



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**“CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE UNIDADES
TEXTURALES CON MINERALIZACIÓN DE MAGNETITA, MINALOS
COLORADOS, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE”**

Yesenia Alejandra Cofré Urbina

Copiapó, Chile 2023



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**“CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE UNIDADES
TEXTURALES CON MINERALIZACIÓN DE MAGNETITA, MINALOS
COLORADOS, REGIÓN DE ATACAMA, CHILE”**

“Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Geólogo”

Profesor guía: Dr. Karl Riveros Jensen

Mario Lagos Batarce

Yesenia Alejandra Cofré Urbina

Copiapó, Chile 2023

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a quienes me ayudaron a la realización de este trabajo de título y que me acompañaron durante todo este proceso y estadia en la Universidad de Atacama.

Quiero agradecer a mi profesor guía, Karl Riveros Jensen, por su dedicación, su preocupación, el apoyo brindado, la buena disposición, su sabiduría y su comprensión, en el desarrollo de esta memoria, ya que sin su ayuda no podría haberlo logrado.

Agradecer al geólogo a cargo Mario Lagos Batarce, quien a lo largo de la memoria me brindó todo su apoyo, su tiempo, su experiencia, su comprensión pero sobre todo su paciencia conmigo. Sin duda las reuniones online fueron instancias enriquecedoras. Agradecida de su equipo en Mina los Colorados, quienes me apoyaron en todo momento.

Un agradecimiento especial al Sr. Rodrigo Arancibia de la empresa CMP, por proporcionarme esta valiosa oportunidad de hacer la memoria en Mina Los Colorados por su buena disposición y la confianza depositada.

Quiero dar las gracias a mi familia, a mi padre Ricardo, a mis hermanos Ricardo y Carlos, a mi hijo Joshue y especialmente a mi madre Ingrid, cada uno de ellos son un pilar fundamental en mi vida. Gracias por su apoyo infinito, por ayudarme en los momentos que pensé que había elegido el camino incorrecto. Gracias por no dejar que me rindiera nunca y por decirme siempre que luche por mi sueño. Por los esfuerzos que realizaron en todo sentido, les estoy y estaré eternamente agradecida. También agradecer a mi tía Anahí, tío Sergio y a mis primas por todo su apoyo brindado y considerarme como a una hija más. Quiero dar las gracias, aunque ya no estén aquí conmigo pero fueron demasiado importantes para mí, a pesar de su corta estadía en esta vida, Evelyn, Emilio y Alice gracias por que fueron parte de mi familia, por su compañía y apoyo. Sé que me observan desde el cielo, espero volverlos a ver.

Por último agradecer a Dios, por darme la mejor familia, por poner personas que siempre me ayudaron a seguir adelante, por las experiencias vividas a lo largo de mi vida.

Muchas gracias a todos por formar parte de esta experiencia universitaria, que sin duda la sufrí pero sobretodo la disfruté.

Índice

Capítulo – 1: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Contexto del problema de investigación.....	13
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo General	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Ubicación y accesos.....	13
Capítulo – 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Depósitos de Hierro – apatito (tipo IOA).....	15
2.2 Marco geológico regional.....	15
2.1 Marco geológico local	20
2.1.1 Generalidades del yacimiento	20
2.1.1 Litología y alteración hidrotermal.....	21
2.1.2 Mineralización	25
Modo de ocurrencia macizo.....	26
Modo de ocurrencia brechoso.....	27
Modo de ocurrencia guías y diseminado.....	27
2.1.3 Geología estructural	28
Capítulo – 3: METODOLOGÍA	31
3.1 Etapa de gabinete:.....	31
3.2 Recolección y selección de muestras:.....	31
3.2.1 Criterios de selección de muestras para el análisis en laboratorio:	32
3.3 Estudios petrográficos y calcográficos:	34
Capítulo – 4: RESULTADOS	35
4.1 Litología.....	35
Dominio Oeste	35
Dominio Este	39
4.2 Alteración.....	41
Dominio Oeste	41
Dominio Este	44
4.3 Mineralización.....	46
Dominio Oeste	47
Dominio Este	52
4.4 Densidad, tonelaje, % de Fe magnético y volumen del depósito Los Colorados.....	55

4.5	Representatividad de Leyes.....	56
4.6	Ley de Hierro.....	60
Capítulo – 5: DISCUSIÓN		61
5.1	Modelo genético.....	61
5.2	Alteración hidrotermal.....	64
5.3	Texturas y leyes.....	65
Capítulo – 6: CONCLUSIONES		67
ANEXO A		69
Descripciones petrográficas de secciones pulidas y transparentes.....		69
REFERENCIAS		113

