Junio de 2014
Egreso : 04 de Junio de 2014
Análisis : Oro retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
31159 Reg. 3 manto	0.12
31160 Reg. 4 mina agua	129.6

Análisis	31159 Reg. 3 manto	31160 Reg. 4 mina agua
Oro Fino (g/T)	0.11	29.7
Oro Grueso (g/T)	0.01	99.9
Promedio (g/T)	0.12	129.6
Peso Retalla (g)	12.2	13.9
Peso Total (g)	100	100
Ley Retalla (g/T)	0.09	718.8

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquinta Segura
 Jefe Laboratorio
 Análisis Mineros

Coquimbo, 04 de Junio de 2014


CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 47389 (Folio 47389)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 03 de Junio de 2014
Egreso : 04 de Junio de 2014
Análisis : Oro

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
31348 Veta Agua	97.9
31349 Reg. 4 Mina agua	143.4

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquinta Segura
Jefe Laboratorio
Análisis Mineros

Coquimbo, 04 de Junio de 2014

CERTIFICADO DE ANALISIS


Informe : N° 49311 (Folio 49311)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 09 de Septiembre de 2014
Egreso : 10 de Septiembre de 2014
Análisis : Oro Retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
42344 Veta R4	193.0
42345 Tierras Molino Izq	6.2

Análisis	42344 Veta R4	42345 Tierras Molino Izq
Oro Fino (g/T)	41.1	3.7
Oro Grueso (g/T)	151.9	2.5
Promedio (g/T)	193.0	6.2
Peso Retalla (g)	14.7	11.7
Peso Total (g)	100	100
Ley Retalla (g/T)	1033.5	21.7

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alguinta Segura
 Jefe Laboratorio
 Análisis Mineros

Coquimbo, 10 de Septiembre de 2014

CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 50371 (Folio 50371)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
E - mail : carlos@sancarlosltda.cl
Ingreso Laboratorio : 29 de Octubre de 2014
Egreso : 03 de Noviembre de 2014
Análisis : Oro Retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
47770 Frente R 4	100.4

Análisis	47770 Frente R 4
Oro Fino (g/T)	31.0
Oro Grueso (g/T)	69.4
Promedio (g/T)	100.4
Peso Retalla (g)	15.7
Peso Total (g)	100
Lev Retalla (g/T)	442.3

Resultados válidos solamente para las mnestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquiñta Segura
Jefe Laboratorio
Análisis Mineros

Coquimbo, 03 de Noviembre de 2014

CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 49636 (Folio 49636)
 Razón Social : SR. EDUARDO ROJAS
 Solicitante : Sr. Eduardo Rojas
 Muestra : Mineral
 Ingreso Laboratorio : 29 de Septiembre de 2014
 Egreso : 30 de Septiembre de 2014
 Análisis : Oro Retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
44047 Muestra 1	130.8

Análisis	44047 Muestra 1
Oro Fino (g/T)	16.4
Oro Grueso (g/T)	114.4
Promedio (g/T)	130.8
Peso Retalla (g)	13.4
Peso Total (g)	100
Ley Retalla (g/T)	853.5

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquinta Segura
 Jefe Laboratorio
 Análisis Mineros

Coquimbo, 30 de Septiembre de 2014

CERTIFICADO DE ANALISIS

Informe : N° 37218 (Folio 37218)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
Ingreso Laboratorio : 22 de Febrero de 2013
Egreso : 25 de Febrero de 2013
Análisis : Oro

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
4130 Desmonte Pto 1	62.0
4131 Veta	6.7
4132 Desmonte Pto 2	0.48
4133 Veta 2	1.7

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



Fernando Alquinta Segura
 Jefe Laboratorio
 Análisis Mineros

La Serena, 25 de Febrero de 2013

CERTIFICADO DE ANALISIS


Informe : N° 39995 (Folio 39995)
Razón Social : SR. CARLOS CARRASCO
Solicitante : Sr. Carlos Carrasco
Muestra : Mineral
Ingreso Laboratorio : 26 de Junio de 2013
Egreso : 28 de Junio de 2013
Análisis : Oro Retalla

Resultados análisis realizados a las siguientes muestras según parámetros solicitados:

Análisis	ORO (g/T)
12590 M Desmonte	0.94
12591 M Chucullada	1.46

Análisis	12590	12591
	M Desmonte	M Chucullada
Oro Fino (g/T)	0.67	1.33
Oro Grueso (g/T)	0.27	0.13
Promedio (g/T)	0.94	1.46
Peso Retalla (g)	10.7	11.3
Peso Total (g)	100	100
Ley Retalla (g/T)	2.5	1.2

Resultados válidos solamente para las muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.


Fernando Agustina Segura
 Jefe Laboratorio
 Análisis Mineros

La Serena, 28 de Junio de 2013