



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



# **GEOLOGÍA DE LAS VETAS DE ORO DEL PROYECTO REGALADAS Y SU POSIBLE RELACIÓN CON UN SISTEMA DE PÓRFIDO CUPRÍFERO EN PROFUNDIDAD, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE**

**Memoria para optar al Título de Geóloga**

**Javiera Natalia Fernández Schäfer**

Profesor Guía: Dra. Fernanda Carolina Álvarez Amado  
Profesores Comisión: Sr. Ramiro Ulises Bonilla Parra  
Msc. Abraham Elías González Martínez

Concepción, 2020

# ÍNDICE

## RESUMEN

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Generalidades</b> .....	1
<b>1.2 Objetivos</b> .....	1
1.2.1 Objetivo General .....	1
1.2.2 Objetivos Específicos .....	1
<b>1.3 Ubicación y accesos</b> .....	2
<b>1.4 Método de trabajo</b> .....	4
1.4.1 Etapa Gabinete I.....	4
1.4.2 Etapa Terreno I .....	4
1.4.3 Etapa Gabinete II.....	4
1.4.4 Etapa Terreno II .....	4
1.4.5 Etapa Gabinete III .....	5
<b>1.5 Trabajos anteriores</b> .....	5
<b>1.6 Agradecimientos</b> .....	6
<b>2. MARCO GEOLÓGICO</b> .....	7
<b>2.1 Marco geológico regional</b> .....	7
2.1.1 Geotectónica.....	7
2.1.1.1 Jurásico Superior - Cretácico Inferior .....	8
2.1.1.2 Cretácico Inferior – Cretácico Superior.....	8

2.1.1.3 Cretácico Superior – Paleoceno .....	8
2.1.1.4 Paleoceno – Presente .....	9
2.1.2 Unidades Estratificadas .....	10
2.1.2.1 Grupo Chañarillo (Hauteriviano Superior - Albiano Inferior?) .....	10
2.1.2.2 Formación Cerrilos (Albiano Inferior - Turoniano).....	11
2.1.2.3 Formación Hornitos (Cretácico Superior – Paleoceno?) .....	11
2.1.2.4 Gravas de Atacama (Mioceno Medio - Mioceno Superior) .....	12
2.1.2.5 Depósitos Aluviales (Pleistoceno - Holoceno) .....	13
2.1.2.6 Depósitos Fluviales (Pleistoceno - Holoceno).....	13
2.1.3 Rocas Intrusivas.....	13
2.1.3.1 Complejo Plutónico los Morteros (Cretácico Superior – Paleoceno).....	13
<b>2.2 Marco geológico local</b> .....	14
2.2.1 Litología.....	14
2.2.1.1 Granodioritas Complejo Plutónico Los Morteros(CPM) .....	15
2.2.1.2 Tonalitas Complejo Plutónico Los Morteros (CPM) .....	15
2.2.1.3 Facies El Molle Formación Hornitos .....	15
2.2.2 Geología estructural .....	16
2.2.2.1 Lineamientos .....	16
2.2.2.2 Fallas .....	18
2.2.2.3 Vetas .....	19
<b>3. RESULTADOS</b> .....	20
<b>3.1 Litología</b> .....	20

3.1.1 Unidad Pegmatita.....	21
3.1.2 Unidad Brecha .....	22
3.1.3 Unidad Dacita.....	23
3.1.4 Unidad Riolita .....	24
3.1.5 Andesitas.....	25
3.1.6 Unidad Granodiorita.....	26
3.1.7 Unidad Microgranodiorita .....	27
3.1.8 Unidad Diorita Cuarcifera .....	28
3.1.9 Unidad Tonalita .....	29
<b>3.2 Vetas auríferas.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Alteración Hidrotermal .....</b>	<b>32</b>
3.3.1 Biotitización .....	33
3.3.2 Alteración Argílica Intermedia .....	34
3.3.3 Alteración Fílica .....	36
3.3.4 Alteración Propilítica .....	38
3.3.5 Albitización - Epidotización .....	39
3.3.6 Alteración Supérgena .....	40
<b>3.4 Mineralogía Metálica .....</b>	<b>42</b>
3.4.1 Oro.....	42
3.4.2 Cobre .....	43
3.4.2.1 Sulfuros de cobre .....	43
3.4.2.2 Oxidados de cobre.....	45

3.4.3 Hierro .....	45
3.4.3.1 Sulfuro de hierro .....	46
3.4.3.2 Oxidados de hierro .....	46
<b>3.5 Evaluación cuantitativa QEMSCAN.....</b>	<b>47</b>
3.5.1 Generalidades .....	47
3.5.1.1 Muestra I8J .....	48
3.5.1.2 Muestra G3J.....	49
3.5.1.3 Muestra F14J.....	50
<b>3.6 Difracción de Rayos X (DRX) .....</b>	<b>51</b>
<b>4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Evolución de la alteración hidrotermal y paragénesis .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 Modelo geológico del yacimiento .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3 Modelo genético y evolución geológica.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4 Comparación con otros modelos.....</b>	<b>63</b>
4.4.1 Informe ENAMI .....	63
4.4.2 Inca de Oro .....	64
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>6. REFERENCIAS .....</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa ubicación área de estudio.....	2
Figura 1.2 Propiedades Proyecto Regaladas .....	3
Figura 2.1 Mapa geología regional .....	7
Figura 2.2 Mapa geología local.....	14
Figura 2.3 Lineamientos Proyecto Regaladas .....	16
Figura 2.4 Paleocalderas .....	17
Figura 2.5 Resultado de software para de fallas Proyecto Regaladas .....	18
Figura 2.6 Resultado de software para vetas auríferas.....	19
Figura 3.1 Mapa litológico Proyecto Regaladas .....	20
Figura 3.2 Diagrama de clasificación de rocas según Streikensen (1976).....	21
Figura 3.3 Unidad Pegmatita.....	22
Figura 3.4 Unidad Brecha .....	23
Figura 3.5 Unidad Dacita .....	24
Figura 3.6 Unidad Riolita.....	25
Figura 3.7 Unidad Andesita .....	26
Figura 3.8 Unidad Granodiorita .....	27
Figura 3.9 Unidad Microgranodiorita .....	28
Figura 3.10 Unidad Diorita cuarcífera. ....	29
Figura 3.11 Unidad Tonalita .....	30
Figura 3.12 Distribución espacial vetas Proyecto Regladas.....	31
Figura 3.13 Vetas área de estudio .....	31
Figura 3.14 Distribución de las alteraciones en las vetas .....	32
Figura 3.15 Mapa alteración hidrotermal .....	33
Figura 3.16 Biotitización.....	33
Figura 3.17 Alteración argílica intermedia.....	34
Figura 3.18 Texturas calcedonia .....	35
Figura 3.19 Stockwork alteración argílica intermedia y alteración supérgena.....	36
Figura 3.20 Alteración Fílica. ....	37
Figura 3.21 Piritas lixiviadas.....	37
Figura 3.22 Alteración Propilítica.....	38
Figura 3.23 Vetillas tipo E .....	39
Figura 3.24 Albitización – Epidotización.....	40

Figura 3.25 Zona oxidación alteración supérgena.....	40
Figura 3.26 Mineralogía metálica alteración supérgena .....	41
Figura 3.27 Oro .....	42
Figura 3.28 Distribución de vetas y análisis de oro .....	43
Figura 3.29 Calcopirita.....	44
Figura 3.30 Oxidados de cobre .....	45
Figura 3.31 Pirita.....	46
Figura 3.32 Limonita.....	47
Figura 3.33 Vetas con información QEMSCAN.....	48
Figura 3.34 Imagen falso color QEMSCAN muestra I8J .....	49
Figura 3.35 Imagen falso color QESCAM muestra G3J.....	50
Figura 3.36 Imagen falso color QESCAM muestra F14J .....	51
Figura 4.1 Mapa de alteraciones y litología .....	53
Figura 4.2 Temporalidad eventos de alteración .....	54
Figura 4.3 Diagrama de solubilidad del oro .....	55
Figura 4.4 Cuadro paragenético y etapas .....	56
Figura 4.5 Esquema sistema hidrotermal .....	57
Figura 4.6 Epitermal de baja sulfuración .....	58
Figura 4.7 Modelo estructural regional.....	60
Figura 4.8 Primera etapa del modelo de alteración.....	61
Figura 4.9 Segunda etapa del modelo de alteración.....	62
Figura 4.10 Imagen satelital con vetas estudiadas por ENAMI .....	63
Figura 4.11 Litología y estructuras en Inca de Oro.....	65
Figura 4.12 Alteraciones en Inca de Oro.....	66
Figura 4.13 Zonas de mineralización en Inca de Oro.....	67

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 3.1 Resultados cualitativos mediante difracción de rayos X en la roca total .....	52
---	----

## RESUMEN

El Proyecto Regaladas se encuentra en el sector precordillerano, al NE de la ciudad de Vallenar, en la Región de Atacama, Provincia de Huasco.

La geología del proyecto está constituida por rocas ígneas, volcánicas y subvolcánicas depositadas entre el Cretácico Superior y Paleoceno donde hubo períodos compresivos y extensivos. Las rocas volcánicas y subvolcánicas corresponden a andesitas, dacitas y riolitas correlacionables con la Formación Hornitos, específicamente con la facie El Molle. Las rocas intrusivas observadas fueron tonalitas, granodioritas, microgranodioritas, pegmatitas y dioritas, las cuales se correlacionan con las litologías pertenecientes al Complejo Plutónico Los Morteros. En este período en el sector de la quebrada Yervas Buenas y Algarrobal, se han reconocido campos de caldera, a las cuales se les asocian extensas zonas de alteración hidrotermal (Rivera y Falcon, 2000).

El presente estudio mediante análisis de muestra de mano, cortes transparentes y pulidos, difracción de rayos X, y QEMSCAN permitieron determinar asociaciones paragenéticas correspondiente a las siguientes alteraciones: (1) propilítica compuesta por clorita y albita, (2) fílica con cuarzo predominante, sericita, clorita, pirita, calcopirita, (3) argílica intermedia compuesta por calcedonia, arcillas, siderita, oro y pirita, (4) albitización - epidotización con albita y epidota y finalmente (5) alteración supérgena con minerales pertenecientes a la zona de oxidación como limonita, hematita y óxidos de cobre y de la zona de enriquecimiento secundario como covelina y calcosina.

El sistema estructural predominante donde se concentra la mineralización y alteración corresponde a vetas de orientaciones preferenciales N50 - 80°W hasta EW con una pequeña población N10°W a NS con manteos que van de los 60 a 90°NE. Dentro de estas vetas destaca la “Mina del Agua” con valores promedio de 60 g/Ton de Au.

En base a las alteraciones, mineralogía, modo de ocurrencia y estructuras, se concluyó que el sistema de vetas auríferas del Proyecto Regaladas consiste en un depósito epitermal de baja temperatura formado por fluidos exclusivamente meteóricos que se percolan por las estructuras llegando a grandes profundidades, donde son calentadas por una fuente magmática generándose un sistema convectivo de fluidos que interactúan con la roca caja. Este proceso da paso a *trend* de mineralizaciones y alteraciones observadas. La fuente fue definida como un sistema hidrotermal porfídico, donde, por falta de información no se pudo corroborar si se encuentra enriquecido en cobre.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Generalidades

La exploración minera es la etapa inicial de la actividad minera, tiene como objetivo identificar las zonas donde se ubican los yacimientos de minerales que luego, dependiendo de su dimensión y composición, pueden ser explotados. La etapa de exploración básica consta de: (1) recopilación de información (mapas geológicos, tipo de exploraciones que han existido, etc.); (2) la teledetección que utiliza imágenes satelitales para reconocer zonas posibles de interés y (3) la geología que corresponde a un estudio de mayor detalle que incluye la cartografía geológica (elaboración de un mapa geológico), levantamiento estratigráfico, estudio tectónico (identificación de fallas y pliegues) y estudio petrológico entre otros.

Este proyecto surge ante la necesidad de la consultora Elquiminerals de evaluar el potencial económico, caracterizar geológicamente y definir sectores de mineralización aurífera del Proyecto Regaladas, para la posible explotación y arriendo o venta de las propiedades mineras.

Los mayores aportes económicos para la realización de este estudio fueron efectuados por el dueño de las propiedades mineras del Proyecto Regaladas Sr. Carlos Carrasco, el Instituto de Geología Económica Aplicada de la Universidad de Concepción y el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

- ❖ Evaluar relación entre vetas superficiales de oro y un posible sistema tipo pórfido de cobre en profundidad en Proyecto Regaladas.

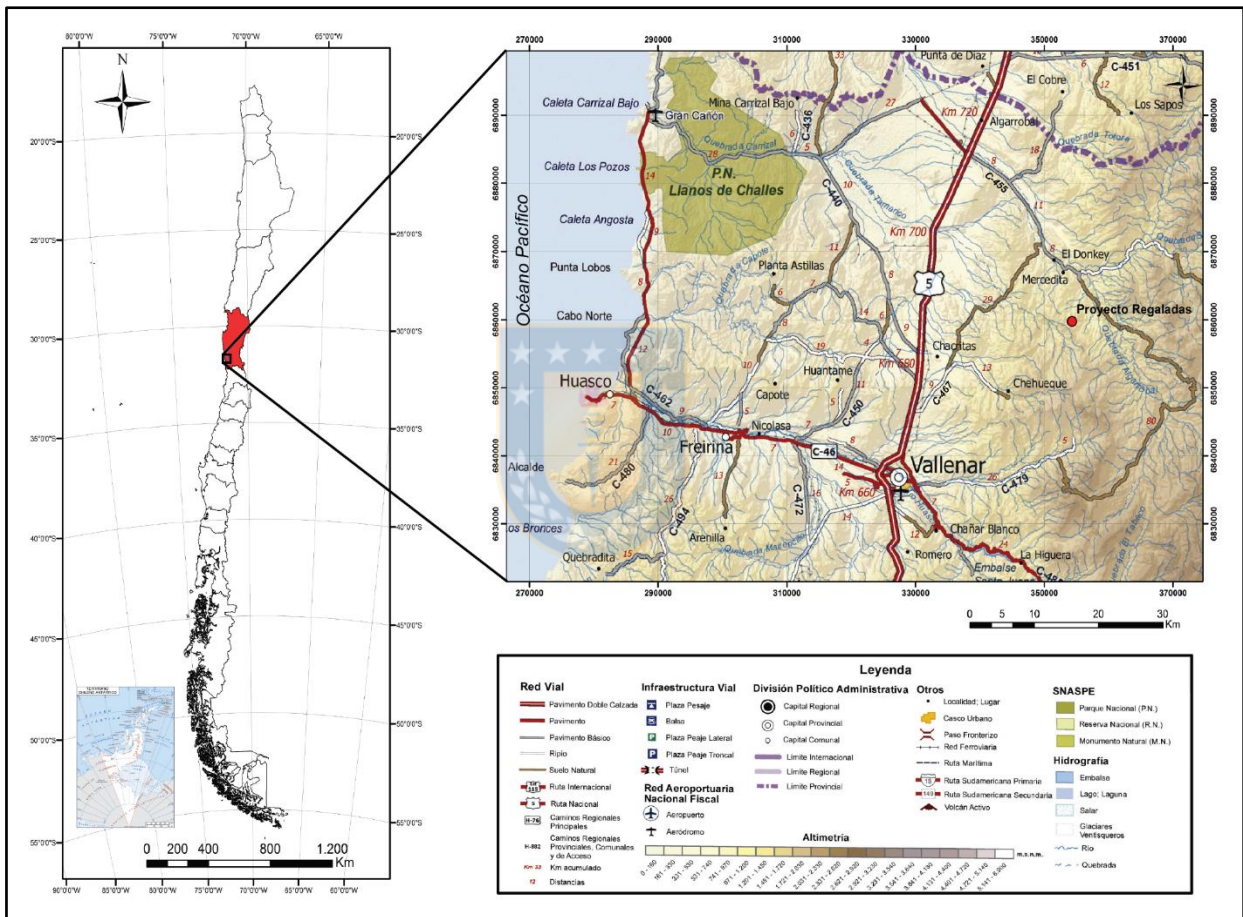
### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la mineralogía y alteración en vetas.
- Determinar texturas y modos de ocurrencia de minerales de oro y cobre.
- Identificar paragénesis de mineralogía de cobre y oro.
- Relacionar el tipo de mineralogía con la alteración y estructuras correspondientes.

- Comparar este modelo con otros de génesis similar en Chile.

### 1.3 Ubicación y accesos

El área de estudio se ubica a 34 km al NE de la ciudad de Vallenar y a 14 km al SE de la localidad Las Cunas, en la Región de Atacama, Provincia de Huasco, Chile, entre las coordenadas geográficas 28°21' - 28°23' latitud S y 70°29' - 70°26' Longitud W y UTM 6862305.01 - 6858898.19 m S y 357951.47 - 353505.85 m E, Datum WGS84 (Figura 1.1).



**Figura 1.1 Mapa ubicación área de estudio.** Modificado de Red vial Región de Atacama y Región de Coquimbo, Dirección de vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile (2016).

Para acceder desde la ciudad de Vallenar vía terrestre al área de estudio, se debe recorrer 45 km por la ruta 5 Norte hasta el km 714, llegando así al desvío con ruta C - 455. Esta última, corresponde a una vía de pavimento básico, arena y ripio por lo que se requiere camioneta 4 x 4 para el acceso,

La ruta se recorre por 28 km para luego virar hacia el S en dirección Merceditas. Desde este punto se recorren 3 km con pendientes variables para finalmente llegar al campamento base del Proyecto. Desde el campamento base se accede a los lugares específicos de estudio a través de caminos de tierra y ripio, en regular estado, algunos de ellos constituyen accesos a faenas del sector, mientras que otros corresponden a caminos de acceso a torres de alta tensión.

La zona de exploración esta formada por 15 propiedades mineras como se muestra en la Figura 1.2. Estas propiedades abarcan un terreno de aproximadamente 12 km<sup>2</sup>.

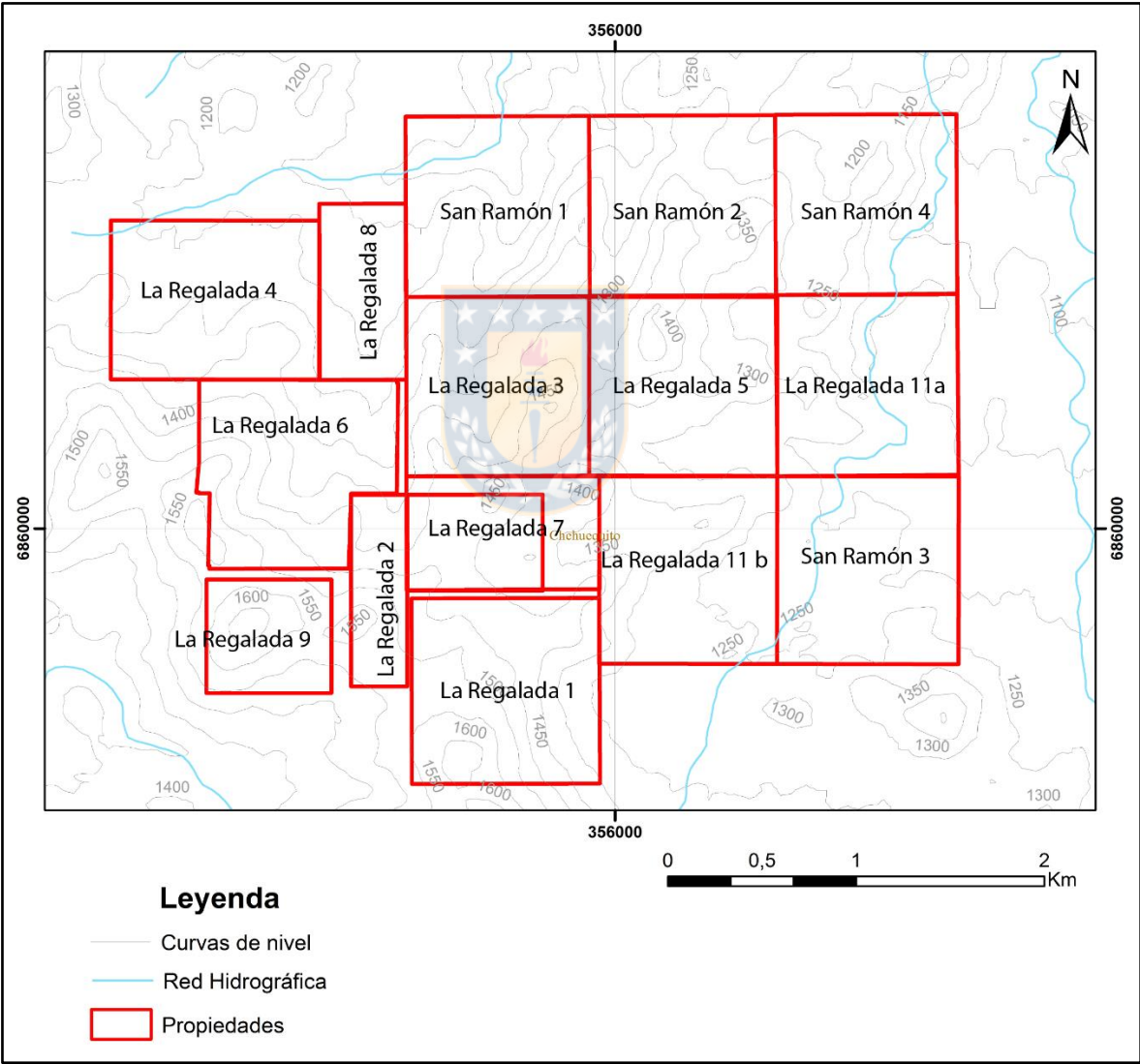


Figura 1.2 Propiedades Proyecto Regaladas

## **1.4 Método de trabajo**

### **1.4.1 Etapa Gabinete I**

Recopilación de mapas y bibliografía sobre la geología regional, disponibles en la carta geológica de Yerbas Buenas - Tres Morros, Región de Atacama, y carta geológica Hoja Vallenar y parte Norte de la Serena, ambas del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Estudio de sensores remotos en base a combinaciones espectrales de bandas *landsat*, con objetivo de realizar una fotointerpretación y determinar posibles puntos de interés y *target* de exploración.

### **1.4.2 Etapa Terreno I**

La primera campaña se dividió en dos terrenos donde el primero se llevó a cabo entre los días 5 y 13 de enero del 2019 y el segundo desde el 19 al 23 de enero del 2019. En esta campaña se realizó un mapeo geológico superficial del área de estudio, tomando muestras de vetas y rocas cajas, además de datos estructurales de fallas, vetas y diaclasas.

### **1.4.3 Etapa Gabinete II**

Se determinó y caracterizó de forma macroscópica la mineralogía de las muestras obtenidas en la primera campaña de terreno.

Se corroboró la fotointerpretación en base a las combinaciones espectrales de bandas *landsat* de la primera etapa de gabinete y se definieron nuevas áreas de interés basadas en la información obtenida en la primera campaña de terreno.

Se realizó un mapa litológico preliminar, además del mapeo de rumbos y manteo de las vetas observadas en terreno.

### **1.4.4 Etapa Terreno II**

Se realizó una segunda campaña de terreno entre los días 5 y 10 de mayo de 2019. En esta campaña se refinó el mapeo de la zona de estudio y se analizaron con mayor detalle las zonas de interés determinadas en la segunda etapa de gabinete. Se buscó detalladamente mineralogía de cobre en las vetas y se tomaron las muestras respectivas.

### **1.4.5 Etapa Gabinete III**

Se selecciona un total de 16 muestras para realización de cortes, donde 9 de estos corresponden a corte transparente - pulido y el resto cortes transparentes. Esto se confeccionaron aproximadamente en un 80% en el Taller de Cortes del Departamento Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, mientras que el otro 20% se realizó en el taller de Cortes del Instituto de Geología Económica Aplicada, con el fin de determinar litologías y/o alteraciones hidrotermales que no fueron posibles clasificar o determinar macroscópicamente.

Se realizó un análisis de microscopía electrónica QEMSCAN para un total de 3 muestras, con el fin de determinar las asociaciones minerales que presenta la mena, además de la caracterización de la mineralogía y cuantificación de esta.

Se efectuó análisis de difracción de rayos X para un total de 3 muestras, para determinar mineralogía de alteración.

Se rectificó y corrigió mapas preliminares con la nueva información obtenida y finalmente se redactó la memoria de título.



### **1.5 Trabajos anteriores**

Corbett y Leach (1998) efectúan una revisión completa a cerca de los depósitos porfídicos y epitermales y las asociaciones mineralógicas asociadas a las alteraciones que afectan a estos tipos de depósitos.

Charrier y otros (2007) describe la evolución tectónica del Orógeno Andino Chileno y los depósitos relacionados a cada etapa.

Arévalo y otros (2008) realizan la geología regional del área Carrizal Bajo - Chacritas a escala 1:100.000

Peña y otros (2013) desarrollan la geología regional del área Yervas Buenas - Tres Morros a escala 1:100.000.

ENAMI (2014) realiza un estudio de diagnóstico geológico distrital, en el distrito Quebrada Algarrobal, determinando vetas de cobre y oro, donde las segundas tendrían un origen epitermal de baja temperatura.

Sanhueza (2020) describe la geología estructural y recursos económicos del Proyecto Regaladas.

## **1.6 Agradecimientos**

Quisiera agradecer a Carlos Carrasco y su familia, por su apoyo económico y hospitalidad que me brindaron para realizar mi memoria., al Departamento Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción e Instituto de Geología Económica Aplicada, por el sustento y subvención entregada para la realización de análisis y cortes transparentes.

Por supuesto agradecer a la profesora Fernanda Álvarez por aceptar mi tema de memoria a la brevedad, darme su apoyo en temas administrativos y económicos, además de ser parte fundamental como guía y orientadora de este trabajo. A los demás profesores de la Universidad como el profesor Abram González y Verónica Oliveros, agradecer por su enorme disponibilidad para solucionar dudas académicas y económica.

Como no agradecer a mi gran amigo Alberto Nicolás Sanhueza, con quien compartimos más de 6 años de carrera desde nuestros inicios, prácticas profesionales y hasta nuestro trabajo de Memoria, sin duda vivimos momentos únicos, muchas veces difíciles, en los que nos apoyamos mutuamente tanto de forma académica como personal, le deseo lo mejor en su vida y como profesional y quién sabe, quizás no encontramos por ahí. Además, agradezco a mi grupo de amigos Pipe, Emi, Yosi y Vale, que estuvieron también en este largo proceso llamado “vida universitaria”, son lo mejor.

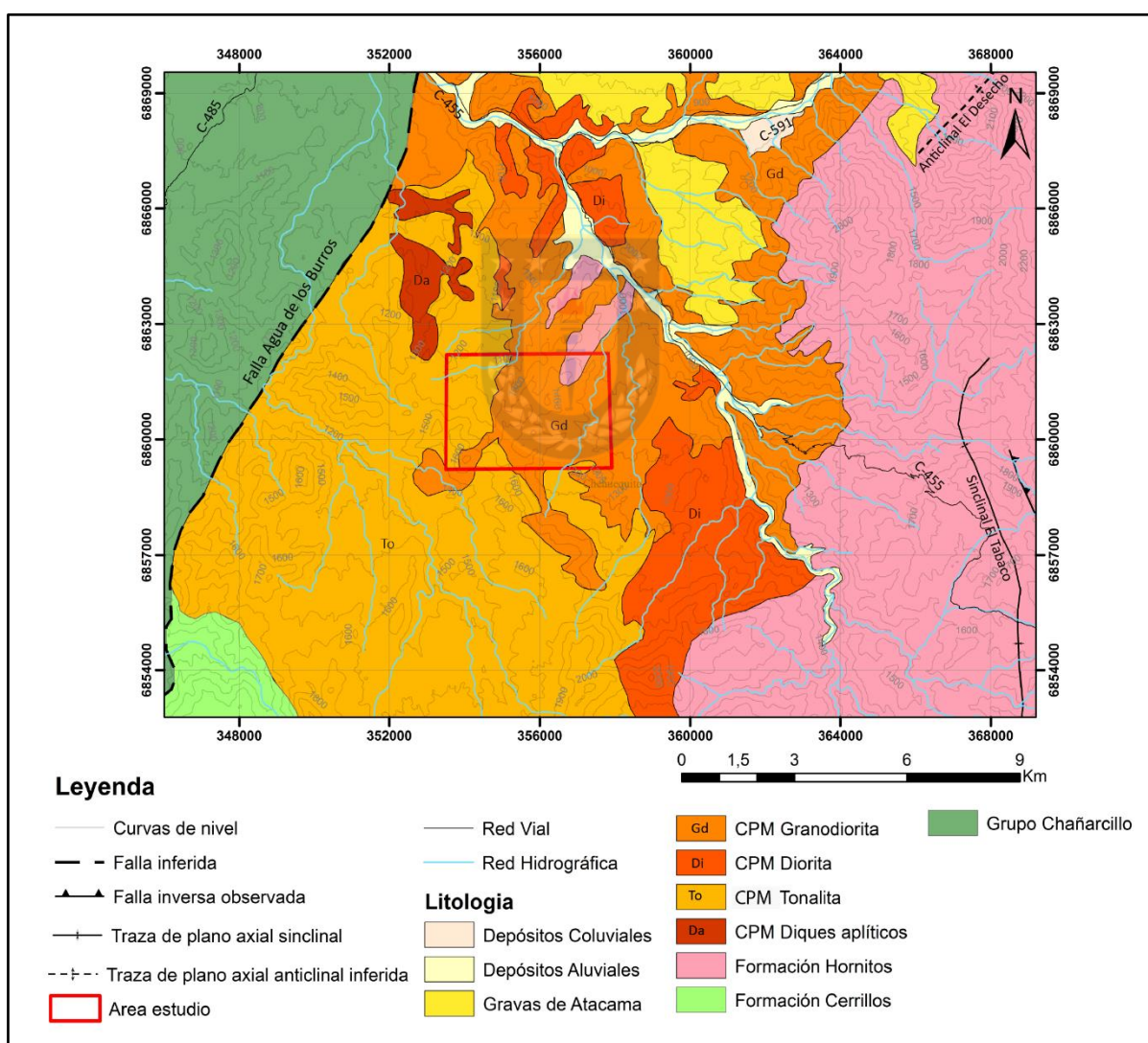
Parte fundamental y que no puede quedar fuera de esta página es mi familia, ellos son parte primordial en mi desarrollo personal y profesional, les agradezco por siempre estar presente y ser incondicionales, darme su apoyo, cariño y tranquilidad en los momentos que más lo necesite. No me puedo olvidar de mencionar a mi sobrina Leonor, quien sin duda me quito tiempo para realizar mi Memoria, pero más importante es toda la tranquilidad, amor y alegría que ha sumado a mi vida desde que nació.

## 2. MARCO GEOLÓGICO

### 2.1 Marco geológico regional

#### 2.1.1 Geotectónica

El Proyecto Regaladas se ubica en la Precordillera entre los 28° y 29° S, en el margen occidental de Sudamérica, el cual se construyó a partir de la subducción de la placa oceánica bajo el continente. La Precordillera en este sector esta constituida por rocas volcanosedimentarias, sedimentarias e intrusivas, que varían en edad desde el Jurásico al Holoceno (Figura 2.1).



**Figura 2.1 Mapa geología regional.** Modificado de carta geológica de Yerbas Buenas - Tres Morros, Región de Atacama, y carta geológica Hoja Vallenar y parte Norte de la Serena, ambas del Servicio Nacional de Geología y Minería.

### **2.1.1.1 Jurásico Superior - Cretácico Inferior**

Corresponde a la primera etapa del Ciclo Andino, donde, entre los 28°30' y 29°00' S, se habrían desarrollado una serie de hemigrabenes abiertos hacia el oeste controlados por fallas normales de borde, lo que generaría diversas series de cuencas de trasarco como la Cuenca de Chañarcillo, Cuenca de Tarapacá y Cuenca de Neuquén, entre otras (Perroud, 2017). Las estructuras generadas estarían controladas por un margen extensivo y orientación NNE - SSW donde, además, se desarrolla un arco magmático de orientación NS ubicado en la zona de la actual Cordillera de la Costa (Pinochet, 2013). En este periodo comienza la sedimentación marina del Grupo Chañarcillo (Figura 2.1).

### **2.1.1.2 Cretácico Inferior – Cretácico Superior**

Esta etapa se caracteriza por una inversión de las cuencas de trasarco anteriormente mencionadas (Mourgues, 2007 en Pinochet, 2013) producto de un pulso de deformación compresiva conocida como Fase Peruana (Charrier y Vicente, 1972; Vicente y otros, 1973; Reutter, 2001 en Pinochet, 2013). Asociado a este evento finaliza la sedimentación marina del Grupo Chañarcillo y comienza la sedimentación volcanosedimentaria de la Formación Cerrillos (Figura 2.1).

Esta fase compresiva cambia sustancialmente la paleogeografía del margen continental: el arco magmático se desplaza considerablemente hacia el este; las cuencas de tras arco dan lugar a cuencas continentales de antepaís; y se genera una amplia región de antearco (Pinochet,2013)

### **2.1.1.3 Cretácico Superior – Paleoceno**

Este período de evolución Andina esta caracterizado por una actividad contraccional, definida como orogenia K - T (Cornejo y otros, 2003, Charrier y otros, 2007). Esta actividad es representada por importantes plutones y abundantes depósitos volcánicos de andesita y riolita - dacita, frecuentemente asociados con el desarrollo de grandes calderas (Charrier y otros, 2007). Los depósitos se acumularon en una serie de cuencas extensionales controladas por fallas reactivadas ubicadas a lo largo del arco magmático, lo que explica la existencia de las diferentes unidades estratificadas y plutones en este periodo (Charrier y otros, 2007).

En la Precordillera de Vallenar, en las quebradas Yerbas Buenas y Algarrobal, se han reconocido facies volcánicas y piroclásticas e intrusivas, 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 volcanoplutónico 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).

Asociado a esta etapa se encuentran la depositación de los sedimentos volcanosedimentarios de la Formación Hornitos (Figura 2.1) en inconformidad por sobre la Formación Cerrillo mediante fallas (Arévalo, 1995; Arévalo, 2005 en Charrier y otros, 2007) y el Complejo Plutónico los Morteros (Figura 2.1).

#### **2.1.1.4 Paleoceno – Presente**

Corresponde a la última fase del desarrollo andino, durante el cual los Andes chilenos - argentinos adoptan la configuración actual (Charrier y otros, 2007).

Desde el Paleoceno a Eoceno medio, la actividad del arco volcánico esta caracterizada por el emplazamiento de plutones, domos, pequeños *stocks* e intrusivos subvolcánicos y erupciones 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).

Durante el Eoceno Medio - Eoceno Tardío se desarrolla un evento compresivo conocido como fase de deformación Incaica principal o fase Incaica II, en donde la subducción se vuelve menos oblicua y aumentan las tasas de convergencia (Pilger, 1984; Pardo, 1987; Somoza, 1998; Reutter, 2001 en Pinochet, 2013).

La subducción en los últimos ~20 Ma corresponde a un tipo *flat - slab* (Ramos, 2002 en Peña, 2012), donde la placa de Nazca, que subducta, lo hace de forma horizontal por debajo de la placa Sudamericana. Este tipo de subducción implica la ausencia de un arco volcánico activo y una zona de depresión central, además de una amplia deformación del basamento. En este periodo tendríamos la depositación de las Gravas de Atacama, y los Depósitos aluviales y fluviales (Figura 2.1).

## 2.1.2 Unidades Estratificadas

### 2.1.2.1 Grupo Chañarcillo (Hauteriviano Superior - Albiano Inferior?)

Definido por Segerstrom y Parker (1959), como una secuencia marina constituida por calizas fosilíferas, calcarenitas y niveles margos, formada de base hacia techo por las formaciones: Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón.

- **Formación Abundancia (Valanginiense Superior):** Arévalo y otros (2005) las describe como secuencias calco-arenosas de calcilitas y grauwakas. Esta formación representa una transgresión marina, asociada al episodio tectónico extensional que forma la cuenca de trasarco (Charrier y otros, 2007).
- **Formación Nantoco (Hauteriviano Superior):** Biese y Nickel (1947) las define como una secuencia que en gran parte se compone por calizas bien estratificadas, además de brechas macizas y evaporitas. Esta formación representa la transición desde un ambiente submareal profundo (hemipelágico) a una plataforma somerizada (Arévalo y otros, 2008).
- **Formación Totoralillo (Barremiano):** definidas por Biese y Nickel (1947) como una secuencia de estratificación fina a media de calcilitas, margas y wackas, además de intercalación de lavas andesíticas. Esta formación se habría depositado como producto de una transgresión generalizada en un ambiente intermareal a inframareal (Peña y otros, 2013). La presencia de coladas de lava indica la contemporaneidad con centros volcánicos efusivos próximos (Arévalo y otros, 2008).
- **Formación Pabellón (Barremiano Superior - Albiano inferior):** Biese y Nickel (1947) la define como una secuencia calcárea y clástica. Las facies basales gruesas de la formación son de ambiente submareal. La progresión desde estos estratos a facies margosas más finas y bien estratificadas hacia el techo, indicaría una transición desde un ambiente distal a otro más intramareal (Arévalo y otros, 2008)

Este grupo se dispone sobre la Formación Punta del Cobre (Segerstrom y Ruiz, 1962 en Charrier y otros, 2007) y se interdigita al oeste con los depósitos volcánicos y volcanoclásticos del Grupo Bandurrias (Segerstrom, 1968; Arévalo, 2005 en Charrier y otros, 2007). Además, infrayace en inconformidad a la Formación Cerrillo (Segerstrom, 1960; Segerstrom y Ruiz, 1962; Moscoso, 1982 en Charrier y otros, 2007).

El Grupo Chañarcillo forma además parte de una de las 5 cuencas marinas de trasarco identificadas por Aguirre (1993), que se desarrollaron, en forma paralela, al margen continental formado por el colapso de los sistemas de *rift*, estos últimos relacionados al quiebre de Gondwana occidental, durante el Cretácico Inferior (Coira y otros, 1982; Renne y otros, 1992; Aguirre, 1993; Mpodozis y Ramos, 2008 en Peña y otros, 2013).

#### **2.1.2.2 Formación Cerrillos (Albiano Inferior - Turoniano)**

Definida por Segerstrom y Parker (1959) como una secuencia sedimentaria clástica con areniscas, brechas, conglomerados y fangolitas, además de intercalaciones locales de coladas de lavas andesíticas a basálticas.

Sobreyace en concordancia a la Formación Pabellón al sur de los 28°S (Arévalo y Welkner, 2008 en Perroud, 2017), mientras que al norte de los 27°30'S sobreyace en discordancia a la Formación Pabellón (Arévalo, 2005 en Perroud, 2017). Subyace en discordancia angular a la Formación Hornitos (Arévalo, 2005 en De Ramón, 2015) y se encuentra intruida por el Complejo Plutónico Los Morteros (Arévalo y otros, 2008).

Se determina la edad en base a relaciones de contacto con otras unidades, definiéndose así una edad Albiano Inferior a Turoniano (Arévalo y otros, 2008).

Los estratos de la Formación Cerrillos han sido atribuidos por Mpodozis y Allmendiger (1993 en Arévalo y otros, 2008) como relleno de una cuenca marina asociada a la fase extensional del Cretácico Inferior.

#### **2.1.2.3 Formación Hornitos (Cretácico Superior – Paleoceno?)**

Definida por Segerstrom (1959) como una secuencia volcanosedimentaria. Su parte basal es conglomerádica con intercalaciones de areniscas, y una secuencia superior volcánica compuesta por tobas, rocas volcanosedimentarias y una unidad volcánica explosiva.

Según Peña y otros (2013) se encuentra intruida por diversos plutones como: Plutón Los Sapos, Complejo Plutónico El Carrizo, Complejo Plutónico Los Morteros, entre otros. Subyace en contacto discordante a las formaciones Cerro Blanco, Estratos de Cerro el Gaucho y a las Gravas de Atacama. Se encuentra en discordancia sobre las formaciones Pabellón, Algarrobal y Viñitas.

En base a dataciones de diversos autores utilizando el método U - Pb, es posible determinar una edad Campaniano al Daniano, es decir, entre el Cretácico Superior y el límite Cretácico - Paleoceno (Peña y otros,2013).

Arévalo (2005) sitúan a los depósitos de la Formación Hornitos como parte de una cuenca volcánica extensional, controlada por fallas normales mayores en su borde occidental, mientras que Martínez y otros (2013) interpreto que estos depósitos fueron acumulados y deformados en un evento de contracción mayor, es decir, corresponderían a una secuencia sin - orogénica. Además, las relaciones con las intrusiones de plutones casi contemporánea, indican una alta tasa de subsidencia y acumulación de los productos volcánicos piroclásticos, propias de un ambiente de caldera (Salazar y otros, 2013 en Torres, 2018).

#### **2.1.2.4 Gravas de Atacama (Mioceno Medio - Mioceno Superior)**

Descritas originalmente por Willis (1929) como gravas basculadas, mientras que Mortimer (1973) indica que son depósitos de gravas, generalmente no consolidados, que afloran en la zona sur del desierto de Atacama. Estos depósitos se caracterizan por ser clastosoportadas y presentar una mala, estratificación interna poco visible y una litología heterogénea compuesta por clastos calcáreos, intrusivos y volcánicos extrusivos (Peña y otros, 2013).

Se encuentran en discordancia sobre los complejos plutónicos Los Morteros, El Carrizo, Salitral, los Intrusivos Hipabisales Dioríticos de Llano Tirado, Grupo Chañarcillo, Formación Viñita y Formación Hornitos (Peña y otros, 2013). Su techo lo constituye la actual superficie, la que ha sido interpretada como una superficie de pedimentación de extensión regional (Mortimer, 1973 en Peña y otros, 2013).

La edad obtenida a partir de dataciones realizadas por diversos autores permite asignarles una edad Miocena Media a Superior (Peña y otros, 2013).

Estos depósitos, de origen tanto fluvial como aluvial, corresponde a productos sin - orogénicos derivados del alzamiento andino y la respuesta erosiva durante el Mioceno (Mortimer, 1973; Aguilar y otros, 2013 en Peña y otros, 2013), como el inicio del clima semi - árido en la región de Atacama, en el Mioceno Tardío (Nalpas y otros, 2008 en Peña y otros, 2013).

#### **2.1.2.5 Depósitos Aluviales (Pleistoceno - Holoceno)**

Depósitos de arenas y gravas que ocupan laderas y rellenan quebradas, con estratificación que varía desde centimétrica a decimétrica. Están formados por clastos de múltiples litologías, dependiendo de las litologías cercanas. Son tanto matriz soportados como clasto soportados, con clastos de tamaño variable, presentan mala selección y son de origen local, sus clastos poseen mala esfericidad, son angulosos y están insertos en una matriz de arena fina. Estas gravas se encuentran intercaladas con capas centimétricas de tamaño arena fina, matriz soportada y con escasos clastos polimícticos de proveniencia local (Peña y otros, 2013).

En base a sus relaciones de contacto con las diferentes unidades se determina una edad Pleistoceno a Holoceno (Peña y otros, 2013).

#### **2.1.2.6 Depósitos Fluviales (Pleistoceno - Holoceno)**

Corresponden a depósitos asociados directamente a la escorrentía superficial de las grandes quebradas de la zona. Comprenden gravas y arenas bien seleccionadas, polimícticas, poco consolidadas, de tamaño decimétrico (tipo bolones o bloques), con regular esfericidad y redondeamiento, de origen local, de múltiple composición. En ciertos sectores se observa imbricación de los clastos y base acanalada, con estratificación centimétrica a métrica (Peña y otros, 2013).

En base a sus relaciones de contacto con las diferentes unidades se determina una edad Pleistoceno a Holoceno (Peña y otros, 2013).

### **2.1.3 Rocas Intrusivas**

#### **2.1.3.1 Complejo Plutónico los Morteros (Cretácico Superior – Paleoceno)**

Definida por Arévalo y Welk (2008) como un complejo multicomposicional, compuesto por 5 litologías principales, que desde la más antigua a la más joven corresponde a: dioritas y monzodioritas (Di), granodioritas (Gd), tonalitas y granitos (To), granitos y monzogranitos (Gr) y diques aplíticos (Da).

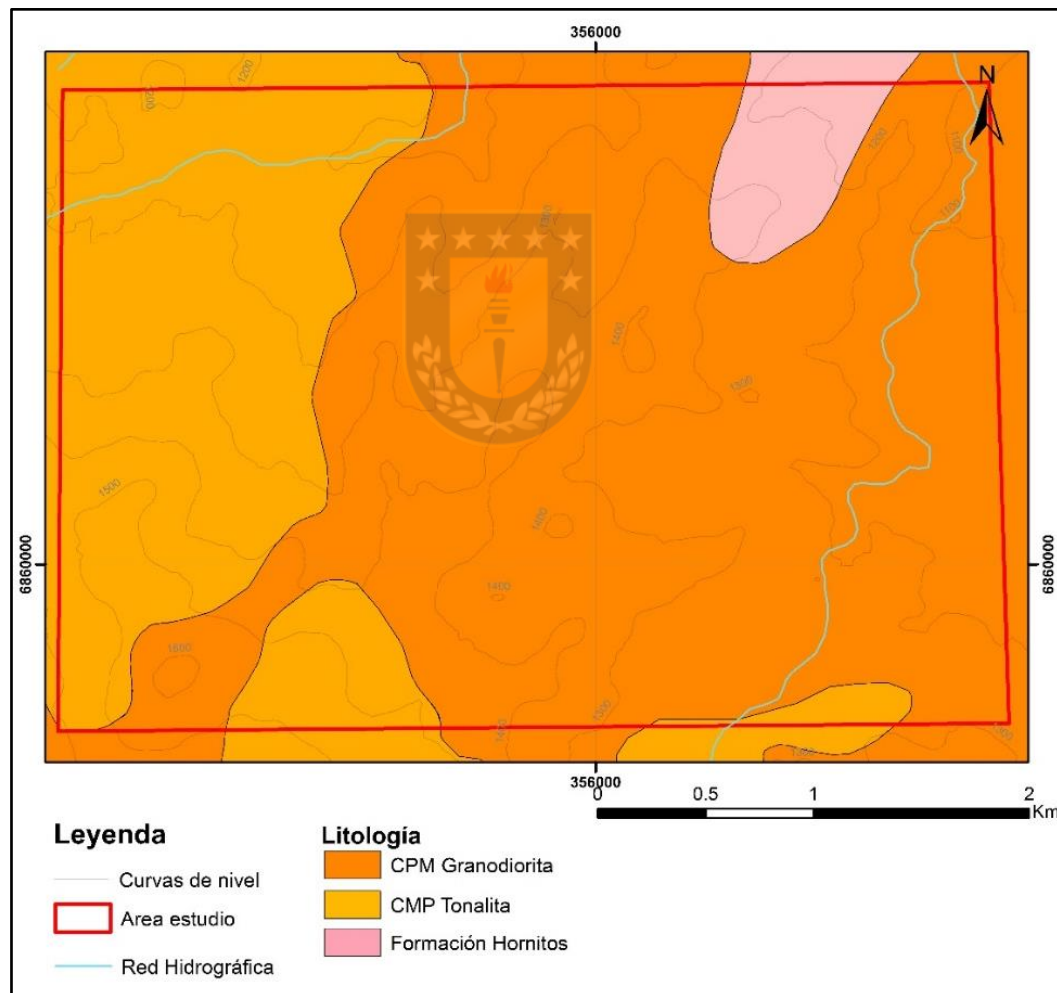
Intruye a las formaciones Hornitos y Cerrillo y es intruido por el Complejo Plutónico El Carrizo, además, se encuentra en disconformidad con las Gravas de Atacama (Peña y otros, 2013).