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación y accesos al yacimiento Los Colorados desde la ciudad de Vallenar (Fuente: Google Earth).....	14
Figura 2: Mapa geológico simplificado de las estructuras principales del segmento Salado del SFA, modificado de Emparan y Pineda (1999), SERNAGEOMIN (2003), y Creixell et al (2013).	19
Figura 3: Representación de los cuerpos mineralizados en el depósito (CMP, 2020).....	20
Figura 4: Mapa de la geología local del yacimiento Los Colorado.	24
Figura 5: mapa de mina Los Colorados donde se observa lo que se va a extraer durante el próximo quinquenio. La zona de color gris es material estéril, la zona de color rojo es la unidad textural macizo, la zona de color azul es la unidad textural brechosa y la zona de color celeste es la unidad textural guías y diseminado (CMP, 2020).	26
Figura 6: Magnetita con modo de ocurrencia macizo.....	27
Figura 7: Magnetita entrecrecida con actinolita.	27
Figura 8: Magnetita diseminada y en finas vetillas o guías.	28
Figura 9: Ubicación de las principales fallas del yacimiento Los Colorados (CMP, 2020).	29
Figura 10: Segmentos del Sistema de Falla de Atacama (Fortín, 2013).....	30
Figura 11: Imagen de ambos dominios genéticos existente en Mina Los Colorados (CMP, 2020).	35
Figura 12: Fotomicrografías de modo de ocurrencia macizo en el dominio oeste. A) Muestra MAC 2W – 10 – 2, se observan agregados de cristales subhedrales de plagioclasas y cuarzo (aumento 200x luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra MAC 2W – 9 – 5, se exhiben actinolitas aciculares con magnetita masiva (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra MAC 4W – 13 – 4, presenta cristales aciculares de antofilita, actinolita, cuarzo y plagioclasas (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Qz: cuarzo, Plg: plagioclasa, Act: actinolita, Ant: antofilita y Op: opacos.	36
Figura 13: Fotomicrografías de modo de ocurrencia brechoso en el dominio oeste. A) Muestra BRE 3W – 9 – 5, se observa actinolita con minerales opacos ocupando intersticios (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra BRE 4W – 20 – 4, se evidencia cristales de plagioclasas microfracturada (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra BRE 4W – 24 – 4, se presentan cristales de actinolitas con escasa presencia de cristales subhedrales de biotita (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). D) Muestra BRE 4W – 15 – 4, exhibe actinolita fibrosa, con cristales aciculares de antofilita y calcita como alteración (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Plg: plagioclasa, Bt: biotita, Ant: antofilita, Cc: calcita y Op: opacos.	37
Figura 14: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio oeste. A) Muestra DIS 1W – 7 – 4, se observa biotita subhedral, con escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivaje (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 3W – 4 – 2, exhibe cristal subhedral de plagioclasa con agregados aciculares de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra DIS 3W – 6 – 4, muestra del fragmento de composición diorítica, con cristales de plagioclasas reemplazadas por sericita y arcillas obliterando su textura original, cristales de actinolitas y opacos en sus intersticios (aumento 100x, nicoles cruzados). D) Muestra DIS 3W – 16 – 2, muestra de andesita porfídica, se exhibe plagioclasa con maclas moderadamente conservadas, agregados de actinolitas (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Bt: biotita, Act: actinolita, Plg: plagioclasa y Op: opacos.	38
Figura 15: Fotomicrografías de modo de ocurrencia brechoso en el dominio este. A) Muestra	

BRE 3E – 21 – 4, se presenta cristales aciculares de actinolita, agregados de cuarzo y calcita rellenando intersticios (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra BRE 2E – 17 – 4, se observa cristales de actinolita, cristales de aciculares de antofilita y cuarzo (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra BRE 2E – 18 – 1, se exhibe cristales aciculares de actinolita entrecrecida con minerales opacos (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Qz: cuarzo, Ant: antofilita, Cc: calcita y Op: opacos.39

Figura 16: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y disseminado en el dominio este. A) Muestra DIS 1E – 37 – 4, se presentan agregados de cuarzo, cristales de actinolita y opacos (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra DIS 1E – 45 – 2, constituida por actinolita y opacos con cristales de turmalina (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra DIS 3E – 7, se observa cristales de turmalina, dando un aspecto hidrotermal a la roca (aumento 200x, nicoles paralelos). Act: actinolita, Qz: cuarzo, Tur: turmalina y Op: opacos.40