En base a diversas dataciones a través del método U - Pb en circones, se obtuvieron edades de Cretácico Superior y Paleoceno, desde los 69 hasta los 61 Ma (Peña y otros, 2013).

## 2.2 Marco geológico local

### 2.2.1 Litología

La geología local consta de tres litologías, dos de ellas intrusivas y una volcanosedimentaria correspondientes a granodioritas y tonalitas pertenecientes al Complejo Plutonico Los Morteros y Facie El Molle de la Formación Hornitos, que se observan en la Figura 2.2.



**Figura 2.2 Mapa geología local.** Modificado de la carta geológica de Yerbas Buenas - Tres Morros, Región de Atacama del Servicio Nacional de Geología y Minería.

### **2.2.1.1 Granodioritas Complejo Plutónico Los Morteros(CPM)**

Peña y otros (2013) describen a las Granodioritas (Figura 2.2) como un cuerpo granodiorítico que presenta variaciones a leucogranodiorita y granito. Las granodioritas se presentan con un índice de color leucocrático, contienen biotita y en menor medida magnetita, con una textura fanerítica a inequigranular. Al microscopio, se observa una textura inequigranular seriada con cristales de plagioclasas, ortoclasa, cuarzo, biotita, anfíbola, magnetita, esfeno, allanita, circón y epidota. Su afinidad geoquímica es calcoalcalina y posee un carácter metaluminoso.

### **2.2.1.2 Tonalitas Complejo Plutónico Los Morteros (CPM)**

Las tonalitas (Figura 2.2) son descritas por Peña y otros (2013) como rocas de color grisáceo (con un índice de color mesocrático), donde la hornblenda es su principal mineral ferromagnesiano. Es posible observar xenolitos dioríticos, cuyos tamaños varían desde los 5 cm de largo a 3 cm de ancho hasta 30 cm de largo y 10 cm de ancho, que poseen formas sigmoidales alargadas y una dirección de alargamiento N30°E. Su textura es consertal en el cuarzo y plagioclasas, y se observa además hornblenda y biotita como minerales ferromagnesianos, así como titanita y apatito como minerales accesorios.

### **2.2.1.3 Facies El Molle Formación Hornitos**

Esta facie (Figura 2.2) según Peña y otros (2013), de base a techo, esta constituida principalmente por tobas de ceniza cristalinas, riolitas cuarcíferas, tobas de lapilli soldadas de composición riolítica, tobas de lapilli dacíticas con fiammes, tobas de lapilli cristalinas de composición riolítica, tobas pumíceas, tobas de ceniza cristalinas de composición riolítica, riolitas, lavas andesíticas, tobas soldadas con fiammes y tobas de ceniza cristalinas de composición dacítica. En las tobas riolíticas se observa una textura clásica volcánica en una matriz pumícea de textura cinerítica, constituida por esquirlas de vidrio. Las andesitas intercaladas en esta unidad tienen fenocristales de plagioclasa fracturados y rellenos con óxidos de hierro, así como una serie de microvetillas de cuarzo, epidota y de óxido de hierro.

## 2.2.2 Geología estructural

### 2.2.2.1 Lineamientos

Según Sanhueza (2020) existen 3 orientaciones preferenciales de lineamientos correspondientes a NS, NE - SW, y NW - SE a EW (Figura 2.3). Los lineamientos NS se relacionan a cumbres de montañas, redes hidrográficas mayores y delimitación de litologías afectando a rocas intrusivas, subvolcánicas y volcánicas. Los NE - SW son de menor escala y afectan a rocas intrusivas y subvolcánicas en el sector centro sur del área, además, de limitar los afloramientos de los cuerpos de brecha. Finalmente, los lineamientos NW - SE a EW corresponde a lineamientos mayores de segundo orden que se intersectan con los lineamientos NS. Estos lineamientos presentan vetas con mineralización económica.

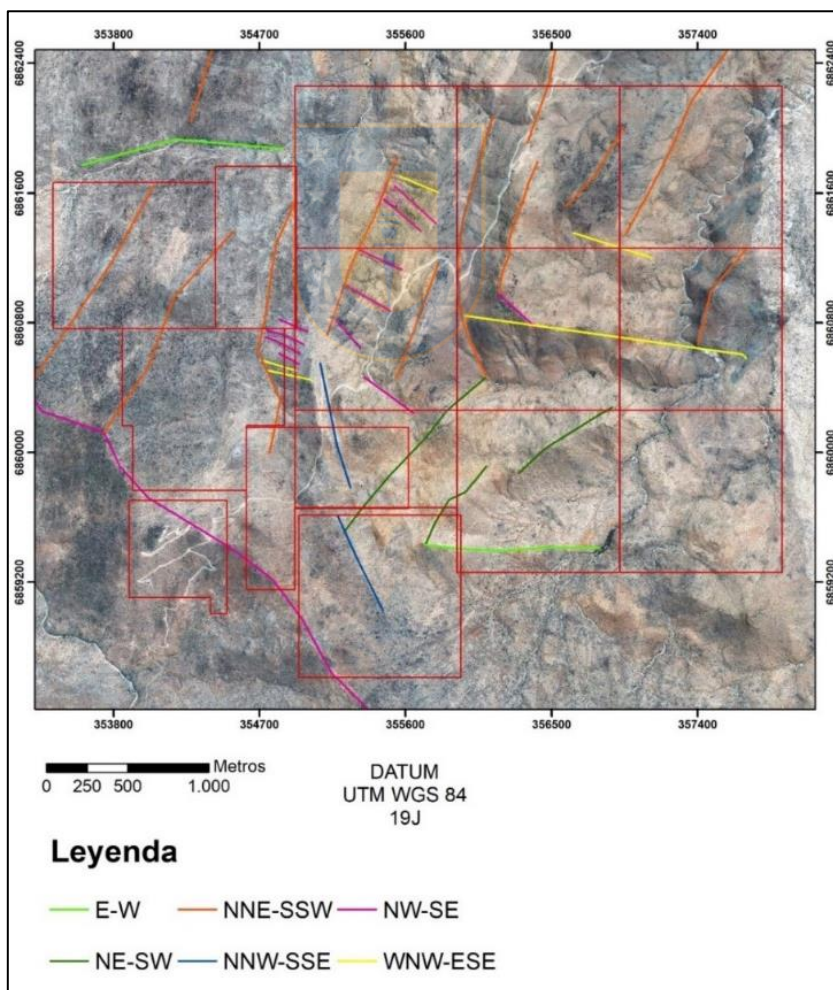


Figura 2.3 Lineamientos Proyecto Regaladas. Sanhueza (2020).

Sanhueza (2020) propone, en base a los lineamientos anteriormente mencionados y la fotointerpretación de combinaciones espectrales de bandas *landsat*, la existencia de una paleocaldera al SE del área de estudio como se observa en la Figura 2.4.

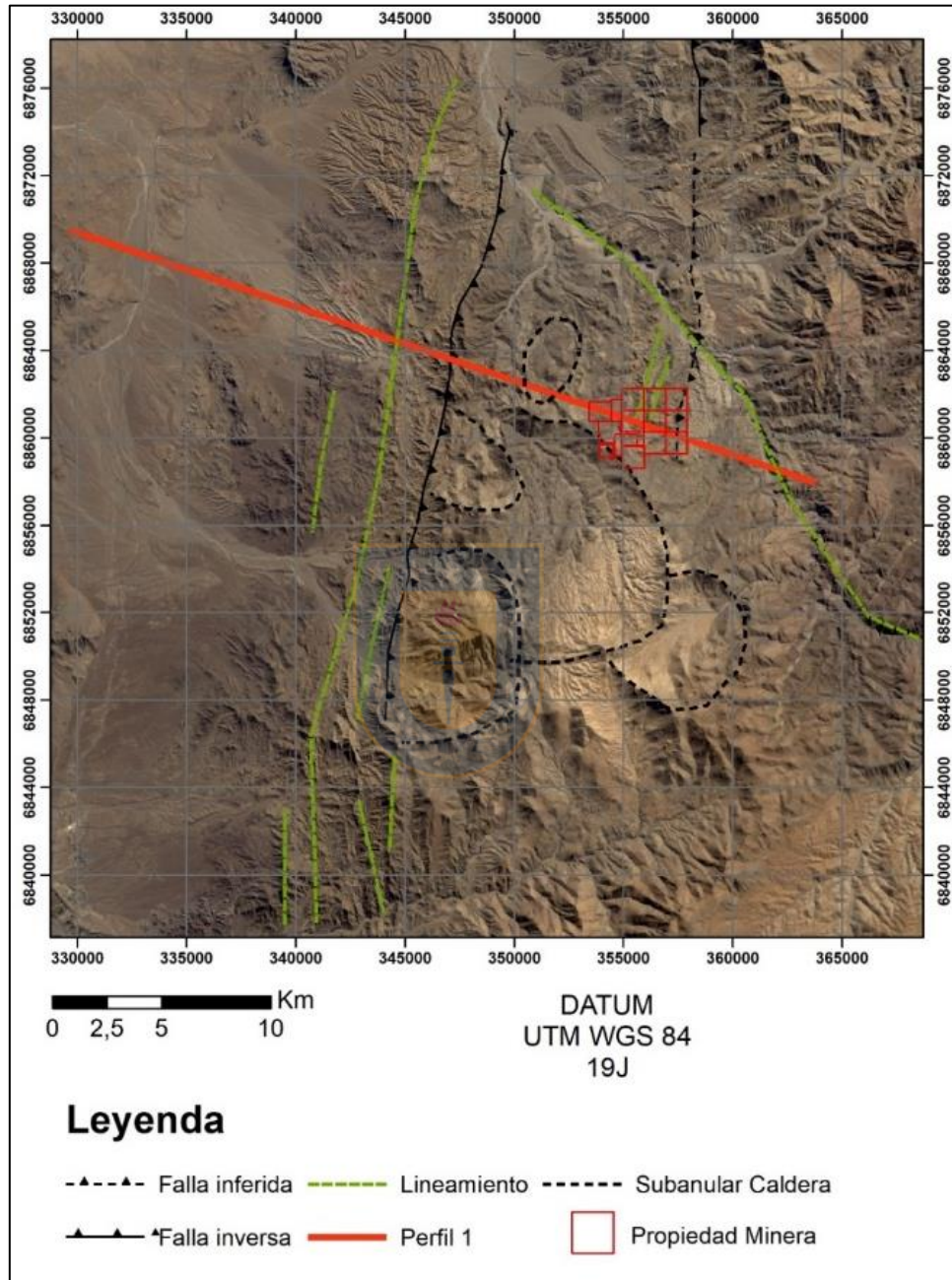


Figura 2.4 Paleocalderas. Sanhueza (2020).

### 2.2.2.2 Fallas

Existen dos direcciones preferenciales según Sanhueza (2020) correspondientes a N10 - 40°E y N50°W a EW (Figura 2.5).

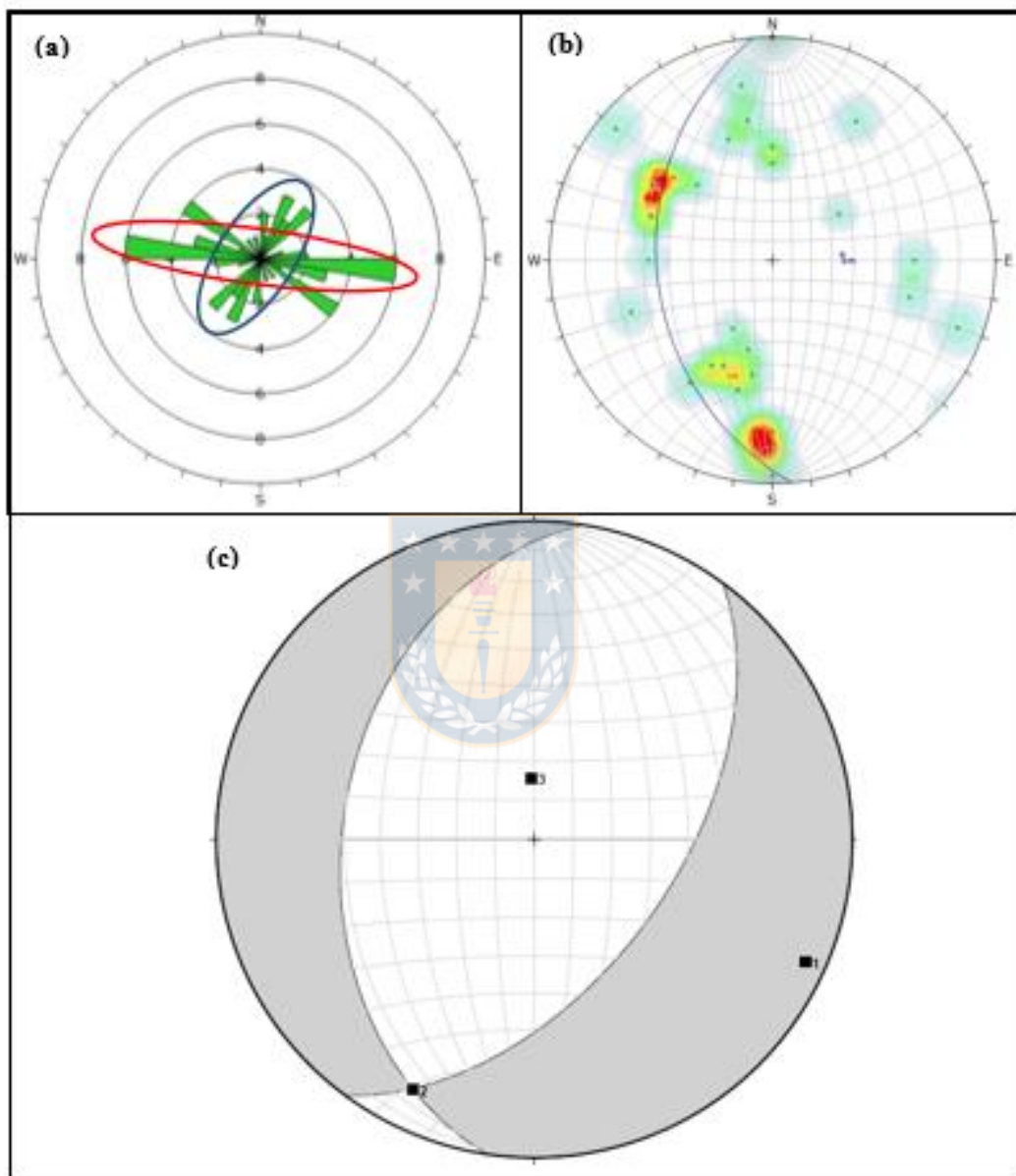


Figura 2.5 Resultado de software para de fallas Proyecto Regaladas. Sanhueza (2020).

Las fallas N10 - 40°E (Figura 2.5) estaría relacionada a zonas de contacto entre litología, ya sea por intrusión o desplazamiento de bloques. Estas fallas presentan gran evidencia de deformación

observándose zonas muy fracturadas. Presentan manteo preferencial al E con ángulos de 60 a 90°, lo que permitiría asociarlas a los límites de cuenca de los hemigraben mesozoicos formados producto de una tectónica transtensional sinistral con una importante componente en el rumbo. Estas fallas habrían sufrido reactivación inversa en periodos compresivos a transpresivos (Sanhueza, 2020).

Sanhueza (2020) indica que las fallas de orientación N50°W a EW (Figura 2.5) están relacionadas con mineralización económica y zonas de alteración hidrotermal. En dichas vetas se han encontrado evidencias de desplazamiento inverso y en menor medida desplazamiento en el rumbo. Presentan un manteo hacia el NE con ángulos de 60 a 80°.

### 2.2.2.3 Vetas

Sanhueza (2020) examinó y analizó mediante *software* DIPS (6.0) 60 planos correspondientes a vetas del área de estudio (Figura 2.6), concluyendo que estas presentan una clara tendencia de dirección N50 - 80°W, hasta EW, y una población muy limitada de dirección N10°W y N S. Los manteos van de los 60 a 80° con inclinación hacia el NE, y en algunos casos manteos verticales. 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.

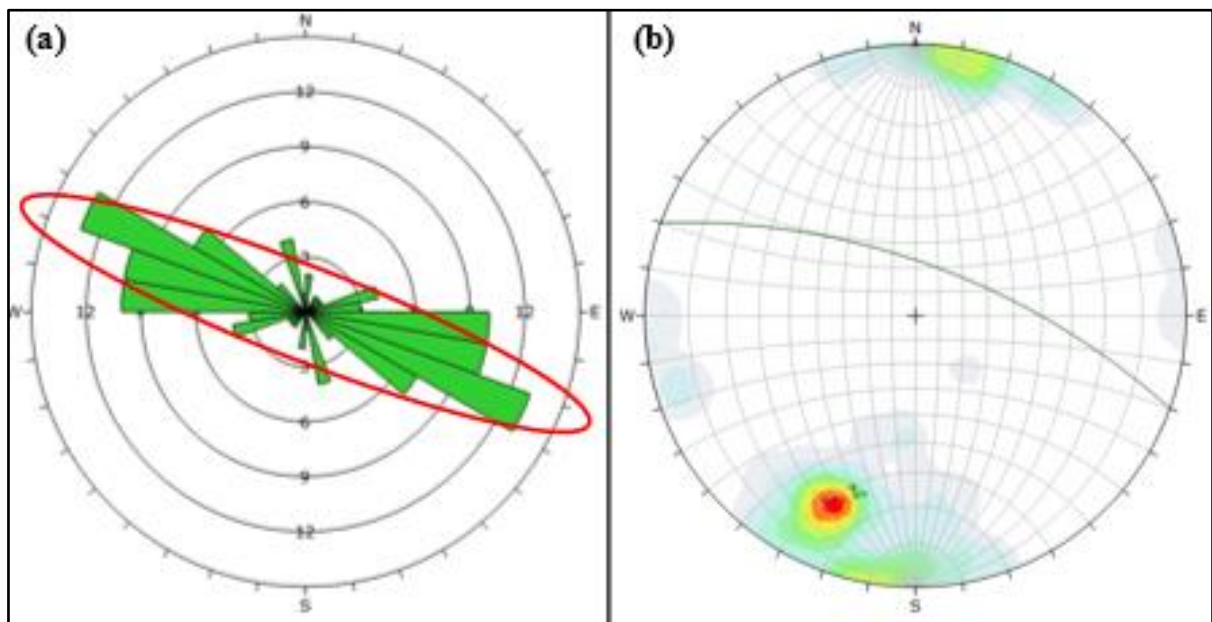


Figura 2.6 Resultado de software para vetas auríferas. Sanhueza (2020).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Litología

Las litologías del área de estudio (Figura 3.1) fueron identificadas a través del análisis de muestra de mano, cortes transparentes e imágenes satelitales *LANDSAT 8* y *SENTINEL 2*, procesadas en Arcgis 10.1 mediante la herramienta *Composite bands*.

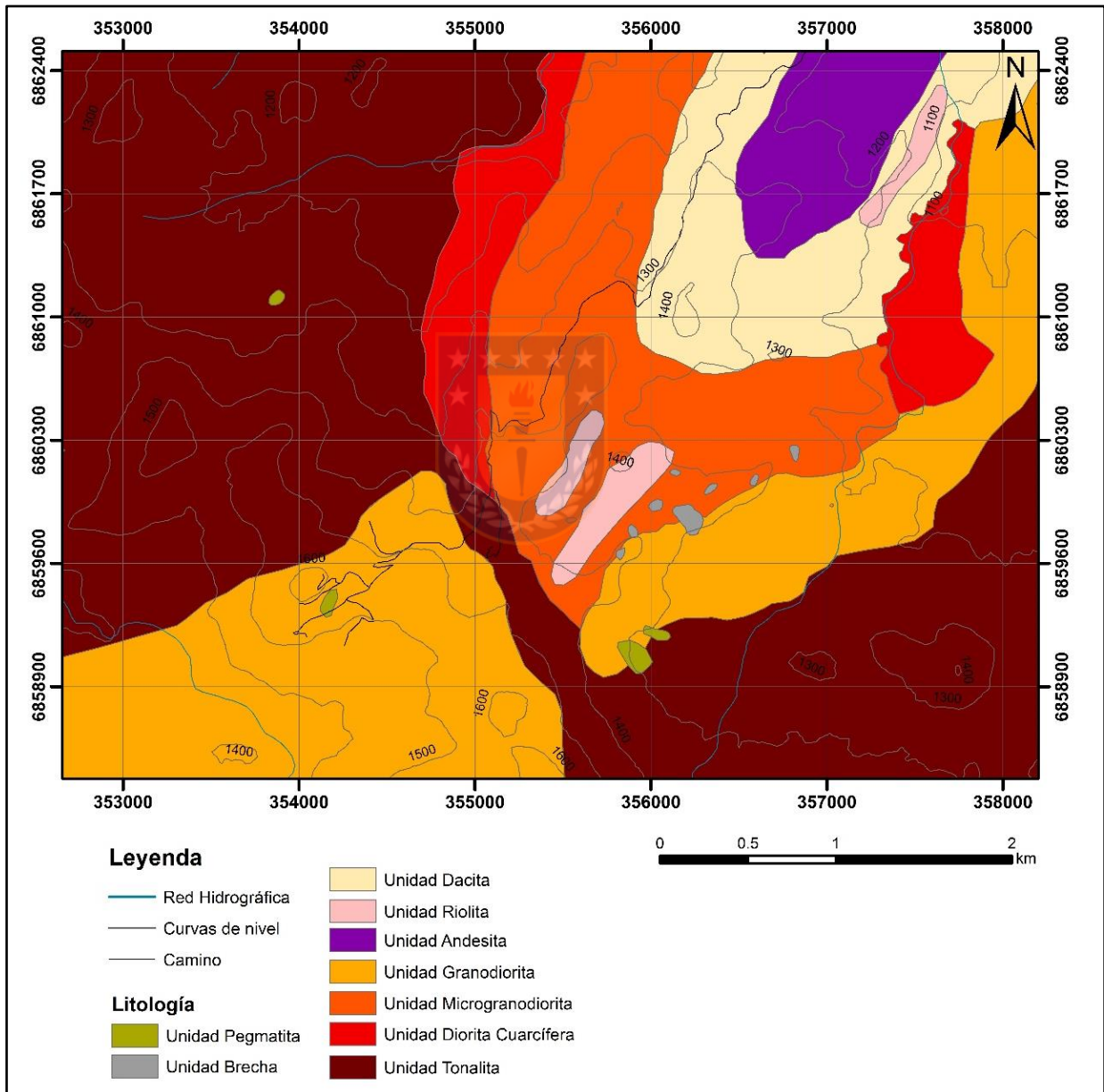


Figura 3.1 Mapa litológico Proyecto Regaladas.

En base a los análisis anteriormente mencionado y apoyándonos en el diagrama de Streikensen (1976), se determinaron rocas intrusivas de composición básica a intermedia: Unidad Pegmatita, Unidad Tonalita, Unidad Granodiorita, Unidad Microgranodiorita, y Unidad Diorita cuarcífera, además, de rocas volcánicas de composición intermedia a ácida: Unidad Andesita, Unidad Dacita y Unidad Riolita y subvolcánicas: Unidad Brecha(Figura 3.2).

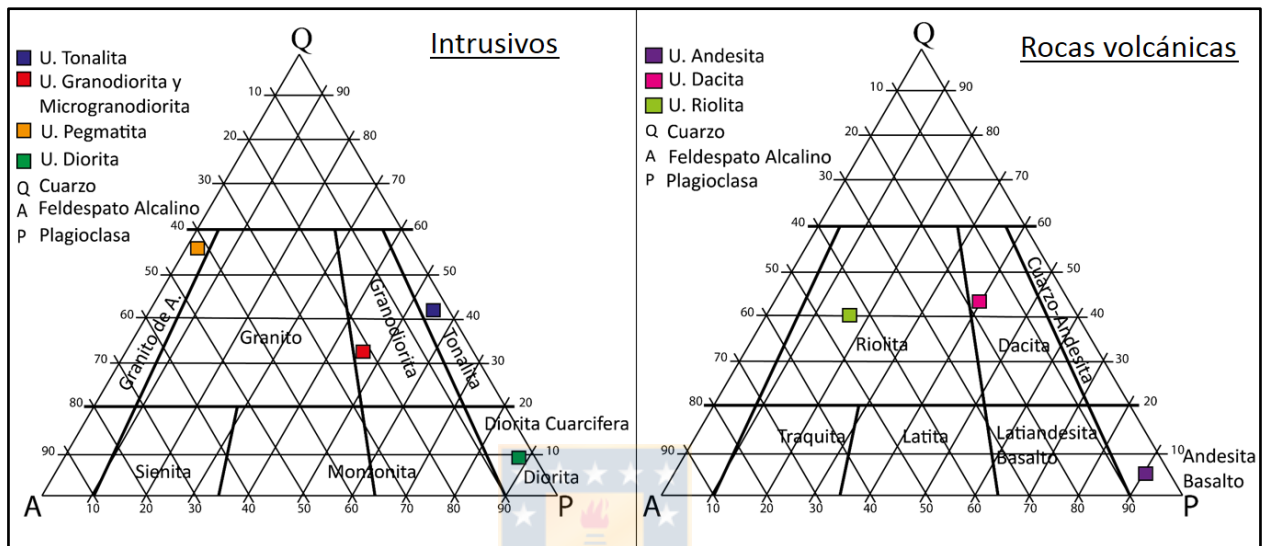


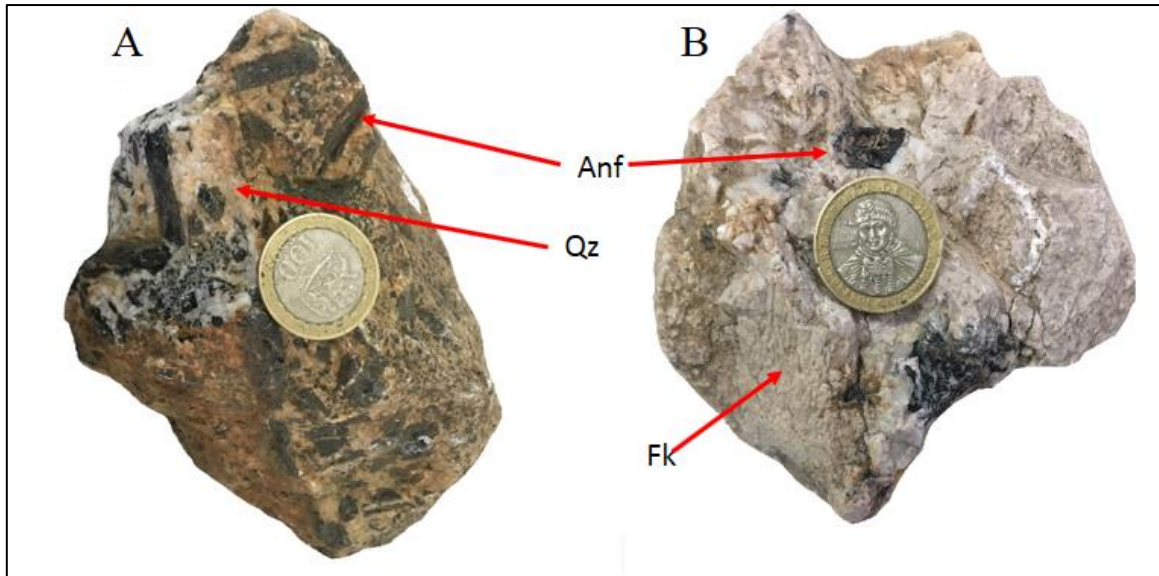
Figura 3.2 Diagrama de clasificación de rocas según Streikensen (1976). Clasificación de litologías intrusivas y volcánicas del Proyecto Regalada.

### 3.1.1 Unidad Pegmatita

La Unidad Pegmatita se definió a partir de muestras de mano, las cuales se obtuvieron de sectores restringidos y dispersos dentro del área de estudio, como se observa en la Figura 3.1.

Presentan textura pegmatítica y en algunos sectores textura gráfica. La roca esta compuesta de cuarzo de forma anhedral, ortoclasa y anfíbol de forma euhedral. La proporción de estos minerales es variable, encontrando rocas ricas en anfíboles y otras ricas en feldespato potásico (Figura 3.3).

Esta unidad intruye a las unidades Tonalita, Granodiorita y Microgranodiorita. y se formarían durante el proceso final de la cristalización de plutones por fluidos ricos en volátiles. Se asocia al Complejo Plutónico los Morteros descrita en la carta geológica Yerbas Buenas - Tres Morros.



**Figura 3.3 Unidad Pegmatita.** Muestra de mano. A) Pegmatita rica en anfíboles B) Pegmatita rica en feldespato potásico.

### 3.1.2 Unidad Brecha

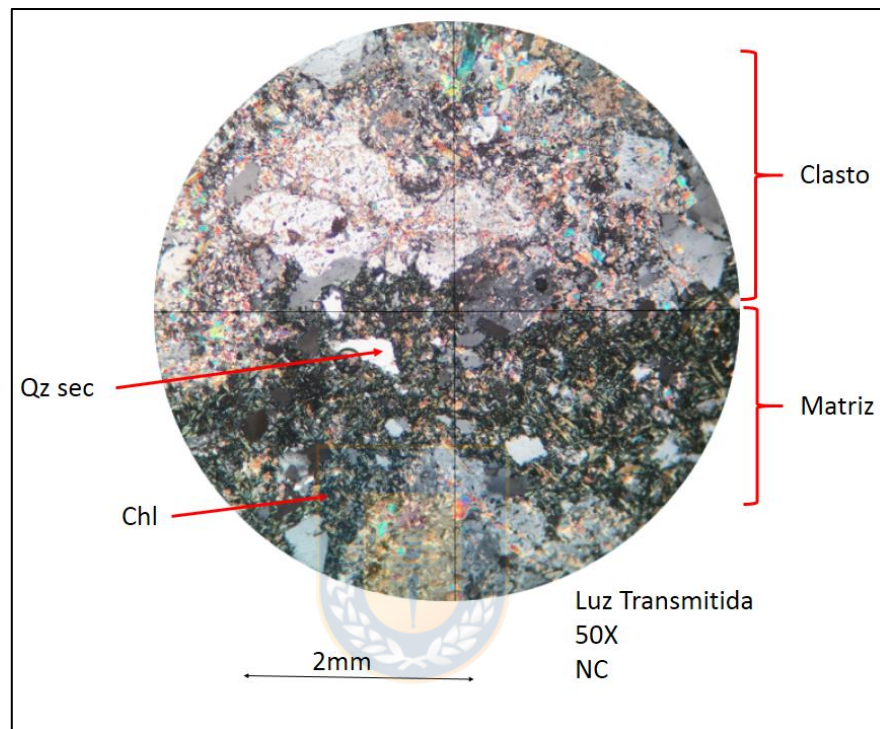
Unidad definida por muestras de mano y cortes transparentes. Se ubica principalmente en la zona central del área de estudio (Figura 3.1) y presenta una coloración negruzca verdosa y color de alteración parda rojiza.

Estas rocas varían de matriz a clasto soportada. Los clastos pueden llegar a medir de 0,6 a 4 cm de diámetro y presentan una composición granodiorítica a microgranodiorítica, además, la esfericidad y redondez de estos pueden variar ampliamente, de prismoidal a subdiscoidal y de muy angulosos a redondeados. Por su parte, la matriz esta compuesta por clorita, arcillas, micas y mayoritariamente cuarzo, lo que se traduce en una silicificación de esta litología. (Figura 3.4). El mineral metálico asociado corresponde a piratas, distribuidas tanto en la matriz como en los clastos.

Esta unidad intruye a las unidades Microgranodiorita, Granodiorita y Riolita.

Los cuerpos de brechas son comunes en sistemas de tipo pórfido o adyacentes a ellos. Por las características mencionadas anteriormente esta unidad correspondería a una brecha freática, descritas por primera vez por Sillitoe (1985) como brechas generadas por aumento de la presión hidrostática en sistemas epitermales, esto puede gatillarse por intrusión, fallamiento o

deslizamientos, lo que induce al fracturamiento hidráulico y la repentina descompresión del sistema, transformación violenta del agua sobrecalentada a vapor. Una de las características definidas por Sillitoe (1985) es la alteración predominante correspondiente a silicificación asociada a cantidades menores de pirita, lo que coincide con lo observado en las muestras de mano y microscopía.



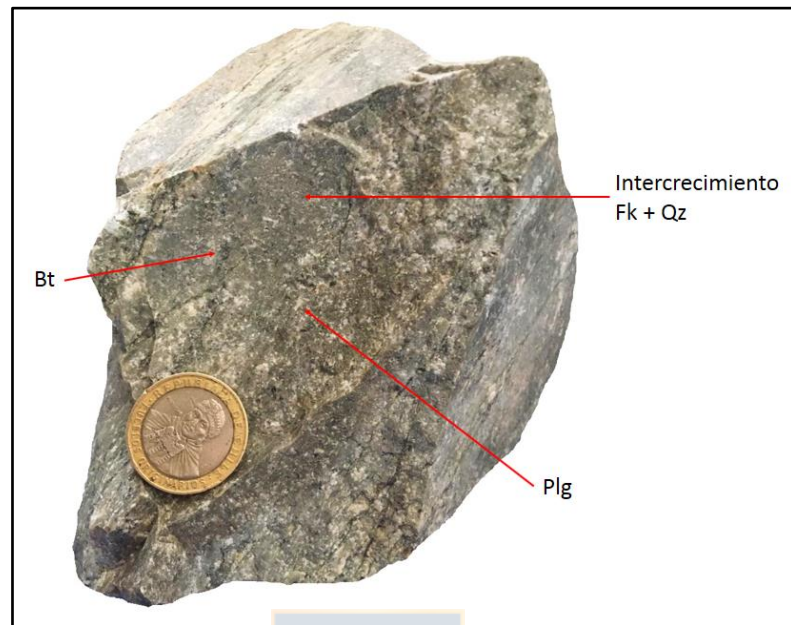
**Figura 3.4 Unidad Brecha.** Corte transparente. Se observa la matriz y los clastos de composición intermedia. Qz sec: cuarzo secundario y Chl: clorita (Anexo I, Muestra F5J).

### 3.1.3 Unidad Dacita

La Unidad fue determinada utilizando muestras de mano ubicadas en el sector N del área de estudio (Figura 3.1). Estas presentan un color de alteración pardo grisáceo y en superficie fresca gris blanquecino.

La textura es porfídica, donde, los fenocristales corresponden a un 25% y están constituidos por biotita (5%), anfíbol (2%), cuarzo (8%) y plagioclasa (10%), la masa fundamental correspondiente

al 75% restante, presenta plagioclasa microcristalina e intercrecimiento de cuarzo y feldespato potásico (Figura 3.5).



**Figura 3.5 Unidad Dacita.** Muestra de mano. Bt: biotita, Plg: plagioclasa, Fk: feldespato potásico y Qz: cuarzo.

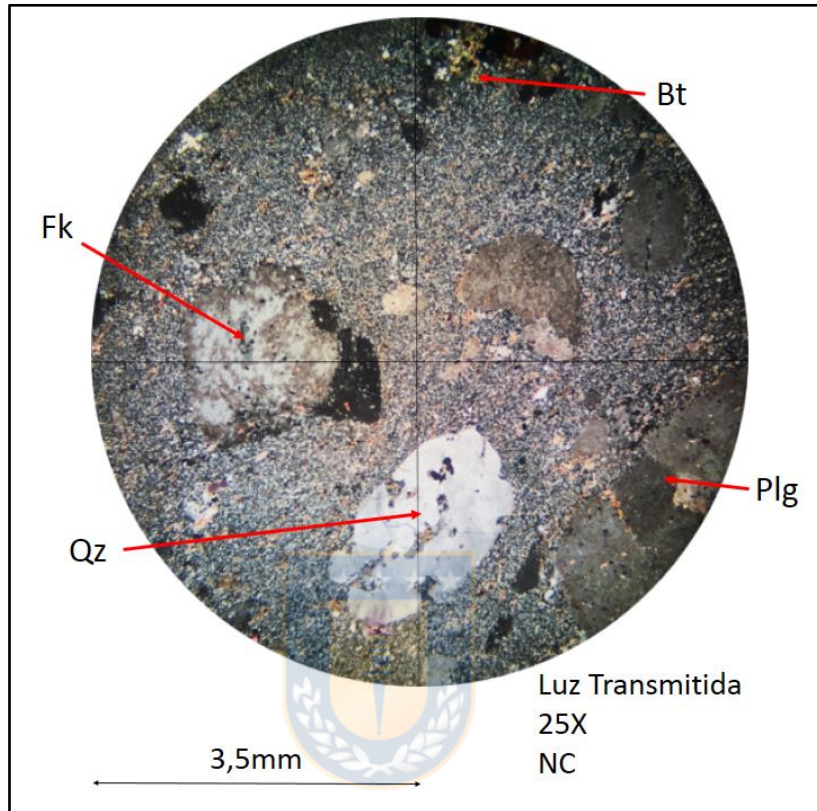
Es posible correlacionarla en base a su litología y ubicación en el área de estudio con la Formación Hornitos facie El Molle descrita en la carta geológica Yerbas Buenas - Tres Morros.

### 3.1.4 Unidad Riolita

Se definió a partir de cortes transparentes y muestras de mano. Esta unidad se encuentran ubicadas en el sector NE y central del área de estudio en forma de diques de orientación NNE - NE (Figura 3.1). Esta unidad presenta color de alteración rojizo, mientras que en superficie fresca corresponde a una roca de color grisáceo.

De forma microscópica fue posible determinar su textura porfídica, con fenocristales de tamaños que van de los 2,7 a 1 mm, correspondientes a un 35%. De este porcentaje, un 7% corresponde a cuarzo de forma subhedral a anhedral el cual se caracteriza por presenta embahiamiento, un 13% de plagioclasa con forma euhedral a subhedral, un 8% correspondiente a feldespato potásico de forma anhedral, el cual se encuentra alterado de forma moderada a pervasiva a arcillas y finalmente

biotita en un 7% de forma euhedral a subhedral (Figura 3.6). La masa fundamental presenta una textura de intercrecimiento entre cuarzo y feldespato potásico, y de forma muy restringida plagioclasas con textura microcristalina.



**Figura 3.6 Unidad Riolita.** Corte transparente. Qz: cuarzo, Plg: plagioclasa, Bt: biotita y Fk: feldespato potásico (Anexo I, Muestra RI).

Esta unidad intruye a las unidades Andesita y Microgranodiorita utilizando zonas de falla de orientación NNE - NE.

Se correlaciona en base a su litología con la Formación Hornitos facie El Molle descrita en la carta geológica Yervas Buenas - Tres Morros.

### 3.1.5 Andesitas

Esta unidad se definió en base a muestras de mano que se encuentran ubicadas en la zona N del área de estudio (Figura 3.1). Presentan un color de alteración pardo rojizo a negruzco, mientras que en superficie fresca un color gris verdoso.

Se caracterizan por presentar textura porfídica con masa fundamental afanítica (Figura 3.7). Los fenocristales se presentan en una proporción de 25% y corresponden a plagioclasas (16%) que van de 0,1 a 1 centímetro con forma subhedral, y minerales máficos de forma euhedral correspondientes a biotita (7%) y anfíbol (2%), además, la roca presenta magnetismo por presencia de magnetita diseminada (menos de 1%). No se distingue la mineralogía primaria en la masa fundamental debido a que se encuentra silicificada de forma pervasiva.



**Figura 3.7 Unidad Andesita.** Muestra de mano. Bt: biotita y Plg: plagioclasa, masa fundamental silicificada.

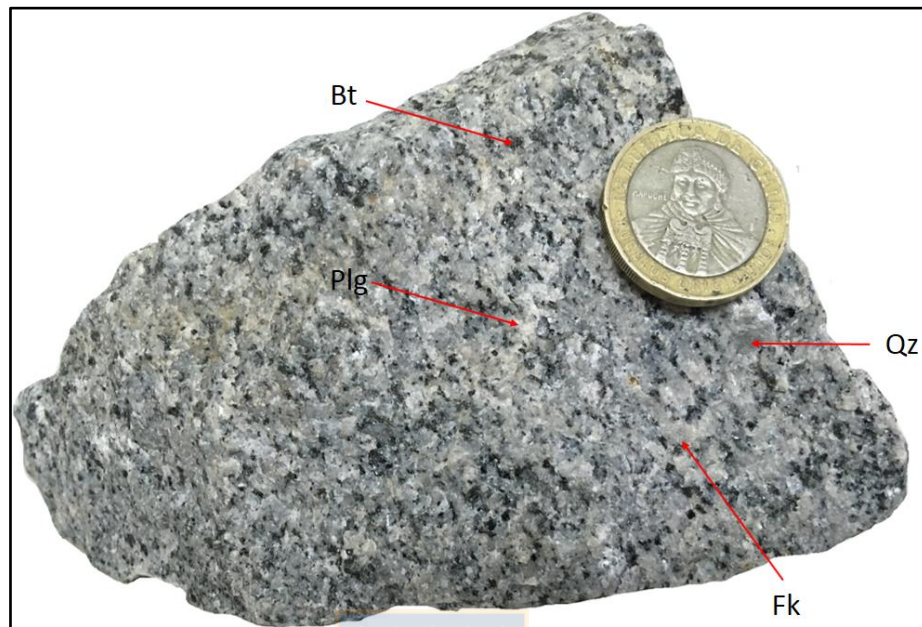
Es posible correlacionarla en base a litología, ubicación y relación de contacto, con la Formación Hornitos facie El Molle descrita en la carta geológica Yervas Buenas - Tres Morros.

### **3.1.6 Unidad Granodiorita**

Esta unidad se definió a partir de muestras de mano que se ubican en la zona central y SW del área de estudio (Figura 3.1). La unidad corresponde a una de las rocas cajas de las vetas estudiadas. Presenta un color de alteración pardo anaranjado y de superficie fresca gris rosado.

La textura es fanerítica, inequigranular, de grano medio a grueso y esta compuesta por cuarzo (30%), plagioclasa (40%), feldespato potásico (20%) y biotita (varía de 10 - 20%) (Figura 3.8).

Esta unidad es intruida por las unidades Brecha y Pegmatita y presenta enclaves de las unidades Tonalita y Diorita cuarcífera.



**Figura 3.8 Unidad Granodiorita.** Muestra de mano. Bt: biotita, Plg: plagioclase, Fk: feldespato potásico y Qz: cuarzo.

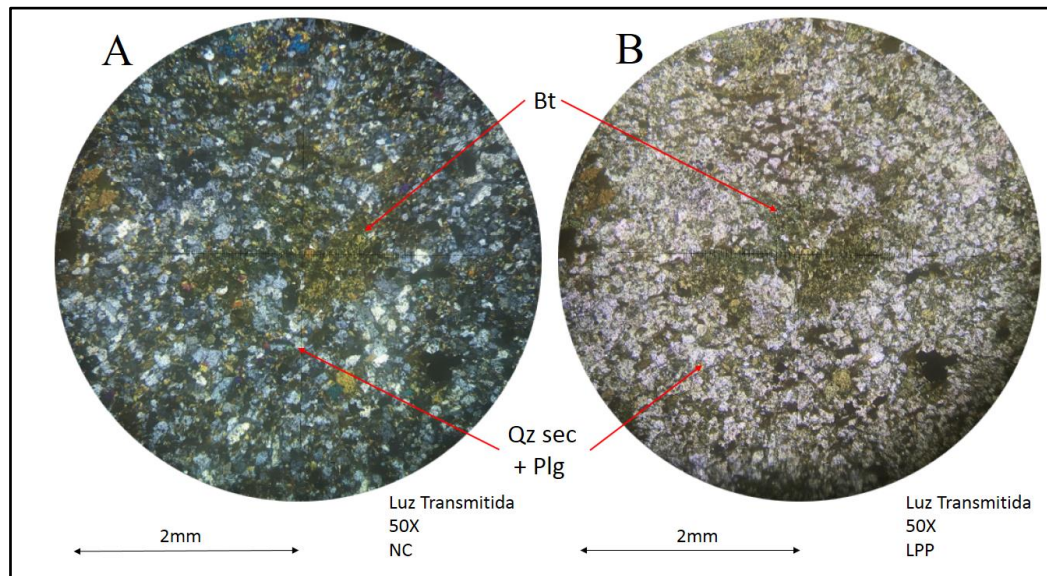
En base a la litología y ubicación es posible correlacionarla con la litología Granodiorita del Complejo Plutónico Los Morteros, descrita en la carta geológica Yerbas Buenas - Tres Morros.

### 3.1.7 Unidad Microgranodiorita

Unidad determinada en base a cortes transparentes y muestras de mano. Las Microgranodioritas corresponden a diques de orientación NS - NNE, ubicados en la zona central del área de estudio (Figura 3.1) pertenece a las rocas cajas de las vetas estudiadas. Muestran un color de alteración pardo y de superficie fresca gris rosado.

La textura es microfanerítica (Figura 3.9) y esta compuesta por cuarzo (30%) con forma subhedral, plagioclase (40%) con forma euhedral principalmente variando a subhedral y alterada de forma incipiente a arcillas, feldespato potásico (20%) subhedral a anhedral y finalmente biotita (varía de 10 - 25%) de forma euhedral a subhedral, estas biotitas se encuentran en cúmulos principalmente o diseminadas.