Figura 17: fotomicrografía de modo de ocurrencia macizo en el dominio oeste. A) Muestra MAC 4W – 13 – 4, se observa cristales de actinolita con reemplazo de clorita y epidota (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra MAC 2W – 9 – 5, presenta cristales subhedrales de plagioclasas con reemplazo de sericita y epidota (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) vetilla rellena por cristales de yeso (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Plg: plagioclasa, Qz: cuarzo, Ye: yeso y Op: opacos.42

Figura 18: Fotomicrografías de modo brechoso en el dominio Oeste. A) Muestra BRE 3W – 9 – 5, se presentacristales de actinolitas, plagioclasas reemplazadas por sericita y arcillas (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra BRE 5W – 5 – 2, se observa cristales de actinolitas reemplazados por arcillas y epidota(aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra BRE 4W – 24 – 4, exhibe cristales de actinolitas y plagioclasas con reemplazo por sericita (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). D) Muestra BRE 4W – 15- 4, presenta actinolita fibrosa, antofilita acicular y calcita como alteración (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Plg: plagioclasa, Ep: epidota, Ser: sericita, Ant: antofilita, Cc: calcita y Op: opacos. 43

Figura 19: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y disseminado en el dominio oeste. A) Muestra DIS 1W – 7 – 4, se observa un reemplazo intenso por sericita y arcillas (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 3W 5 – 3, presenta plagioclasas con reemplazo por sericita y epidota (aumento 100x, luz trans.,nicoles cruzados). C) Muestra DIS 1W – 7 – 4, exhibe actinolita acicular cloritizada (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). Sr: sericita, Ar: arcilla, Plg: plagioclasa, Ep: epidota, Clo: clorita, Cc: calcita, Anh: anhidrita,y Op: opacos.44

Figura 20: Fotomicrografía de modo de ocurrencia brechoso en el dominio este, muestra BRE 2E – 18 – 1, seobservan cristales de calcita ocupando intersticios de la magnetita (Mg) (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Mg: magnetita.45

Figura 21: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y disseminado en el dominio Este. A) Muestra DIS 1E – 38 – 1, se presenta actinolita y plagioclasas, reemplazados moderadamente por sericita y arcillas (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra DIS 3E – 7, exhibe plagioclasas con reemplazo por sericita y arcillas, escasos cristales de anhidrita y epidota (aumento 200x, nicoles cruzados). C) y D) Ambas son la mismamuestra DIS 1E – 52 – 3, en C) se observa plagioclasas reemplazadas por arcillas y sericita y agregados de clorita, mientras que D) se observa agregados de calcita y clorita (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). E)Muestra DIS 2E – 27 – 4, presenta cristales de plagioclasas reemplazada por sericita y albita. (aumento 40x, luztrans., nicoles cruzados). Plg: plagioclasa, Act: actinolita, Clo: clorita, Cc: calcita y Op: opacos.46

Figura 22: Fotomicrografías de modo de ocurrencia macizo en el dominio oeste. A) Muestra MAC 4W – 12 – 4, presenta magnetita masiva (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra MAC 2W – 9 – 5, exhibevetilla de pirita con microfracturas cortado a magnetita masiva (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra MAC 2W – 10 – 2, se observa magnetita masiva con

escasos cristales de pirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra MAC 2W – 10 – 2, exhibe magnetita masiva con reemplazo por hematita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). Mg: magnetita, Py: pirita y Hm: hematita.....47

Figura 23: Fotomicrografías de modo de ocurrencia brechoso en el dominio oeste. A) Muestra BRE 3W – 15, se observa magnetita con inclusión de pirita, la cual está siendo reemplazada por calcopirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra BRE 3W – 19 – 5, presenta cristal subhedral de pirita alojado en los planos de clivaje de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra BRE – W – EXP04, exhibe magnetita en contacto con pirita, siendo ésta reemplazada por calcopirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra BRE 4W – 11 – 12, se presenta magnetita con calcopirita anhedral reemplazada desde los bordes por calcosina (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). E) Muestra BRE 3E – 15 y F) Muestra BRE 5W – 5 – 2, en ambas muestras se observa magnetita con reemplazo por hematita desde los bordes y planos de fracturas (aumento 200x y 100x respectivamente, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Mg: magnetita, Py: pirita, Cpy: calcopirita, Ccs: calcosina y Hm: hematita.49

Figura 24: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio Oeste. A) Muestra DIS 2W – 4 – 2, presenta magnetita microfracturada con reemplazo de hematita y agregados de pirita subhedral (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 3W – 4 – 2, exhibe magnetita diseminada ocupando espacios entre los cristales de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra DIS 3W – 16 – 2, se observa un sector de roca andesítica con mineralización de magnetita diseminada (aumento 20x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra DIS 2W – 11, presenta pirita diseminada reemplazada por calcopirita (aumento 500x, nicoles paralelos).) Muestra DIS 2W – 4 – 2, se observa magnetita con leve reemplazo por hematita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). F) Muestra DIS 1W – 7 – 4, exhibe magnetita con reemplazo moderado por hematita desde los bordes (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Plg: plagioclasa, Mg: magnetita, Hm: hematita, Py: pirita y Cpy: calcopirita. ...51

Figura 25: Fotomicrografía de modo de ocurrencia brechoso en el dominio Este. A) Muestra BRE 2E – 18 – 1, presenta magnetita con inclusión de pirita subhedral reemplazada por calcopirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra BRE 3E – 17 – 1, se observa pirita subhedral, alojada en planos de clivajes de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra BRE 2E – 17 – 4, se exhibe magnetita masiva con actinolita acicular (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra BRE 3E – 17 – 1, presenta magnetita microfracturada con reemplazo leve por hematita desde los planos de fractura (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Mt: magnetita, Py: pirita, Cpy: calcopirita y Hm: hematita.....52

Figura 26: Fotomicrografía de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio este. A) Muestra DIS 1E – 38 – 1, presenta agregados de magnetita reemplazada por hematita, además se observa cristal de actinolita con magnetita alojada en sus planos de clivaje (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 2E – 29 – 1, exhibe agregados de magnetita con cristales subhedrales de pirita microfracturados y calcopirita anhedral (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra DIS 1E – 52 – 3, presenta cristales de magnetita microfracturados (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra DIS 1E – 42 – 4, se observa agregados de magnetita subhedral reemplazada por hematita, presenta inclusiones de pirita, además exhibe calcopirita en contacto con magnetita (aumento 100x, luz trans., nicoles paralelos). E) Muestra DIS 1E – 37 – 4, exhibe magnetita reemplazada por hematita desde los bordes (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Mt: magnetita, Py: pirita, Cpy: calcopirita y Hm: hematita.....54

Figura 27: A) Volumen por dominio del depósito. B) volumen por las menas de hierro.....56

Figura 28: Histograma del macizo W, con un total de 57 muestras analizadas.....57

.....58

Figura 29: Histograma del brechoso W, presenta 103 muestras examinadas.....58

Figura 30: Histograma para guías y diseminado W, con 46 muestras estudiadas.....	58
Figura 31: Histograma del brechoso E, con 35 muestras analizadas.	59
Figura 32: Histograma para guías y diseminado E, presenta 108 muestras estudiadas.	59
Gráfico 4.4: Distribución de las muestras según textura en ambos dominios.....	60
Figura 33: A la izquierda, modelo de inmiscibilidad magmática (Tornos et al., 2016). A la derecha, modelo de reemplazo hidrotermal (Sillitoe y Burrows, 2002). Ambos modelos propuestos para la formación de depósitos IOA.	61
Figura 34: Modelo de flotación de magnetita para la formación de depósitos IOA (Knipping et al., 2015a).....	62

Índice de tablas

Tabla 3.1: Tabla resumen donde se observa la cantidad de muestras seleccionadas, según el tipo detextura y cuerpo presentes en el yacimiento.....	32
Tabla 3.2: Se identifican las 42 muestras que fueron seleccionadas bajo los criterios mencionados anteriormente, indicando al sondaje que pertenece y la profundidad.	33
Tabla 4.1: Resumen de la litología presente en cada unidad textural.	41
Tabla 4.2: Resumen de la mineralización observadas en las unidades texturales.	55
Tabla 4.3: Parámetros del depósito.	56
Tabla 5.2: Resumen de las alteraciones presentes en las unidades texturales, la línea segmentada indica menos intensidad que la línea continua.	65