Estos diques se encuentran intruidos por las unidades Riolita y Brecha, además, presenta enclaves de las unidades Tonalita y Diorita cuarcífera.



**Figura 3.9 Unidad Microgranodiorita.** Corte transparente. Bt: biotita, Qz sec: cuarzo secundario y Plg: plagioclasa (Anexo I, Muestra MI).

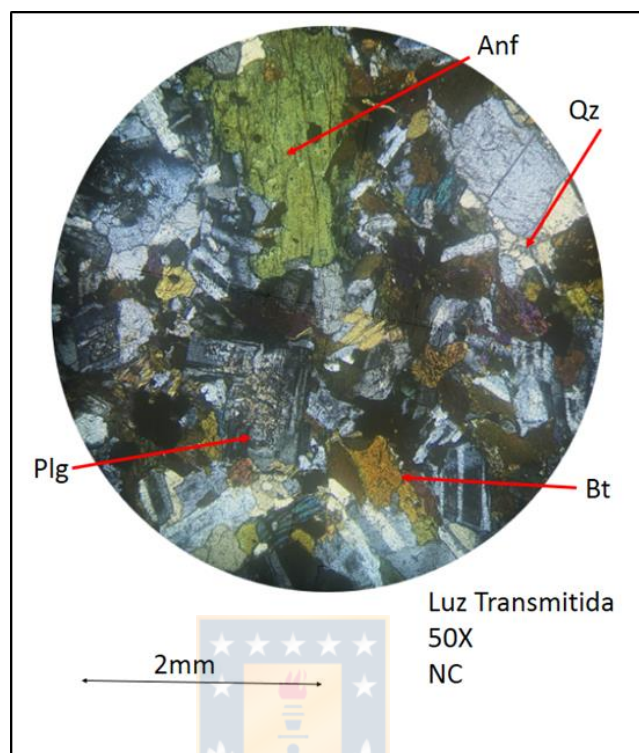
Se correlaciona por su litología y ubicación con la litología Granodiorita del Complejo Plutónico Los Morteros, descrita en la carta geológica Yervas Buenas - Tres Morros.

### 3.1.8 Unidad Diorita Cuarcífera

Unidad definida a partir de cortes transparentes y muestras de mano. Las Dioritas se ubican en la zona central y sur del área de estudio (Figura 3.1) y corresponde a una variación que va de microdiorita cuarcífera a diorita cuarcífera, además, corresponde a una de las rocas caja de las vetas del área de estudio.. Estas rocas muestran un color negro grisáceo.

Para las dioritas cuarcíferas la textura es fanerítica e inequigranular, con cristales de tamaño medio que van de 2,5 (anfíbol) a 1mm (cuarzo), mientras que las microdioritas cuarcíferas exhiben una textura microfanerítica. Ambas se encuentran formadas por cuarzo (6%), plagioclasa (54%), feldespato potásico (2%), biotita (19%) y anfíbol (18%) (Figura 3.10), además, la roca presenta un leve magnetismo debido a magnetita (menos de 1%) diseminada, todos estos minerales se presentan principalmente de forma euهدral a subهدral.

Estas rocas se encuentran intruidas por la Unidad Pegmatita y, además, se presentan como enclaves en las unidades Tonalita y Granodiorita.



**Figura 3.10 Unidad Diorita cuarcífera.** Corte transparente. Plg: plagioclasa, Bt: biotita, Qz: cuarzo secundario y Anf: anfíbol (Anexo I, Muestra DI).

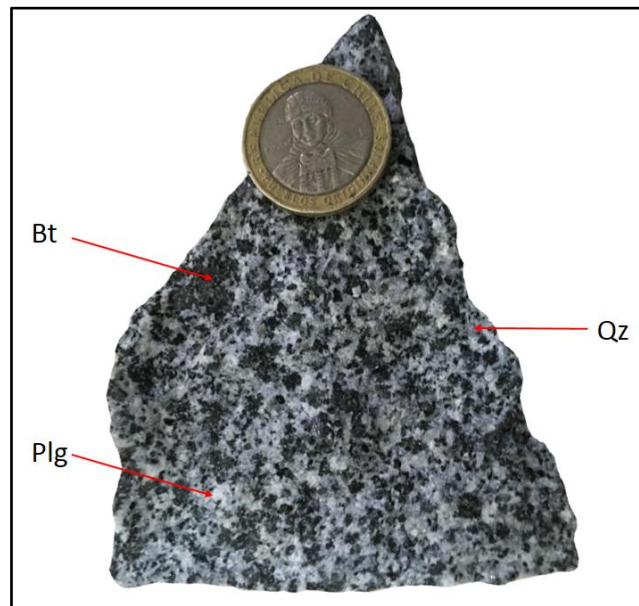
Es posible correlacionar esta Unidad con las Dioritas del Complejo Plutónico Los Mortero descritas en la carta geológica Yerbas Buenas - Tres Morros, en base a sus características litológicas.

### 3.1.9 Unidad Tonalita

Definida en base a muestras de mano situadas en gran parte del área de estudio, pero de forma más extensa en los sectores NW y SE (Figura 3.1). Pertenece al conjunto de rocas cajas de las vetas estudiadas en este proyecto de exploración. Esta unidad varía de tonalitas a microtonalitas, ambas muestran un color de alteración parduzco y de superficie fresca gris blanquecino.

La textura para las tonalitas corresponde a fanerítica de tamaño grueso e incluso porfídica en algunos casos, mientras que las microtonalitas se caracterizan por presentar una textura

microfranerítica. Están compuestas por un (33%), plagioclasa (44%), feldespato potásico (3%), anfíbol (10%) y finalmente muscovita y biotita (10%, entre ambas) (Figura 3.11).



**Figura 3.11 Unidad Tonalita.** Muestra de mano. Plg: plagioclasa, Qz: cuarzo y Bt: biotita.

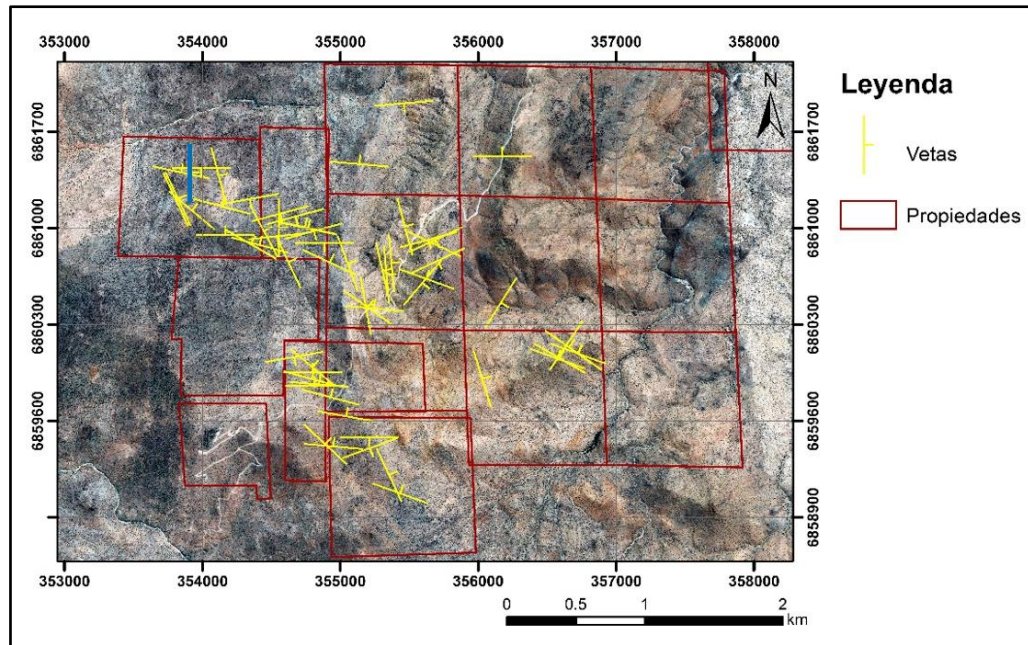
En cuanto a la relación con las demás litologías, las Tonalitas presentan enclaves de la Unidad Diorita cuarcífera y es intruida por la Unidad Pegmatitas.

Es posible correlacionarla en base a sus características litológicas y ubicación con las Tonalitas del Complejo Plutónico Los Mortero descritas en la carta geológica Yervas Buenas - Tres Morros.

### **3.2 Vetas auríferas**

Las vetas del área de estudio (Figura 3.12) presentan dos orientaciones preferenciales correspondientes a N50 - 80°W hasta EW con una pequeña población N10°W a NS, con manteos que van en su mayoría de los 60 a 90° NE.

Parte de la actividad de explotación se ha realizado principalmente en la “Mina de Agua” (Figura 3.12), donde se realizaron la mayor parte de los análisis de oro de muestras de despuntes seleccionados por parte del dueño del Proyecto Regaladas en la empresa LFS de La Serena, dando como resultado leyes promedio de 60 g/Ton de Au (Anexo IV).



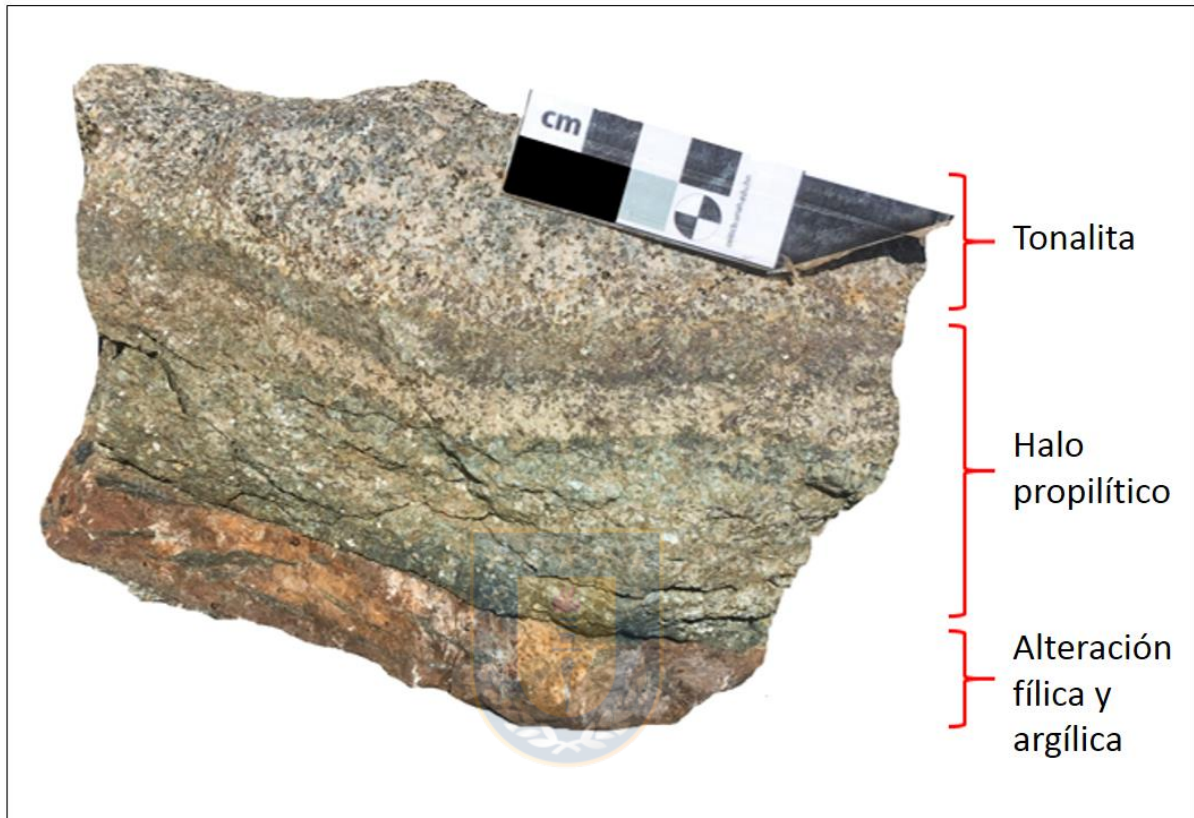
**Figura 3.12 Distribución espacial vetas Proyecto Regladas.** Las vetas se marcan con color amarillo, mientras que las propiedades se muestran con color rojo, además es posible observar la “mina del agua” en azul.

Estas se caracterizan por un ancho que va desde los 0,3 a 0,7 m, una profundidad de 1 a 40 m y un largo que podría llegar a los 100 m (Figura 3.13).



**Figura 3.13 Vetos área de estudio.** Es posible observar las tonalidades rojizas y blanquecinas de las alteraciones fílica y argílica intermedia.

Las vetas muestran alteración fílica, argílica intermedia y albitización - epidotización con un halo de alteración propilítica. Estas alteraciones, en su mayoría, se caracterizan por ser acotadas a las estructuras y no afectar a la roca caja (Figura 3.14).



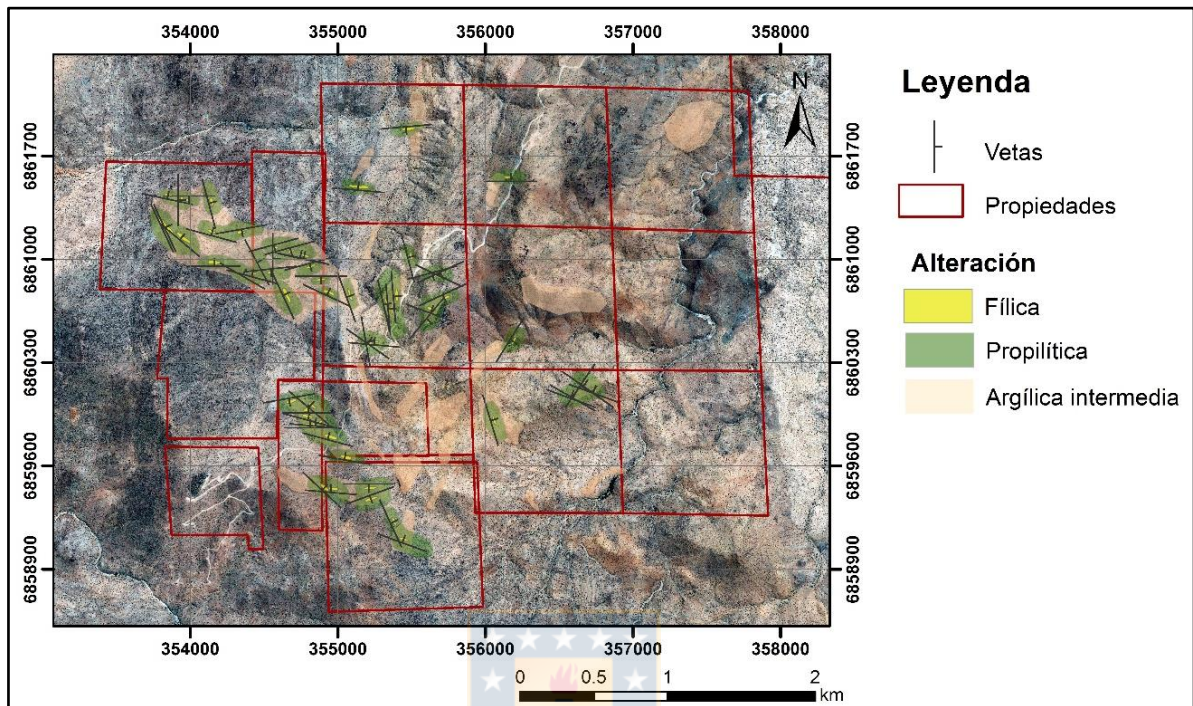
**Figura 3.14 Distribución de las alteraciones en las vetas.** Veta con alteración fílica y argílica intermedia, con halo de alteración propilítica. Se observa en la parte superior roca caja de la unidad Tonalita inalterada.

### 3.3 Alteración Hidrotermal

Las alteraciones fueron definidas en base a cortes transparentes y pulidos, muestra de mano y análisis de los resultados de asociaciones que otorgó QEMSCAN (Anexo II), dando como resultado 6 alteraciones correspondientes a biotitización, propilítica, fílica, argílica intermedia y albitización – epidotización y alteración supérgena.

Las alteraciones en el área de estudio se caracteriza por ser mayoritariamente restringida a las vetas estudiadas, sin embargo, tanto la alteración propilítica como la argílica intermedia son mapeables

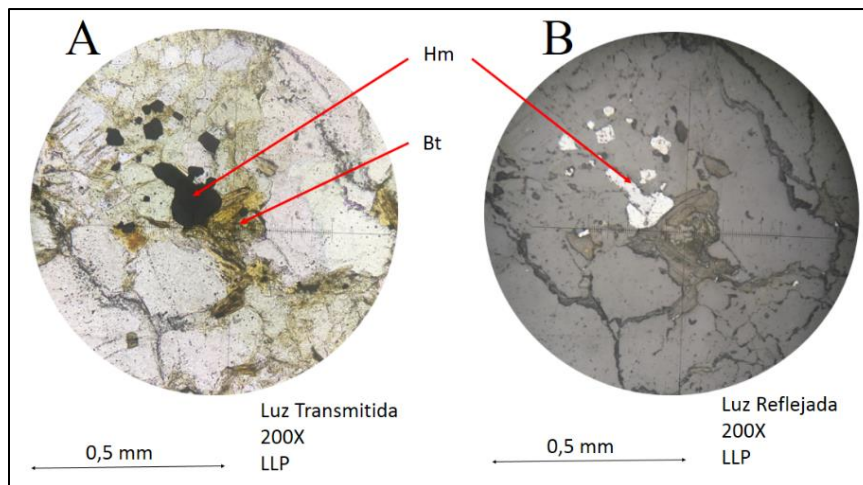
(Figura 3.15). Para la alteración fílica (alteración predominante en las vetas) se realizó una exageración en la Figura 3.15 con el objeto de observar su relación con la alteración propilítica.



**Figura 3.15 Mapa alteración hidrotermal.** Se observan las alteraciones propilítica (verde), argílica intermedia (rosada) y de forma exagerada para su visualización alteración fílica (amarillo).

### 3.3.1 Biotitización

Esta alteración se presenta con un carácter incipiente, afectando a la unidad Riolitas (Figura 3.16).

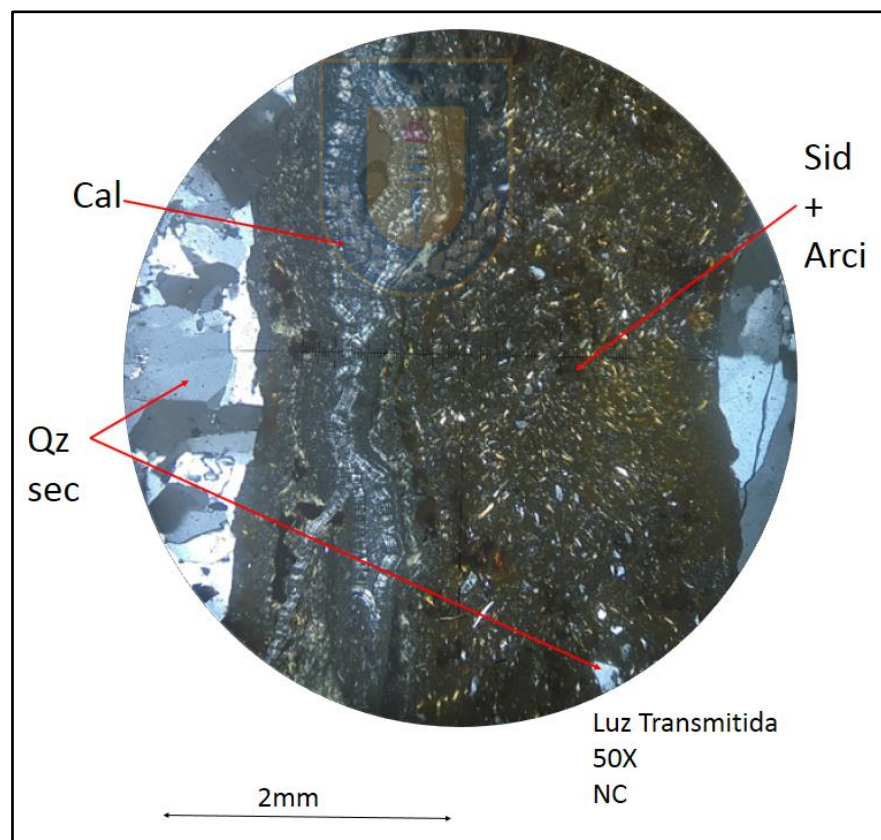


**Figura 3.16 Biotitización.** Corte transparente – pulido. Hm: hematita y Bt: biotita (Anexo I, Muestra RI).

Esta compuesta por biotita, la cual se encuentra de forma euhedral a anhedral y ocurre de forma cumular. El mineral metálico asociado a estos cúmulos de biotita corresponde a un 1% de hematita (Figura 3.16). La hematita se presenta de forma anhedral y sobre impuesta a la matriz microcristalina de las riolitas.

### 3.3.2 Alteración Argílica Intermedia

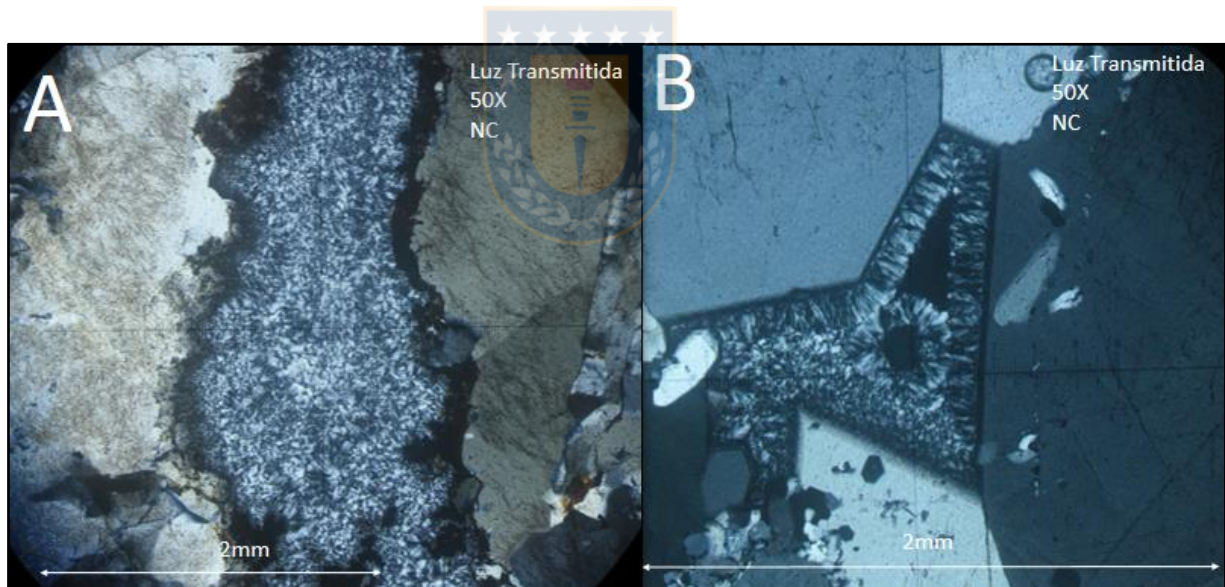
Esta alteración se presenta con un carácter incipiente a pervasiva, afectando a las vetas y en forma de *stockworks* a la zona central y NE del área de estudio (Figura 3.15), que corresponden a las zonas más afectadas por estructuras. Esta compuesta por arcillas, de las cuales mediante análisis de difracción de rayos X fue posible identificar, esmectita (montmorillonita) y caolinita (Anexo III), además de calcedonia reconocida microscópicamente y siderita observada microscópicamente y macroscópicamente (Figura 3.17).



**Figura 3.17 Alteración argílica intermedia.** Se observa brechización en sector central de la figura, además de venillas de calcedonia. Cal: calcedonia, Qz sec: cuarzo secundario, Sid: siderita y Arci: arcillas (Anexo I, Muestra N19J).

La forma de ocurrencia de las arcillas es principalmente diseminada y afecta a minerales pre existentes como plagioclasas, feldespato potásico y sericita, además se encuentra asociada a calcedonia y siderita en zonas brechizadas. La calcedonia y siderita se encuentran rellenando espacios vacíos generado por la lixiviación de piritas, formando venillas y relleno de zonas brechizadas (Figura 3.17).

La textura de la calcedonia corresponde a sacaroidal (Figura 3.18) definida por Dong y otros (1995) y texturas flameantes y plumosa (Figura 3.18) descritas por Adams (1920 en Dong y otros, 1995). Las texturas flameantes y plumosas son definidas como texturas de recristalización de sílice, mientras que la textura sacaroidal correspondería a un reemplazo de carbonatos preferentemente por sílice o carbonato, ambos con cristales anhedrales (Dong y otros, 1995). Camprubi y Albinson (2006) describen que el horizonte de calcedonia y las vetas de calcedonia indicarían zonas de sílice removilizada de áreas calentadas por vapor de baja temperatura y profundidades someras cercanas al paleonivel freático.



**Figura 3.18 Texturas calcedonia.** A) Calcedonia de forma sacaroidal y por los bordes cuarzo de grano medio a grueso anhedral B) Calcedonia rellenando espacios con textura flameante y por los bordes cuarzo de tamaño medio a grueso (Anexo I, Muestra I4J).

Los minerales metálicos asociados a esta alteración corresponden a pirita y oro. La pirita se encuentra de forma diseminada con porcentajes cercanos a 1%, se observaron inalteradas o

alteradas a hematita. Por su parte el oro, corresponde a oro fino con un porcentaje menor a 1%, este se encuentra en cúmulo y disemina rellenando espacios vacíos junto a la calcedonia.

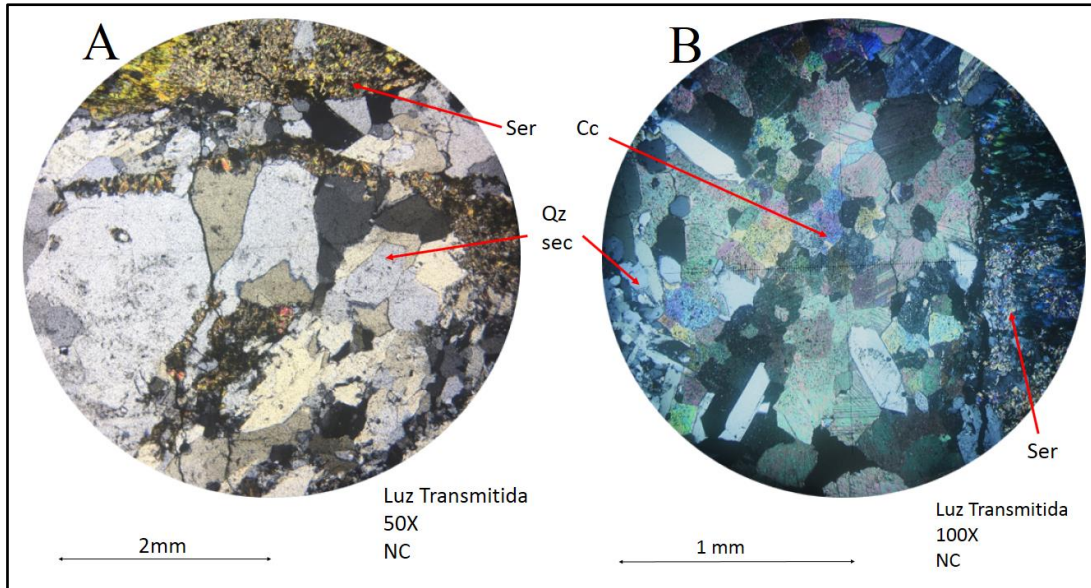
Esta alteración otorga un color blanco amarillento a anaranjado (Figura 3.19) a la roca y se caracteriza por estar asociada a zonas de *stockworks* con presencia de hematita y limonita de la alteración supérgena.



**Figura 3.19** *Stockwork* alteración argílica intermedia y alteración supérgena.

### **3.3.3 Alteración Fílica**

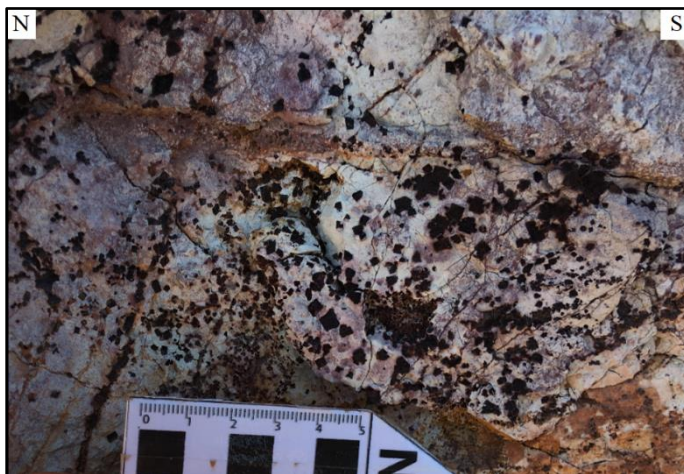
Esta alteración se presenta con un carácter moderado a pervasivo, restringida a las vetas del área de estudio. Esta compuesta por sericita, cuarzo predominante, calcita y en menor medida clorita, minerales que fueron reconocidos principalmente al microscopio (Figura 3.20). Estos minerales, se presentan de forma diseminada y en cúmulos.



**Figura 3.20 Alteración Fílica.** Vetilla tipo E, recta. Ser: sericita, diseminada en vetilla y alterando a minerales propilíticos fuera de esta; Qz sec: cuarzo secundario, mineral principal de la vetilla; Cc: calcita de forma cumular (Anexo I, Muestra I8J).

Es posible identificar una variedad de texturas silíceas: sílice amorfa, cristales de cuarzo de grano medio de forma euédral a anédral y textura “diente de perro” en bordes de cavidades.

Los minerales metálicos corresponden a aproximadamente un 4% de pirita, las cuales se encuentran inalteradas, alteradas por un 2% de hematita y limonita y lixiviadas (Figura 3.21). Este mineral se encuentra distribuido en las vetas de forma diseminada y en cúmulos, y ocurren de forma euédral principalmente.



**Figura 3.21 Piritas lixiviadas.** Veta del área de estudio con piritas lixiviadas y oxidadas en cúmulos.

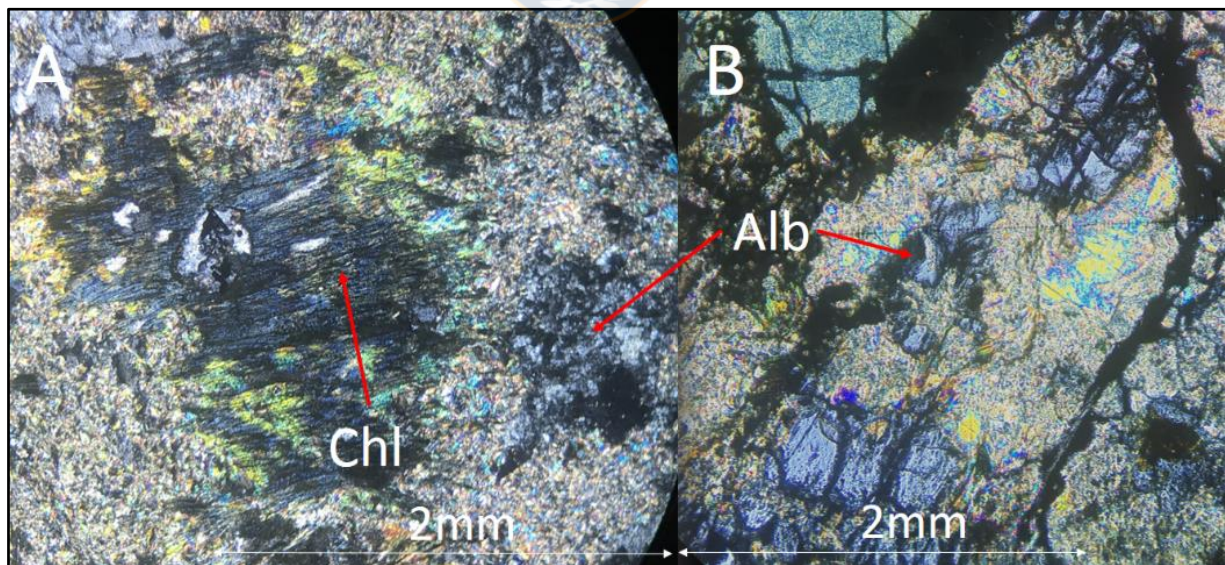
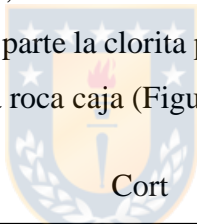
Otro mineral metálico asociado corresponde a un 1% de calcopirita, la cual se encuentra inalterada y alterada en un porcentaje menor a 1% a covelina - calcosina - hematita. Este metálico se encuentra de forma diseminada y ocurre de forma subhedral a anhedral.

Las muestras de mano afectadas por esta alteración presentan una coloración blanquecina a rojiza, además de amarillenta cuando existe una superposición con la alteración argílica intermedia.

Las venillas asociadas a esta alteración corresponden al tipo E, con forma continua y compuestas por cuarzo predominante, sericita, calcita  $\pm$  clorita  $\pm$  pirita  $\pm$  calcopirita.

### 3.3.4 Alteración Propilítica

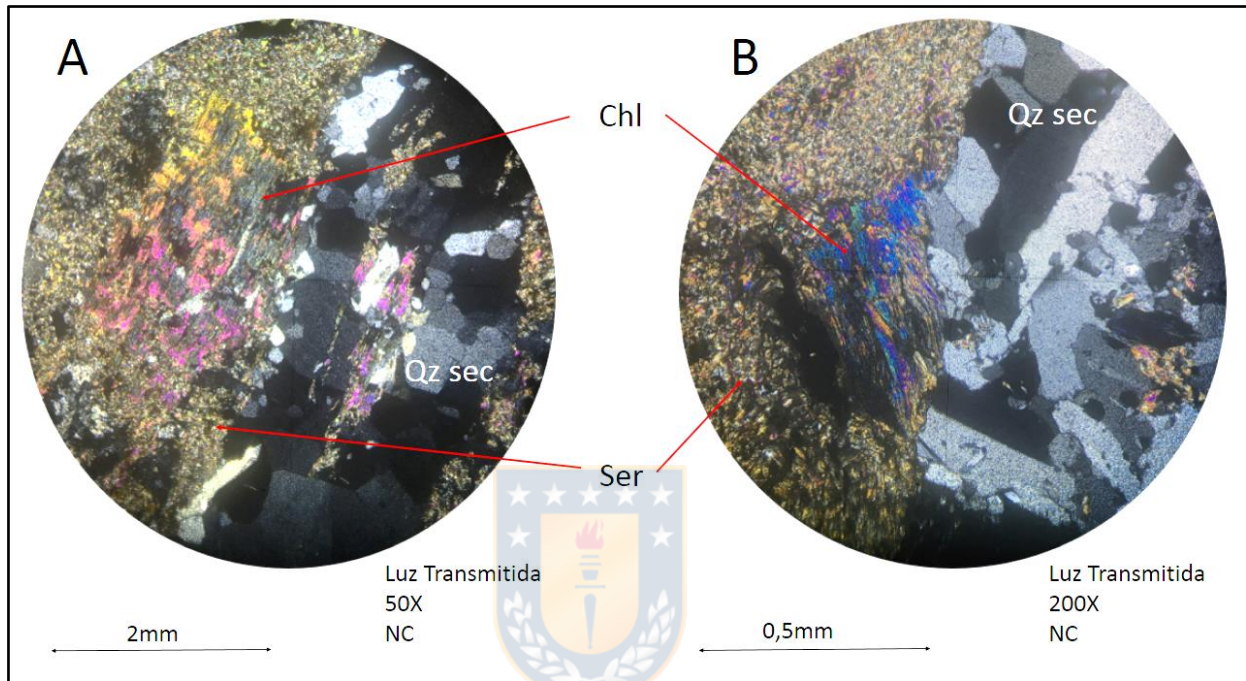
Esta alteración se presenta con un carácter moderado y afecta las vetas del área de estudio principalmente como halo de la alteración fílica (Figura 3.15). Esta compuesta por clorita y albita. La albita presenta una forma anhedral, se encuentra de forma diseminada y alterada a sericita de forma moderada (Figura 3.22). Por su parte la clorita presenta una forma euhedral a subhedral y se encuentra alterando a las biotitas de la roca caja (Figura 3.22).



**Figura 3.22 Alteración Propilítica.** Chl: clorita y Alb: albita. A) Biotita alterada a clorita y albita de forma diseminada alterada moderadamente por sericita B) Albitas alteradas de forma moderada por sericitas (Anexo I, Muestra G6.1J).

Cabe mencionar, que la alteración propilítica se encuentra cortada por vetillas correspondientes a la alteración fílica, alteración que también se le sobreimpone. Las relaciones de corte se observan en las cloritas cortadas por vetillas de cuarzo, sericita y calcita. (Figura 3.23).

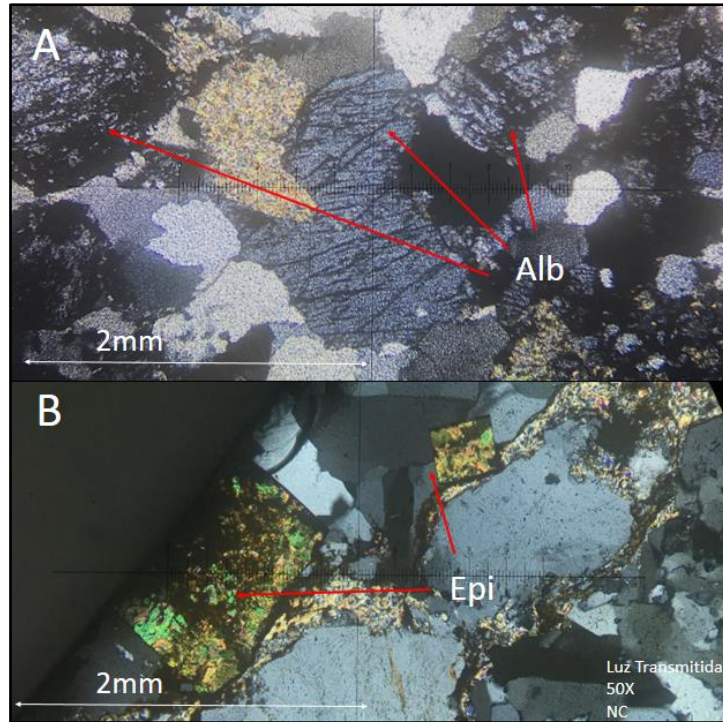
Finalmente, las rocas afectadas por esta alteración presentan un color de alteración verdoso.



**Figura 3.23 Vetillas tipo E.** Se observan las vetillas tipo E cortando a las cloritas de la alteración propilítica. Chl: clorita, Ser: sericita, Qz sec: cuarzo secundario (Anexo I, Muestra I8J).

### 3.3.5 Albitización - Epidotización

Esta alteración se compone por albita y de forma muy restringida epidota. La albita se encuentra de forma anhedral a subhedral e inalterada, además, presenta una ocurrencia diseminada y sobreimpuesta a las sericitas de la alteración fílica (Figura 3.24). Por su parte, la epidota se presenta de forma euhedral rellenando espacios dejados por la lixiviación de las pirritas (Figura 3.24), este mineral presenta un porcentaje menor al 1%.



**Figura 3.24 Albitización – Epidotización.** A) Se observan albitas inalteradas sobreimpuesta a sericitas B) Epidotas relleno de espacio de piritas lixiviadas (Anexo I, Muestra P3J).

### 3.3.6 Alteración Supérgena

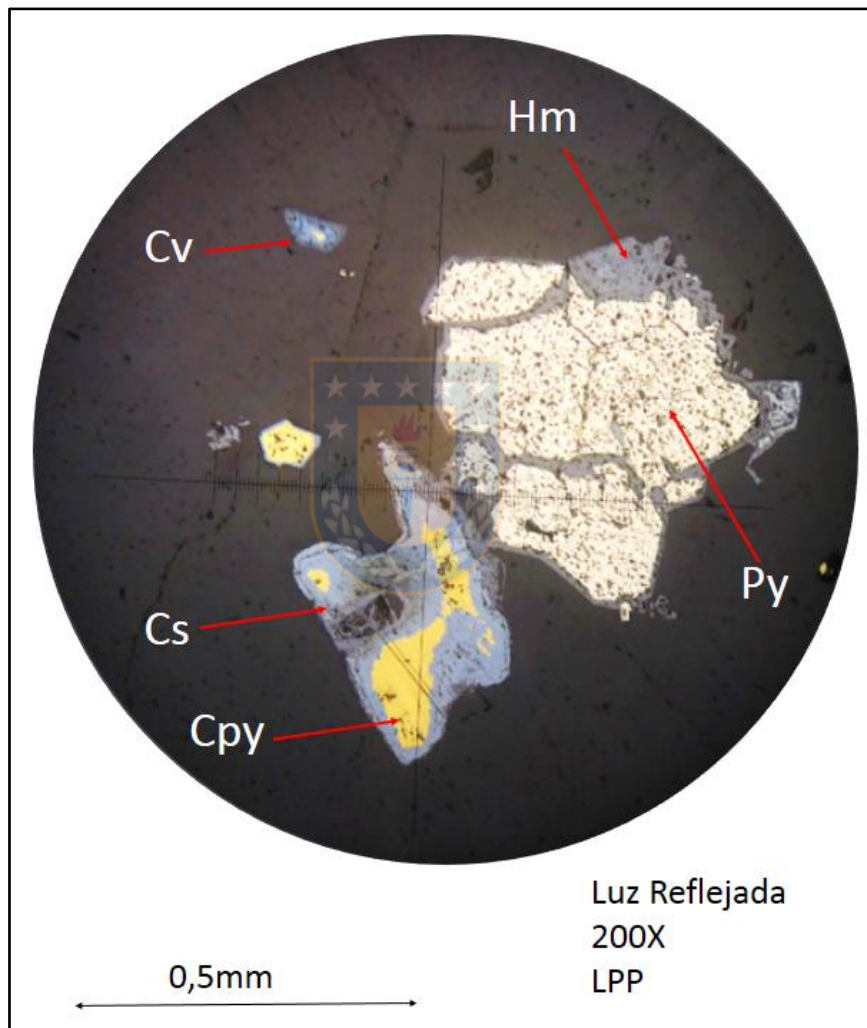
Se caracteriza por presentarse principalmente en estructuras de *stockworks* (Figura 3.25) en la zona central del área de estudio.



**Figura 3.25 Zona oxidación alteración supérgena.** Se pueden observar stockworks.

Los minerales de ganga corresponden a hematita y limonitas, las cuales se observan de forma subhedral a anhedral y se encuentran de modo diseminado o en cúmulos, además, la hematita se presenta alterando a las piritas de forma incipiente a perversiva (Figura 3.26).

En cuanto a los minerales metálicos, se genera un enriquecimiento secundario, donde, la covelina y calcosina alteran a la calcopirita en forma de reemplazo (Figura 3.26). Esta alteración es de carácter moderado a perversivo, llegando a quedar solo relictos del mineral huésped.



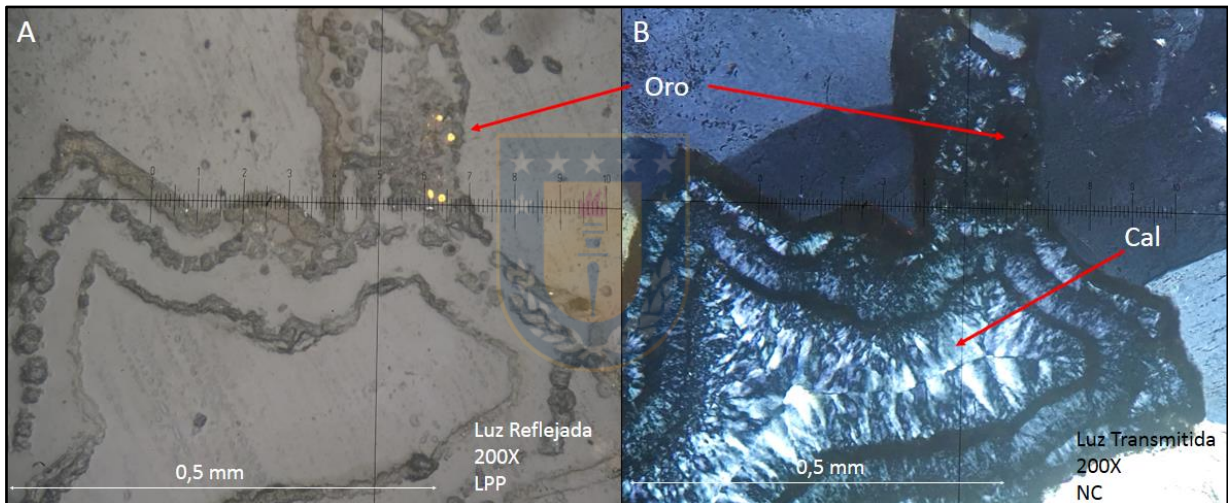
**Figura 3.26 Mineralogía metálica alteración supérgena.** Cs: calcosina, Cv: covelina, Cpy: calcopirita, Py: pirita y Hm: hematita (Anexo I, Muestra N16J).

Por otro lado, se depositan óxidos de cobre correspondientes a malaquita, crisocola, antlerita - brocantita y chenevixita. Todos estos se encuentran de forma subhedral a anhedral y se depositan en forma de costra o diseminada, exceptuando a la crisocola que además se encuentra relleno de vesículas y venillas.

### 3.4 Mineralogía Metálica

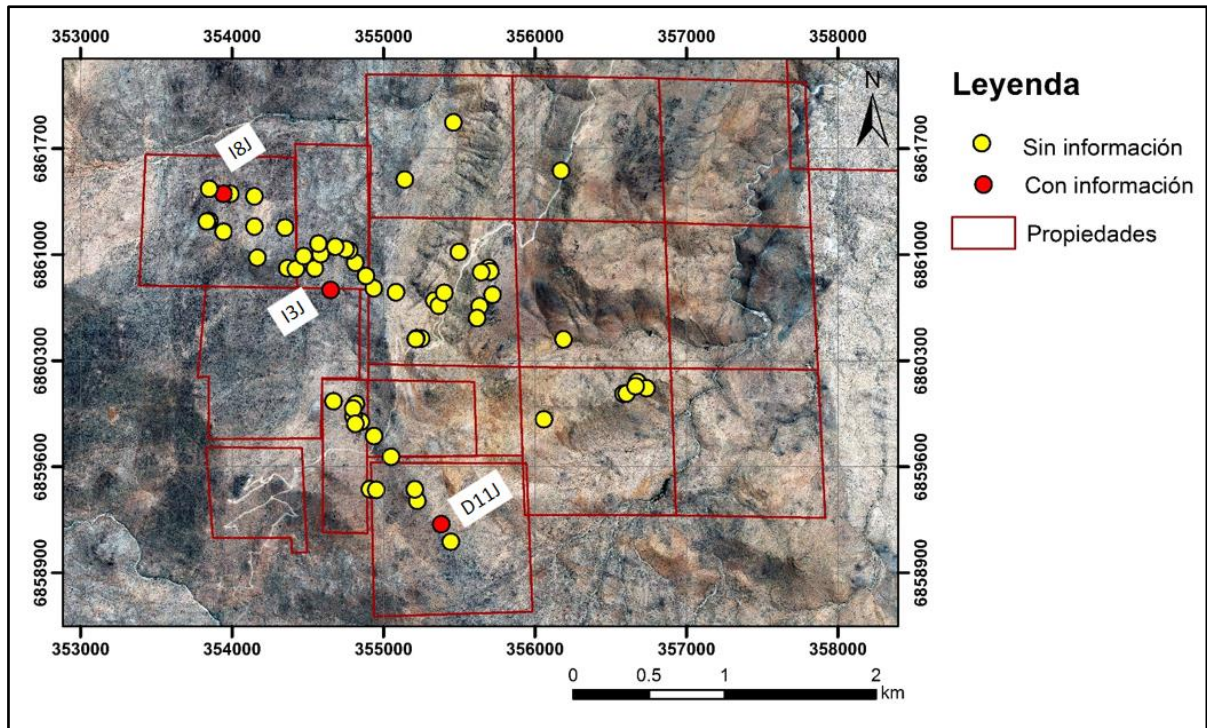
#### 3.4.1 Oro

Este mineral metálico fue posible reconocerlo de forma microscópica. Se encuentra de forma diseminada y en cúmulos asociado a vesículas rellenas de calcedonia (Figura 3.27). Es posible asociar este metálico con la alteración argílica intermedia por su relación con la calcedonia.



**Figura 3.27 Oro.** Cal: Calcedonia. Oro de forma diseminada relleno de espacios, asociado calcedonia.

El porcentaje de ocurrencia es menor a 1%. En base a análisis realizados por el dueño de las propiedades mineras (Anexo IV), la ley promedio en base a muestras seleccionadas de vetas y (Figura 3.28) desmontes del área de estudio corresponde a 46,5 g/Ton de Au, siendo la “Mina del agua”, demarcada como I8J en la Figura 3.28, la de más alto promedio correspondiente a 60 g/Ton de Au.



**Figura 3.28 Distribución de vetas y análisis de oro.** Puntos con color rojos señalan las vetas con análisis por oro, vetas en color amarillo no presentan análisis.



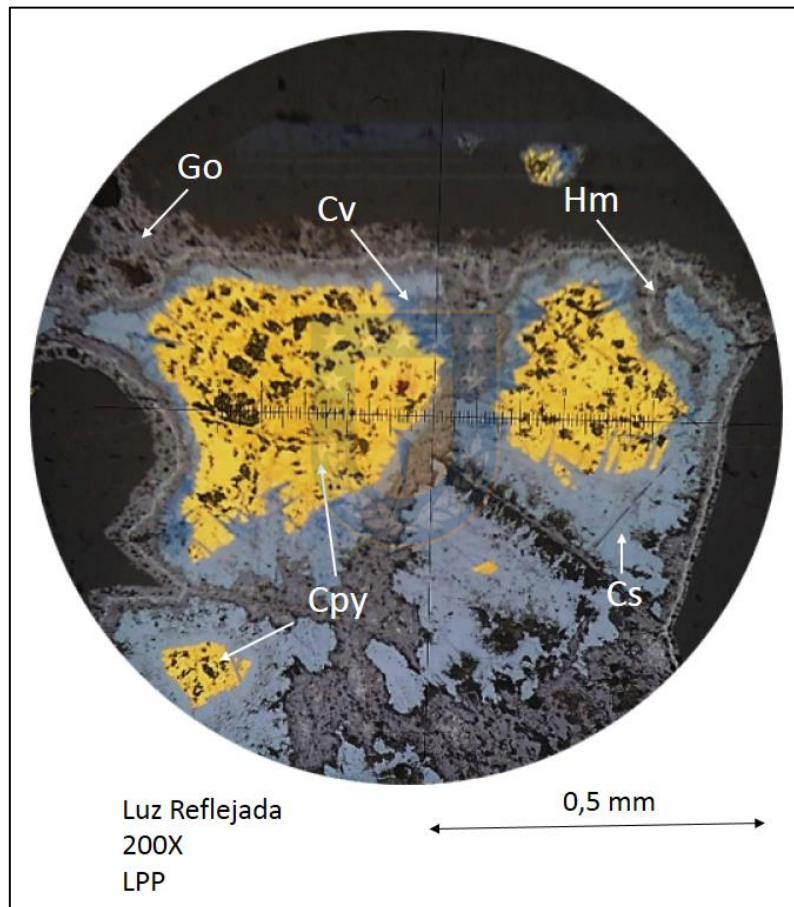
### 3.4.2 Cobre

El Proyecto Regaladas presenta minerales de cobre generalmente en proporciones cercanas al 1%. Estos minerales fueron reconocidos en muestra de mano y cortes pulidos, permitiendo definir sulfuros tal como calcopirita y oxidados de cobre como la crisocola, malaquita, chenevixita y antlerita - brocantita.

#### 3.4.2.1 Sulfuros de cobre

- **Calcopirita:** La calcopirita se encuentra asociada a sericita, cuarzo y óxidos de hierro. La textura es de relleno de espacios abiertos en vetillas, dentro de estas se encuentra de forma diseminada. Es posible observar a este mineral alterado a calcosina - covelina (Figura 3.29) y hematita, e inalterada.
- **Covelina - Calcosina:** Estos minerales se presentan asociados a una zona de enriquecimiento secundario. Se encuentran alteradas a hematita de forma incipiente y presentan textura de reemplazo de calcopirita como:

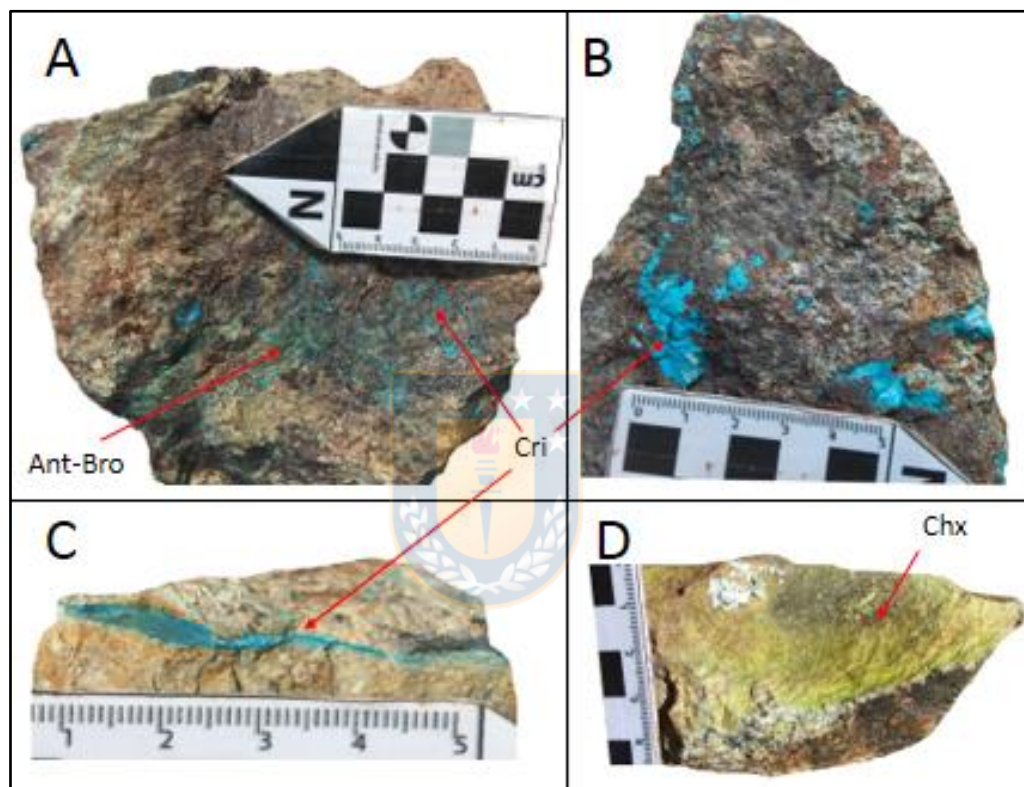
- ✓ Islas de mineral huésped: el mineral que fue reemplazado parcialmente queda rodeado de mineral neoformado, se observa en la parte inferior izquierda de la Figura 3.29.
- ✓ Reemplazo Topotáctico: Reemplazo en bordes según direcciones cristalográficas del mineral huésped, se observa en la parte superior de la Figura 3.29.
- ✓ Secuencia depositacional: ocurre cuando la secuencia se enriquece progresivamente en un metal. Donde tenemos calcopirita 34%Cu, covelina 66%Cu y calcosina 79% Cu.



**Figura 3.29 Calcopirita.** Go: goetita, Cv: covelina, Hm: hematita, Cpy: calcopirita y Cs: calcosina. Calcopirita alterada a covelina - calcosina, dejando islas de mineral huésped en la parte inferior de la figura, mientras que en la parte superior derecha tenemos un reemplazo topotáctico (Anexo I, Muestra N16J).

### 3.4.2.2 Oxidados de cobre

Los oxidados de cobre se encuentran asociados a las vetas del área de estudio y corresponde a antlerita - brocantita, malaquita, chenevixita y crisocola (Figura 3.30). Los tres primeros se encuentran en forma de costras principalmente, y en menor medida diseminados, mientras que la crisocola se observa como costra, rellenando vesículas y en venillas de espesor máximo 3mm (Figura 3.30c). El porcentaje de los óxidos de cobre no supera el 1%.



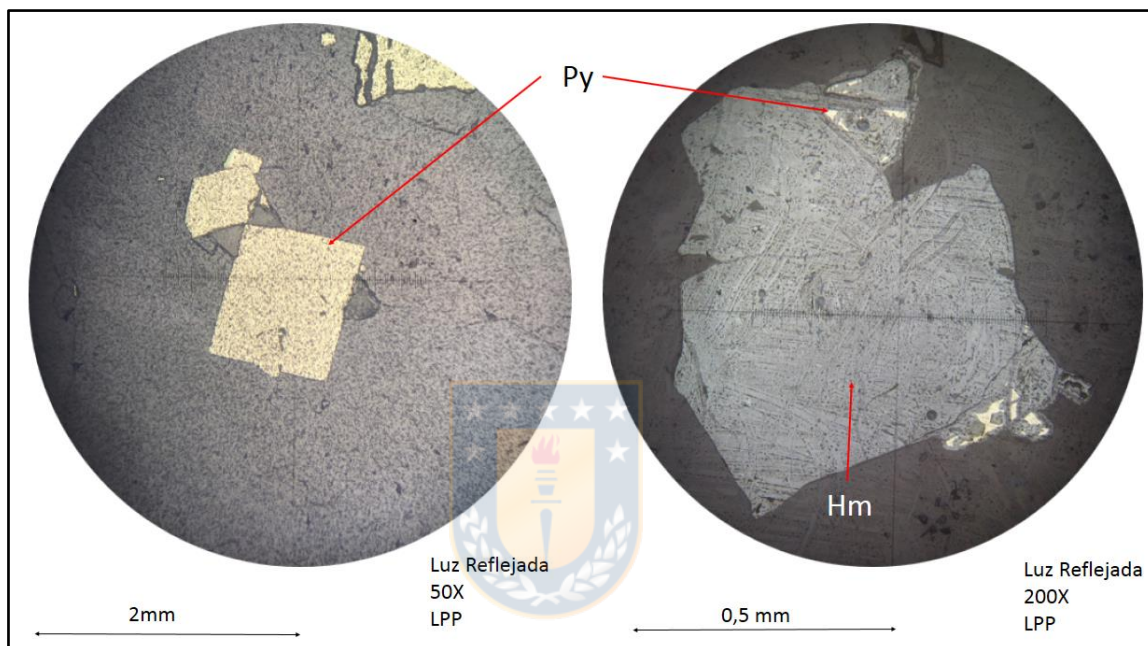
**Figura 3.30 Oxidados de cobre.** Ant - Bro: antlerita – brocantita, Cri: crisocola y Chx: chenevixita. A) Ant - Bro y Cri diseminados B) Crisocola rellenando vesículas C) Crisocola en venillas D) Chenevixita en forma de costra.

### 3.4.3 Hierro

En el área de estudio fue posible observar el sulfuro de hierro pirita con porcentajes cercanos a 4% y oxidados de hierro que corresponden a hematita y limonita (goetita).

### 3.4.3.1 Sulfuro de hierro

La pirita se encuentra asociado a sericita, óxidos de hierro y cuarzo principalmente. Su textura es de relleno de espacios abiertos, específicamente vetillas. Dentro de la vetilla presentan una ocurrencia diseminada y en cúmulos. Este mineral puede encontrarse inalterado (Figura 3.31 a), reemplazado por hematita(Figura 3.31 b) y lixiviado, llegándose a observar solo los espacios dejados por este (Figura 3.21).



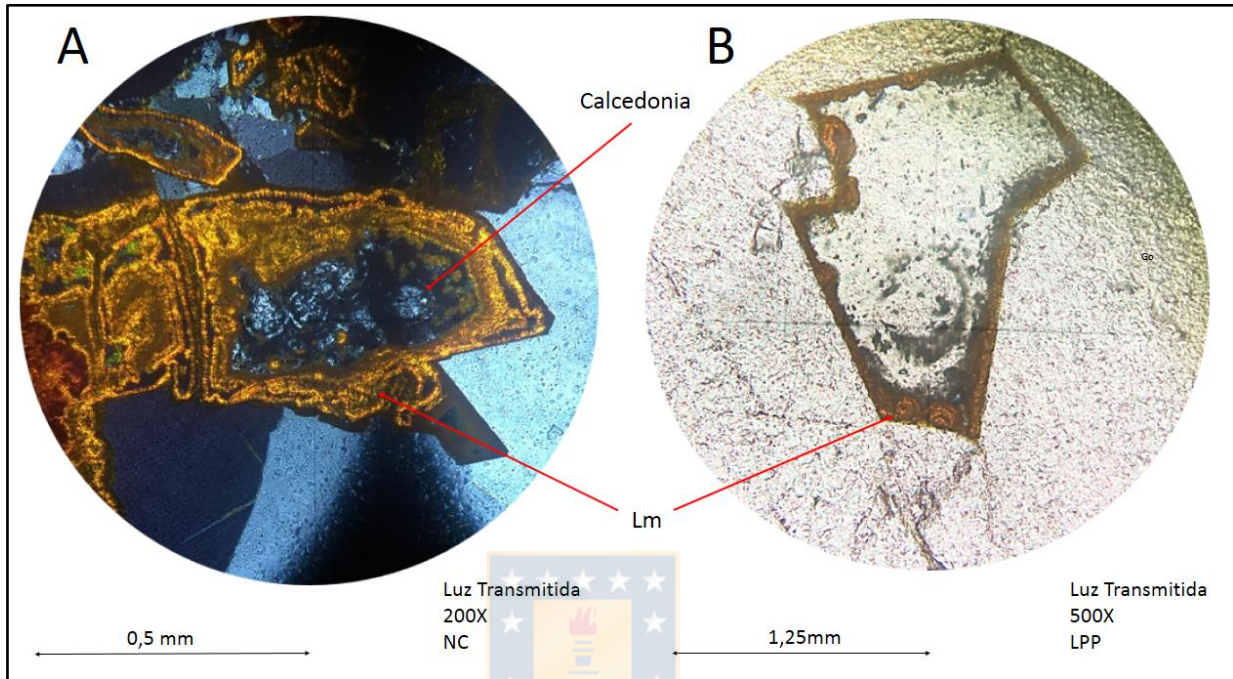
**Figura 3.31 Pirita.** Py: pirita y Hm: hematita. A) Pirita diseminada inalterada B) Relictos de pirita alterada a hematita (Anexo I).

El porcentaje de ocurrencia puede llegar hasta un 4%, sin embargo, en algunos casos se presenta en proporciones menores a 1%.

### 3.4.3.2 Oxidados de hierro

La hematita se encuentra principalmente reemplazando minerales metálicos como la pirita, calcopirita y covelina - calcosina. La forma de reemplazo es por los bordes. La abundancia de este mineral varía entre un 1 y un 3%.

Por su parte la limonita se encuentra de forma coloidal rellenando espacios abiertos, sobreimponiéndose por los bordes a la calcedonia (Figura 3.32) y, además, asociado a hematita. Este mineral se encuentra en proporciones menores a 1%.

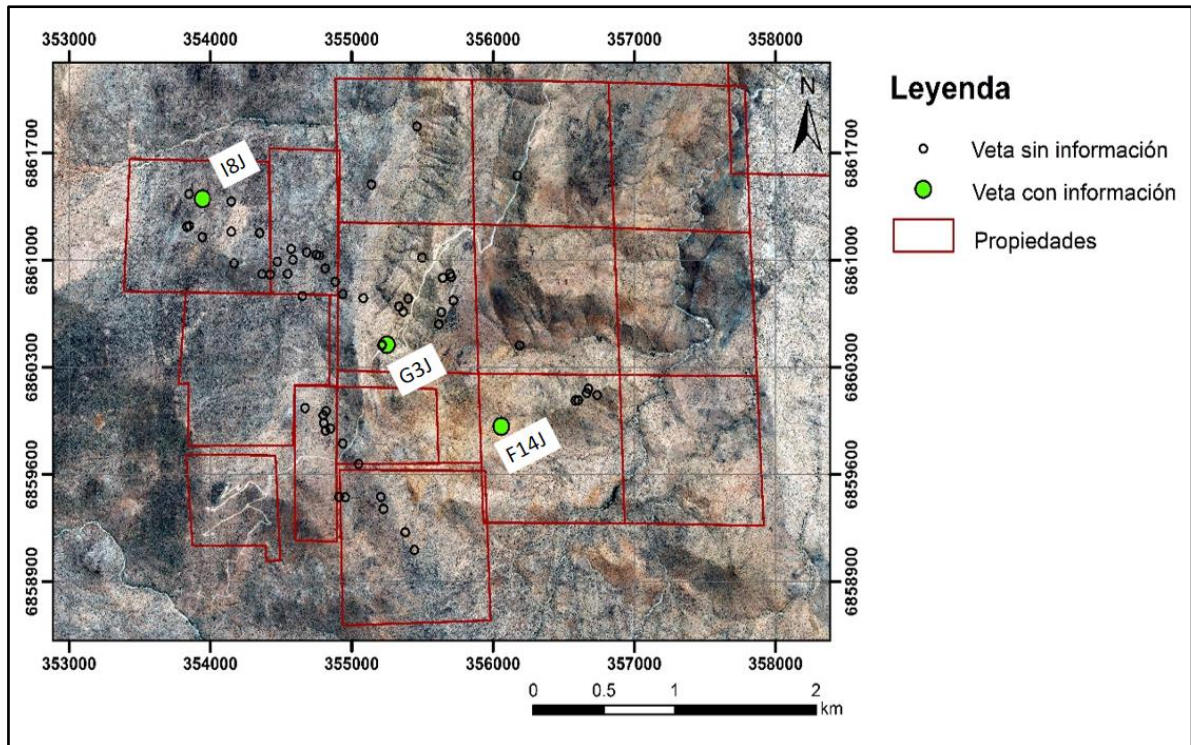


**Figura 3.32 Limonita.** Lm: limonita. Limonita asociada a calcedonia rellenando espacios (Anexo I, Muestra G3J).

## 3.5 Evaluación cuantitativa QEMSCAN

### 3.5.1 Generalidades

El método QEMSCAN es un sistema automatizado que adquiere data mineralógica cuantitativa con un microscopio electrónico de barrido, el cual usa una combinación de valores de electrones retrodispersados (BSE) y espectros de energía dispersiva de rayos X captados punto a punto sobre una malla de muestreo en una sección. Este análisis permite determinar parámetros tales como contenido, química, tamaño de grano, distribución, asociación y liberación determinados de forma estadísticamente, contrariamente a los métodos tradicionales manuales. Se analizaron 3 muestras correspondientes a 3 vetas del área de estudio (Figura 3.33), en el Instituto de Geología Económica Aplicada de la Universidad de Concepción.



**Figura 3.33 Vetas con información QEMSCAN.** Puntos verdes marcan vetas con análisis QEMSCAN, el resto de las vetas sin información se marcan con círculos blancos.

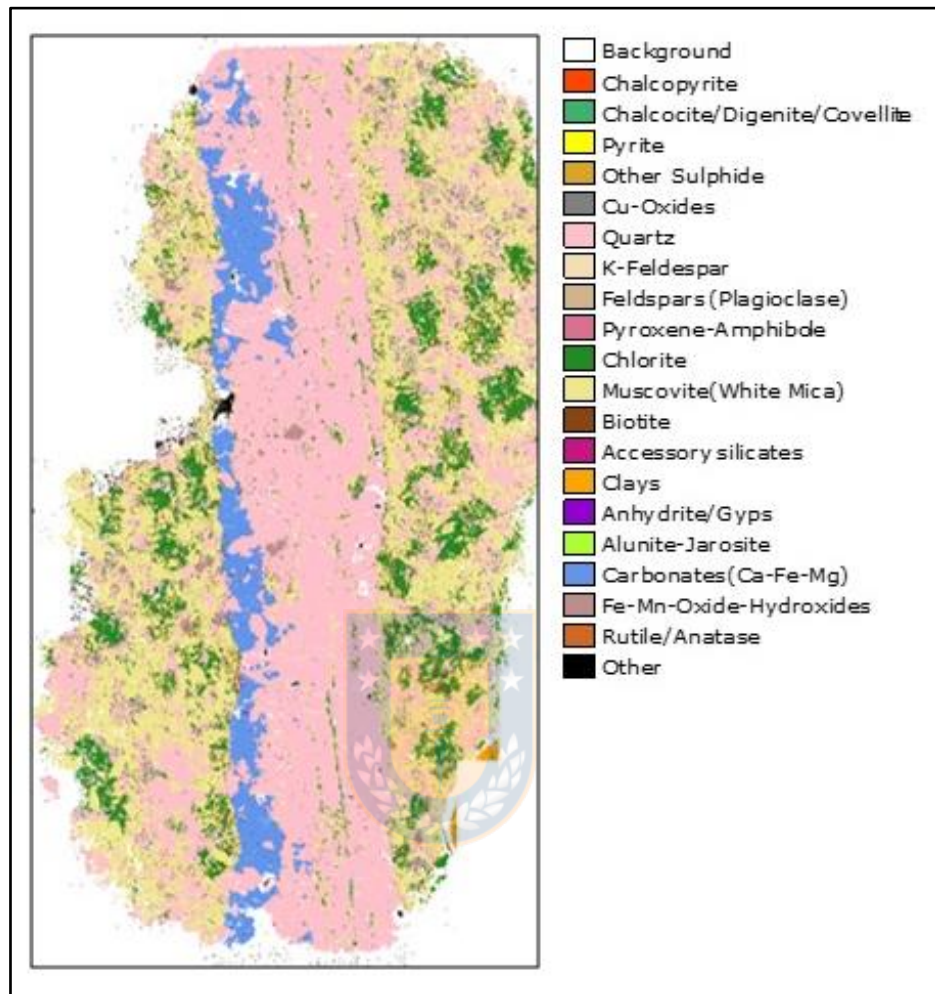
### 3.5.1.1 Muestra I8J

Veta de orientación NS y manto  $89^{\circ}\text{E}$ , ubicada al NW del área de estudio (Figura 3.33). El análisis QEMSCAN (Anexo II, Muestra I8J) revela una composición de 46,5% de cuarzo, un 29,6% de mica blanca (muscovita - sericita), 6,1% de carbonatos (Ca - Fe - Mg) y un menor porcentaje del resto de minerales.

En la imagen es posible observar una vetilla formada principalmente por cuarzo, además de carbonatos (Ca - Fe - Mg) y en menor medida mica blanca y clorita, además, es posible distinguir dos poblaciones de cloritas, unas de tamaño pequeño en la vetilla y otras de tamaño medio fuera de esta, lo que podría indicar dos eventos, uno propilítico y otro fílico (Figura 3.34).

La asociación mineral mostrada en el diagrama columnar acumulativo (Anexo II, Muestra I8J) por especie mineral entrega información sobre la asociatividad de cada mineral, cuantificando, entre las distintas especies minerales y sus áreas de contacto. En este se observa una relación para la pirita, calcopirita y covelina - calcosina con cuarzo, mica blanca, clorita y carbonatos (Ca - Fe - Mg).

Otra de las asociaciones correspondiente a la alteración fílica es cuarzo, clorita, mica blanca y carbonatos.



**Figura 3.34 Imagen falso color QEMSCAN muestra I8J.** Se observa la vetilla tipo E de la alteración fílica compuesta por cuarzo, carbonatos y sericita.

### 3.5.1.2 Muestra G3J

Veta con rumbo  $N85^{\circ}W$  y manto  $45^{\circ}NE$ , ubicada en la zona central del área de estudio (Figura 3.33). El análisis (Anexo II, Muestra G3J) revela una composición de 93% cuarzo, 2,7% de óxidos e hidróxidos de Fe - Mn, 1,3% de pirita, 1,1% de mica blanca (muscovita - sericita) y menor porcentaje del resto de minerales (Figura 3.35)

En la asociación mineral de la muestra G3J (Anexo II, Muestra G3J) se reconoce una relación preferencial para los minerales metálicos de cobre como la pirita, covelina - calcosina y calcopirita con cuarzo, óxidos de Fe - Mn y óxidos de cobre principalmente. Otra de las asociaciones que se pudo observar fue cuarzo, clorita, mica blanca y carbonatos, que podrían indicar a la alteración fílica.

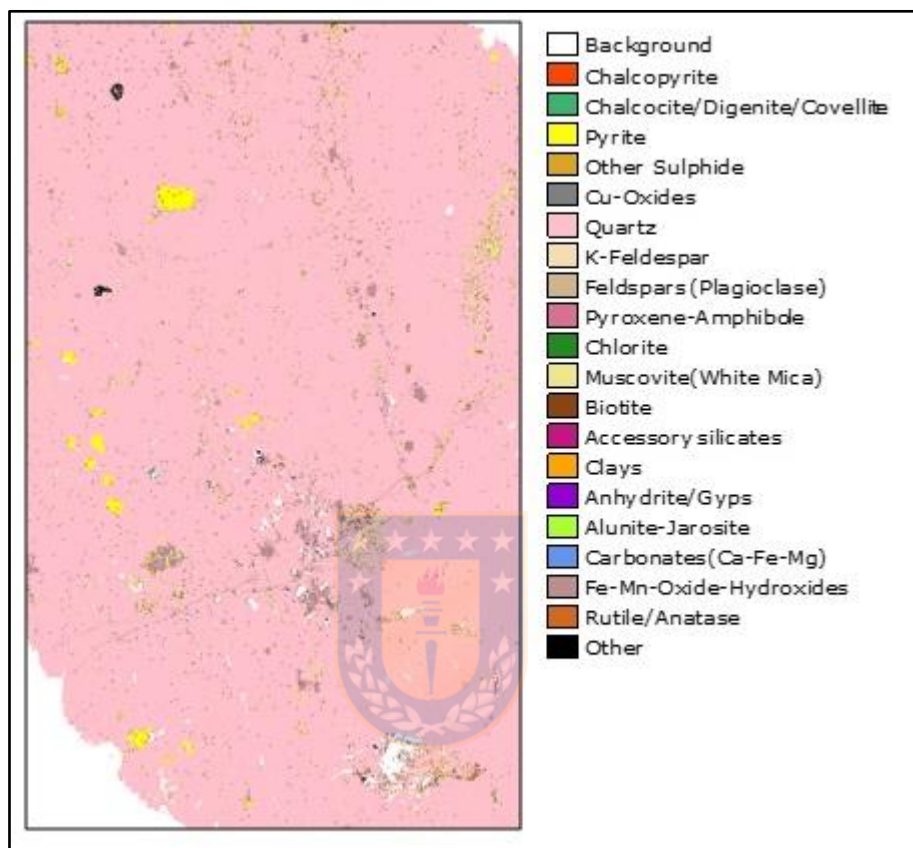


Figura 3.35 Imagen falso color QESCAM muestra G3J.

### 3.5.1.3 Muestra F14J

Veta de orientación N80°W y manto 47° NE, ubicada en el sector S del área de estudio (Figura 3.33). Se revela (Anexo II, Muestra F14J) una composición de 91,5% de cuarzo, o sigue un 2,4% de mica blanca (Muscovita-sericita). Luego un 1,84% de óxidos e hidróxidos de Fe - Mn y otros minerales (Figura 3.36).

Las asociaciones preferenciales de minerales que se observan en esta muestra (Anexo II, Muestra F14J), corresponden para los minerales metálicos de Cu a cuarzo, oxidos de Fe - Mn y óxidos de Cu principalmente, además de la asociación fílica de cuarzo, clorita y mica blanca.

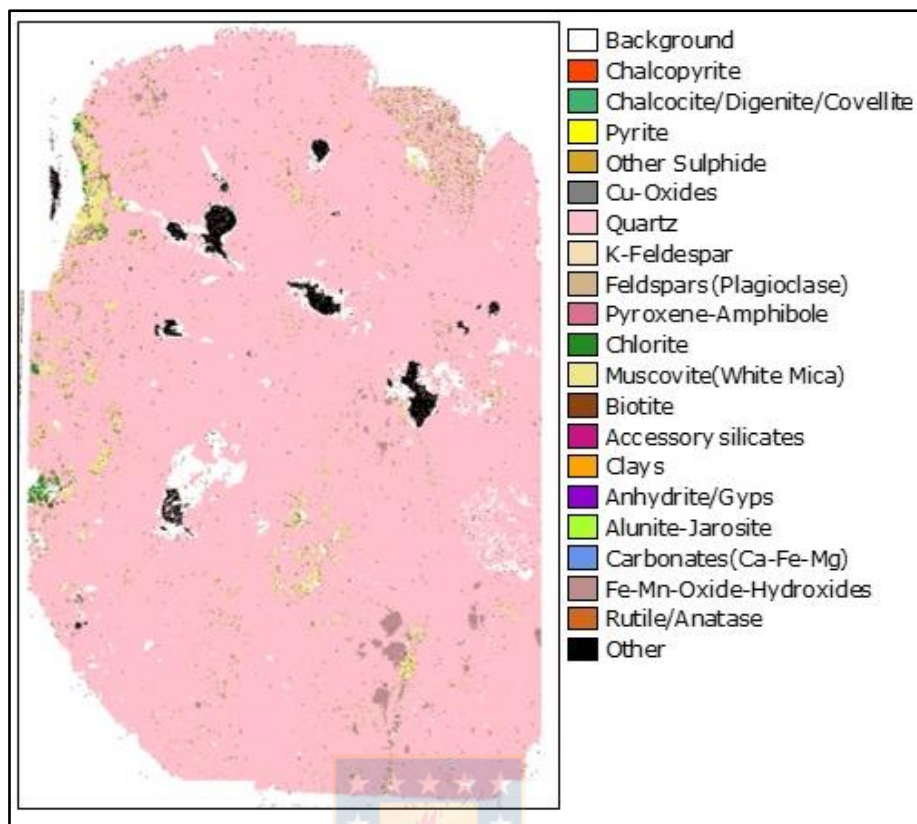


Figura 3.36 Imagen falso color QESCAM muestra F14J.

Considerando todas las muestras analizadas (Anexo II, Figura 2.1), existe una predominancia de cuarzo con un porcentaje promedio de 77%, luego, en menor proporción mica blanca (sericita) con un 11%, un 3,4% clorita y un 2% carbonatos (Fe – Ca - Mg). El resto de los minerales se encuentra en una proporción menor a un 1% incluyendo los metálicos.

### 3.6 Difracción de Rayos X (DRX)

La difracción de rayos X es una de las técnicas más eficaces para el análisis cualitativo y cuantitativo de fases cristalinas de cualquier tipo de material. Este análisis se efectúa mediante la comparación de patrones de difracción recopilados de una muestra desconocida con los patrones de difracción de compuestos conocidos. El proceso automatizado se llama análisis de búsqueda/coincidencia. En esta ocasión el análisis se realizó en el Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA) de la Universidad de Concepción utilizando un equipo Bruker® D4 Endeavor, operado con radiación de Cu y filtro de radiación  $K\beta$  de Ni.

Los resultados (Anexo III) permitieron obtener, en mayor detalle, un listado de los minerales constituyentes de las vetas del área de estudio. Estos minerales se detallan en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Resultados cualitativos mediante difracción de rayos X en la roca total.** O = Fase presente, X = Fase no presente. Qz: cuarzo, Feld k: feldspato potásico (microclina), Plg: plagioclasa (albita), Esm: esmectita, Ser: serirta, Chl: clorita, Cao: caolinita, Hm: hematita, Gt: goetita, Jar: jarosita.

Muestra	Mineralogía									
	Qz	Feld K	Plg	Esm	Ser	Chl	Cao	Hm	Gt	Jar
AG-1	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
AG-3	O	O	X	X	O	X	X	X	X	X
D-4	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
F7	O	X	O	O	O	O	O	O	X	X
G3J	O	O	X	X	O	X	O	O	O	O

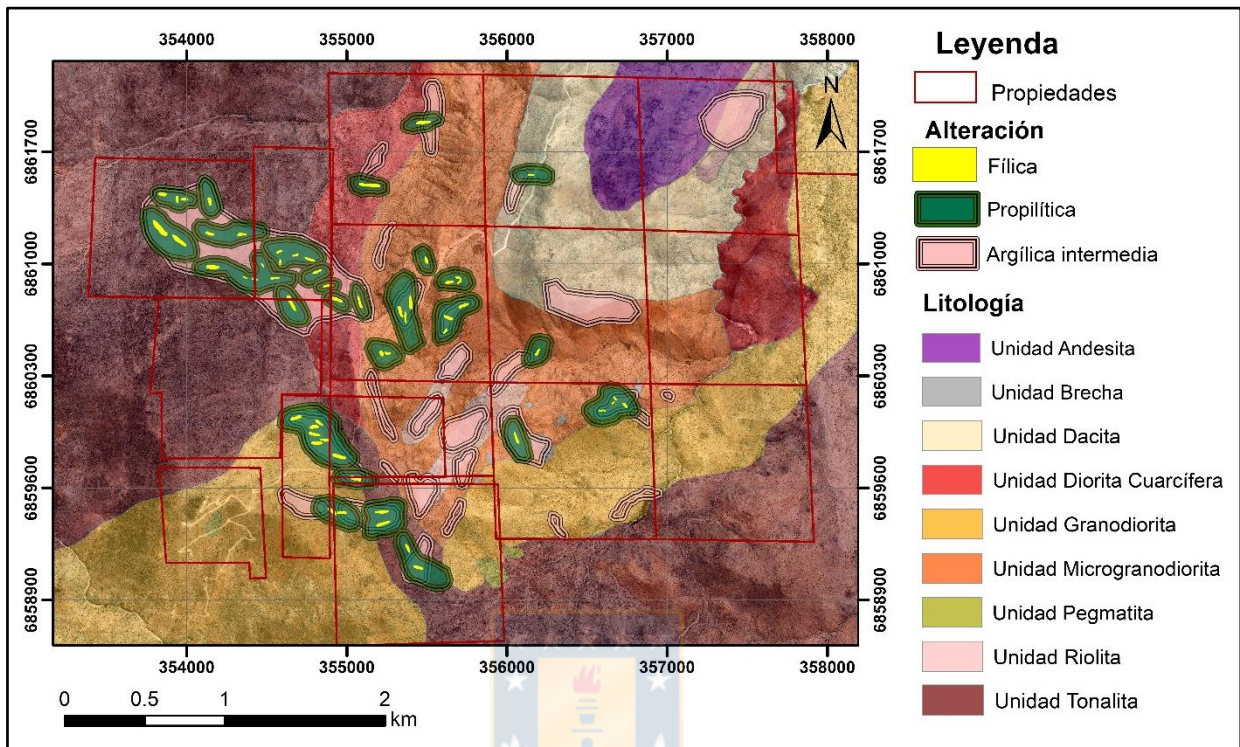
## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Evolución de la alteración hidrotermal y paragénesis

Las alteraciones hidrotermales observadas en las vetas del área de estudio fueron 5 y corresponden a propilítica, fílica, argílica intermedia, albitización - epidotización y alteración supérgena (Figura 4.1). Estas alteraciones presentan distintas asociaciones minerales en base a las condiciones de pH y temperatura que presenta el fluido (Figura 4.2).

En base a los resultados obtenidos de patrones de zonación, corte y relaciones mineralógicas, es posible determinar que la alteración propilítica es la primera en ocurrir. Los fluidos involucrados corresponderían principalmente a aguas meteóricas calentadas por una fuente que se encuentra en profundidad, las cuales reaccionan con la roca caja provocando el halo de alteración propilítica observado en las vetas (Figura 4.2). La interacción entre el fluido meteórico calentado y la roca

caja genera la neutralización del fluido, lo que permite la depositación de minerales como clorita y albita (Figura 3.22).



**Figura 4.1 Mapa de alteraciones y litología.** Alteración fílica exagerada para observar su relación con las demás alteraciones.

Posterior a esto, cuando la roca no puede actuar más como *buffer de pH* o amortiguador de cambios químicos, el fluido se acidifica. Las nuevas condiciones permiten la depositación en equilibrio de nuevos minerales que componen a la alteración fílica, con características de pH que van de 4 a 5. Los minerales asociados con esta alteración corresponden a cuarzo, sericita, calcita, pirita y calcopirita (Figura 3.20). Las concentraciones de minerales metálicos aumentan con el aumento de temperatura, por ende, en una primera etapa se genera la adición de minerales metálicos a la solución. Posterior a esto y debido a diferencias locales en las condiciones del medio, es decir, cambios en la acidez del fluido y temperatura, producto de una posible mezcla con fluidos meteóricos fríos, se generaría una pérdida de solubilidad de estos metales lo que conllevaría a la depositación pirita y calcopirita. Las venillas tipo E (Figura 3.23) desarrolladas en esta alteración cortan a la alteración propilítica, además, la albita preexistente de la alteración propilítica se ve alterada de forma moderada a pervasiva por las sericitas depositadas en esta alteración.

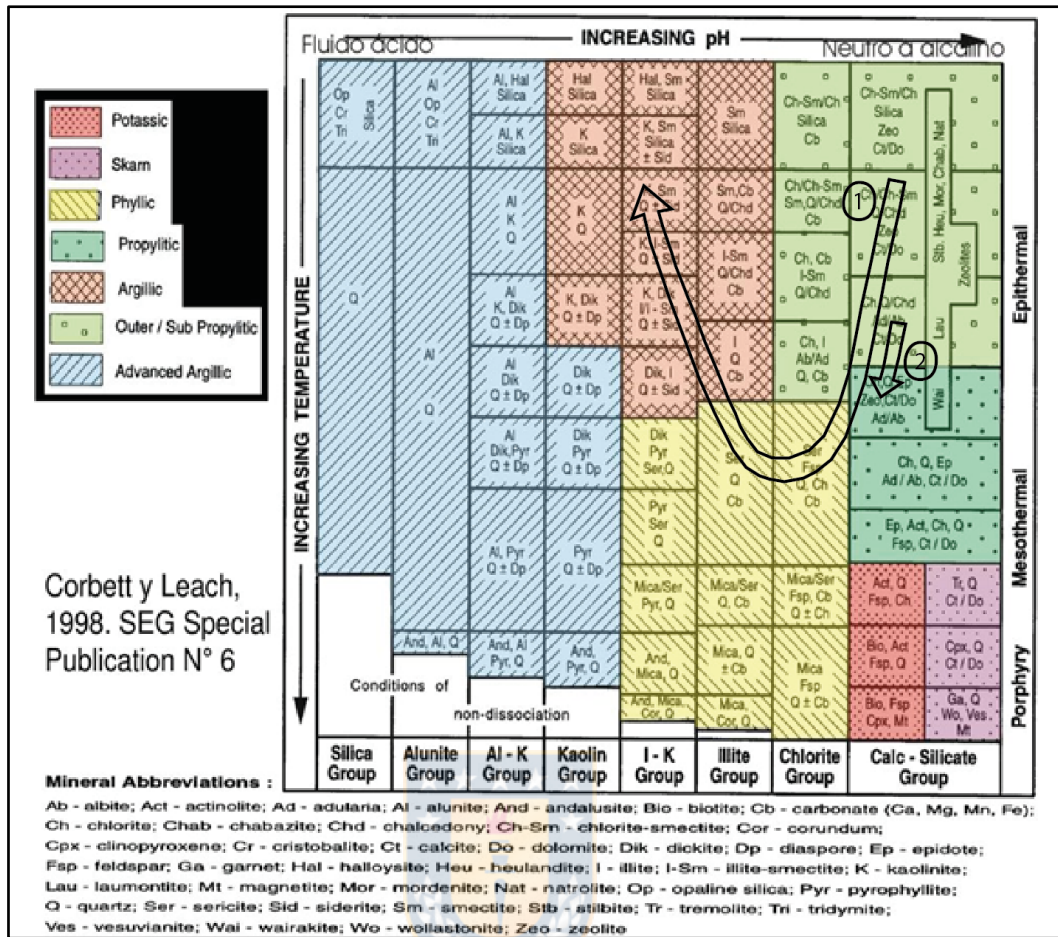
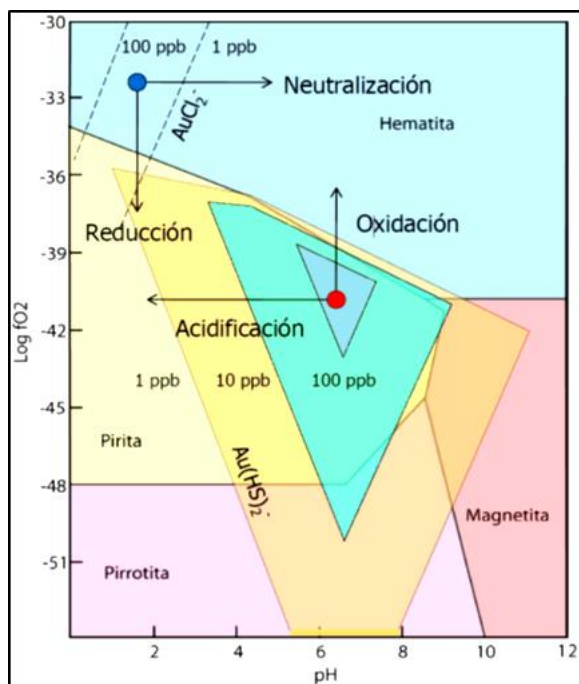


Figura 4.2 Temporalidad eventos de alteración. Corbett y Leach (1998). Las flechas indican la evolución del fluido hidrotermal en dos etapas diferentes: A) 1 = primera fuente, B) 2 = segunda fuente.

Luego, el cuerpo magmático en profundidad se va enfriando, lo que genera una disminución en la temperatura de los fluidos, sumado a esto, la solución asciende provocando diferencias de presión en el medio permitiendo la exsolución de volátiles, este proceso conlleva a la acidificación del fluido (pH de 3 a 5) (Figura 4.2). Producto a estos cambios se produce la lixiviación de minerales preexistentes como la pirita y la depositación de mineralogía asociada a la alteración argílica intermedia correspondiente a arcillas, siderita, calcedonia, pirita y oro (Figura 3.17), esta alteración se sobrepone con las alteraciones anteriormente señaladas. Corbett y Leach (1998) indican que el oro se transporta como complejos bisulfurados en sistemas reducidos. Estos complejos al aumentar o disminuir la acidez, disminuir la temperatura u oxidarse pierden su estabilidad, lo que se traduce en la depositación del mineral metálico (Figura 4.3). Esto ocurriría por mezcla con fluidos meteóricos fríos y ebullición por despresurización.



**Figura 4.3 Diagrama de solubilidad del oro.** Henley y Brown (1985).

Posterior a esto se propone una segunda etapa (Figura 4.2, flecha 2) con una segunda fuente de calor que permite calentar nuevamente el fluido meteórico contenido en la estructura, generando una albitización y epidotización. En esta alteración se deposita la albita, que corresponde al mineral principal de la alteración, el cual se observó inalterado y sobreimpuesto a la alteración fílica (Figura 3.24, A). En forma de traza se deposita epidota que rellena espacios de la lixiviación de piritas (Figura 3.24, B).

De forma sobreimpuesta ocurre la alteración supérgena que corresponde a un proceso de reequilibrio de la mineralogía hipógena a condiciones oxidantes cercanas a la superficie, en donde, se produce la oxidación de sulfuros que conlleva a la liberación de cationes metálicos que luego serán transportados hacia mayores profundidades por aguas meteóricas percolantes, para ser finalmente redepositados (Figura 3.25). En esta etapa ocurriría la depositación en la zona de sombrero de hierro de: hematita y limonita, mientras que, en la zona oxidada se observa: crisocola, antlerita - brocantita, chenevixita y malaquita, y finalmente, en la zona de enriquecimiento secundario se depositan sulfuros de cobre como covelina y calcosina (Anexo V, Figura 5.2).