RESUMEN

Mina Los Colorados corresponde a un yacimiento de hierro del tipo magnetita – apatito, el cual se encuentra ubicado en la Franja Ferrífera de Chile, asociado al Sistema de Falla de Atacama. Las unidades geológicas locales relacionadas a este depósito corresponden a rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias de la Formación Punta del Cobre de edad Jurásico superior – Cretácico inferior. Este yacimiento es de alta ley y está compuesto de dos cuerpos tabulares de magnetita masiva, denominados Dique de Fe W y Cuerpo Irregular E. Sin embargo, en los últimos años el mineral de hierro no ha llegado al producto esperado, presentando problemas o inconvenientes para la planificación minera a largo y corto plazo. Esta situación ha originado diversos estudios que tratan de explicar el comportamiento metalúrgico que posee el mineral de hierro, para así disminuir los riesgos operacionales. Es por eso que el objetivo principal de este estudio, es caracterizar geológicamente las unidades mineralizadas con magnetita. Este trabajo es importante ya que se comprenderá de mejor manera el modo de ocurrencia de la mineralización, aspecto clave para el proceso metalúrgico. Para ello se realizaron estudios petrográficos y calcográficos, pertinentes a las unidades locales Metandesita e Intrusivo Central, estas dos unidades locales se diferencian por su mineralogía, leyes de hierro y mineralización. Además, se obtuvieron datos de informes internos del yacimiento, lo cual permitió calcular el volumen y representar de mejor manera las leyes de hierro de las menas. Se definieron tres tipos de modos de ocurrencia: Macizo, Brechoso y Guías y Diseminado. Estas ocurrencias también pueden ser consideradas como unidades texturales. Las alteraciones presentes consisten en argílica y fílica, ambas de manera moderada a intensa, se encuentran presentes en los tres tipos de unidades texturales, en cambio la alteración propilítica solo se localiza en la unidad textural Guías y Diseminado.

Capítulo – 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto del problema de investigación

El principal objetivo del yacimiento Los Colorados, es abastecer de preconcentrado de hierroy Sinter Feed a Planta de Pellets (ubicada en Huasco) y a Planta Magnetita (ubicada en Tierra Amarilla). Sin embargo, el mineral que llega a las plantas metalúrgicas de hierro muchas veces no cumple con las especificaciones requeridas para la elaboración de producto de alta calidad (ley >67% de Fe). Es por esta razón que al incrementar el conocimiento geológico de las unidades mineralizadas con magnetita, ayudará a optimizar el modelo geometalúrgico, lo cual permitirá una mejor predicción de la calidad del mineral.

Este trabajo de memoria se enlaza con el desarrollo del modelo geometalúrgico del yacimiento que actualmente está en curso.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar geológicamente las unidades mineralizadas con magnetita en Mina Los Colorados, con la finalidad de incrementar el conocimiento geológico de la ocurrencia de la mineralización.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la litología, alteración y mineralización de las unidades texturales presentes en Mina Los Colorados.
- Levantar información existente del yacimiento Los Colorados, referida a la geología, leyes de hierro, texturas de las menas de hierro, densidad, tonelaje, volumen, % de Fe magnético del depósito.
- Actualizar la base de datos de Los Colorados con observaciones respecto a las texturas de las menas de hierro.

1.3 Ubicación y accesos

El yacimiento Los Colorados se ubica en la comuna de Huasco, región de Atacama, aproximadamente a 30 km de la ciudad de Vallenar. Se encuentra geográficamente en la latitud $28^{\circ}17'42.35''S$, longitud $70^{\circ}48'29.03''W$ (IronExpert,

s.f).

Para acceder a mina Los Colorados se debe tomar la ruta 5 (autopista Panamericana Norte) hacia el N, se debe avanzar unos 18 km aproximadamente hasta la ruta C – 440, la cual se accede por la izquierda de la ruta 5, recorriendo unos 17 km aproximadamente hasta un desvío al NW. Este desvío corresponde a caminos privados de la Mina Los Colorados, donde se avanza unos 5 km aproximadamente hasta llegar al yacimiento (figura 1).



Figura 1: Ubicación y accesos al yacimiento Los Colorados desde la ciudad de Vallenar (Fuente: Google Earth).

Capítulo – 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Depósitos de Hierro – apatito (tipo IOA)

A lo largo de la Cordillera de la Costa de Perú y Chile, se han descrito depósitos minerales de tipo IOCG, IOA, estratoligados de Cu – (Ag), pórfidos cupríferos y otros depósitos de tipos magmático – hidrotermal, los cuales forman parte de las franjas metalogénicas del Jurásico – Cretácico (Sillitoe y Perelló, 2005; Makshev et al., 2007; Sillitoe, 2012; Hermosilla et al., 2015; Cochilco, 2016; Richards et al., 2017; Yañez y Rivera, 2019).