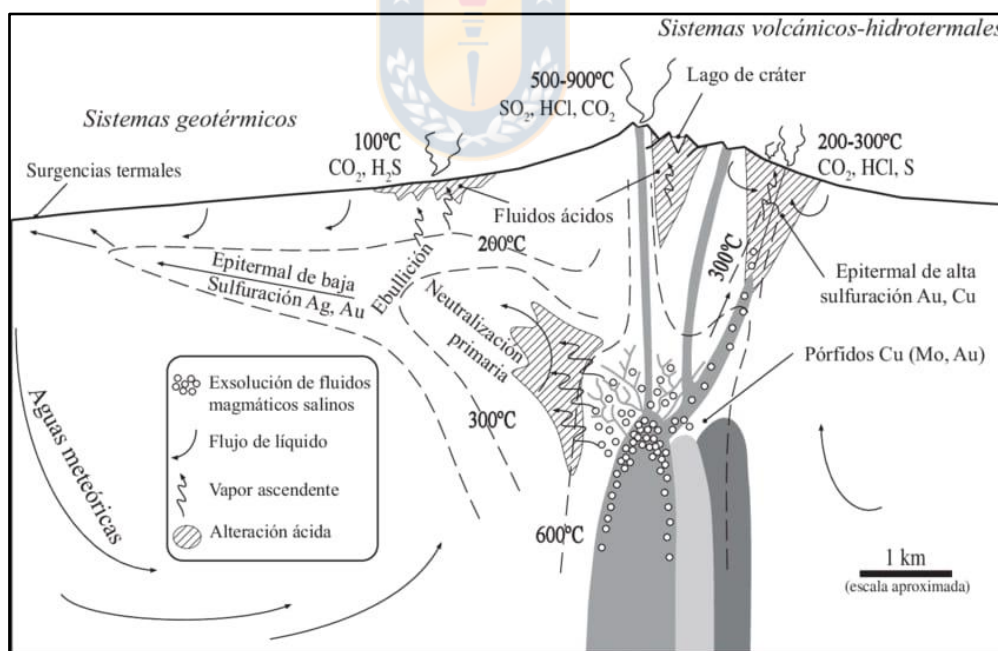
Finalmente, las alteraciones y sus respectivas paragénesis fueron reagrupadas en distintos eventos como se observa en la Figura 4.4.

Etapa	Primera etapa			Segunda etapa	Tercera etapa
Minerales	Alteración Propilítica	Alteración Fílica	Alteración Argílica Intermedia	Albitización y epidotización	Alteración Supérgena
Sericita					
Cuarzo					
Calcita					
Calcedonia					
Siderita					
Arcillas					
Pirita			-----		
Clorita	-----				
Epidota				-----	
Albita					
Limonita					
Hematita			-----		
Calcopirita		-----			
Oro			-----		
Covelina					-----
Calcosina					-----
Chenevixita					-----
Antlerita-brocantita					-----
Crisocola					-----
Malaquita					-----

Figura 4.4 Cuadro paragenético y etapas.

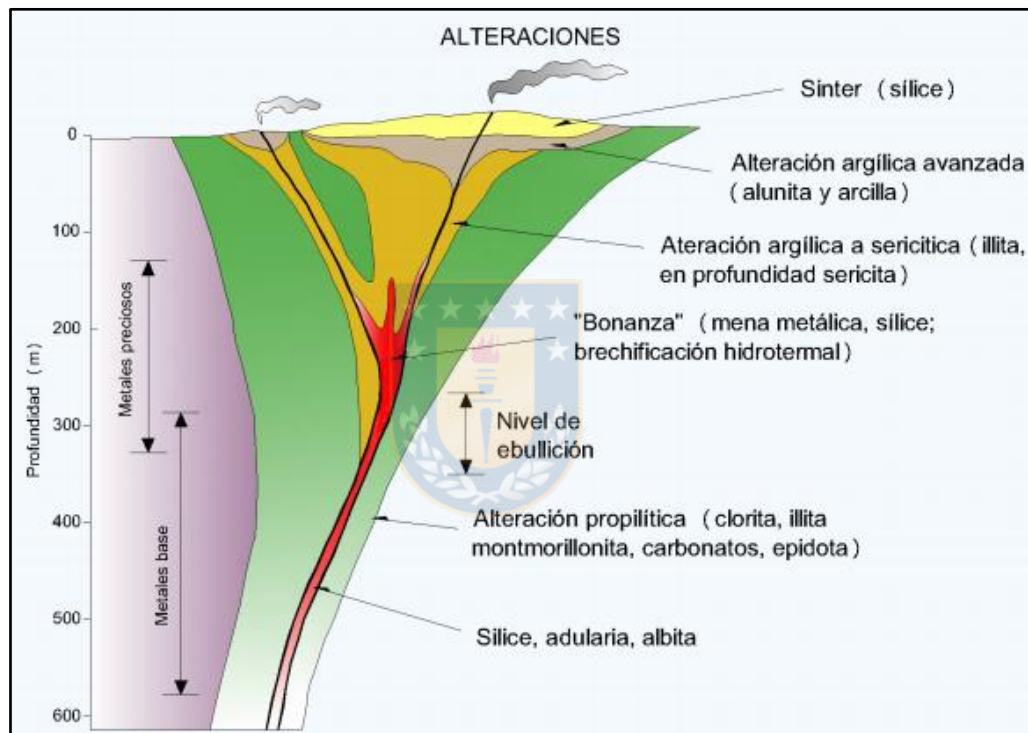
## 4.2 Modelo geológico del yacimiento

A partir del análisis de los datos de muestras de manos, microscopia, difracción de rayos X, QEMSCAN y análisis de vetas obtenidos del área de estudio se determinó: (1) un halo propilítico compuesto por clorita y albita, alteración fílica con alto contenido de sericita y cuarzo, que genera vetillas tipo E ricas en cuarzo, una alteración argílica intermedia sobreimpuesta conforme disminuye la temperatura y una albitización y epidotización final, (2) el control de emplazamiento corresponde a zona de fallas estrechamente relacionadas con eventos de colapso-resurgencia de caldera durante el Paleoceno (Sanhueza, 2020), (3) presencia de minerales claves de alteración como sericita, carbonatos, clorita y calcedonia, (4) la extensión de la alteración se encuentra restringida a vetas, (5) el carácter de la mineralización económica corresponde a relleno de cavidades y porosidades, *stockworks* cercanos a superficie de alteración argílica y diseminada, (6) la abundancia de sulfuros es menor a un 5%, con pirita predominante. Los datos expuestos anteriormente en comparación con distintos modelos teóricos (Anexo IV, Figura 5.1), permiten definir al Proyecto Regaladas como un depósito epitermal de baja sulfuración (Figura 4.5).



**Figura 4.5 Esquema sistema hidrotermal.** Figura que ilustra esquemáticamente varios procesos deducidos de sistemas volcanohidrotermales y geotérmicos, y el respectivo ambiente de alta sulfuración y baja sulfuración. (Hedenquist y Lowenstern, 1994 en Camprubí y Albison 2006).

Buchanan (1981) propone un modelo general para depósitos epitermales de baja sulfuración (Figura 4.6) donde se observa una zona superior llamada *sinter* rica en sílice amorfa, una zona muy restringida de alteración argílica avanzada, como halo se presenta la alteración propilítica que envuelve a la alteración argílica intermedia y fílica. También se observa en la parte central una zona de bonanza, la cual es rica en mena metálica y presenta características de brechización hidrotermal. Finalmente, en la parte más profunda del sistema se observa una zona rica en sílice, adularia y albita. A lo largo del modelo se observan dos zonas, una más superficial con depositación de metales preciosos y otra de mayor profundidad con depositación de metales base.



**Figura 4.6 Epitermal de baja sulfuración.** Zonación típica de alteración para los depósitos de baja e intermedia sulfuración (modificado de Buchanan, 1981 en Gonzales, 2010).

Una de las diferencias entre este modelo y el propuesto en esta memoria, sería la presencia de adularia en el sistema. La adularia y albita pertenecen a la serie de feldspatos alcalinos, según Browne (1978, en Corbett y Leach, 1998) la albita ocurre en fluidos donde existe una alta relación  $aNa^+/aK^+$ , mientras que la adularia ocurriría cuando existe una baja relación, además, agrega que la adularia ocurre preferentemente en condiciones permeables y la albita en condiciones de baja permeabilidad. En base a esto la presencia de albita y no de adularia en el modelo epitermal del

Proyecto Regaladas se relacionaría con la baja permeabilidad primaria del medio, esto debido a la roca caja intrusiva, además, de una alta relación  $aNa^+/aK^+$  donde podría influir la adición del potasio a la sericita (Oliveros, comunicación personal, 2019).

Otra de las diferencias corresponde a la inexistencia de *sinter* y la zona de alteración argílica avanzadas. Esto se debe a que estas zonas del sistema se encuentran muy próximas a la superficie, según el modelo profundidades menores a 50 m, por ende, son muy susceptibles a erosión, por lo que perfectamente pueden estar obliteradas en el Proyecto Regaladas.

Otra de las zonas no observadas es el sector de bonanzas rica en metálicos y metales base, la cual según el modelo se encuentra a profundidades cercanas a los 200 y 300 metros. En el estudio realizado, la profundidad máxima de las labores correspondía 20 metros y considerando que nos encontramos en una zona más somera del sistema epitermal, se podría pensar que esta zona se encuentra en sectores aún no explotados de las vetas visitadas en el área de estudio.

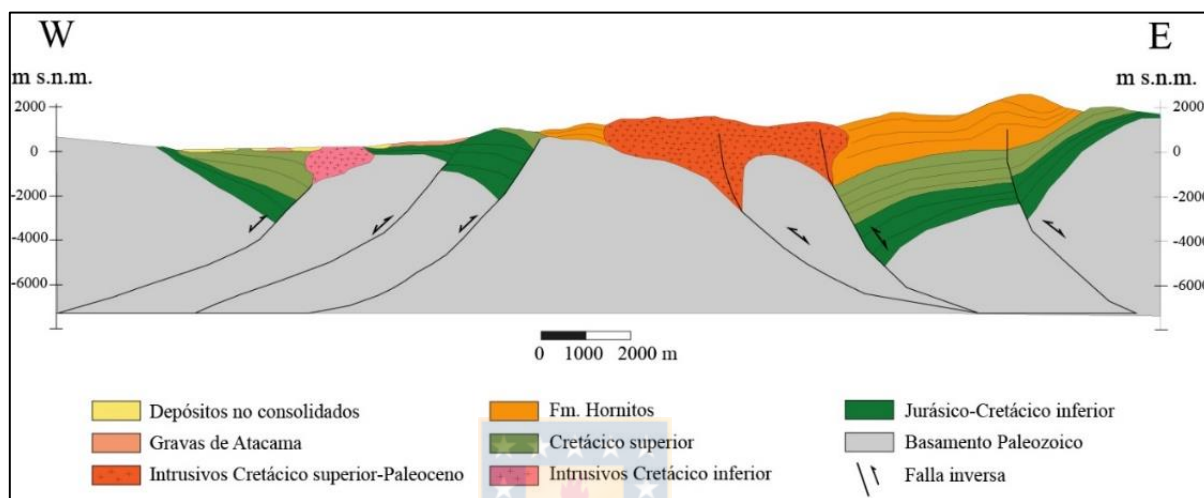
En cuanto al resto de las alteraciones mencionadas en este modelo son correspondientes a las observadas en el área de estudio, con la diferencia de presentar una distribución un poco diferente, ya que en el modelo general estas se expanden a litologías más permeables y en el Proyecto Regaladas se restringen a las vetas.

Por otra parte, existen distintos modelos geológicos que describen a los depósitos epitermales de baja sulfuración, como el de Camprubi y Albinson (2006) (Anexo V, Figura 5.3) quienes modifican el modelo de Buchanan (1981) incluyendo a la calcedonia como mineral clave, ubicado en zonas calentadas por vapor de baja temperatura y profundidades someras cercanas al paleo nivel freático. La calcedonia fue observada en el área de estudio y en base a la descripción anteriormente señalada, se define que el Proyecto Regaladas representa la zona somera del sistema epitermal de baja sulfuración.

Cabe destacar que cada depósito es diferente y único, no existe un modelo que pueda agrupar todas las características observadas en terreno, por ende, existirán diferencias y similitudes con estos.

### 4.3 Modelo genético y evolución geológica

Durante el período Jurásico – Cretácico inferior, bajo un régimen tectónico transtensional, se generaron hemigrabenes que delimitaron distintas cuencas en la Tercera Región (Perroud, 2017). En el área del Proyecto Regaladas se forman pequeñas cuencas de *pull apart* de orientación N20 - 40°E y manteo al E (Sanhueza, 2020) (Figura 4.7).

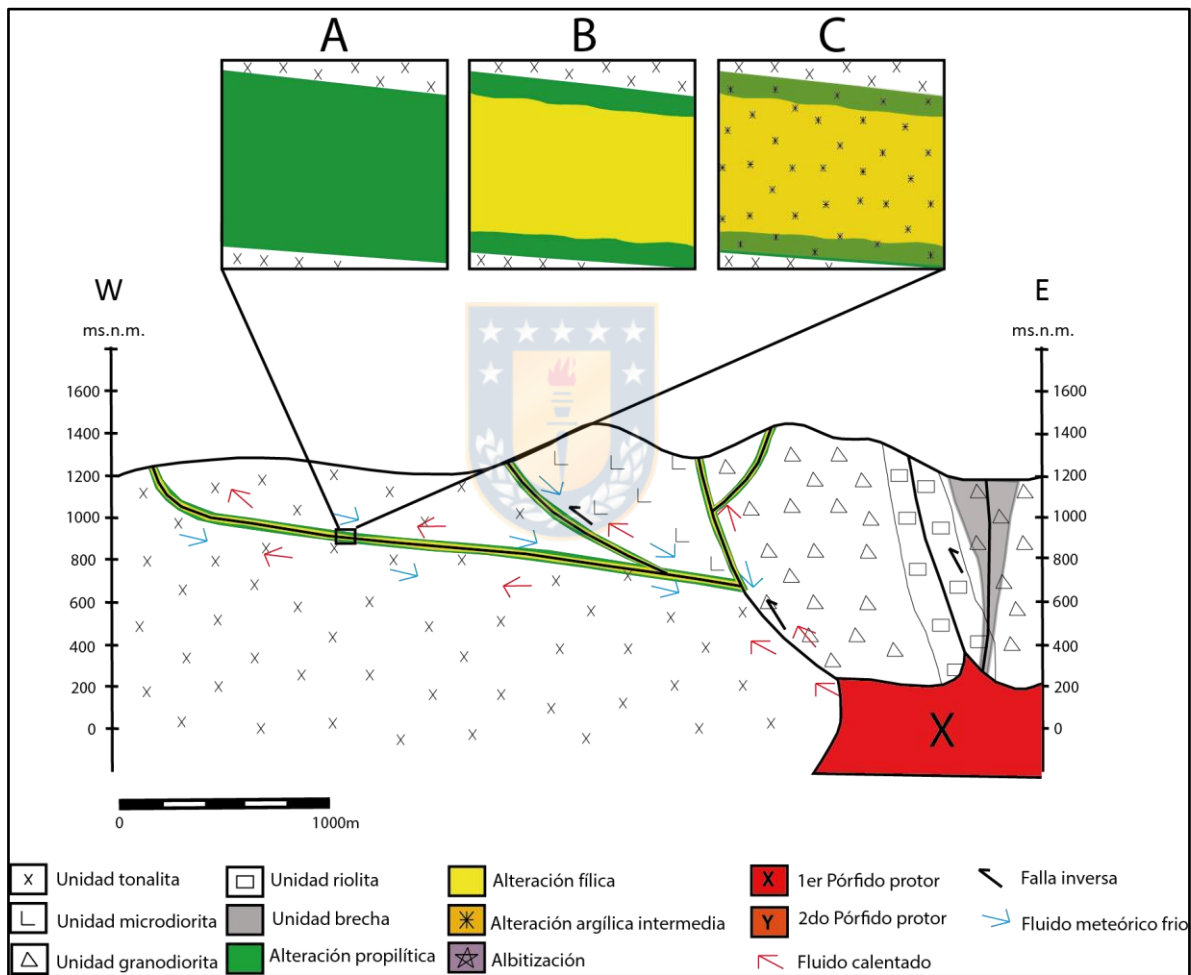


Posterior a esto, durante el Cretácico Superior – Paleoceno se produce una reactivación de fallas producto a un evento compresivo (Sanhueza 2020). Asociado a este período se deposita el Complejo Plutónico los Morteros que se relaciona con las unidades Tonalita, Diorita Cuarcífera, Microgranodiorita y Granodiorita (Figura 3.1), y la Formación Hornitos que se relaciona con las unidades Andesitas, Riolita y Dacita (Figura 3.1). La forma de emplazamiento de estas unidades corresponde a la utilización de zonas de debilidad, es decir, estructuras de los hemigrabenes y fallas asociadas (Figura 4.7).

El periodo Paleoceno – Eoceno es una etapa extensiva que se caracteriza por la presencia de extensos campos de caldera en la Precordillera de la Tercera región (Rivera y Falcon, 2000). Estas calderas permitirían el emplazamiento de plutones, domos, pequeños *stocks* e intrusivos subvolcánicos, habitualmente ligados a zonas de alteración hidrotermal y mineralización económica (Charrier y otros, 2009). En este período ocurriría el emplazamiento del cuerpo porfídico “X” en profundidad correspondiente a la fuente de calor a partir de la cual se desarrollaría

el depósito epitermal de baja sulfuración del Proyecto Regaladas (Figura 4.8). Este sistema epitermal se desarrolla de forma restringida en vetas de orientación N50 - 80°W hasta EW y en menor medida N10°W a NS, las cuales se alojan en rocas intrusivas de las unidades Tonalita, Microdiorita, Granodiorita y Diorita cuarcífera (Figura 4.1).

Las vetas presentan una primera etapa de alteración que genera un halo de alteración propilítica, una zona central y predominante de alteración fílica y sobre impuesto a estas la alteración argílica intermedia (Figura 4.8).

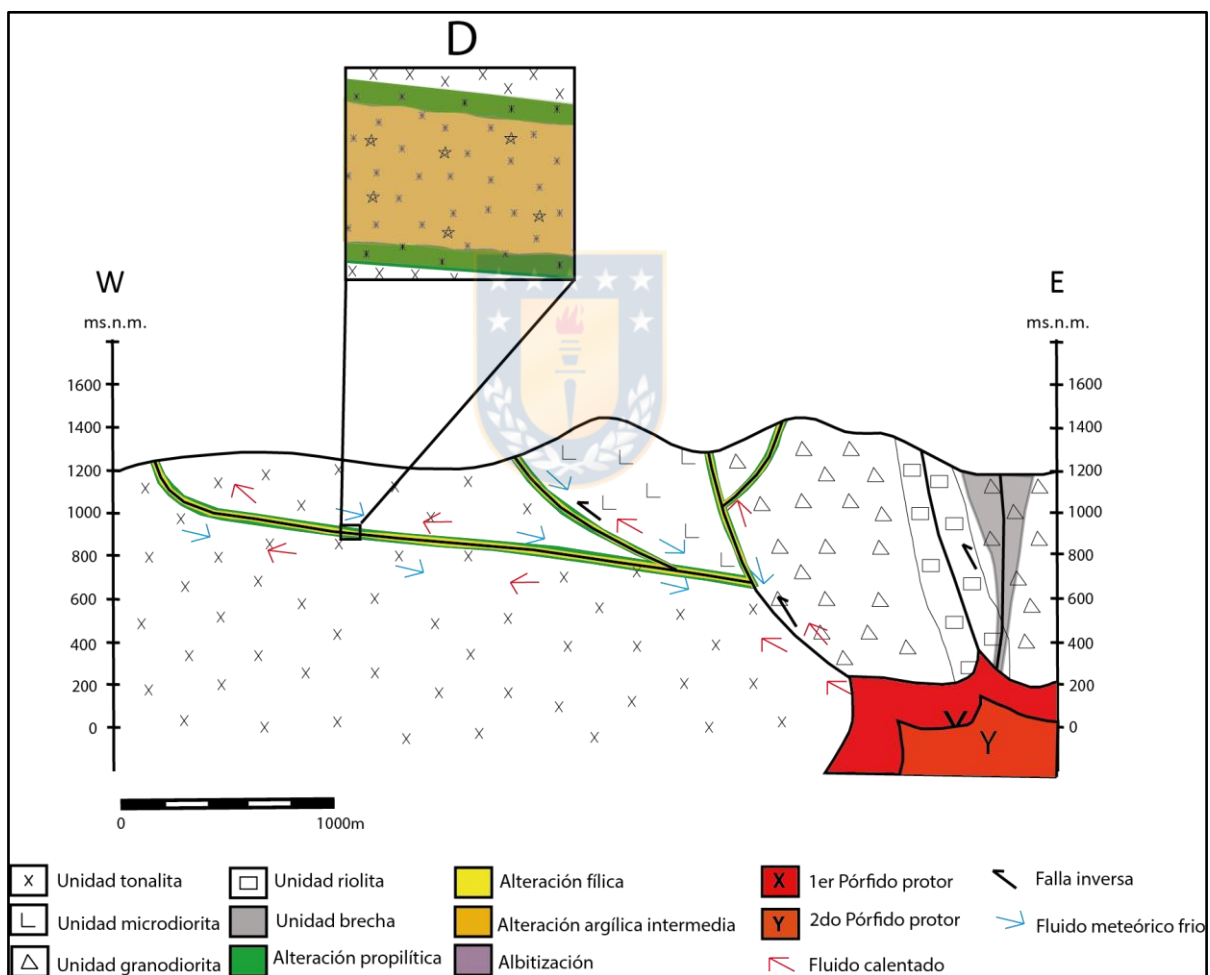


**Figura 4.8 Primera etapa del modelo de alteración.** Modelo general basado en las estructuras descritas por Sanhueza (2020). En los recuadros superiores (A, B, C) se visualizan las alteraciones en las vetas (propilítica, fílica y argílica intermedia). Se observa la primera fuente de calor que corresponde al pórfido “X”.

La presencia de cuerpos de brechas es común acompañando a un amplio espectro de yacimientos hidrotermales. Esta unidad de brecha freática se generaría según Sillitoe (1985) por el aumento de

la presión hidrostática que en el caso del Proyecto Regaladas sería liberada producto a la reactivación constante de las fallas del área de estudio. Debido a lo anterior, se propone que la ubicación del cuerpo porfídico en profundidad se encontraría asociado espacialmente a la unidad brechas y a las estructuras de hemigraben propuestas por Sanhueza (2020) como se observa en la Figura 4.8.

En una segunda etapa se propone una nueva fuente de calor correspondiente al cuerpo porfídico “Y”, el cual calienta nuevamente al fluido meteórico alojado en las estructuras, provocando la albitización y epidotización (Figura 4.9).



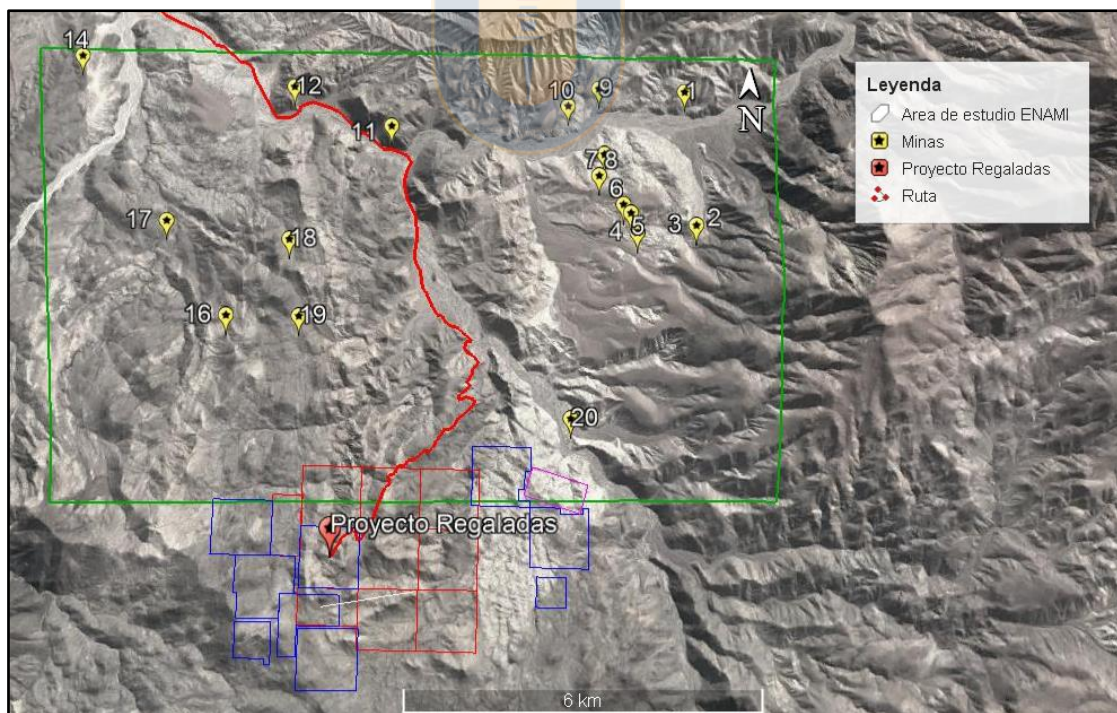
**Figura 4.9 Segunda etapa del modelo de alteración.** Modelo general basado en las estructuras descritas por Sanhueza (2020). En el recuadro superior (D) se visualizan las alteraciones en las vetas (propilítica, filica, argílica intermedia y albitización – epidotización). Se observa una segunda fuente de calor en profundidad, el pórfido “Y”.

Finalmente, el tercer evento corresponde a la alteración supérgena producto de la percolación de agua meteórica por las estructuras. La interacción de agua meteórica con las rocas alteradas produce la oxidación de minerales y removilización de elementos, generando zonas ricas en óxidos de Fe, zonas ricas en óxidos de Cu y el sector de enriquecimiento secundario (Anexo V, Figura 5.2).

## 4.4 Comparación con otros modelos

### 4.4.1 Informe ENAMI

Díaz (2015) realizó un estudio de diagnóstico geológico distrital para ENAMI en el 2014, en el distrito Quebrada Algarrobal colindante al S con el del Proyecto Regaladas como lo muestra la Figura 4.10. El informe llevaba como objetivo entender el potencial económico minero y, con ello, revisar las alternativas de invertir en herramientas de exploración y explotación. Se estudió un total de 50 minas, 43 de ellas auríferas, de las cuales solo fue posible ubicar 20 de ellas en la Figura 4.10, debido a restricción de información del informe.



Las minas auríferas corresponden a vetas con control NW - SE, NS y EW, emplazadas en rocas intrusivas preferencialmente (90%). La mineralogía de alteración corresponde a: cuarzo, calcedonia, sericita, calcita, clorita, epidota, alteración argílica supérgena formada por caolín, sulfatos, jarosita, hematita y limonita. La alteración propilítica domina en profundidad y en la periferia de las vetas. En cuanto a la mineralogía metálica se observó pirita, oro, plata, calcopirita y anomalías de Mo, Zn y Pb. Los depósitos están comúnmente zonados verticalmente, estimándose una columna donde: desde la superficie hasta los 15 – 20 m se observó oro grueso con limonitas y algo de plata, escasa pirita, trazas de óxidos de cobre; entre los 15 y 30 - 50 m oro fino con pirita y plata; entre 30 - 50 y 100 m oro, plata, pirita, calcopirita, Zn y Pb; finalmente una zona piritosa con oro. Díaz (2015) define estos depósitos como epitermales de baja sulfuración.

Estas vetas son similares a las observadas en el Proyecto Regalada, donde coincide la mineralogía de alteración y de mena y la orientación de las vetas. Debido a la falta de análisis realizados en el Proyecto Regaladas no se puede determinar la correlación para las anomalías de Mo, Zn, Pb y Ag, ni la zonación vertical mencionada.



#### **4.4.2 Inca de Oro**

Inca de oro es un distrito minero ubicado en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, comuna de Diego de Almagro, inmediatamente al sureste de pueblo Inca de Oro.

El estudio realizado por Soto (2010) indica que la mineralización en este distrito ocurrió durante el Cretácico Inferior, y que corresponde a depósitos epitermales de baja sulfuración. La mineralización consiste en disseminación de Au, vetas y *stockwork* de Au - Cu emplazados en rocas volcánicas Jurásicas y rocas intrusivas Cretácico Superior (Figura 4.11). En comparación al Proyecto Regaladas, se tiene de forma similar la mineralización en vetas, no así en la mineralización disseminada de oro en la roca caja y *stockwork* de Au - Cu. Los *stockwork* observados en el área de estudio están asociados a alteración argílica intermedia y no a mineralización económica. Otra de las diferencias corresponde al desarrollo de la mineralización en rocas volcánicas e intrusivas en Inca de oro, mientras que en el Proyecto Regaladas ocurre de forma exclusiva en rocas intrusivas.

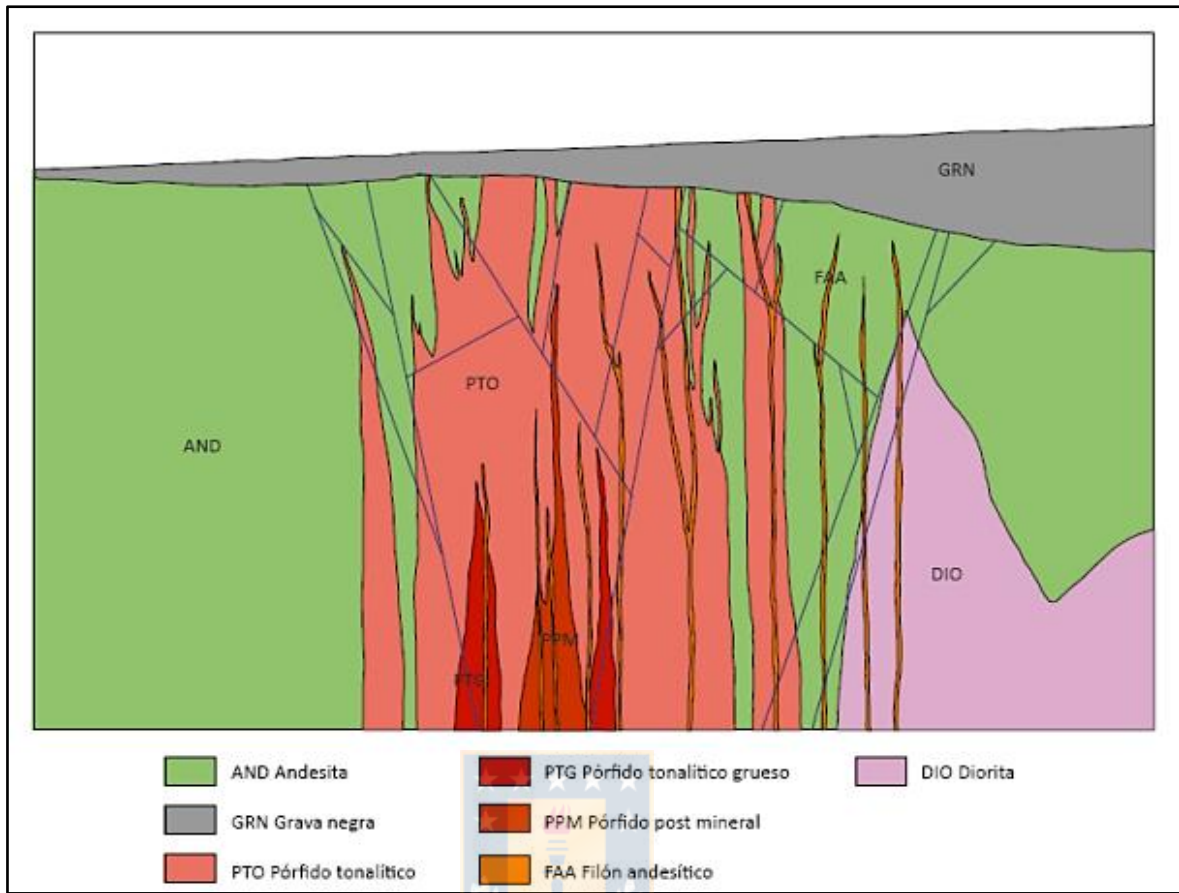
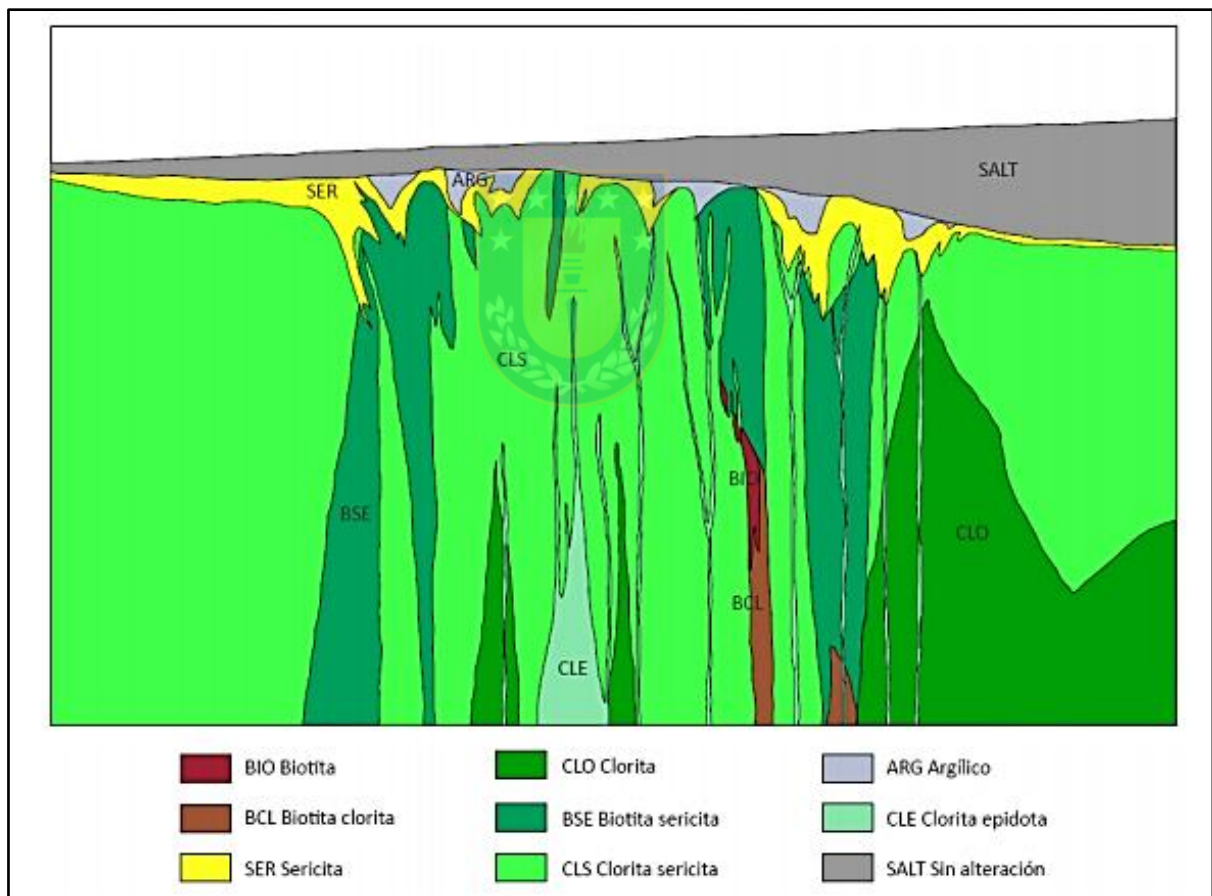


Figura 4.11 Litología y estructuras en Inca de Oro. Baeza y otros (2008, en Soto, 2010).

Los resultados del estudio estructural detallado en Baeza y otros (2008 en Soto, 2010), indican el predominio de dos direcciones estructurales mayores (Figura 4.11) que tienen relación espacial con la distribución de la mineralización: la dirección NNE a NE controla el emplazamiento del complejo de pórfidos productivos y de la mineralización primaria asociada a ellos; la dirección NNW a NW relacionada a sistemas de fallas y vetas tardías, que controlan tanto los fenómenos supérgenos como la continuidad de los mantos de óxidos, mixtos y sulfuros secundarios. En comparación con el Proyecto Regaladas tienen en común estructuras que canalizan y controlan el emplazamiento de los complejos porfídicos, pero una de las grandes diferencias es que estas estructuras no son el medio exclusivo de mineralización y alteración, sino que, Inca de Oro se desarrolla como un sistema de mantos.

La distribución de zonas de alteración (Figura 4.12) según Soto (2010) se caracteriza por presentar un núcleo de alteración potásica con biotita y magnetita con altas concentraciones de cobre y oro,

un halo propilítico extenso y una superposición de alteración clorita, sericita y albita, además de alteración fílica (sericita) , la cual se desarrolla en forma de halo. Finalmente, los niveles superiores están afectados por un evento supérgeno representado por una argilización. Como se observa en la descripción anterior existen alteraciones coincidentes con el Proyecto como lo son la propilítica con clorita y albita, alteración fílica y argílica. Una de las grandes discrepancias con el área de estudio es la existencia del núcleo potásico en profundidad que contiene las leyes más importantes de oro, esto podría ser debido a que el Proyecto Regaladas corresponde a la parte superior del sistema epitermal de baja temperatura y como consecuencia no fue posible observar alteraciones más profundas. Finalmente, otra de las diferencias es que las alteraciones se desarrollan de forma extensa y se expanden a través de las distintas litologías.



**Figura 4.12** Alteraciones en Inca de Oro. Baeza y otros (2008, en Soto, 2010).

Soto (2010) indica que la distribución de la mineralización hipógena en Inca de Oro está definida por una extensa franja relacionada a las unidades de pórfidos, donde la calcopirita está

estrechamente asociada a magnetita y su ocurrencia se presenta en diseminaciones y en vetillas tipo A y B. La pirita es dominante en el borde propilítico donde frecuentemente se reconocen vetas de carbonatos, esfalerita y galena. Un sistema de vetas tardías de tipo “D”, con pirita dominante, corta el fondo primario, y se asocia espacialmente con el desarrollo y continuidad de las zonas oxidadas y de enriquecimiento secundario de Cu. Hacia los extremos se identifica una zona de pirita>calcopirita (Figura 4.13). Nuevamente una de las grandes diferencias corresponde al desarrollo de la mineralogía de forma diseminada en la roca caja y la presencia de esfalerita y galena, además, de la zona rica en magnetita y calcopirita profunda con vetas A y B desarrolladas en sistemas más dúctiles.

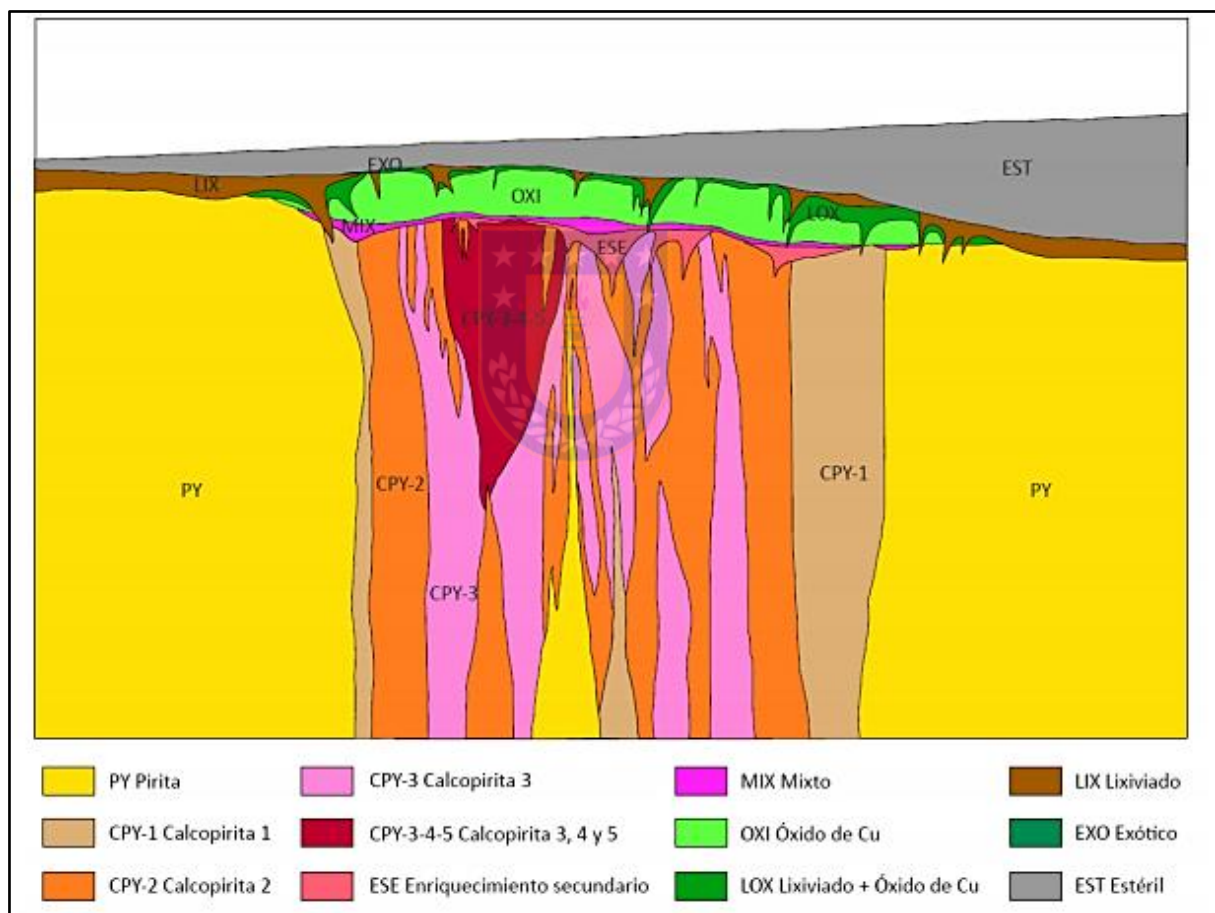


Figura 4.13 Zonas de mineralización en Inca de Oro. Baeza y otros (2008, en Soto, 2010).

## 5. CONCLUSIONES

Los datos expuestos y los análisis realizados a las distintas muestras del área de estudio, permiten determinar las siguientes conclusiones:

- La mineralogía económica del Proyecto Regaladas se presenta en vetas de orientación N50 - 80°W hasta EW y en menor medida N10°W a NS con manteos de 60 a 90° y espesores que van entre los 0,3 y 1m.
- Las alteraciones hidrotermales de las vetas del área de estudio son: (1) propilítica, (2) fílica, (3) argílica intermedia y (4) albitización - epidotización. Posterior a esto se generan procesos supérgenos que producen un enriquecimiento secundario.
- La mineralogía hipógena de las vetas corresponden a pirita, calcopirita, oro y hermatita en porcentajes menores a 5%. La mineralogía supérgena esta compuesta por covelina, calcosina, malaquita, antlerita - brocantita, chenevixita y crisocola.
- A partir de las relaciones de corte y mineralogías de las alteraciones se establece la existencia de dos fuentes de calor en profundidad.
- En base a las características geológicas del Proyecto Regaladas: (1) Alteraciones (propilítica, fílica, argílica intermedia), (2) presencia de minerales clave como sericita, carbonatos, clorita y calcedonia, (3) abundancia de sulfuros menor a 5%, con pirita predominante, se determinó que corresponde a un depósito epitermal de baja sulfuración.
- El depósito epitermal del Proyecto Regaladas se generaría debido al calentamiento y convección de aguas meteóricas contenida en estructuras correspondientes a fallas.
- Los cuerpos de brechas estarían asociados a un cuerpo porfídico en profundidad que correspondería a la fuente de calor de fluidos, generando una alta presión hidrostática. Las fallas serían el mecanismo gatillante del fracturamiento hidráulico y descompresión del sistema.
- El depósito epitermal de baja sulfuración del Proyecto Regalada podría estar asociado en profundidad según su modelo genético a un sistema hidrotermal porfídico rico en cobre.

## Recomendaciones

- Continuar la explotación de la “Mina del Agua”, ubicada en la propiedad Regalada 4, ya que esta presenta leyes promedio de oro de 60 g/Ton de Au.
- Realizar estudios para determinar la presencia de minerales de plata y molibdeno, los cuales se encuentran asociados a depósitos epitermales de baja sulfuración y podrían presentar interés económico.
- Efectuar mallas de muestreo para análisis geoquímicos en búsqueda de anomalías de As, Sb y Hg, que permitan definir de mejor manera el tipo de depósito. Además, realizar estudios de inclusiones fluidas que permitan definir las características del fluido hidrotermal.
- Debido a la peligrosidad y escasa posibilidad de entrar a las labores del área de estudio, se recomienda la fortificación subterránea y superficial de estas, lo que permitiría un mejor análisis de estructuras y mineralogía en profundidad.
- Realizar campañas de sondajes y geofísica cercanas a la zona de brechas, ya que su origen estaría ligado a un cuerpo porfídico en profundidad, mismo cuerpo que podría corresponder al sistema hidrotermal asociado a las vetas auríferas del Proyecto Regaladas. Además, estos estudios podrían ayudar a determinar si efectivamente existe sistema pórfido cuprífero en profundidad

## 6. REFERENCIAS

**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., Mourgues, A., Chávez, R. 2009.** Geología del Área Vallenar-Domeyko, Región de Atacama, Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, 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, escala 1:100.000.

**Camprubí, A., Albinson, T. 2006.** Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 58(1), pp. 27-81.

**Camprubí, A., González, E., Levresse, G., Tritlla, J., Carrillo-Chávez, A. 2003.** Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 56(1), pp. 10-18.

**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), pp. 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.

**Corbett, G., Leach, T. 1998.** Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization (No. 6). Boulder, Co: Society of Economic Geologists, pp. 1-44.

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

**De Ramón, J. 2015.** Estudio geológico y análisis estructural a escala 1:25.000 del área Sierra Palmira, Región de Atacama (27.92°S - 28.05°S). Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (inédito), Santiago, pp.1-100.

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

**Dong, G., Morrison, G., Jaireth, S., 1995.** Quartz textures in epithermal veins, Queensland; classification, origin and implication. *Economic Geology*, 90(6), pp.1841-1856.

**Gonzales, O. 2010.** Características principales de los depósitos epitermales en el noroeste de México, un análisis y comparación. Tesis para optar al Título de Geólogo, División de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Mexico, pp. 1-98.

**Henley, R., Brown, K., 1985.** A practical guide to the thermodynamics of geothermal fluids and hydrothermal ore deposits. *Economic Geology*, 2, pp.25-44.

**Peña, M. 2012.** Reconocimiento del límite sur del patrón paleógeno de rotaciones horarias entre los 28°-32° S del margen chileno a través de un estudio paleomagnético. Memoria para optar al Título de Geólogo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (inédito), Universidad de Chile, Santiago, pp. 1-81.

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

**Perroud, S. 2017.** Geología y evolución tectónica de la Cuenca de Chañarcillo, entre los 28°20' y 28°40'S. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología (inédito), Santiago, pp. 1-91.

**Pinochet, K. 2013.** Evolución geomorfológica durante el neógeno del sector Quebrada Algarrobal, Región de Atacama, Chile (28° 15'-28° 45'S). Memoria para optar al Título de Geólogo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, pp. 1-135.

**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. Puerto Varas, Actas 2, pp. 67-71.

**Sanhueza, A. 2020.** 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, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, Concepción, pp. 1-93.

**Sillitoe, H. 1985.** Ore related breccias in volcanoplutonic arcs. Co: Society of Economic Geologists, 80(6), pp. 1467-1514.

**Soto, M. 2010.** Hidrogeología e hidrogeoquímica de aguas subterráneas en el Distrito Inca de Oro, Región de Atacama: Procesos de interacción agua-roca y dispersión geoquímica. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias mención Geología y Memoria para optar al Título de Geóloga, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (inédito), Universidad de Chile, Santiago, pp.1-209.

**Streckeisen, A. 1976.** To each plutonic rock its proper name. Earth-science reviews, 12(1), 1-33.

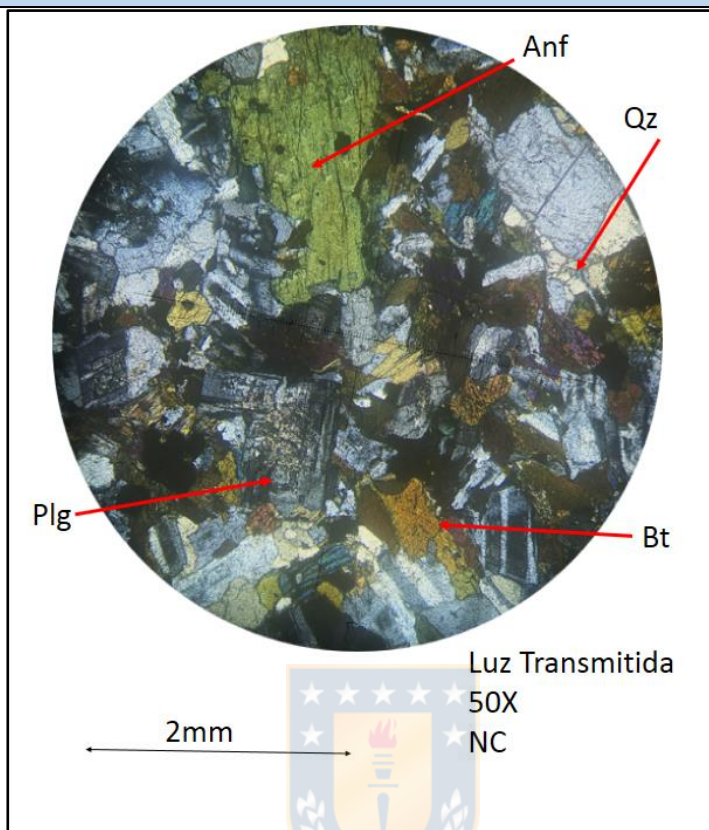
**Torres, O. 2018.** Determinación de las condiciones de emplazamiento del Complejo Plutónico Corral de Pirca (28,6°S-70,4°W) mediante termobarometría en silicatos y sus alcances sobre la medición de tasas de exhumación. Memoria para optar al Título de Geólogo, Facultad de Ingeniería, Departamento de Geología, Universidad Andrés Bello, Santiago, pp. 1-180.



**ANEXO I**

## CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA

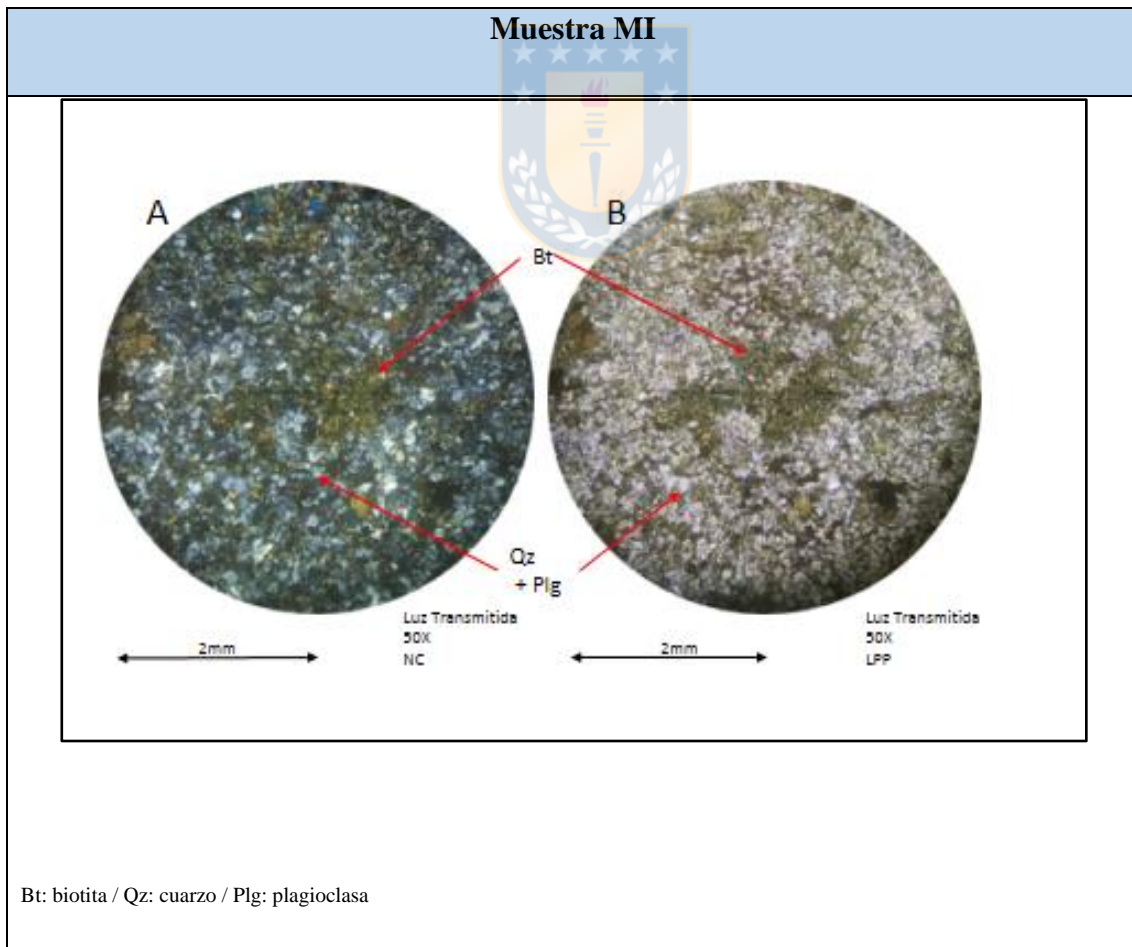
**Muestra DI**



Anf: anfibol / Plg: plagioclasa / Bt: biotita / Qz: cuarzo secundario

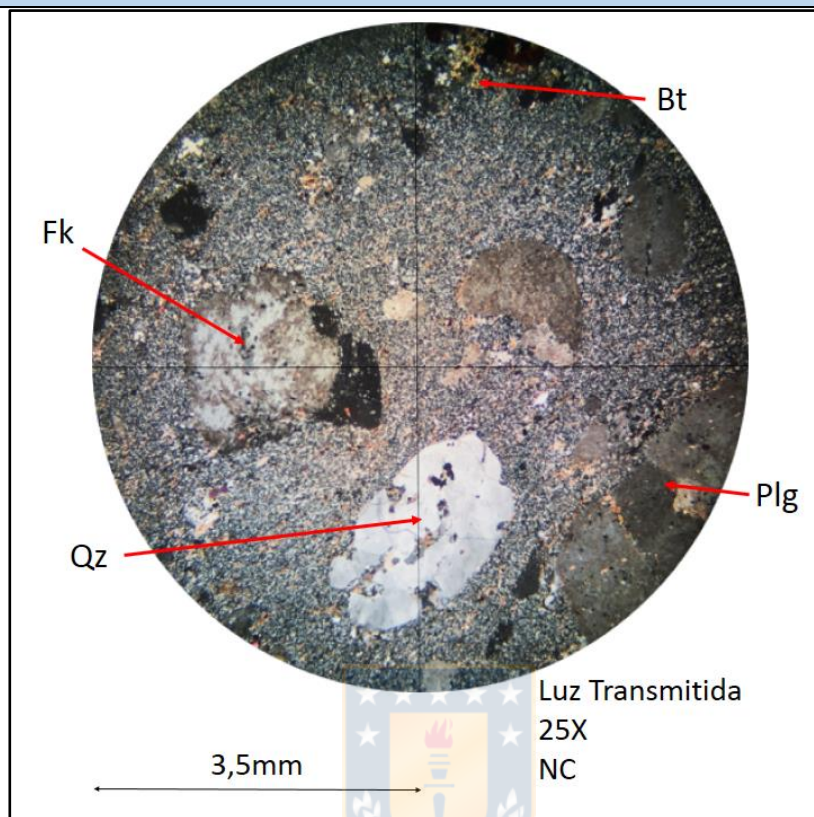
Mineralogía	Característica	%
Plagioclasa	Se presentan en forma euhedral a subhedral, alteradas de forma incipiente a moderadas a sericita y arcillas	54
Cuarzo	De forma anhedral a subhedral, de tamaño cercano a 1mm	6
Feldespatos K	Forma anhedral, muy restringido	2
Biotita	Forma subhedral a euhedral	19

Anfíbol	Forma subhedral, corresponde al mineral de mayor tamaño alcanzando los 2,5mm	18
Otros	Posible magnetita, debido a que la roca presenta magnetismo	1
Clasificación QAP	%	
Cuarzo	10	
Feldespato K	3	
Plagioclasa	87	



Mineralogía	Característica	%
Plagioclasa	Textura microcristalina con forma euhedral a subhedral, alterada de forma incipiente a arcillas.	40
Cuarzo	Textura microcristalina con forma subhedral.	30
Feldespatos K	Textura microcristalina con forma subhedral a anhedral.	20
Biotita	Este mineral se caracteriza por ser microcristalino, distribuido en cúmulos principalmente o diseminado, su forma es euhedral a subhedral. El porcentaje observado en terreno puede variar de un 10 a un 25%.	10
Clasificación QAP		%
Cuarzo		33
Feldespatos K		22
Plagioclasa		44
Nombre	Microgranodiorita	

### Muestra RI

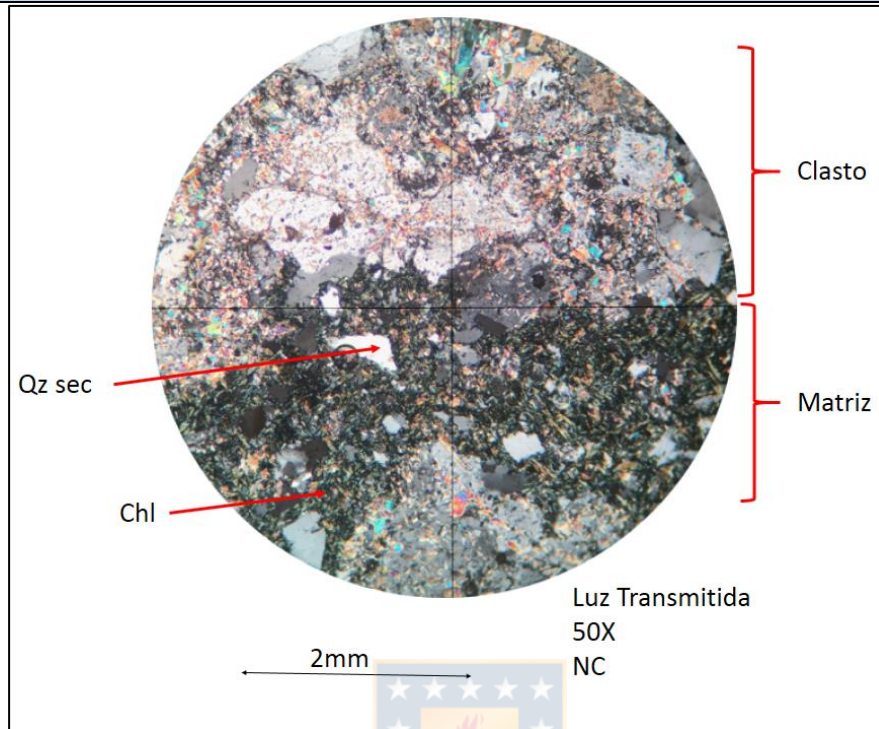


Bt: biotita / Qz: cuarzo / Fk: feldespato potásico / Plg: plagioclasa

Mineralogía	Característica	%
Fenocristales	El tamaño de los fenocristales va de 2,7 a 1mm	35
Plagioclasa	Forma euهدral a subهدral	13
Cuarzo	Subهدral a anهدral, presenta embahiamiento	7
Feldespato K	Forma anهدral, se encuentra alterado de forma moderada a pervasiva a arcillas	8
Biotita	Forma euهدral a subهدral	7

Masa fundamental	Corresponde a minerales con tamaño menor a 1mm	65
Cuarzo	Textura microcristalina, intercrecimiento con feldespatos K	31
Feldespatos K	Textura microcristalina, intercrecimiento con cuarzo	31
Plagioclasa	Textura microcristalina, se encuentra de forma muy restringida	3
Clasificación QAP	%	
Cuarzo	41	
Feldespatos K	42	
Plagioclasa	17	
Nombre	Riolita	

**Muestra F5J**

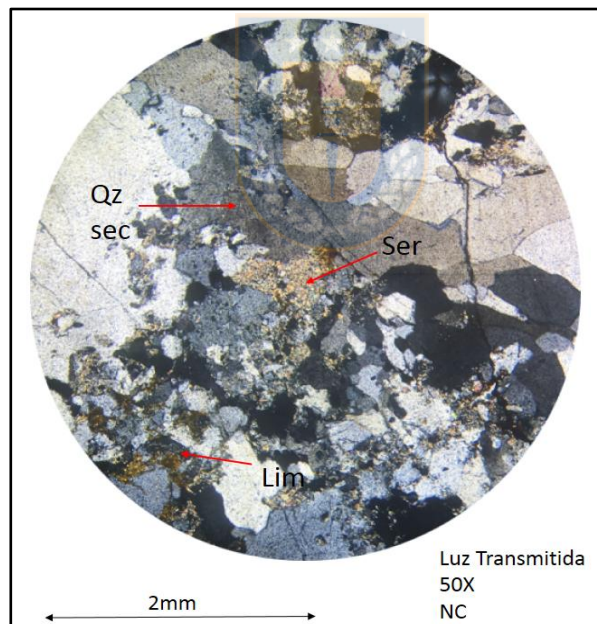


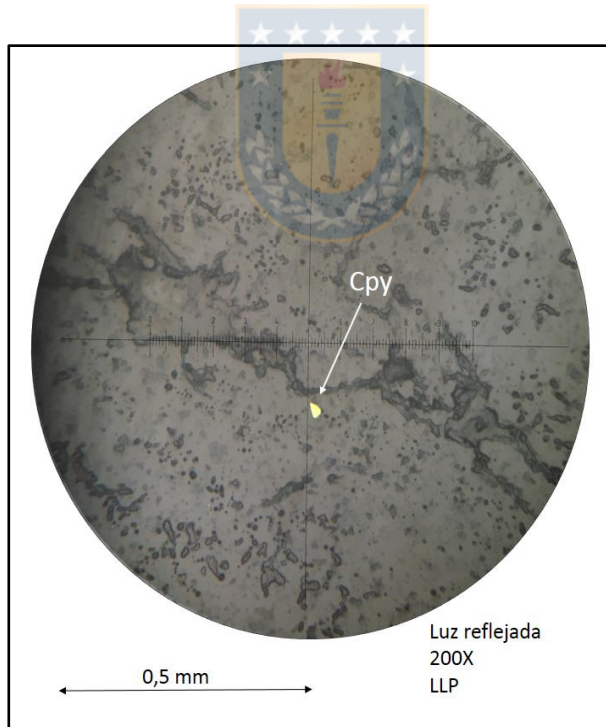
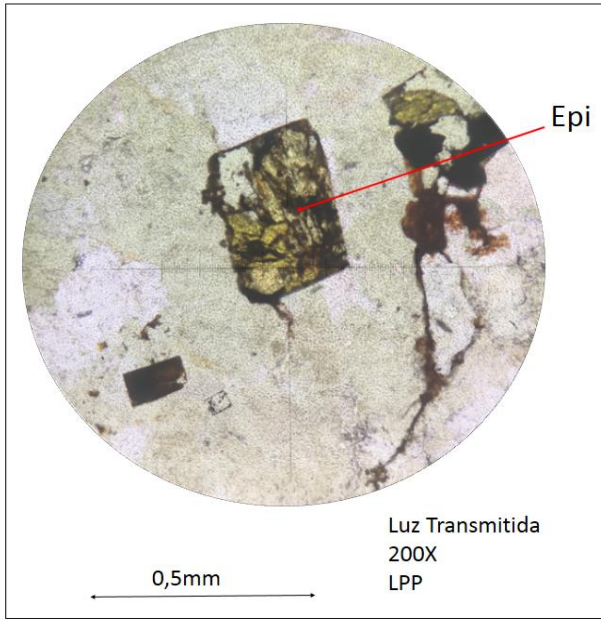
Qz sec: cuarzo secundario / Chl: clorita

Mineralogía	Característica	%
Clastos	Presentan tamaños que van de los 0,6 a 1,2mm, corresponden a líticos de roca intrusiva de composición intermedia con cuarzo, plagioclasa, feldespato K, sericita y clorita. La forma de estos clastos varía de anguloso a subanguloso.	70
Matriz	Presenta una coloración verde y el tamaño es menor a 0,6 mm.	30
Clorita	Diseminada, le da una coloración verde a la matriz.	12

Cuarzo	Microcristalino, genera silicificación en la roca.	10
Arcillas	Se encuentra diseminada.	5
Opacos	El corte no presenta pulido. A partir de la forma cubica de estos minerales, es posible que corresponda a piritas.	3
Nombre	Brecha	

### Muestra B5J

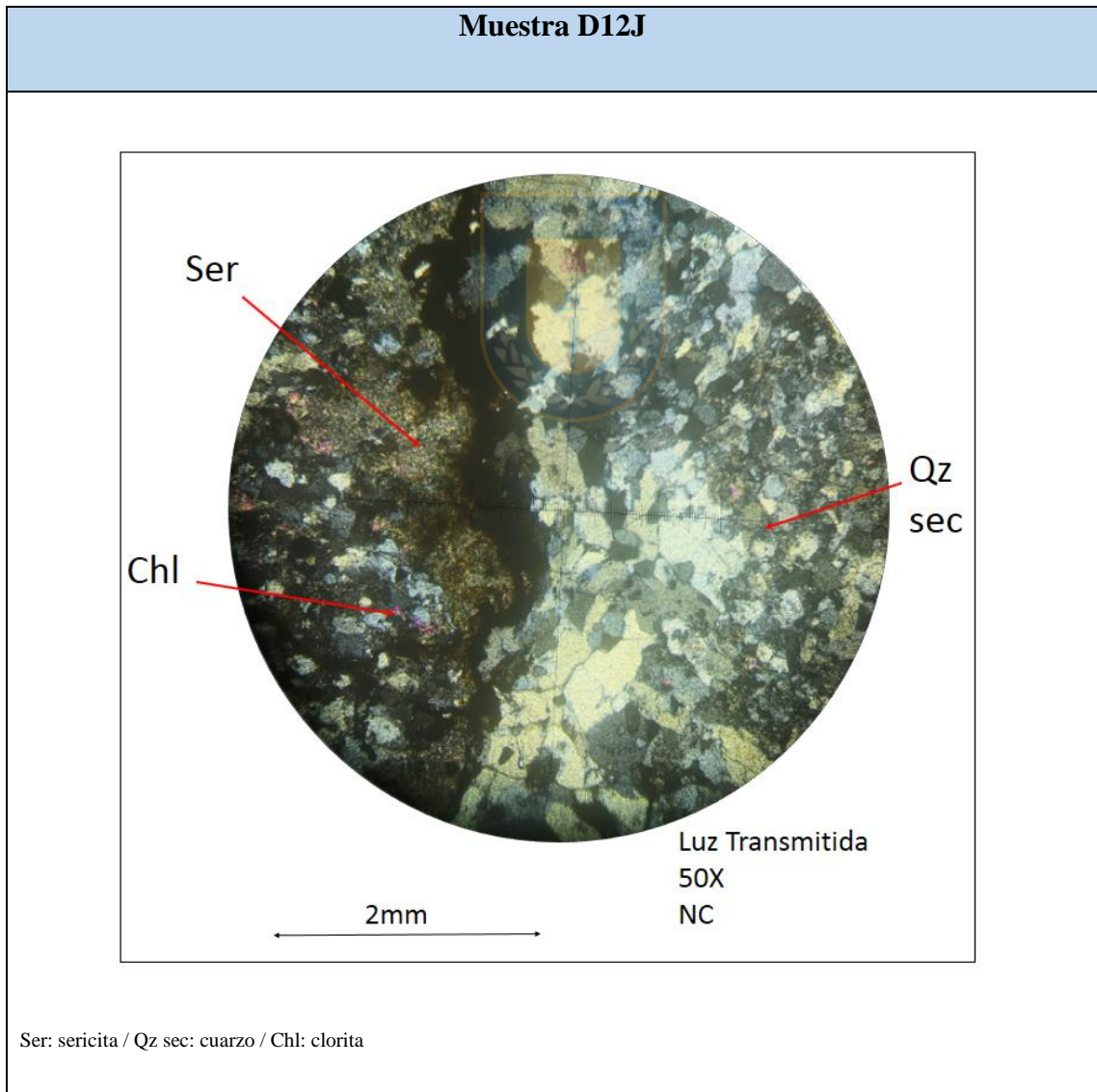




Qz sec: cuarzo secundario / Lim: limonita / Ser: sericita / Epi: epidota / Cpy: calcopirita

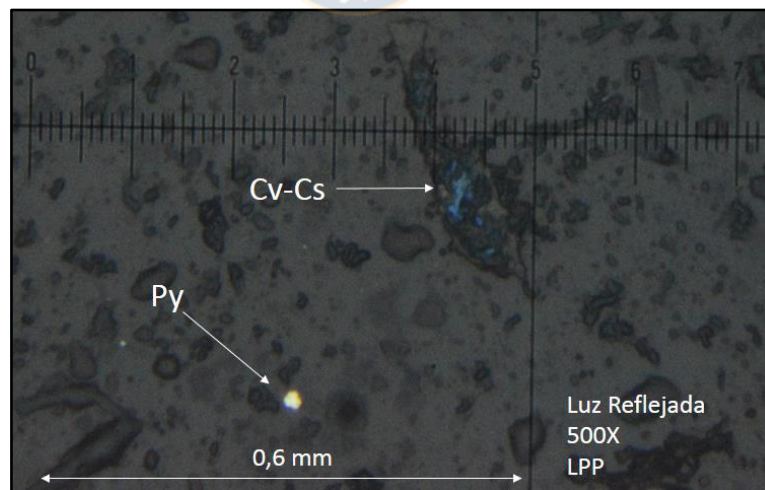
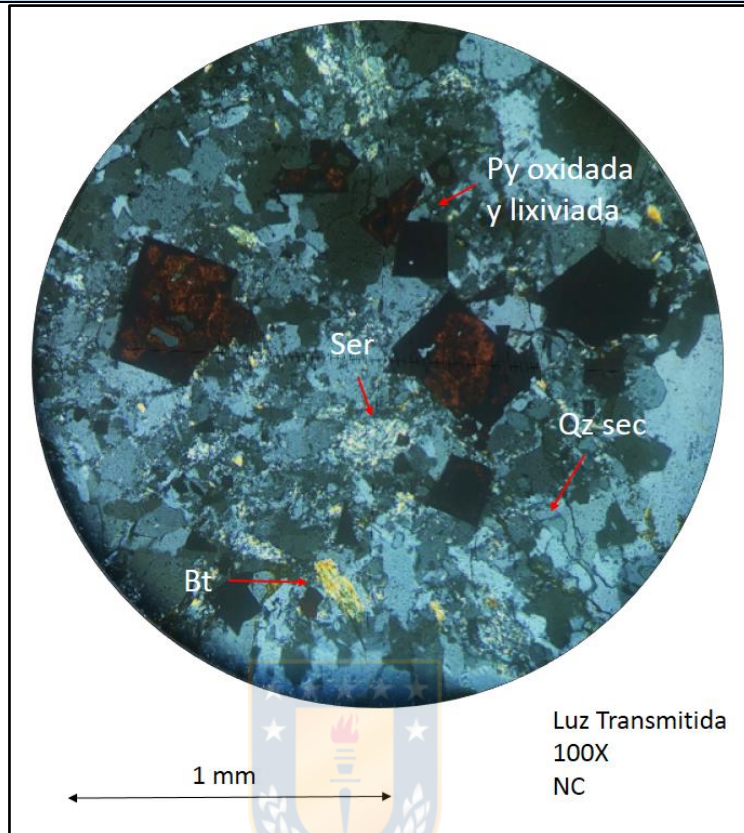
Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Se presenta como agregados policristalinos, con puntos triples y textura microcristalina. Principalmente diseminado y en cúmulos.	65
Sericita	Se encuentran diseminadas y en cúmulos.	20
Epidota	En relleno de espacios generados por la lixiviación de piritas, forma subhedral.	1
Arcillas	Diseminadas en todo el corte, alteran principalmente a feldespatos K de la roca caja.	8
Minerales opacos	Características	%
Pirita	Se encuentran inalteradas, alteradas a hematita de forma pervasiva y lixiviadas rellenas por epidota.	2
Hematita	Este mineral altera de forma pervasiva a las piritas, además, se encuentra asociada a venillas con limonitas, que cortan a las otras alteraciones.	1
Calcopirita	Se encuentra diseminado y con porcentajes menores a 1%.	1
Limonita	Se encuentran asociadas a hematita en venillas que cortan al resto de las alteraciones y además diseminada.	2
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Cuarzo+sericita+pirita+calcopirita	Moderada a pervasiva

Argílica intermedia	Arcillas	Incipiente
Epidotización	Epídota	Incipiente
Zona oxidación	Limonitas+hematita	Incipiente
Roca caja	Se observa cuarzo primario y feldespato K (microclina), la roca caja correspondería a una roca intrusiva de carácter intermedio.	



Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Presenta una forma subhedral a anhedral con textura policristalina, se encuentra diseminado y distribuido en vetillas rectas con sericita. Vetillas tipo E.	42
Sericita	Se encuentra principalmente diseminada, además el corte presenta micro venillas compuestas de sericita y cuarzo diseminado.	37
Clorita	Alterando a biotitas primarias de forma pervasiva.	2
Arcillas	Se encuentran diseminadas en toda la roca caja y asociada a cúmulos de sericita.	15
Otros	Minerales opacos sin determinar.	3
Minerales opacos	Características	%
<b>Sin Pulido</b>		-
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Cuarzo+sericita+clorita	Pervasiva
Argílica intermedia	Arcilla	Moderada
Roca caja	Biotita de forma subhedral a euhedral se encuentran alteradas de forma pervasiva a clorita. No se reconocen más minerales de la roca caja.	

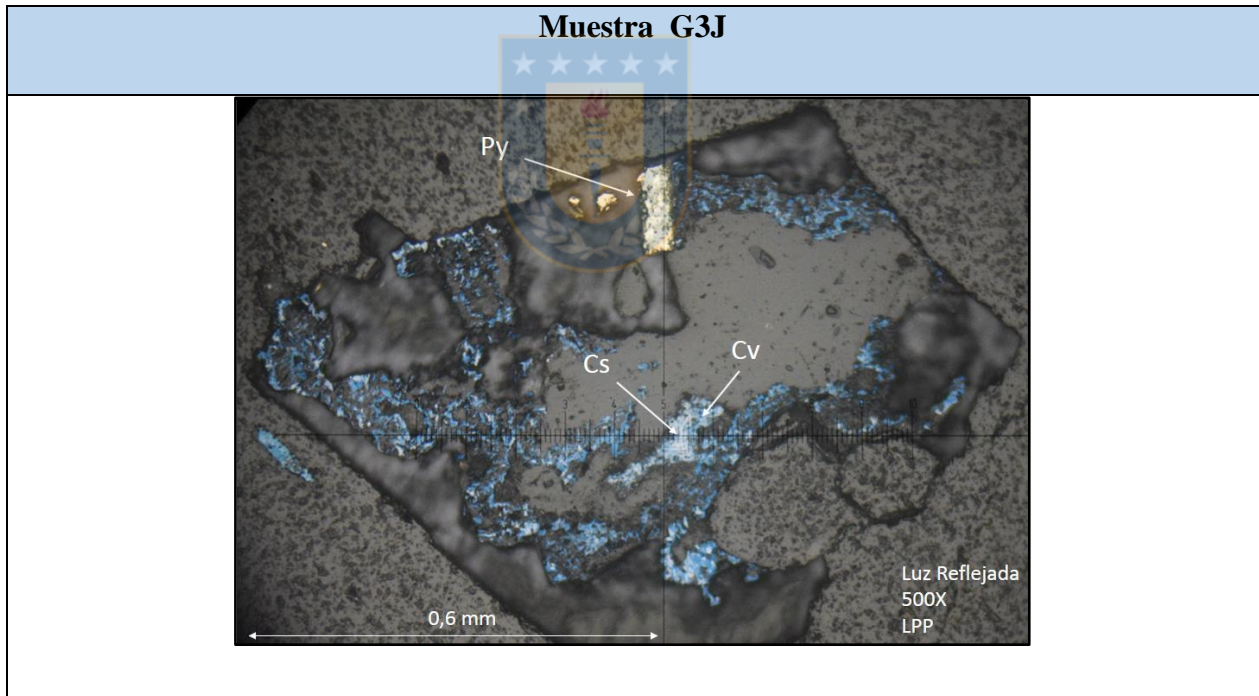
## Muestra F15J

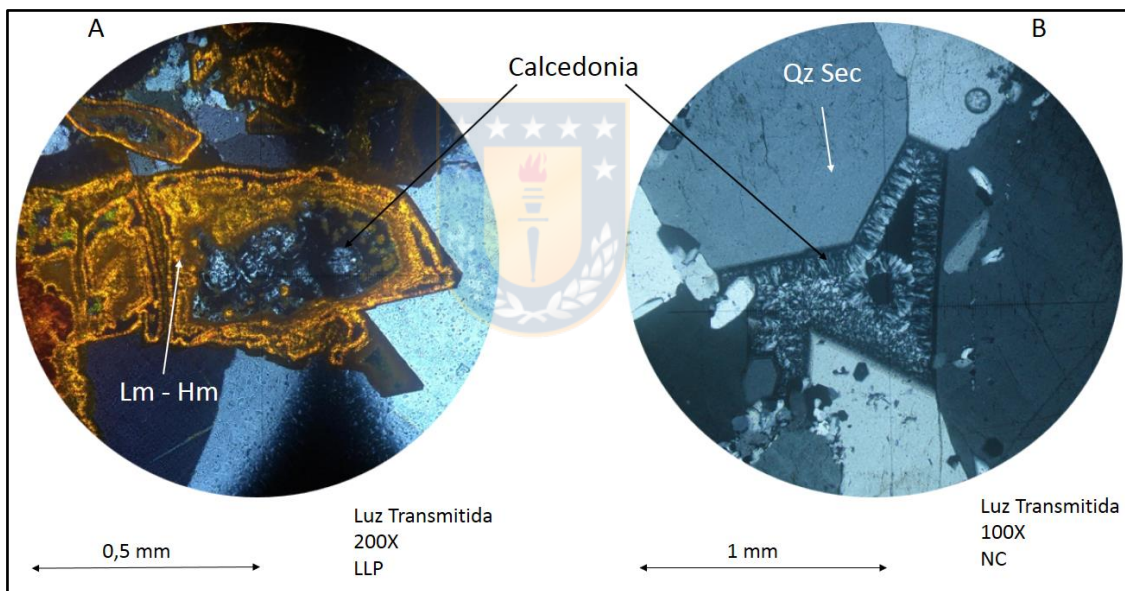
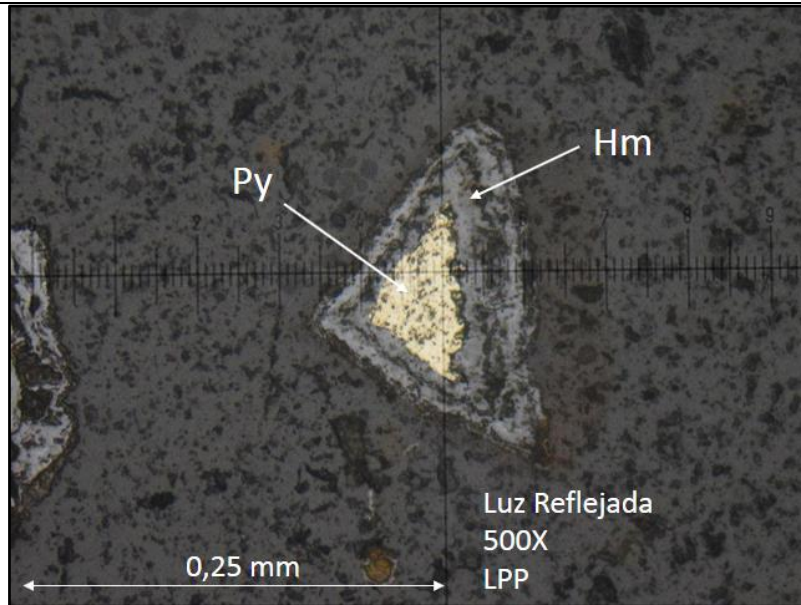


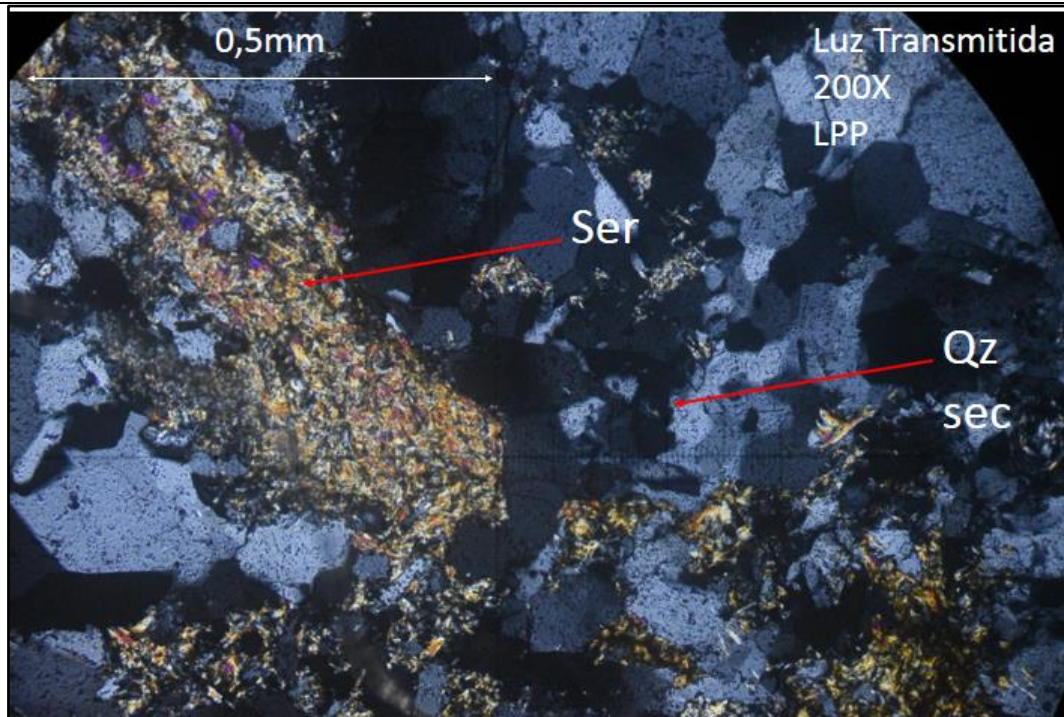
Ser: sericita / Qz sec: cuarzo secundario / Bt: biotita / Py: pirita / Cv: covelina / Cs: calcosina

Minerales de alteración	Característica		%
Cuarzo	Se encuentra en agregados policristalinos tamaño mediano a pequeño.		55
Sericita	Se encuentran principalmente en cúmulos y en menor medida diseminados, asociados a cuarzo y a cúmulos de pirita.		25
Clorita	Se encuentran alterando a las biotitas primarias de forma pervasiva, cantidad restringida.		3
Arcillas	Diseminadas en todo el corte, carácter incipiente. Altera a los feldespatos potásicos de la roca caja.		6
Minerales opacos	Características		
Limonita	Se encuentra en forma de cúmulos, asociados a hematita, bastante restringido.		2
Pirita	Este mineral se encuentra alterado a hematita de forma pervasiva, inalterada en menor medida y lixiviadas. Se distribuyen de forma diseminada y en cúmulos.		4
Calcopirita	Se encuentra reemplazado por covelina y calcosina, se distribuye de forma diseminada.		>1
Covelina-calcosina	Reemplazando a calcopirita de forma pervasiva.		>1
Hematita	Se encuentra alterando a las piritas de forma pervasiva.		3
Alteración	Mineralogía	Intensidad	
Fílica	Cuarzo+sericita+clorita	Pervasiva	

Argílica intermedia	Arcillas	Incipiente
Zona de oxidación y enriquecimiento supérgeno	Limonitas+hematita+covelina+calcosina	Incipiente
Roca caja	Se observaron relictos de cuarzo primario y biotitas primarias alteradas de forma modera a pervasiva a clorita. Además, se observó cuarzo primario de forma euhedral y feldespato K con pertitas (microclina). Correspondería a una roca intrusiva.	





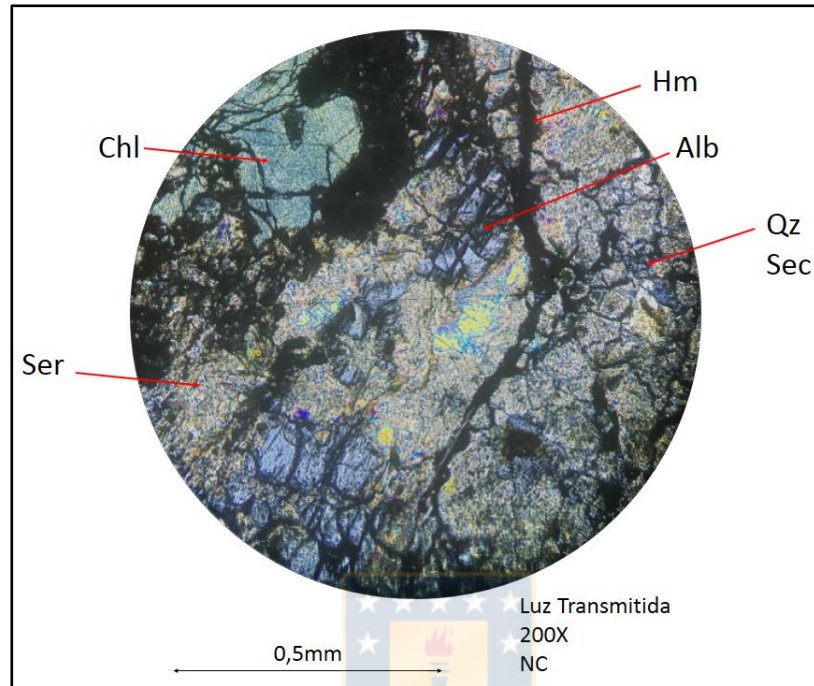


Py: pirita / Cv: covelina / Cs: calcosina / Hm: hematita / Qz sec: cuarzo secundario / Ser: sericita / Lm: limonita

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Cuarzo secundario presenta textura <i>jigsaw-quartz</i> (Lovering, 1972, en Dong <i>et al.</i> , 1995), residuales, plumosa (Adams, 1920) y sacaroidal (Dong <i>et al.</i> , 1995).	38
Sericita	Se encuentra principalmente diseminada y en cúmulos.	29
Calcedonia	Presenta textura de relleno de espacio en forma de textura flameante (Adams, 1920) y crustiforme (Adams, 1920).	15

Arcillas	Diseminadas y alterando de forma moderada al feldespatos K.	8
Minerales opacos	Características	
Limonita	Se encuentran asociadas a calcedonia relleno de espacios, estas presentan formas anhedrales.	2
Pirita	Se encuentran alteradas a hematita de forma moderada a incipiente, lixiviadas e inalteradas, las cuales se observaron en cúmulos y diseminadas.	4
Calcopirita	Se encuentran diseminadas y alteradas de forma pervasiva a covelina-calcosina. Se encuentra asociada a piritas en forma de sucesiones pasivas.	>1
Covelina-calcosina	Reemplazan a la calcopirita de forma pervasiva.	>1
Hematita	Altera a piritas de forma incipiente a moderada.	2
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Cuarzo+sericita	Moderada a pervasiva
Argílica intermedia	Calcedonia+arcillas	Moderada
Zona de oxidación y supérgena	Hematita+limonita+covelina+calcosina	Incipiente
Roca caja	Feldespatos K con perfitas (microclina) y cuarzo primario subhedral. Correspondería a una roca intrusiva.	

### Muestra G6.1J



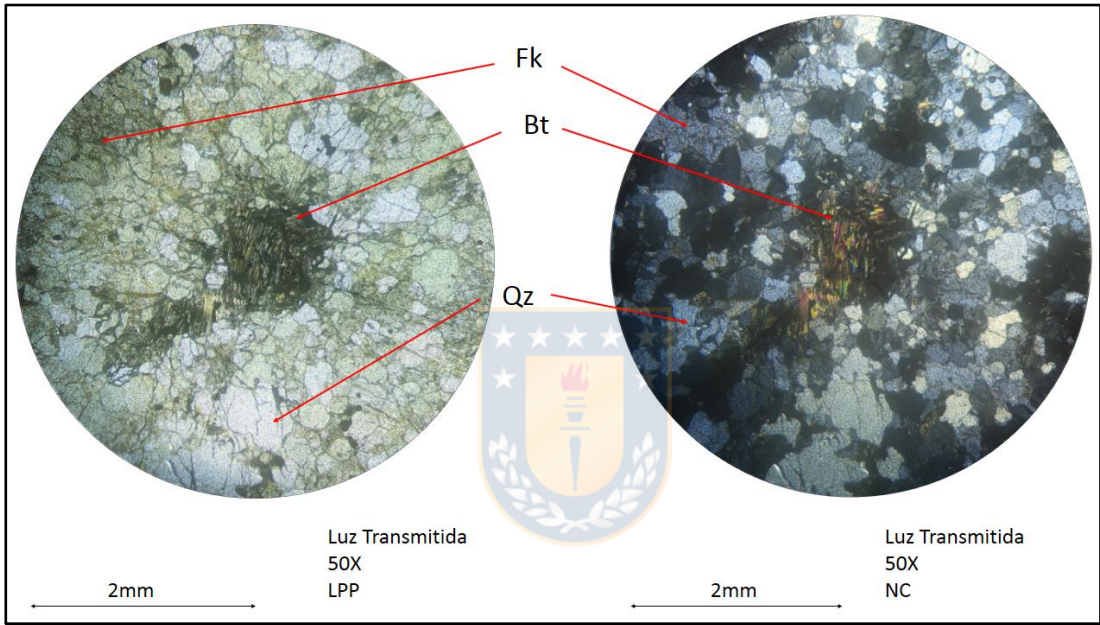
Chl: clorita / Hm: hematita / Alb: albita / Ser: sericita / Qz sec: cuarzo

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Cuarzo microcristalino de forma anhedral a subhedral.	16
Sericita	Este mineral se encuentra diseminado o en cúmulos. Altera de forma moderada a pervasiva a las albitas.	31
Arcillas	Se encuentran diseminadas en todo el corte.	12

Albita	Presentan forma anhedral y se encuentran alteradas de forma moderada a pervasiva a sericita. Diseminadas en el corte.	14
Clorita	Se encuentran alterando a las biotitas primarias de forma pervasiva.	15
Minerales opacos	Características	
Pirita	Diseminadas y asociadas a cúmulos de sericita, estas se presentan inalteradas o alteradas a hematita de forma moderada a pervasiva.	4
Calcopirita	Porcentaje muy bajo, asociadas a cúmulos de pirita, alteradas de forma moderada a pervasiva a covelina-calcosina.	>1
Covelina-calcosina	Reemplazan a la calcopirita de forma moderada a pervasiva.	>1
Hematita	Este mineral se encuentra alterando de forma moderada a pervasiva a piritas. Diseminado, en cúmulos y rellenando venillas que cortan al resto de las alteraciones.	6
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Sericita+cuarzo	pervasiva
Propilítica	Albita+clorita	Moderada
Argílica intermedia	Arcillas+hematita	Moderada
Enriquecimiento secundario	Covelina+calcosina	Incipiente

Roca caja	Obliterada
-----------	------------

**Muestra H5J**

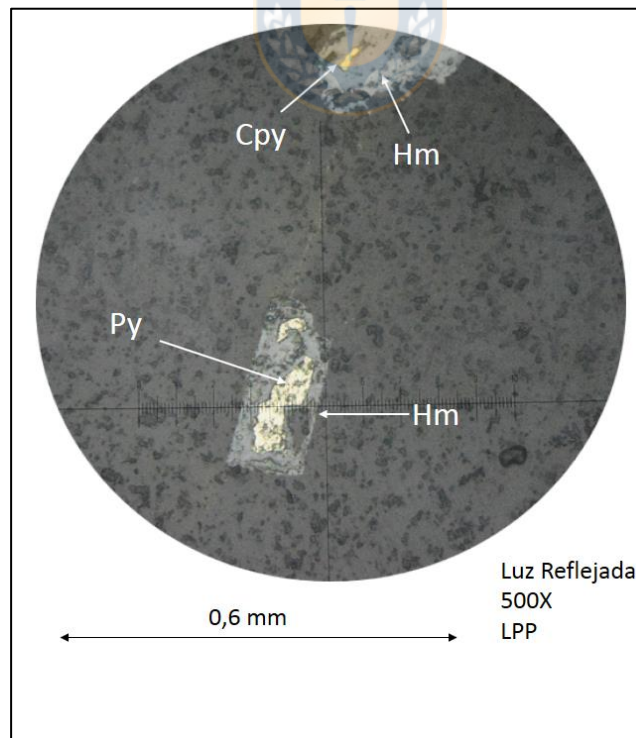
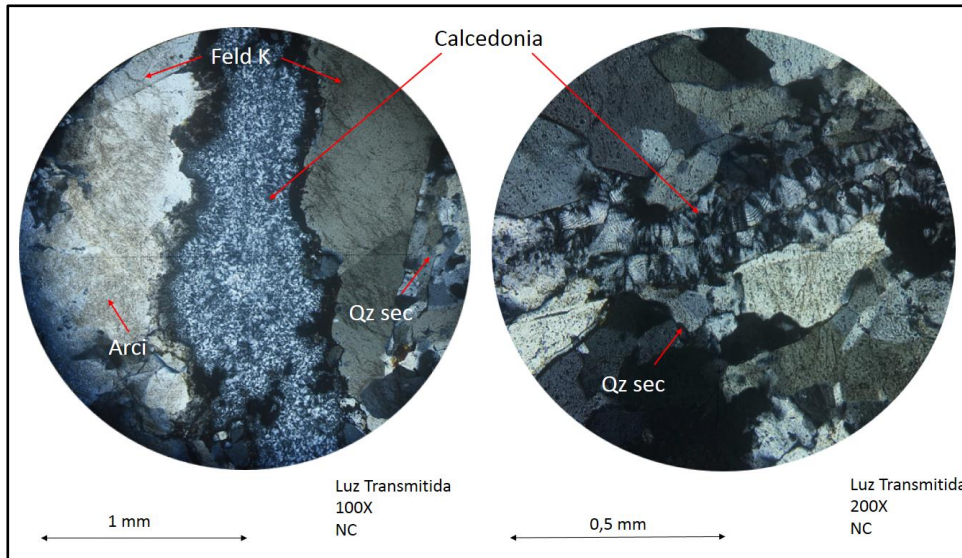


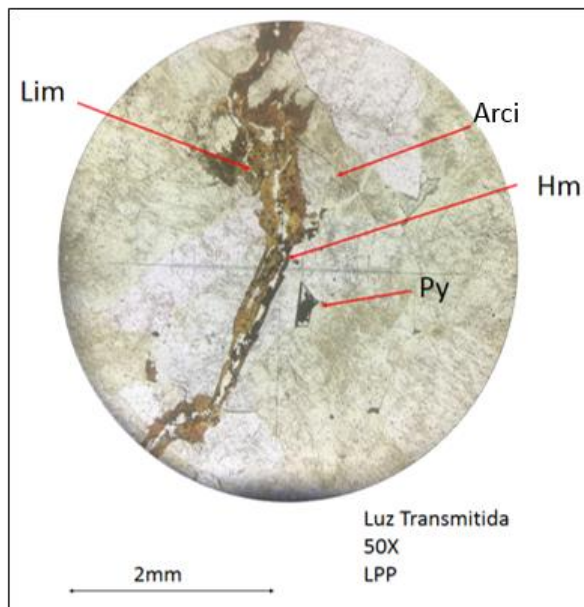
Fk: feldespató potásico / Bt: biotita / Qz: cuarzo



Minerales de alteración	Característica		%
Arcilla	Las arcillas se encuentran diseminadas en todo el corte, pero de forma predominante alterando a feldespato K primario, de forma incipiente a moderada. Forma stockwors.		12
Minerales opacos	Características		
<b>Sin pulido</b>			
Alteración	Mineralogía	Intensidad	
Argílica intermedia	Arcillas	Incipiente a moderada	
Roca caja	Cuarzo, feldespato K, plagioclasa y biotita. Correspondería a una tonalita.		