Los depósitos IOA se componen principalmente de magnetita masiva, la cual puede corresponder a cuerpos tabulares, lentiformes o en algunos casos vetillas de magnetita en cuerpos intrusivos (Sillitoe, 2003), con contenido variable de actinolita y apatito (Nystrom y Henríquez, 1994). Mientras que, los depósitos IOCG se caracterizan por una impronta geoquímica de Fe, Cu y Au, junto a elementos del grupo de tierras raras (REE), cobalto, uranio y torio. La mayoría de estos yacimientos se encuentran hospedados estratigráficamente a formaciones del Jurásico (Fm. La Negra) y Cretácico (Fm. Punta del Cobre). Espacialmente están relacionados a cuerpos intrusivos máficos intermedios de edad cretácica (Sillitoe, 2003).

Es posible encontrar yacimientos IOA alrededor del mundo, en diferentes edades y contextos geológicos, sin embargo, los depósitos en la Franja Ferrífera Chilena son los más jóvenes, convirtiéndose en una zona de estudio única, al encontrarse con depósitos con mayor grado de preservación en comparación con otros yacimientos IOA, los cuales presentan alto grado de alteración y deformación, por lo que dificulta su estudio (Lagas, 2016).

2.2 Marco geológico regional

En el Jurásico inferior – medio, en el área de estudio la subducción se reactivó en el margen andino, en forma sincrónica con el inicio de la ruptura y dispersión de Pangea – Gondwana (Dalziel et al., 1987). En el Jurásico – Cretácico inferior, la subducción estuvo acompañada por un periodo de extensión que se refleja en una compleja serie de cuencas de trasarco, las cuales muestran variación tanto en el tipo de relleno como en el grado de extensión.

En el Cretácico superior, debido al cierre de las cuencas de trasarco a lo largo del margen andino, se produjo una reorganización paleogeográfica, asociada a un cambio desde un régimen de tipo “Mariana” hacia un régimen de subducción tipo “Chileno” (Uyeda y Kanamoi, 1979; Uyeda, 1982), sin cuenca de trasarco y con arco volcánico único (Uyeda, 1982).

Durante el Paleógeno, las cuencas sedimentarias que se desarrollan en la zona de trasarco corresponden a cuencas antepaís, que se relacionan a la flexura elástica de la litósfera en el frente del orógeno andino en progresivo proceso de alzamiento por engrosamiento tectónico compresional (Mpodozis y Allmendinger, 1992). Diversos autores relacionan la migración hacia el E de los arcos magmáticos con un proceso de erosión tectónica del margen (Rutland, 1970; Ziegler et al., 1981; Stern, 1991), que además explicaría, la ausencia de asociaciones sedimentarias de antearco o prismas de acreción.

En el Mioceno superior se produjo una disminución del ángulo de inclinación de la subducción. Esta subducción subhorizontal se asocia a ausencia de actividad volcánica, mientras que el frente de deformación andino alcanza hasta 700 km desde la fosa de Chile – Perú (Jordan et al., 1983; Kay et al., 1987; Isacks, 1988).

El yacimiento Los Colorados se hospeda en la Franja Ferrífera de Chile (FFC), además se encuentra asociado estratigráficamente a la Formación La Negra y Formación Punta del Cobre.

La Formación La Negra con edad comprendida entre el Pliensbachiano y Jurásico superior, se caracteriza principalmente por rocas volcánicas (Welkner et al., 2006), los cuales afloran al norte de la región de Atacama. La secuencia aflora como una franja continua de orientación NNE desde la sierra Astillas hasta el valle del río Huasco. La formación sobreyace mediante discordancia angular sobre areniscas deformadas de la Formación Canto del Agua y su techo no aparece expuesto. Está intruida por el Complejo Plutónico Infiernillo, al W de Los Colorados. Esta formación es una secuencia homogénea de 300 m de espesor mínimo. Está compuesta por andesitas a andesitas basálticas de color rojizo debido a procesos de meteorización. En la base presenta una intercalación con tobas soldadas (García, 1967).