## Muestra I4J



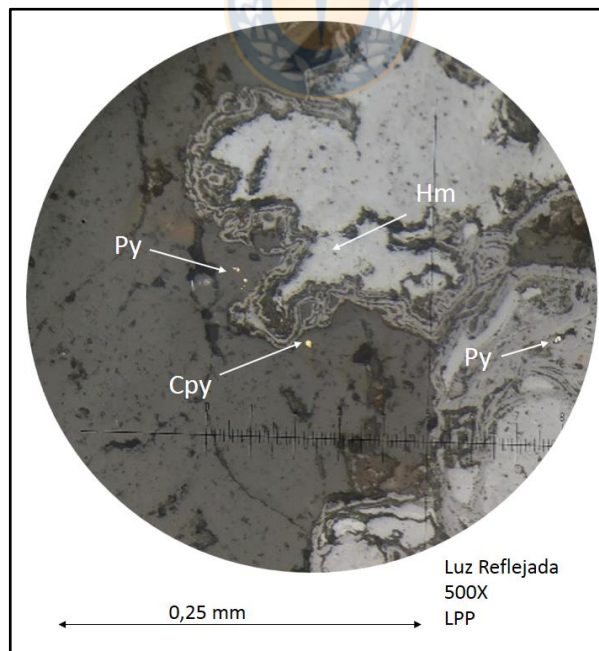
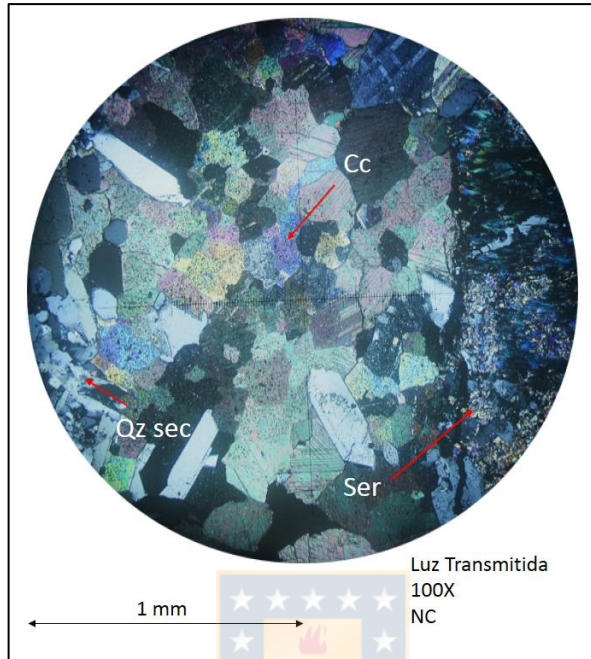


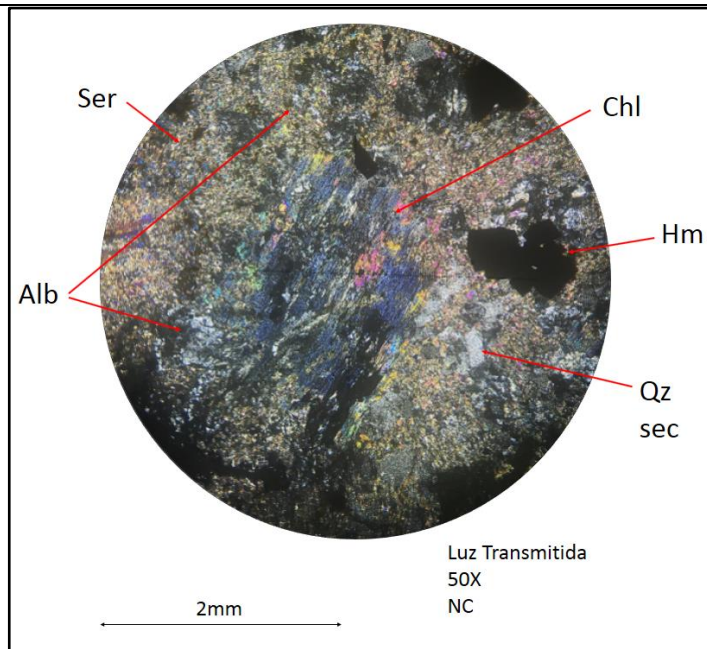
Fel: feldespato / Arci: arcilla / Qz sec: cuarzo secundario / Py: pirita / Cpy: calcopirita / Hm: hematita / Lim: limonita

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Corresponde a cuarzo microcristalino, de forma subhedral a anhedral, predomina en el corte.	43
Sericita	Se encuentra restringida a cúmulos.	7
Calcedonia	Presenta textura de relleno de espacio en forma de textura flameante (Adams, 1920), bandas crustiforme (Adams, 1920) y sacaroide (Dong <i>et al.</i> , 1995).	25
Arcillas	Diseminadas y alterando de forma moderada a los feldespatos K primarios.	13
Minerales opacos	Características	

Limonita	Asociadas a relleno de calcedonia y en venillas con hematita que cortan a las otras alteraciones .	4
Hematita	En venillas asociadas a limonitas y alterando de forma moderada a pervasiva a piritas y calcopiritas.	4
Pirita	Se encuentran de forma diseminada en el corte, se presentan inalteradas, alteradas a hematita de forma moderada a pervasiva y lixiviadas.	3
Calcopirita	Se encuentran de forma diseminada y alteradas a hematita de forma moderada.	>1
<b>Alteración</b>	<b>Mineralogía</b>	<b>Intensidad</b>
Fílica	Cuarzo+sericita	Moderada
Argílica intermedia	Arcillas+calcedonia	Moderada
Zona de oxidación	Limonita+ hematita	Incipiente a moderada
Roca caja	Feldespato K (microclina) y cuarzo primario, roca intrusiva.	

# Muestra I8J



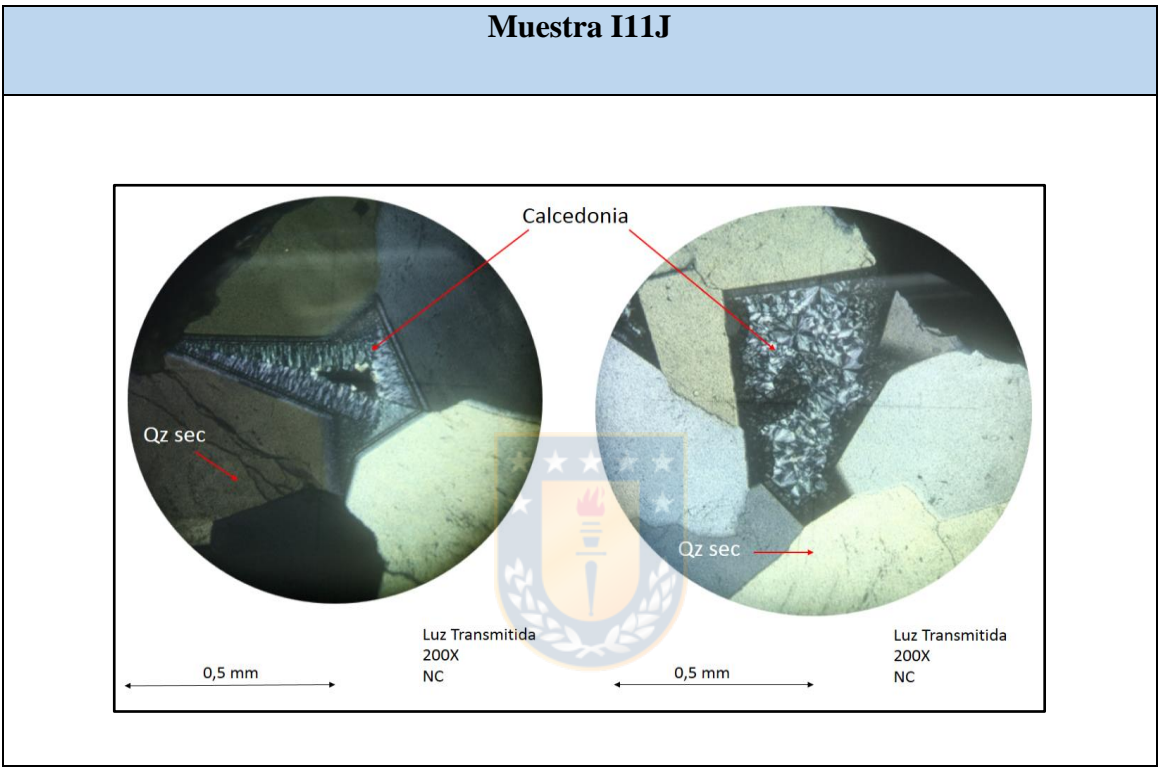


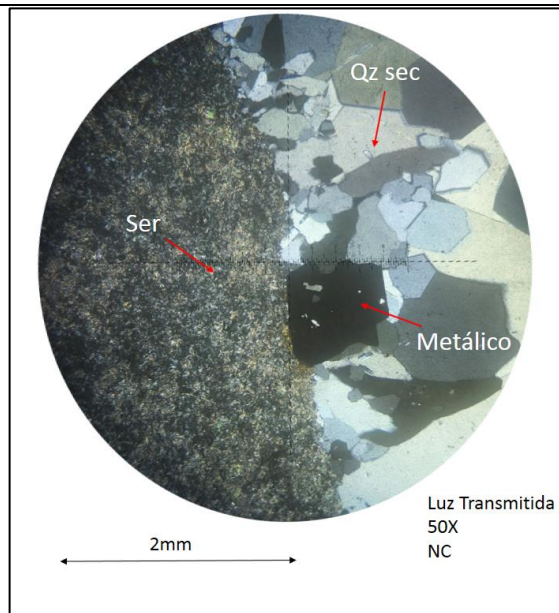
Qz sec: cuarzo secundario / Ser: sericita / Chl: clorita / Alb: albita / Hm: hematita / Cc: calcedonia / Py: pirita / Cpy: calcopirita

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Presenta forma euhedral a subhedral en una vetilla recta con sericita, clorita y calcita, que cortan a cloritas y albitas previas. Este mineral es predominante en la vetilla, pero además se encuentra de forma subhedral a anhedral fuera de esta.	22
Sericita	Se encuentra diseminado en la vetilla. Alteran de forma pervasiva a las albitas que se encuentran fuera de la vetilla. Bordean a las cloritas.	28
Clorita	Se presenta de dos formas, las primeras se encuentran dentro de la vetilla, tienen un tamaño pequeño y se distribuyen de forma cumular. Las segundas se encuentran fuera de las vetillas,	15

	siendo cortadas por esta, se presentan alterando de forma pervasiva a biotitas primarias, éstas se distribuyen de forma diseminada.	
Arcillas	Diseminadas en el corte, sobre todo en la zona exterior de la vetilla.	6
Calcita	Se presentan en cúmulos dentro de la vetilla, asociados a cuarzo, sericita y clorita, presentan forma subhedral.	8
Albita	Se presenta fuera de la venilla y es cortada por esta. Su forma es anhedral y se encuentra alterada de forma pervasiva a sericita.	14
Minerales opacos	Características	
Hematita	Se encuentran diseminadas y alterando de forma pervasiva a la pirita.	4
Pirita	Diseminada en la venilla y fuera de esta, se presenta alterada de forma pervasiva a hematita.	2
Calcopirita	Muy restringida, se encuentra inalterada y se presenta diseminada asociada a piritas.	>1
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Sericita+clorita+calcita+cuarzo	Pervasiva
Propilítica	Clorita+albita	Moderada
Argílica	Arcillas	Incipiente

Roca caja	Biotitas alteradas a clorita de forma pervasiva, forma relicta.
-----------	---

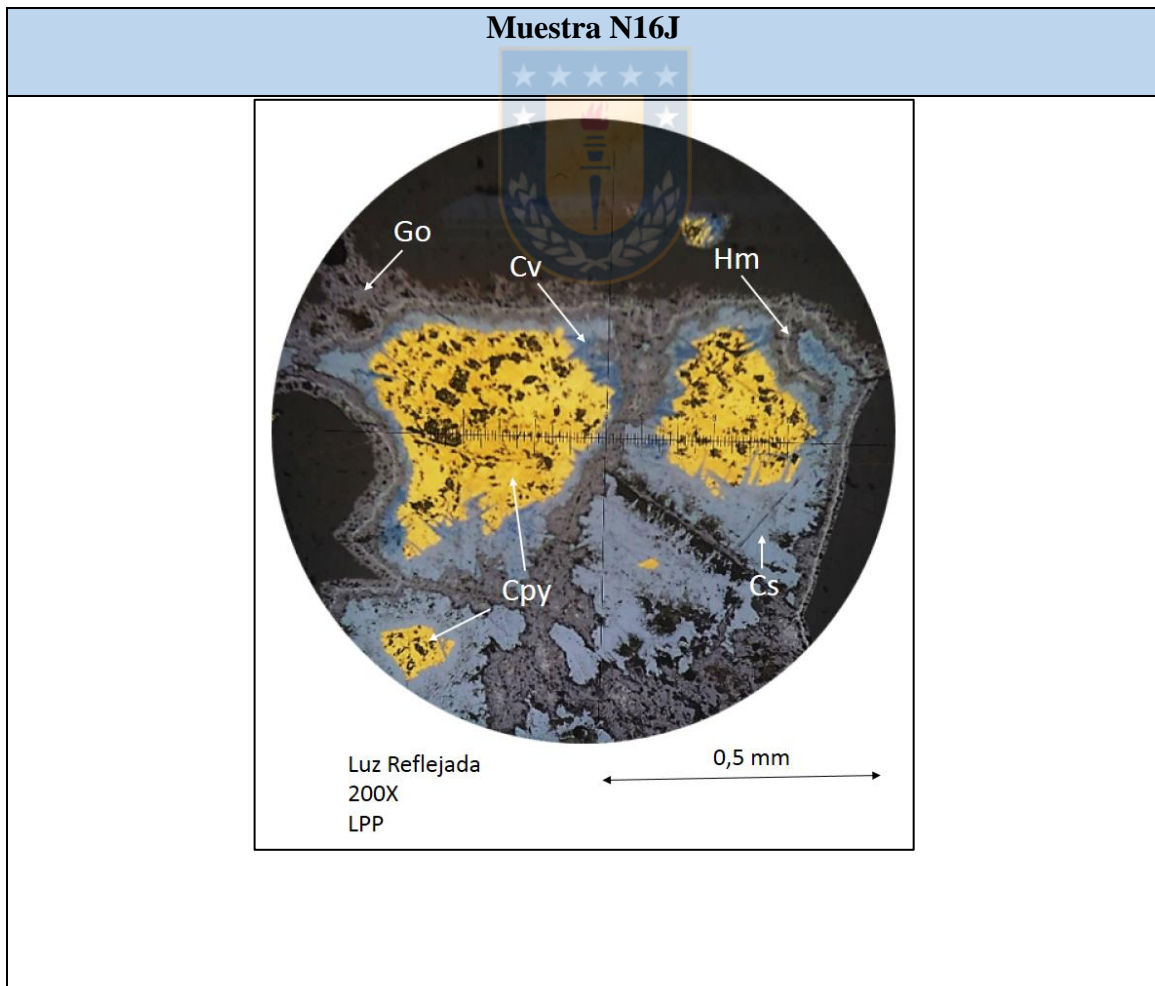


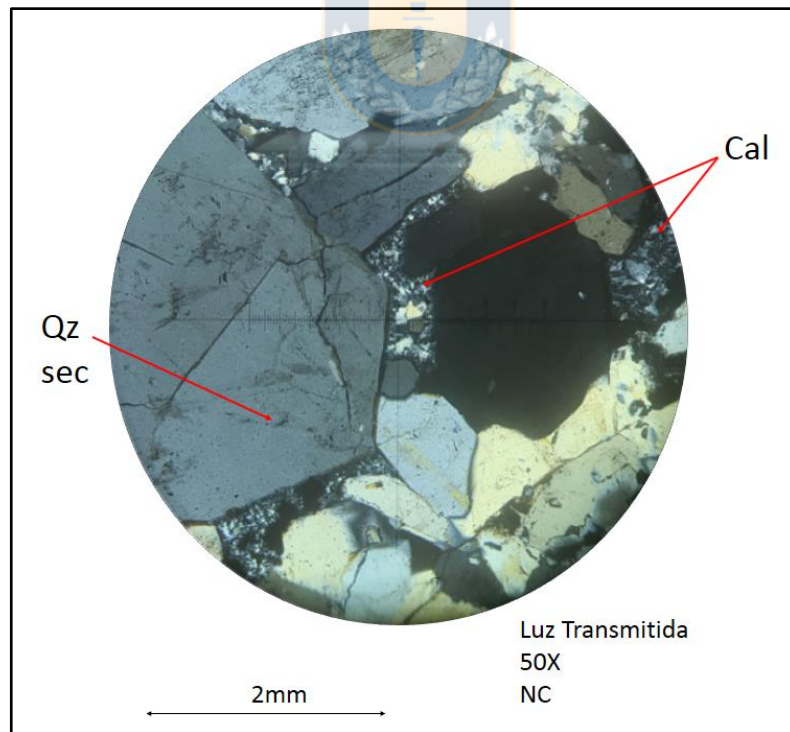
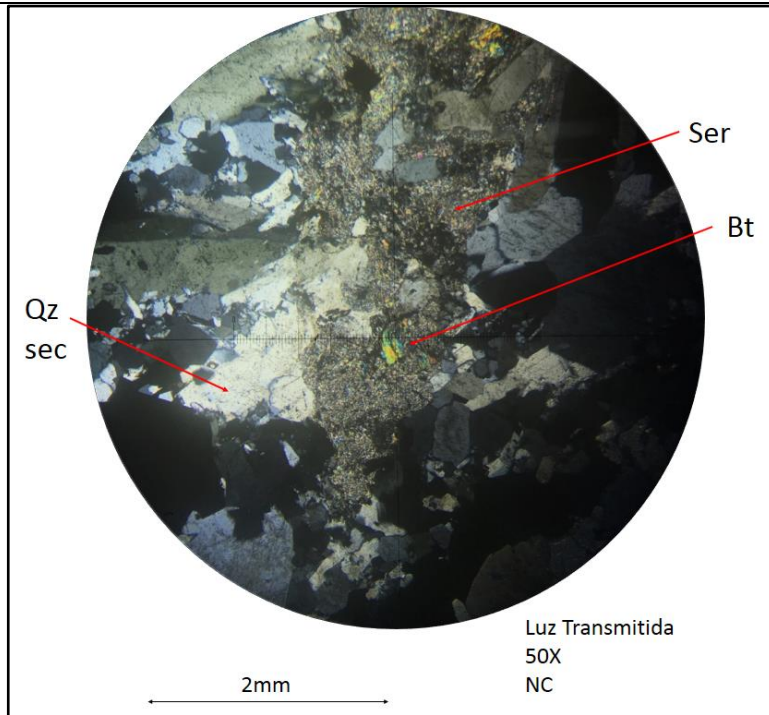


Qz sec: cuarzo secundario / Ser: sericita

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Se encuentra diseminada de forma anhedral fuera de la venilla. La venilla esta compuesta por este mineral y un porcentaje muy menor de metálicos, el cuarzo presenta forma subhedral. Venilla recta.	39
Sericita	Diseminada fuera de la venilla, mineral predominante.	33
Arcillas	Diseminada fuera de la vetilla.	15
Opacos	Se encuentran diseminados en la venilla y fuera de esta, por la forma cúbica podrían corresponder a piritas.	3
Calcedonia	Se presenta relleno de espacios con textura flameante (Adams, 1920) y crustiforme (Adams, 1920).	10

Minerales opacos	Características	
<b>Sin Pulido</b>		
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Cuarzo+Sericita	Pervasiva
Argílica	Arcillas+calcedonia	Moderada
Roca caja	Obliterada	



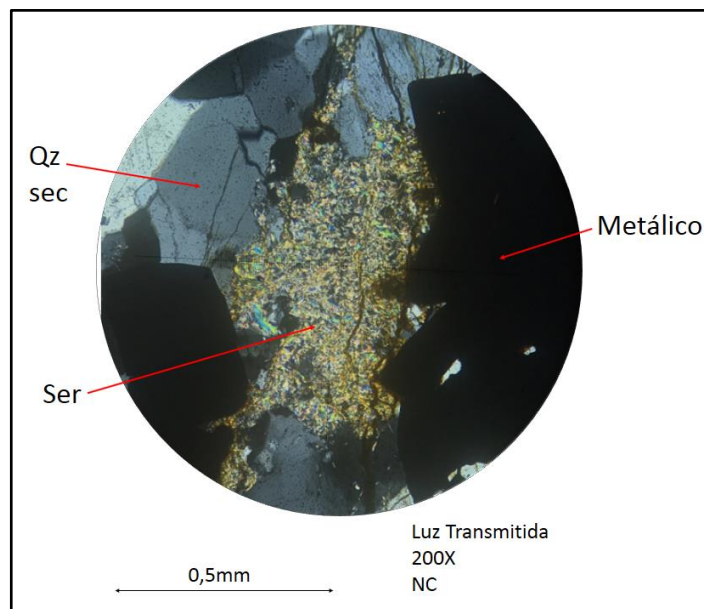
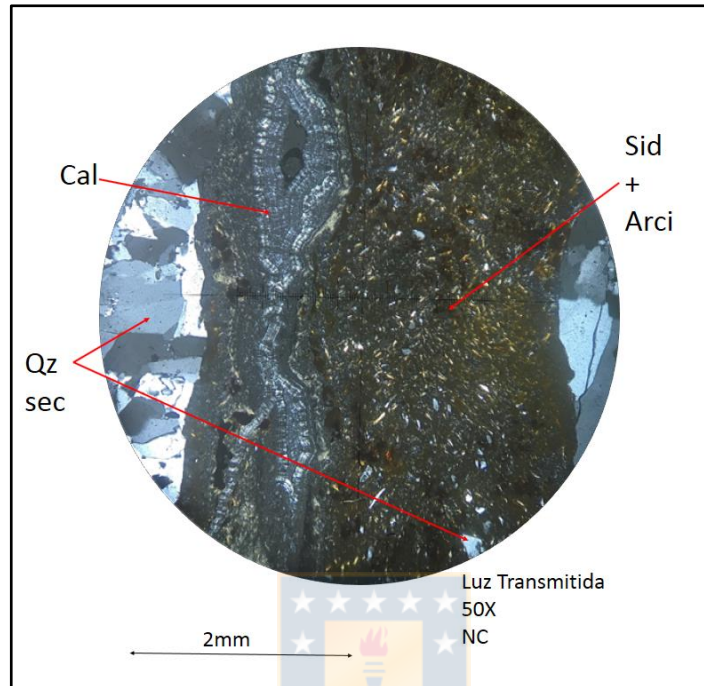


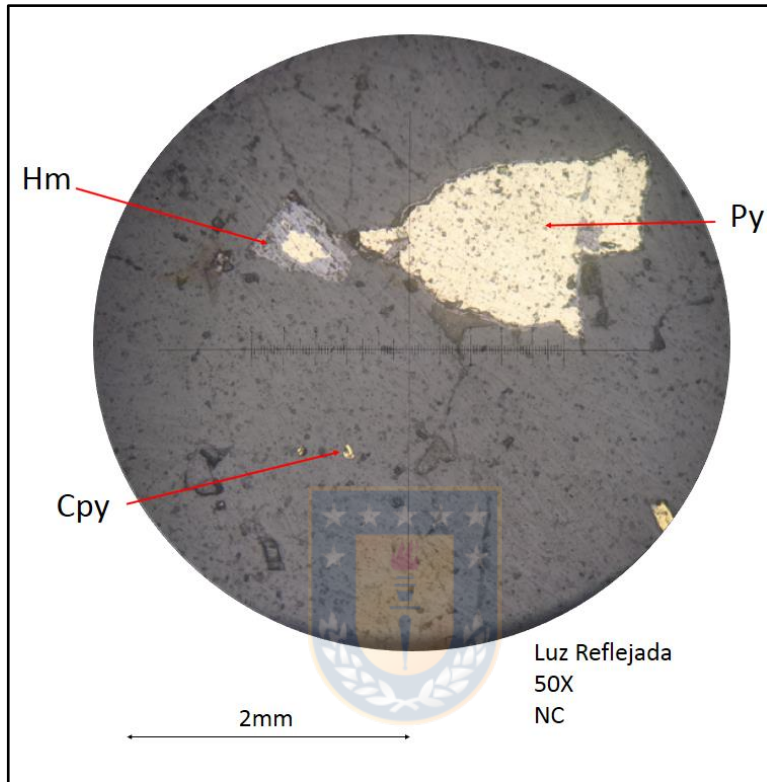
Qz sec: cuarzo secundario / Ser: sericita / Cal: calcedonia / Bt: biotita

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Se presentan de forma subhedral a anhedral con tamaño medio y de forma microcristalina. Corresponde al mineral en mayor proporción en el corte.	50
Sericita	Se presentan en cúmulos asociados a clorita en bajas proporciones, rodeados de cuarzo secundario.	27
Clorita	Se presentan en cúmulos junto a sericita, de forma muy restringida, tamaño pequeño.	2
Arcillas	Diseminadas en el corte de forma incipiente.	8
Calcedonia	Rellenando espacios de lixiviación de minerales. Presentan textura sacaroide (Dong <i>et al.</i> , 1995).	5
Minerales opacos	Características	
Hematita	Se encuentran alterando de forma incipiente y pervasiva a las piritas. Se encuentran bordeadas por hematitas en algunas ocasiones.	2
Pirita	Se presenta diseminada en todo el corte con formas subhedrales. Pueden presentarse inalteradas y alteradas a hematita de forma incipiente a pervasiva.	3
Calcopirita	Se encuentra diseminada en todo el corte de forma anhedral. Alterada de porfa incipiente a pervasiva por covelina-calcosina.	1

Covelina-Calcosina	Se encuentran alterando a la calcopirita de forma incipiente a pervasiva en forma de reemplazo topotáctico o textura de isla de mineral huésped, además se puede observar una secuencia depositacional que se enriquece progresivamente en Cu. Se encuentran alteradas por hematita hacia sus bordes.	1
Limonitas	Se encuentran bordeando a las hematitas, de forma muy restringida.	>1
<b>Alteración</b>	<b>Mineralogía</b>	<b>Intensidad</b>
Fílica	Cuarzo+sericita+clorita	Pervasiva
Argílica	Arcillas+hematita+calcedonia	Incipiente a moderada
Zona de oxidación y enriquecimiento secundario	Covelina+calcosina+limonita	Incipiente
Roca caja	Obliterada	

Muestra N19J





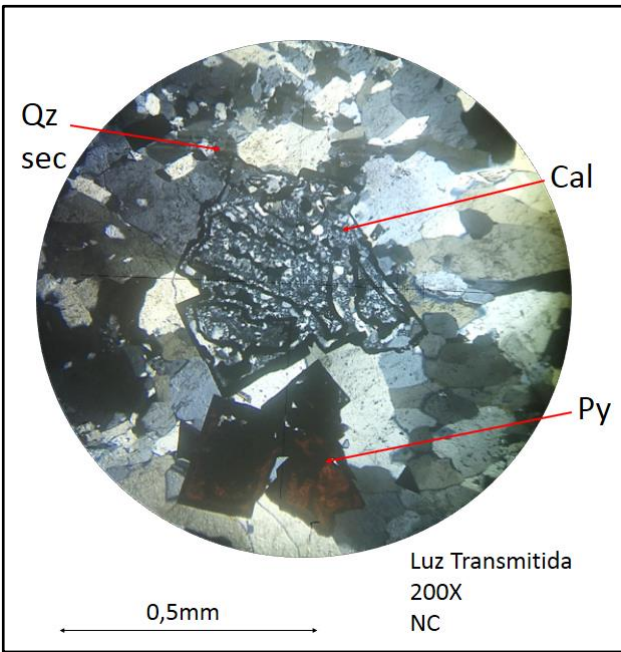
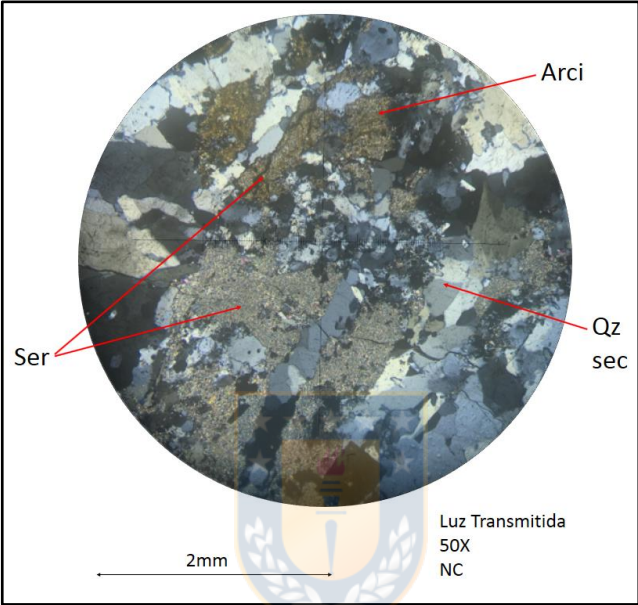
Qz sec: cuarzo secundario / Ser: sericita / Sid: siderita / Cal: calcedonia / Py: pirita / Hm: hematita / Cpy: calcopirita

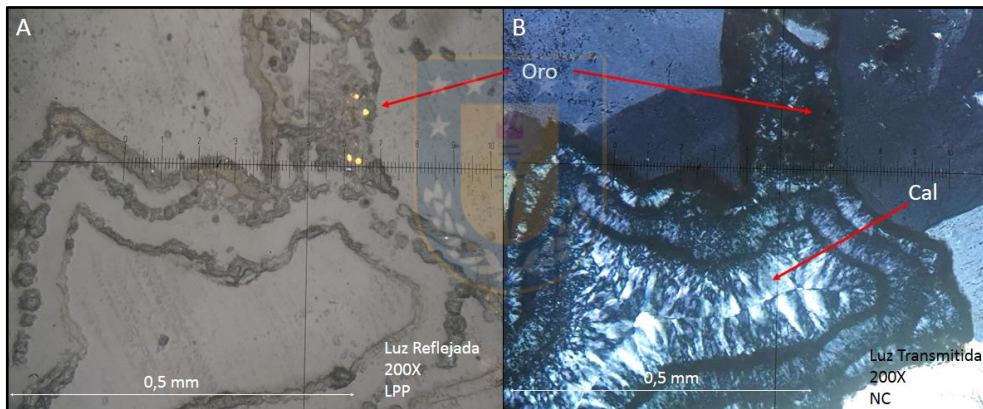
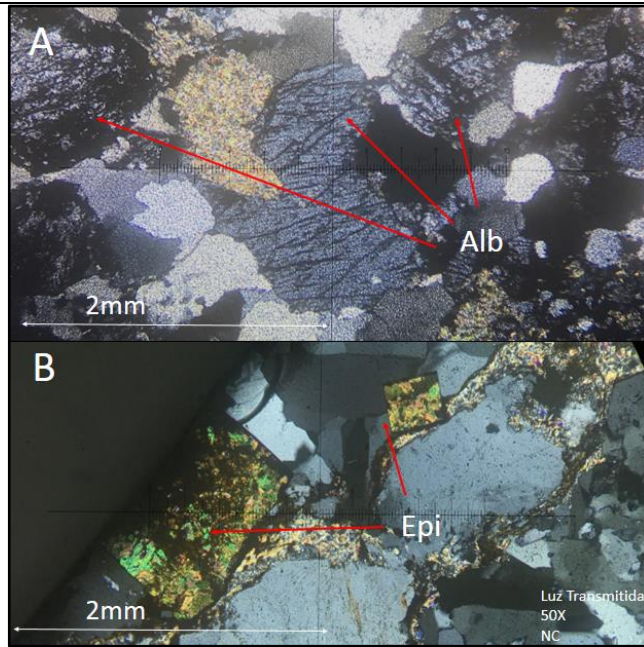
Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Se encuentra de forma subhedral a anhedral en tamaño medio y de forma microcristalina. Se presentan en los bordes de las venillas de calcedonia y las zonas de brechización. Mineral dominante en el corte.	35

Sericita	Se encuentra de forma cumular asociada a cuarzo y piritas alteradas a hematita.	15
Arcillas	Se encuentran diseminadas en el corte y asociadas a las zonas brechizadas.	10
Siderita	Mineral asociado a calcedonia, se presenta en los bordes de las venillas de calcedonia y en la zona brechizada junto a cuarzo y arcillas.	17
Calcedonia	Se presenta en venillas y rellenando espacios de piritas lixiviadas, con textura flameante (Adams, 1920) y crustiforme (Adams, 1920).	15
Minerales opacos	Características	
Hematita	Se presentan alterando de forma incipiente a pervasiva a las piritas.	3
Pirita	Se encuentran principalmente en cúmulos, asociados a sericita y cuarzo, se presentan alteradas de forma incipiente a pervasiva a hematita. Las que se encuentran alteradas de forma pervasiva se ubican cercanas a las venillas de calcedonia y zona de brechización.	4
Calcopirita	En porcentaje muy bajo, se presentan inalteradas.	<1
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Sericita+cuarzo	Moderada
Argílica intermedia	Calcedonia+arcillas+siderita	Moderada a pervasiva

Roca caja	Obliterado
-----------	------------

**Muestra P3J**





Qz sec: cuarzo secundario / Ser: sericita / Cal: calcedonia / Arci: arcilla / Py: pirita

Minerales de alteración	Característica	%
Cuarzo	Subhedral a anhedral de tamaño medio a microcristalino.	34
Sericita	Se presenta de forma cumular asociado a cuarzo y piritas.	19

Arcillas	Se encuentra de forma cumular afectando a los cúmulos de sericita.	7
Calcedonia	Rellenando espacios vacíos y espacios de piritas lixiviadas, con textura flameante (Adams, 1920) y crustiforme (Adams, 1920). Se asocia a oro.	15
Albita	Se presenta sobre impuesta a las sericitas, inalteradas y con forma anhedral.	8
Epídota	Rellando espacios vacios dejados por lixiviación de pirita.	3
Minerales opacos	Características	
Hematita	Altera de forma moderada a pervasiva a piritas. Se asocia con limonitas.	4
Pirita	Se presentan asociadas a cúmulos de sericita como diseminadas por todo el corte, se encuentran alteradas de forma modera a pervasiva por hematita, además de lixiviadas, donde el espacio que dejan se rellena con calcedonia.	5
Oro	Asociado a calcedonia relleno espacios vacíos, tiene formas redondeadas, muy pequeños, difícil de detectar.	<1
Limonita	Se encuentran por los bordes de las hematitas.	4
Alteración	Mineralogía	Intensidad
Fílica	Sericita+cuarzo	Moderado a pervasivo

Argílica intermedia	Calcedonia+arcillas+hematita+oro	Moderado
Zona de oxidación	Limonita	Incipiente
Roca caja	Obliterado	





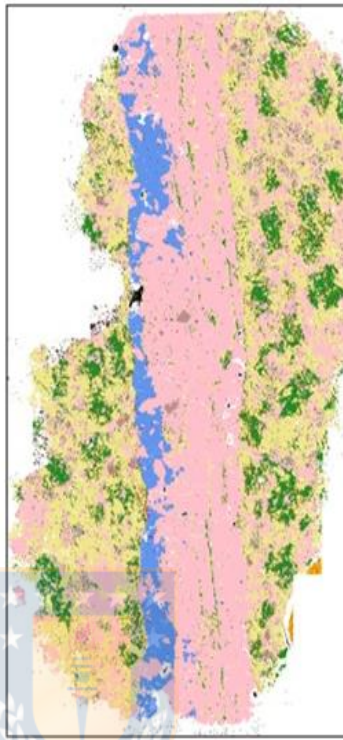
**ANEXO II**

**ANALISIS QEMSCAN**

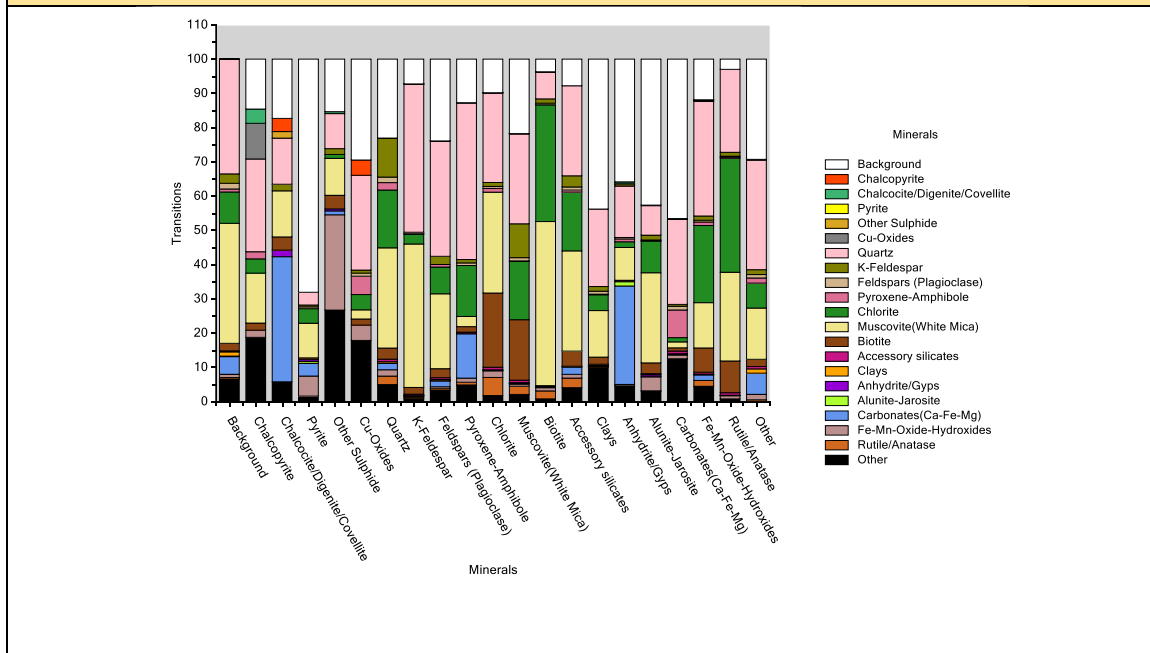
Figura 2.1 Análisis QEMSCAN total.

Survey	Name	Alberto Sanheza		
	Id			
<b>Sample</b>	<b>Name</b>	<b>18J Mina del Agua</b>	<b>G3J</b>	<b>F14J</b>
	Id	A	B	C
	Mass Flow	100.00	100.00	100.00
	Volume Flow	36.47	37.39	37.58
	Mass Size Distribution (%)	100.00	100.00	100.00
	Volume Size Distribution (%)	100.00	100.00	100.00
	Calculated ESD Particle Size	1,449.88	2,684.18	1,513.20
	Total Mass	100.00	100.00	100.00
	Total Volume	36.47	37.39	37.58
<b>Fraction</b>	<b>Name</b>	<b>-1000/+0</b>	<b>-1000/+0</b>	<b>-1000/+0</b>
	Id	0	0	0
	Min Size (µm)	0.00	0.00	0.00
	Max Size (µm)	1,000.00	1,000.00	1,000.00
	Calculated ESD Particle Size	1,449.88	2,684.18	1,513.20
	Total Mass	100.00	100.00	100.00
	Total Volume	36.47	37.39	37.58
<b>Mineral Mass</b>	Chalcopyrite	0.00	0.04	0.00
	Chalcocite/Digenite/Covellite	0.00	0.02	0.00
	Pyrite	0.01	1.34	0.01
	Other Sulphide	0.01	0.07	0.00
	Cu-Oxides	0.00	0.02	0.01
	Quartz	46.53	93.03	91.51
	K-Feldspar	1.25	0.39	0.52
	Feldspars (Plagioclase)	0.25	0.03	0.13
	Pyroxene-Amphibole	0.29	0.09	0.14
	Chlorite	9.84	0.05	0.45
	Muscovite(White Mica)	29.64	1.11	2.45
	Biotite	2.65	0.42	0.22
	Accessory silicates	0.23	0.01	0.02
	Clays	0.26	0.01	0.39
	Anhydrite/Gyps	0.00	0.01	0.01
	Alunite-Jarosite	0.01	0.11	0.01
	Carbonates(Ca-Fe-Mg)	6.13	0.00	0.00
	Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	1.09	2.76	1.84
	Rutile/Anatase	0.79	0.02	0.17
	Other	1.03	0.47	2.14

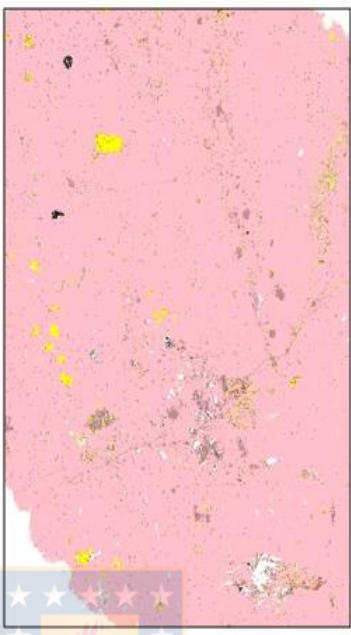
## Muestra I8J

Minerales	Imagen																																								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Chalcopyrite</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Chalcocite/Digenite/Covellite</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Pyrite</td><td style="text-align: right;">0.01</td></tr> <tr><td>Other Sulphide</td><td style="text-align: right;">0.01</td></tr> <tr><td>Cu-Oxides</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Quartz</td><td style="text-align: right;">46.53</td></tr> <tr><td>K-Feldspar</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>Feldspars (Plagioclase)</td><td style="text-align: right;">0.25</td></tr> <tr><td>Pyroxene-Amphibole</td><td style="text-align: right;">0.29</td></tr> <tr><td>Chlorite</td><td style="text-align: right;">9.84</td></tr> <tr><td>Muscovite(White Mica)</td><td style="text-align: right;">29.64</td></tr> <tr><td>Biotite</td><td style="text-align: right;">2.65</td></tr> <tr><td>Accessory silicates</td><td style="text-align: right;">0.23</td></tr> <tr><td>Clays</td><td style="text-align: right;">0.26</td></tr> <tr><td>Anhydrite/Gyps</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Alunite-Jarosite</td><td style="text-align: right;">0.01</td></tr> <tr><td>Carbonates(Ca-Fe-Mg)</td><td style="text-align: right;">6.13</td></tr> <tr><td>Fe-Mn-Oxide-Hydroxides</td><td style="text-align: right;">1.09</td></tr> <tr><td>Rutile/Anatase</td><td style="text-align: right;">0.79</td></tr> <tr><td>Other</td><td style="text-align: right;">1.03</td></tr> </table>	Chalcopyrite	0	Chalcocite/Digenite/Covellite	0	Pyrite	0.01	Other Sulphide	0.01	Cu-Oxides	0	Quartz	46.53	K-Feldspar	1.25	Feldspars (Plagioclase)	0.25	Pyroxene-Amphibole	0.29	Chlorite	9.84	Muscovite(White Mica)	29.64	Biotite	2.65	Accessory silicates	0.23	Clays	0.26	Anhydrite/Gyps	0	Alunite-Jarosite	0.01	Carbonates(Ca-Fe-Mg)	6.13	Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	1.09	Rutile/Anatase	0.79	Other	1.03	 <div style="font-size: small; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Background</li> <li>■ Chalcopyrite</li> <li>■ Chalcocite/Digenite/Covellite</li> <li>■ Pyrite</li> <li>■ Other Sulphide</li> <li>■ Cu-Oxides</li> <li>■ Quartz</li> <li>■ K-Feldspar</li> <li>■ Feldspars (Plagioclase)</li> <li>■ Pyroxene-Amphibole</li> <li>■ Chlorite</li> <li>■ Muscovite(White Mica)</li> <li>■ Biotite</li> <li>■ Accessory silicates</li> <li>■ Clays</li> <li>■ Anhydrite/Gyps</li> <li>■ Alunite-Jarosite</li> <li>■ Carbonates(Ca-Fe-Mg)</li> <li>■ Fe-Mn-Oxide-Hydroxides</li> <li>■ Rutile/Anatase</li> <li>■ Other</li> </ul> </div>
Chalcopyrite	0																																								
Chalcocite/Digenite/Covellite	0																																								
Pyrite	0.01																																								
Other Sulphide	0.01																																								
Cu-Oxides	0																																								
Quartz	46.53																																								
K-Feldspar	1.25																																								
Feldspars (Plagioclase)	0.25																																								
Pyroxene-Amphibole	0.29																																								
Chlorite	9.84																																								
Muscovite(White Mica)	29.64																																								
Biotite	2.65																																								
Accessory silicates	0.23																																								
Clays	0.26																																								
Anhydrite/Gyps	0																																								
Alunite-Jarosite	0.01																																								
Carbonates(Ca-Fe-Mg)	6.13																																								
Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	1.09																																								
Rutile/Anatase	0.79																																								
Other	1.03																																								

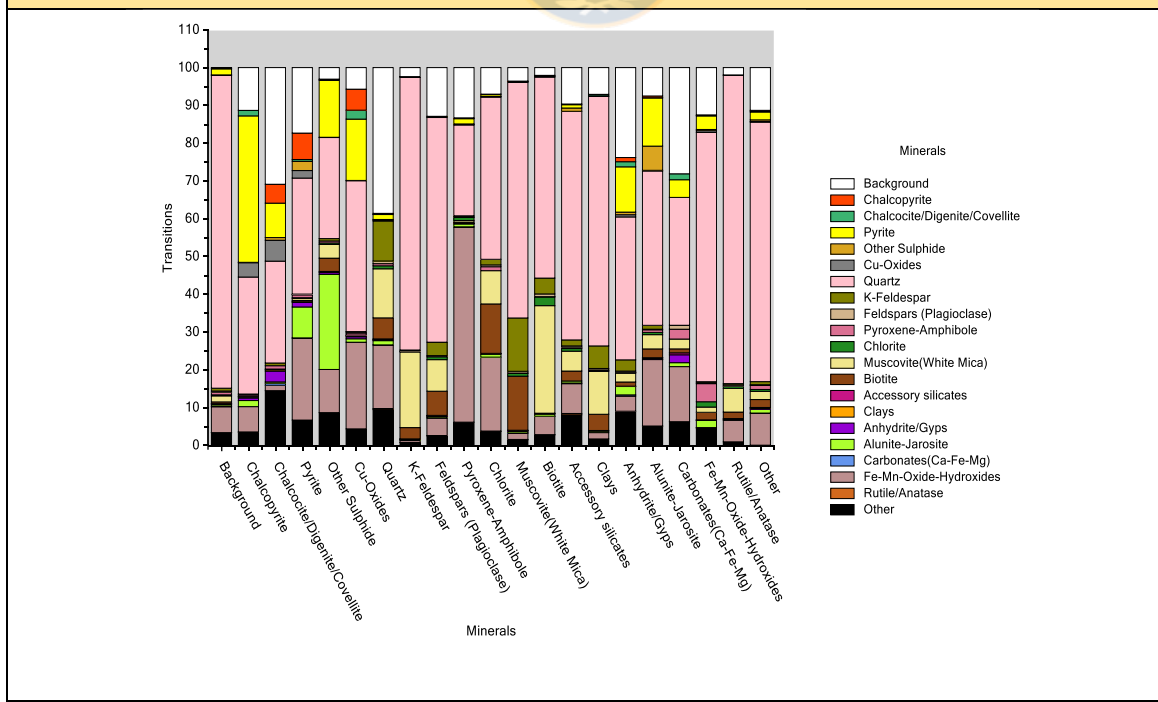
## Asociación mineral



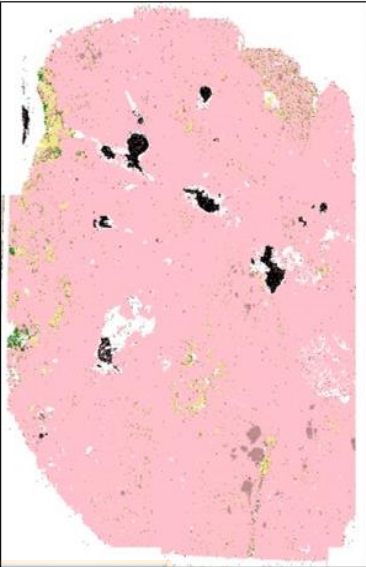
## Muestra G3J

Minerales	Imagen																																																																																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 70%;">Chalcopyrite</td><td style="text-align: right;">0.04</td></tr> <tr><td>Chalcocite/Digenite/Covellite</td><td style="text-align: right;">0.02</td></tr> <tr><td>Pyrite</td><td style="text-align: right;">1.34</td></tr> <tr><td>Other Sulphide</td><td style="text-align: right;">0.07</td></tr> <tr><td>Cu-Oxides</td><td style="text-align: right;">0.02</td></tr> <tr><td>Quartz</td><td style="text-align: right;">93.03</td></tr> <tr><td>K-Feldspar</td><td style="text-align: right;">0.39</td></tr> <tr><td>Feldspars (Plagioclase)</td><td style="text-align: right;">0.03</td></tr> <tr><td>Pyroxene-Amphibole</td><td style="text-align: right;">0.09</td></tr> <tr><td>Chlorite</td><td style="text-align: right;">0.05</td></tr> <tr><td>Muscovite(White Mica)</td><td style="text-align: right;">1.11</td></tr> <tr><td>Biotite</td><td style="text-align: right;">0.42</td></tr> <tr><td>Accessory silicates</td><td style="text-align: right;">0.01</td></tr> <tr><td>Clays</td><td style="text-align: right;">0.01</td></tr> <tr><td>Anhydrite/Gyps</td><td style="text-align: right;">0.01</td></tr> <tr><td>Alunite-Jarosite</td><td style="text-align: right;">0.11</td></tr> <tr><td>Carbonates(Ca-Fe-Mg)</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Fe-Mn-Oxide-Hydroxides</td><td style="text-align: right;">2.76</td></tr> <tr><td>Rutile/Anatase</td><td style="text-align: right;">0.02</td></tr> <tr><td>Other</td><td style="text-align: right;">0.47</td></tr> </table>	Chalcopyrite	0.04	Chalcocite/Digenite/Covellite	0.02	Pyrite	1.34	Other Sulphide	0.07	Cu-Oxides	0.02	Quartz	93.03	K-Feldspar	0.39	Feldspars (Plagioclase)	0.03	Pyroxene-Amphibole	0.09	Chlorite	0.05	Muscovite(White Mica)	1.11	Biotite	0.42	Accessory silicates	0.01	Clays	0.01	Anhydrite/Gyps	0.01	Alunite-Jarosite	0.11	Carbonates(Ca-Fe-Mg)	0	Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	2.76	Rutile/Anatase	0.02	Other	0.47	 <div style="margin-top: 10px;"> <table style="font-size: small;"> <tr><td style="width: 15px; background-color: white; border: 1px solid black;"></td><td>Background</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></td><td>Chalcopyrite</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></td><td>Chalcocite/Digenite/Covellite</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></td><td>Pyrite</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: brown; border: 1px solid black;"></td><td>Other Sulphide</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: grey; border: 1px solid black;"></td><td>Cu-Oxides</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></td><td>Quartz</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black;"></td><td>K-Feldspar</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: tan; border: 1px solid black;"></td><td>Feldspars (Plagioclase)</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: magenta; border: 1px solid black;"></td><td>Pyroxene-Amphibole</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: darkgreen; border: 1px solid black;"></td><td>Chlorite</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: lightyellow; border: 1px solid black;"></td><td>Muscovite(White Mica)</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: darkbrown; border: 1px solid black;"></td><td>Biotite</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></td><td>Accessory silicates</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></td><td>Clays</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></td><td>Anhydrite/Gyps</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></td><td>Alunite-Jarosite</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></td><td>Carbonates(Ca-Fe-Mg)</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black;"></td><td>Fe-Mn-Oxide-Hydroxides</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: darkorange; border: 1px solid black;"></td><td>Rutile/Anatase</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: black; border: 1px solid black;"></td><td>Other</td></tr> </table> </div>		Background		Chalcopyrite		Chalcocite/Digenite/Covellite		Pyrite		Other Sulphide		Cu-Oxides		Quartz		K-Feldspar		Feldspars (Plagioclase)		Pyroxene-Amphibole		Chlorite		Muscovite(White Mica)		Biotite		Accessory silicates		Clays		Anhydrite/Gyps		Alunite-Jarosite		Carbonates(Ca-Fe-Mg)		Fe-Mn-Oxide-Hydroxides		Rutile/Anatase		Other
Chalcopyrite	0.04																																																																																		
Chalcocite/Digenite/Covellite	0.02																																																																																		
Pyrite	1.34																																																																																		
Other Sulphide	0.07																																																																																		
Cu-Oxides	0.02																																																																																		
Quartz	93.03																																																																																		
K-Feldspar	0.39																																																																																		
Feldspars (Plagioclase)	0.03																																																																																		
Pyroxene-Amphibole	0.09																																																																																		
Chlorite	0.05																																																																																		
Muscovite(White Mica)	1.11																																																																																		
Biotite	0.42																																																																																		
Accessory silicates	0.01																																																																																		
Clays	0.01																																																																																		
Anhydrite/Gyps	0.01																																																																																		
Alunite-Jarosite	0.11																																																																																		
Carbonates(Ca-Fe-Mg)	0																																																																																		
Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	2.76																																																																																		
Rutile/Anatase	0.02																																																																																		
Other	0.47																																																																																		
	Background																																																																																		
	Chalcopyrite																																																																																		
	Chalcocite/Digenite/Covellite																																																																																		
	Pyrite																																																																																		
	Other Sulphide																																																																																		
	Cu-Oxides																																																																																		
	Quartz																																																																																		
	K-Feldspar																																																																																		
	Feldspars (Plagioclase)																																																																																		
	Pyroxene-Amphibole																																																																																		
	Chlorite																																																																																		
	Muscovite(White Mica)																																																																																		
	Biotite																																																																																		
	Accessory silicates																																																																																		
	Clays																																																																																		
	Anhydrite/Gyps																																																																																		
	Alunite-Jarosite																																																																																		
	Carbonates(Ca-Fe-Mg)																																																																																		
	Fe-Mn-Oxide-Hydroxides																																																																																		
	Rutile/Anatase																																																																																		
	Other																																																																																		

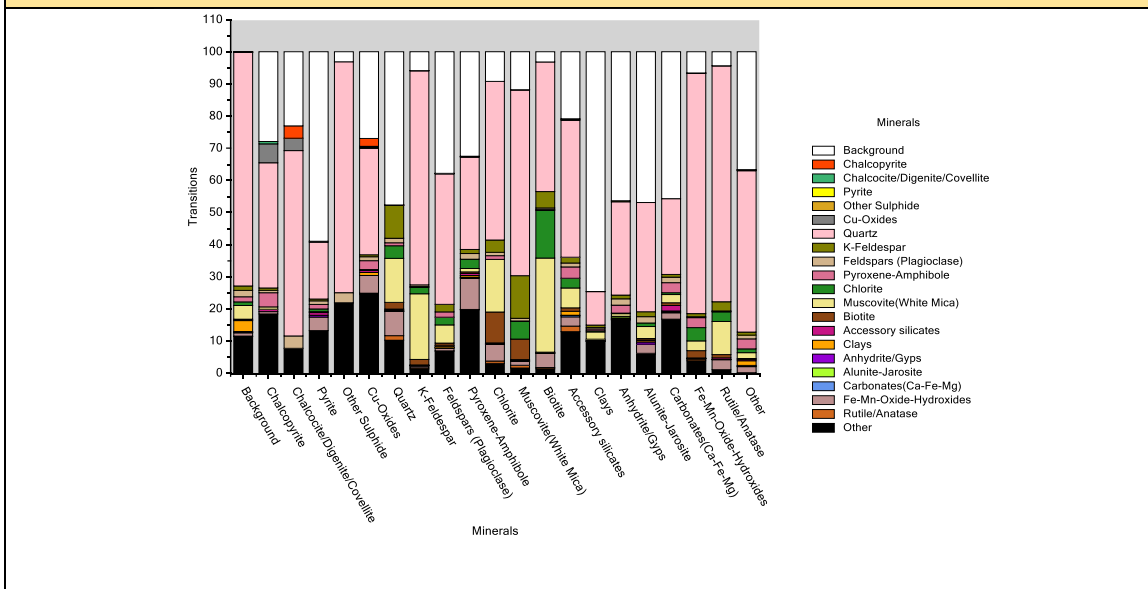
## Asociación mineral



## Muestra F14J

Minerales	Imagen																																								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Chalcopyrite</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Chalcocite/Digenite/Covellite</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Pyrite</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.01</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Other Sulphide</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Cu-Oxides</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.01</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Quartz</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">91.51</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">K-Feldspar</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.52</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Feldspars (Plagioclase)</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.13</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Pyroxene-Amphibole</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.14</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Chlorite</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.45</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Muscovite(White Mica)</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">2.45</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Biotite</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.22</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Accessory silicates</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.02</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Clays</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.39</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Anhydrite/Gyps</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.01</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Alunite-Jarosite</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.01</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Carbonates(Ca-Fe-Mg)</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Fe-Mn-Oxide-Hydroxides</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">1.84</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Rutile/Anatase</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">0.17</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Other</td><td style="text-align: right; padding: 2px;">2.14</td></tr> </table>	Chalcopyrite	0	Chalcocite/Digenite/Covellite	0	Pyrite	0.01	Other Sulphide	0	Cu-Oxides	0.01	Quartz	91.51	K-Feldspar	0.52	Feldspars (Plagioclase)	0.13	Pyroxene-Amphibole	0.14	Chlorite	0.45	Muscovite(White Mica)	2.45	Biotite	0.22	Accessory silicates	0.02	Clays	0.39	Anhydrite/Gyps	0.01	Alunite-Jarosite	0.01	Carbonates(Ca-Fe-Mg)	0	Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	1.84	Rutile/Anatase	0.17	Other	2.14	 <div style="font-size: small; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: white; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Background</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Chalcopyrite</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Chalcocite/Digenite/Covellite</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Pyrite</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Other Sulphide</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cu-Oxides</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: pink; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Quartz</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> K-Feldspar</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: tan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Feldspars (Plagioclase)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightcoral; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Pyroxene-Amphibole</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: darkgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Chlorite</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightyellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Muscovite(White Mica)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: brown; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Biotite</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: magenta; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Accessory silicates</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Clays</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Anhydrite/Gyps</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Alunite-Jarosite</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightblue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Carbonates(Ca-Fe-Mg)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Fe-Mn-Oxide-Hydroxides</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: brown; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Rutile/Anatase</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Other</li> </ul> </div>
Chalcopyrite	0																																								
Chalcocite/Digenite/Covellite	0																																								
Pyrite	0.01																																								
Other Sulphide	0																																								
Cu-Oxides	0.01																																								
Quartz	91.51																																								
K-Feldspar	0.52																																								
Feldspars (Plagioclase)	0.13																																								
Pyroxene-Amphibole	0.14																																								
Chlorite	0.45																																								
Muscovite(White Mica)	2.45																																								
Biotite	0.22																																								
Accessory silicates	0.02																																								
Clays	0.39																																								
Anhydrite/Gyps	0.01																																								
Alunite-Jarosite	0.01																																								
Carbonates(Ca-Fe-Mg)	0																																								
Fe-Mn-Oxide-Hydroxides	1.84																																								
Rutile/Anatase	0.17																																								
Other	2.14																																								

## Asociación mineral

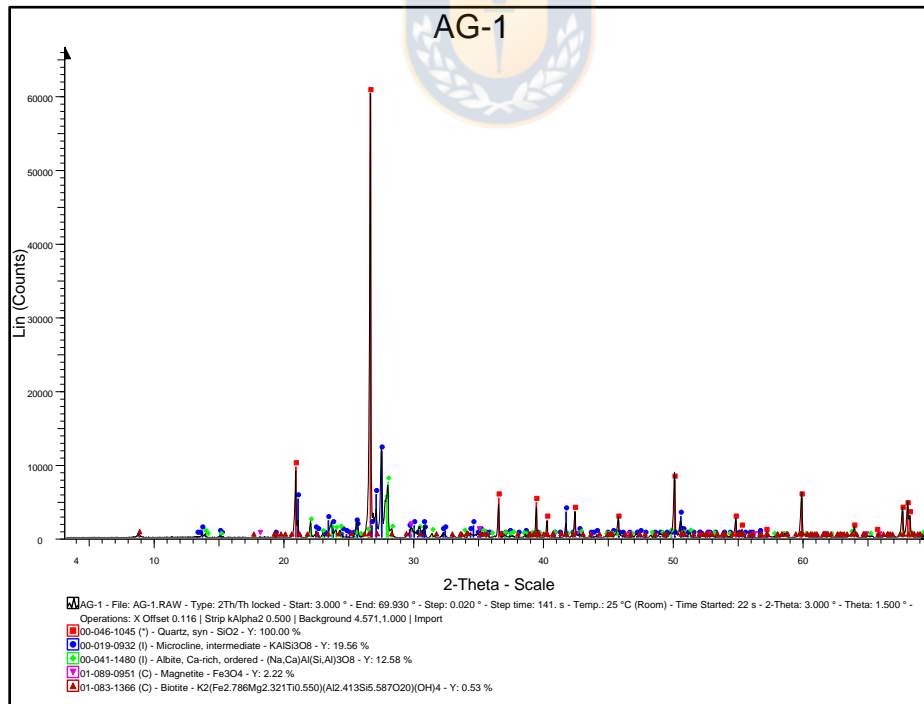
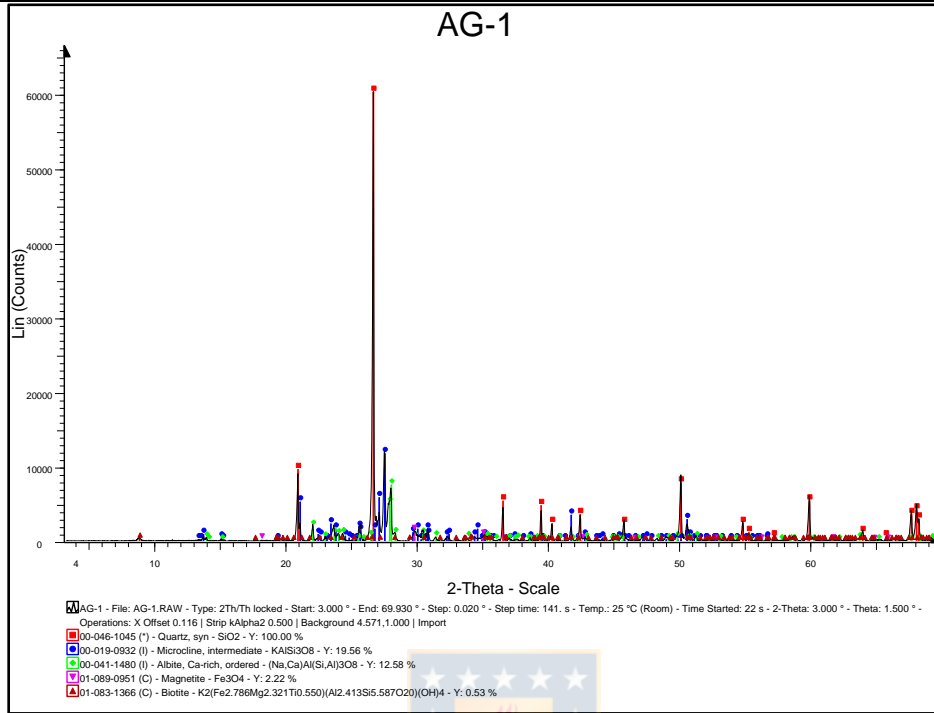




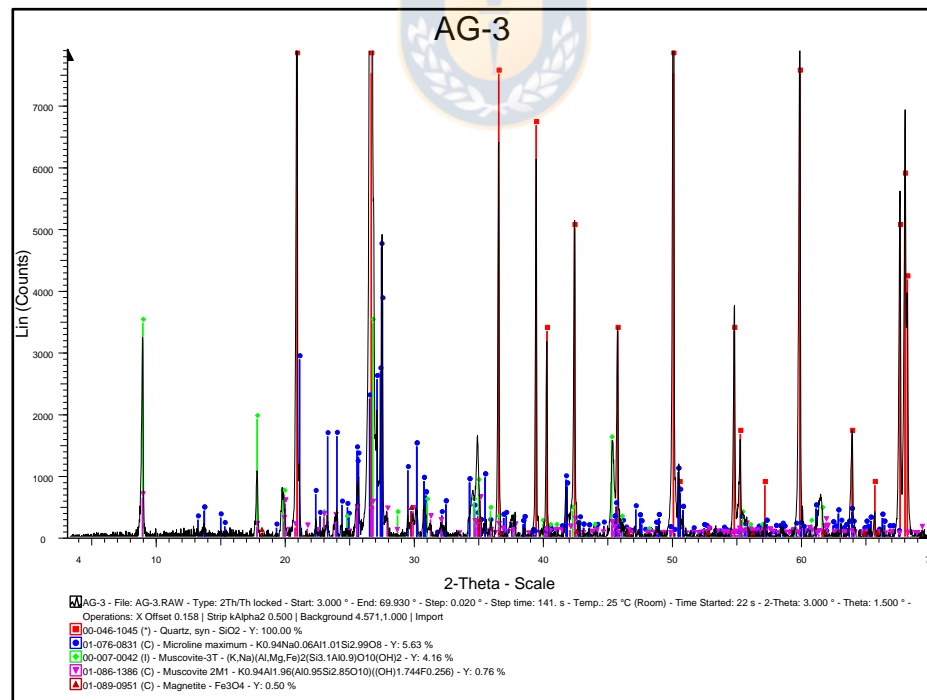
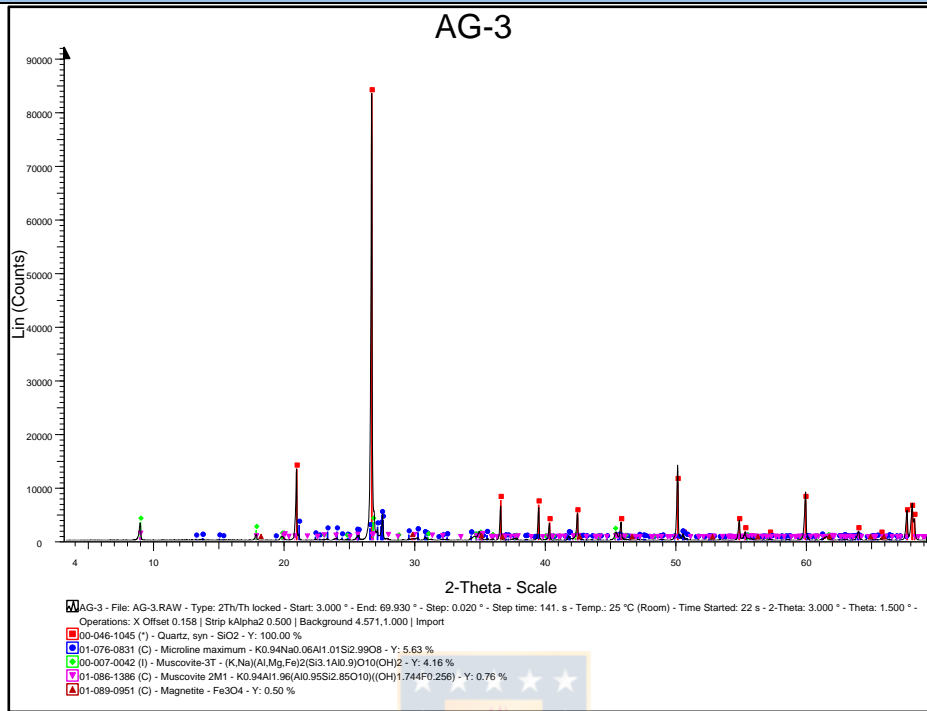
**ANEXO III**

ANÁLISIS DIFRACCIÓN RAYOS X

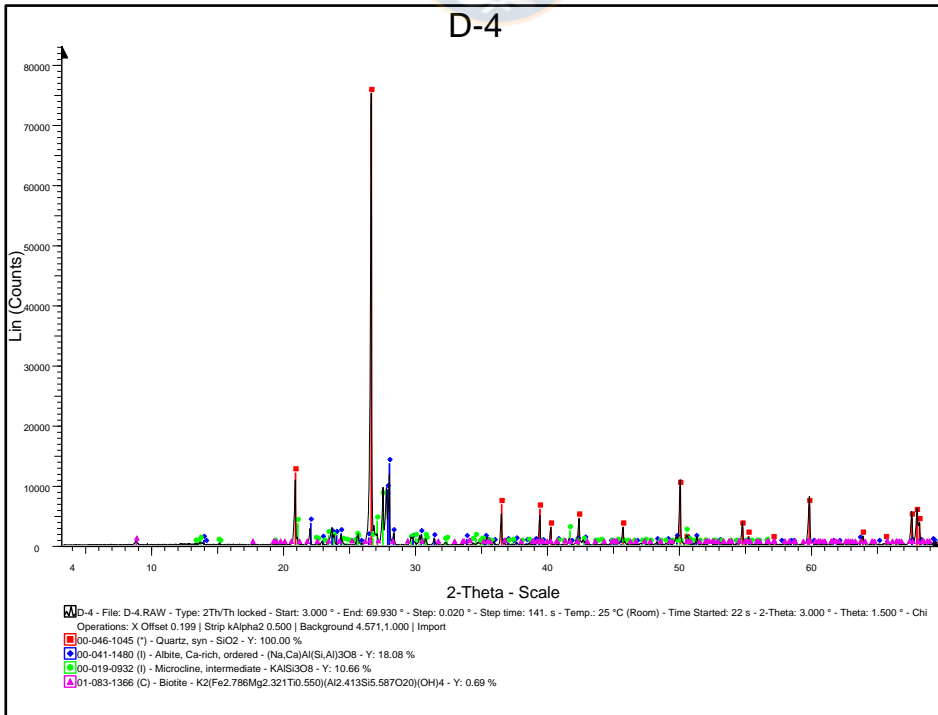
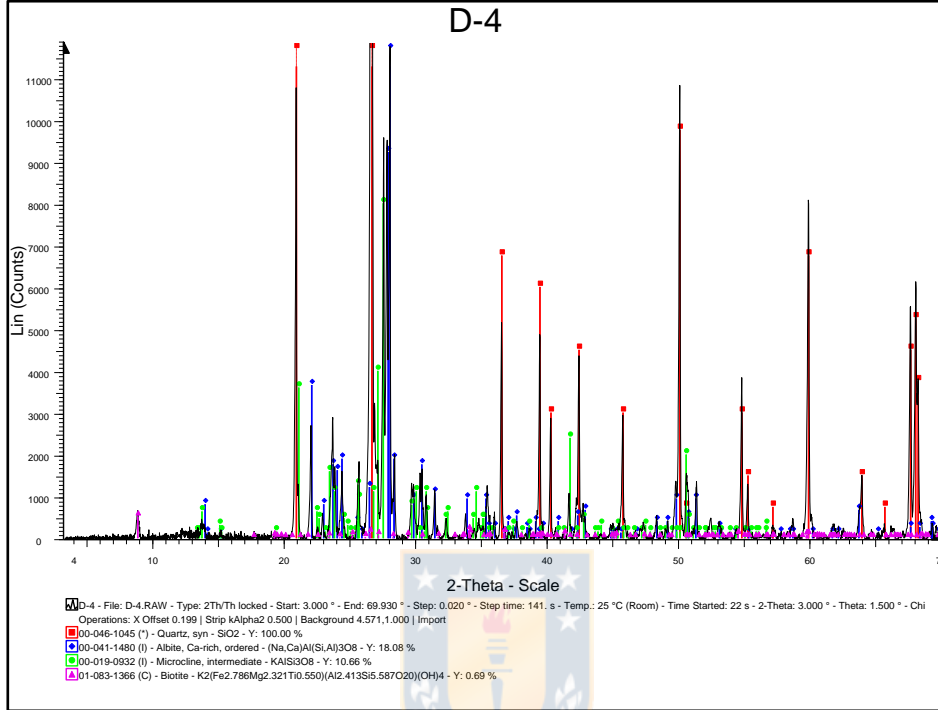
# Muestra AG-1



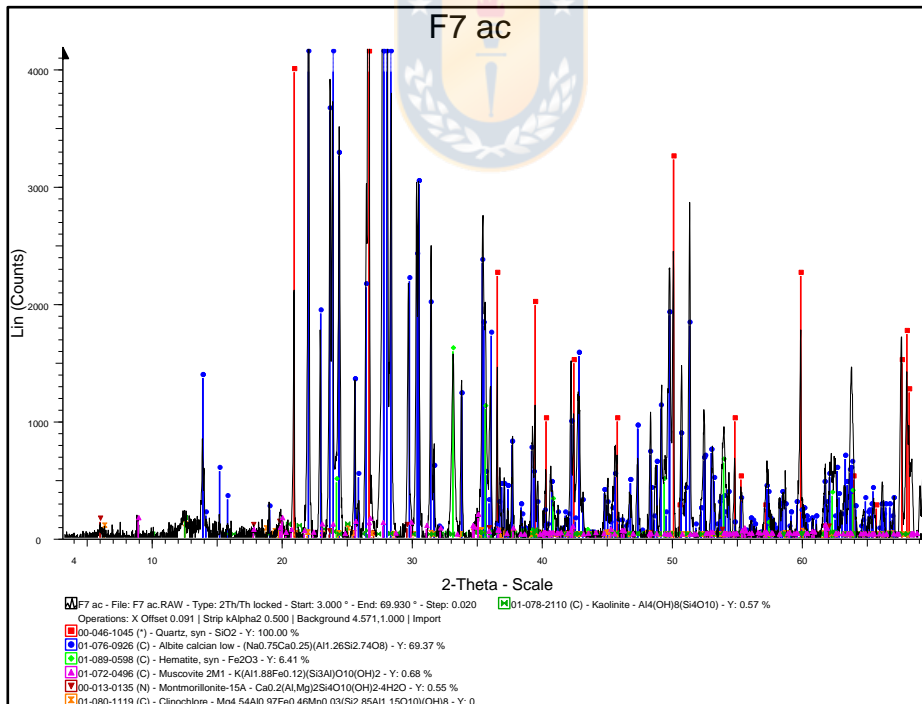
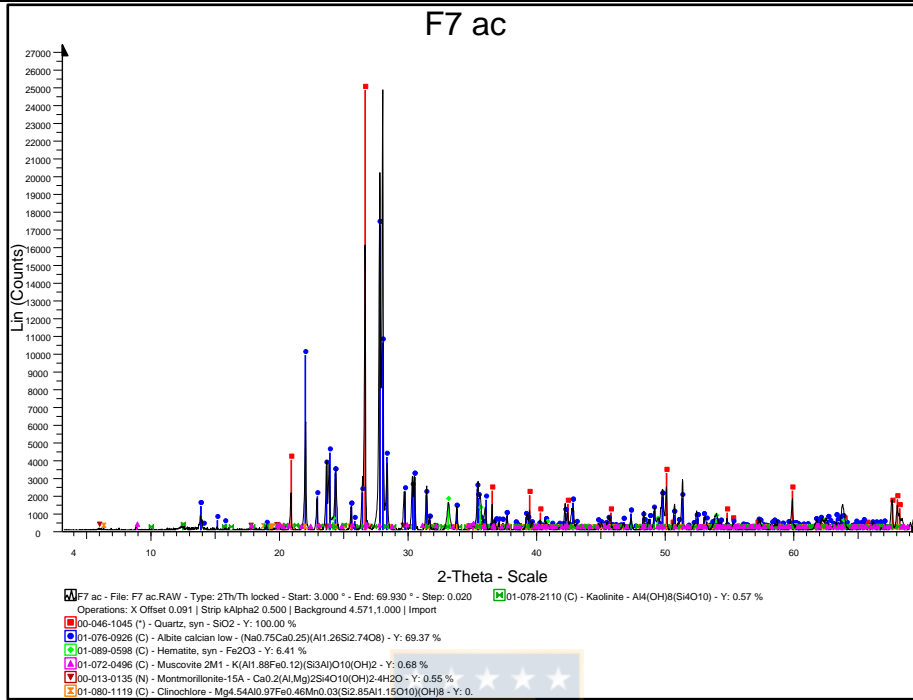
# Muestra AG-3



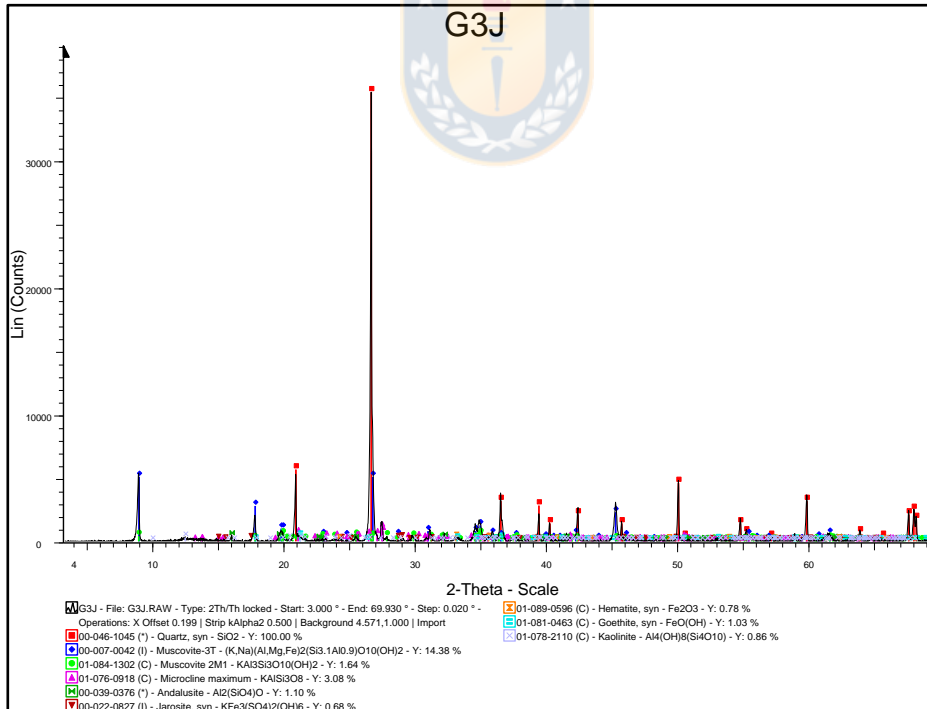
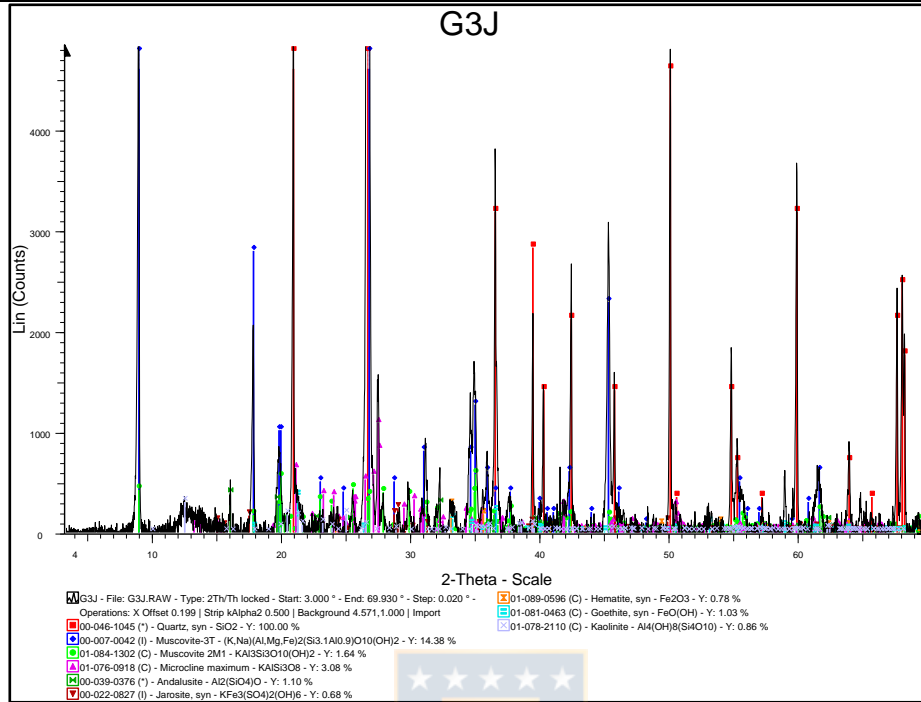
# Muestra D-4



# Muestra F7 ac



# Muestra G3J



**Tabla 3.1 Resultados cualitativos mediante difracción de rayos X en la roca total.** \*\*\* = Fase muy abundante, \*\* = Fase abundante, \* = Fase minoritaria, Tr = Fase traza, ? = Fase dudosa.

Muestra	Mineralogía cualitativa										
	Cuarzo	Feldespatos K	Plagioclasas	Biotita	Muscovita	Esmeclita	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 IV**

**ANÁLISIS DE ORO**

## CERTIFICADO DE ANALISIS

**Informe** : N° 45000 (Folio 45000)  
**Razón Social** : SR. CARLOS CARRASCO  
**Solicitante** : Sr. Carlos Carrasco  
**Muestra** : Mineral  
**E - mail** : [carlos@sancarlosltda.cl](mailto: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 Alguinta Segura**  
 Jefe Laboratorio  
 Análisis Mineros

Coquimbo, 19 de Febrero de 2014

## CERTIFICADO DE ANALISIS


**Informe** : N° 42706 (Folio 42706)  
**Razón Social** : SR. CARLOS CARRASCO  
**Solicitante** : Sr. Carlos Carrasco  
**Muestra** : Mineral  
**E - mail** : [carlos@sancarlosltda.cl](mailto: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 Desmonte	3.5
4008 Regalada 4 Beta	5.4
4009 R 4 ½ Cerro	17.9

Análisis	4007 R 4 Desmonte	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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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 Alajunta 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](mailto: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 muestras analizadas las que fueron proporcionadas por el cliente.



**Fernando Alquiña 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

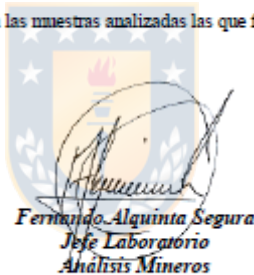
## CERTIFICADO DE ANALISIS

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



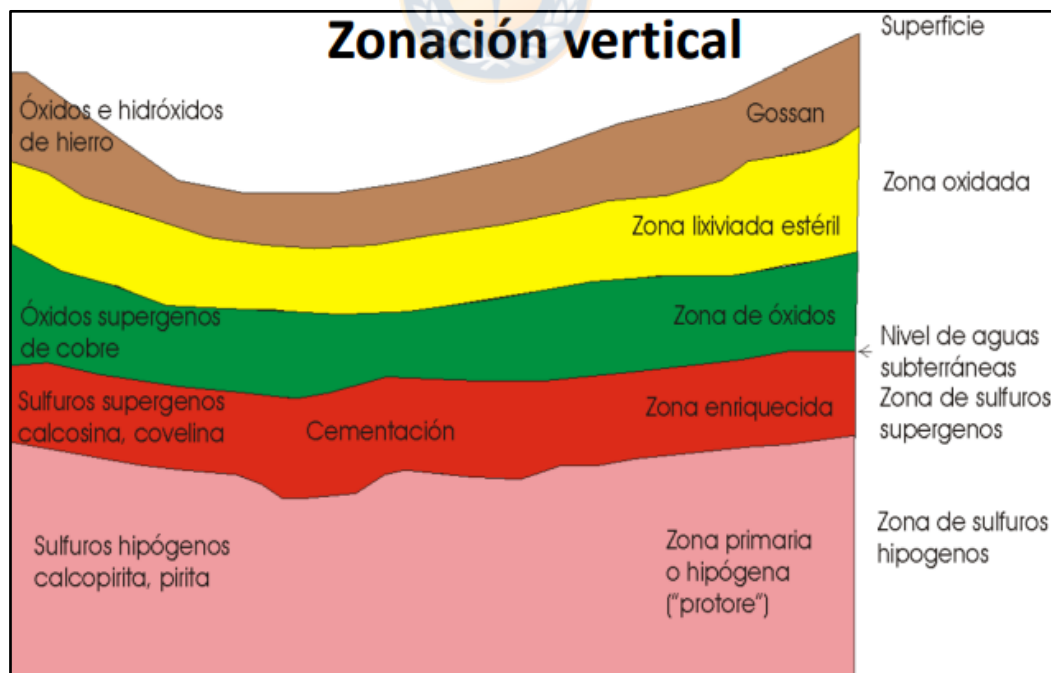
## **ANEXO V**

### **CUADRO COMPARATIVO Y MODELO TEÓRICO**

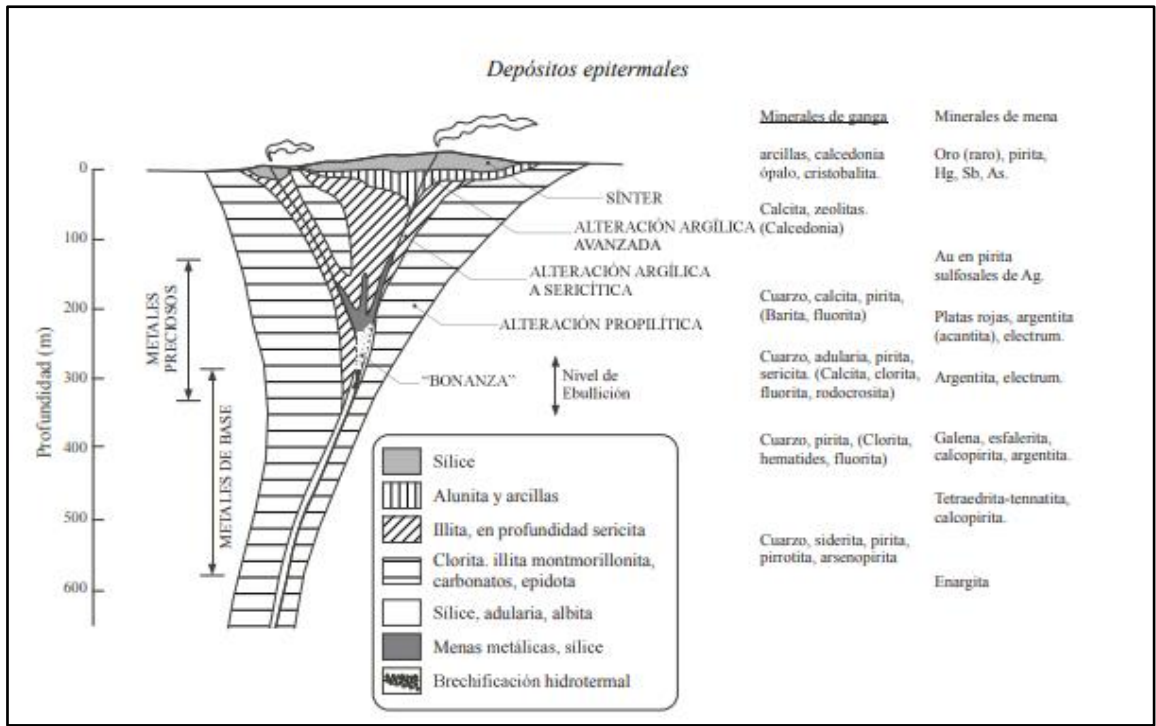
Características	Alta sulfuración	Proyecto Regaladas	Baja sulfuración	Proyecto Regaladas
Controles de emplazamiento	Fallas a escala regional o intrusiones .	SI	Cualesquiera fallas o zonas de fractura estrechamente relacionadas a centros volcánicos.	SI
Alteración asociada	Vuggy silico, argílica avanzada y propilítica.	NO SOLO PROPILÍTICA	Sinter, argílica avanzada restringida, filica, argílica intermedia y propilítica.	SI FILICA, PROPILÍTICA Y ARGÍLICA
Minerales clave de alteración	Alunita cristalina; en profundidad, pirofilita.	NO	Sericita o illita ± adularia, clorita.	SI SIN ADULARIA
Características distintivas o notables	Presencia de niveles calentados por vapor (niveles superficiales), cuarzo poroso o vuggy.	NO	Presencia de sinteres y niveles o cobijaduras de calcedonia (niveles superficiales).	SI CALCEDONIA
Carácter de la mineralización económica	Típicamente diseminada, poco común como relleno de cavidades o porosidad. Asociados a alteración argílica avanzada.	NO SOLO DISEMINADO	Característicamente como relleno de cavidades o porosidad. Hacia la superficie se presenta en stockwork o diseminada.	SI
Minerales de ganga	Calcedonia: ausente en la mayoría. Carbonatos: ausentes. Alunita y pirofilita: pueden ser abundantes.	NO	Calcedonia: común, en bandas. Carbonatos: presentes, comúnmente calcita. Alunita y pirofilita: escasas.	SI
Abundancia de sulfuros	10–90% del volumen total. Abundante en sulfuros.	NO	1–20% del volumen total, pero típicamente menos del 5%, pirita predominante. Bajo en sulfuros.	SI

*Modificado Camprubi y otros (2003)*

**Figura 5.1 Cuadro comparativo.** Comparación entre epitermales de baja sulfuración, epitermales de alta sulfuración y Proyecto Regaladas. Modificado de Camprubi y otros (2003).



**Figura 5.2 Perfil supérgeno típico de un depósito con mineralización primaria de calcopirita, pirita y cuarzo.** Álvarez, F. (2016). Procesos supérgenos [Material de clases]. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.



**Figura 5.3** Esquema estructural general de los depósitos epitermales de baja sulfuración. Modificado de Buchanan (1981) en Camprubi y Albinson (2006).