La Formación Punta del Cobre (Segerstrom y Ruiz, 1962), es de origen volcánico con niveles sedimentarios, con una edad comprendida entre el Jurásico superior y el Valanginiano (Welkner et al., 2006). Es una potente secuencia volcánica sedimentaria heterogénea, que aflora como una franja ancha de 25 – 30 km, limitada al W por la unidad cretácica denominada Complejo Plutónico Infiernillo y la Granodiorita Sierra Chañar y limitado por el E con la Formación Nantoco. Su base no está expuesta, pero unos 40 km más al sur, capas volcanoclásticas de la formación sobreyacen, de manera concordante, a coladas de la Formación La Negra. Se encuentra intruido por el Complejo Plutónico Infiernillo, Complejo Plutónico Retamilla, Complejo Plutónico La Higuera y Diorita de Llano de La Jaula. Esta formación se compone por tres secciones: la inferior (2.500 m) es primariamente volcánica y se compone por lavas andesíticas, tobas y calizas. La sección intermedia (400 m) principalmente es clástica, contiene brechas, conglomerados y domos dacíticos. La sección superior (150 m) es volcánica, contiene lavas con intercalaciones menores de calizas (Segerstrom y Ruiz, 1962).

El complejo Plutónico Infiernillo tiene una edad Cretácica inferior (131 – 129 Ma), es un complejo granodiorítico – diorítico, que aflora como una franja NNE, de unos 25 km de largo, desde el Llano de La Jaula hasta el valle del río Huasco. Por el E subyace a lavas y tobas de la Formación Punta del Cobre, mientras que por el W intruye lavas de la Formación La Negra. Se compone de dos subunidades plutónicas, una granodiorita y otra diorita (Arévalo et al., 2003).

Diorita de Llano de la Jaula al igual que el Complejo Plutónico Infiernillo, tiene una edad Cretácica inferior (128 Ma), estas afloran al SE del yacimiento Los Colorados. Se compone de cuerpos dioríticos de piroxeno y anfíbola epidotizadas con texturas faneríticas, microgranulares y porfídicas (Arévalo y Welkner, 2008).

Los Depósitos Aluviales y Coluviales Antiguos, tienen una edad entre Mioceno superior a Plioceno, corresponden a gravas polimícticas, mal a moderadamente consolidadas. Estos depósitos constituyen conos aluviales individuales o coalescentes, depósitos coluviales y llanuras de inundación adas a zonas topográficamente altas. Preservan morfología de abanico. Se exponen al N del

yacimiento Los Colorados, regionalmente en los Llanos Chacritas, Las Campanas y al E del Llano de Lagarto. Estos depósitos cubren las Gravas de Atacama y todas las rocas que constituyen el basamento de esta última unidad (Arévalo y Welkner, 2008).

Estructuralmente, se encuentra el Sistema de Fallas de Atacama (SFA). Este sistema de fallas se divide en 3 segmentos principales, los cuales son, de N a S, Salar del Carmen, Paposo y Salado. Los primeros indicios de actividad están limitados entre el Jurásico superior y Cretácico inferior (Scheuber y Andriessen, 1990). Estudios más detallados señalan que el segmento Salado, ubicado en la Cordillera de la Costa (Thiele y Pincheira, 1987), tiene tres estructuras primordiales, de rumbo NNE, que de W a E son la Zona de Cizalle Infiernillo, la Faja Plegada y Corrida Los Colorados y la Zona de Cizalle Algarrobo (Arévalo et al., 2003).

La Faja Plegada y Corrida Los Colorados (figura 2), abarca un juego de fallas NNE en una franja de hasta 5 km de ancho, la cual cruza la provincia de Huasco, al sur de la mina Los Colorados. Esta estructura deforma las rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación Punta del Cobre (Seegerstrom y Ruiz, 1962) y del Grupo Chañarillo (Seegerstrom y Parker, 1959).

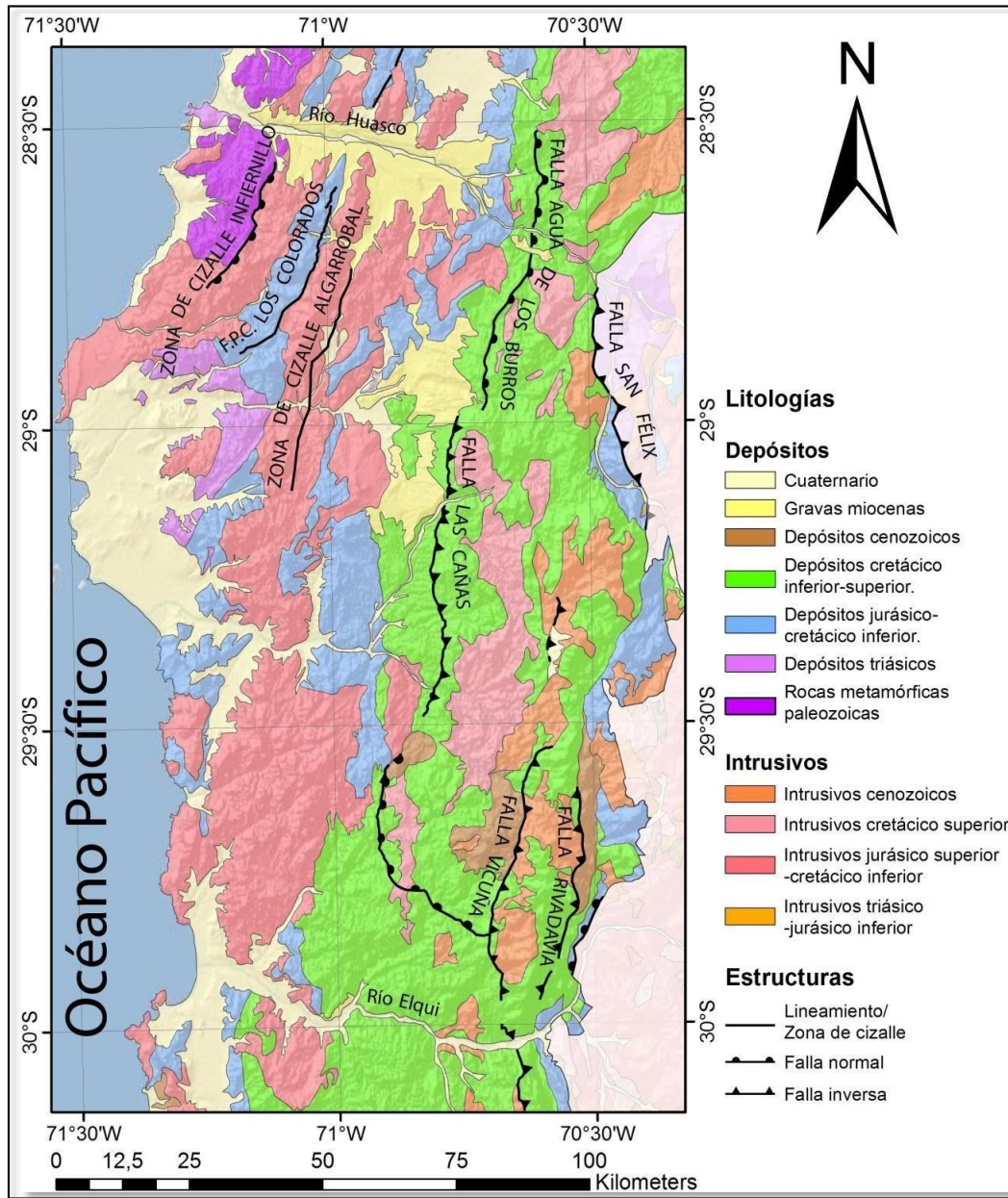


Figura 2: Mapa geológico simplificado de las estructuras principales del segmento Salado del SFA, modificado de Emparan y Pineda (1999), SERNAGEOMIN (2003), y Creixell et al (2013).

2.1 Marco geológico local

2.1.1 Generalidades del yacimiento

La mayoría de los yacimientos IOA de alto tonelaje en Chile se localizan dentro de la Franja de Hierro Chilena, la cual está asociada al dominio de la Zona de Falla de Atacama (ZFA). Esta es una megafalla regional de tipo transcurrente sinistral, con un rumbo aproximadamente de N20°E (Delgado S, 2020). Mina Los Colorados es un yacimiento de hierro de tipo IOA y se ubica en la Franja Corrida y Plegada de Los Colorados (FCPLC), la cual tiene una orientación NNE – SSW (Informe interno CMP, 2020).

Localmente los cuerpos mineralizados se denominan como Dique de Fe W (DW) y Cuerpo Irregular E (CIE) (figura 3). DW es un cuerpo tabular de rumbo N15°E, con una traza aproximadamente de 700 m, una potencia entre 50 – 70 m. Está controlado estructuralmente en ambos flancos, por la falla magnetita W y la falla magnetita E. Hacia el sur, se encuentra desplazada sinistralmente por el sistema de fallas de los colorados de rumbo NS y por la falla sinistral de rumboNW. El CIE tiene una longitud de 600 m y un ancho de 500 m aproximadamente, el cual se emplaza hacia el E del pit controlado estructuralmente hacia el lado W por la falla blanca de rumbo NS. (Delgado S, 2020).

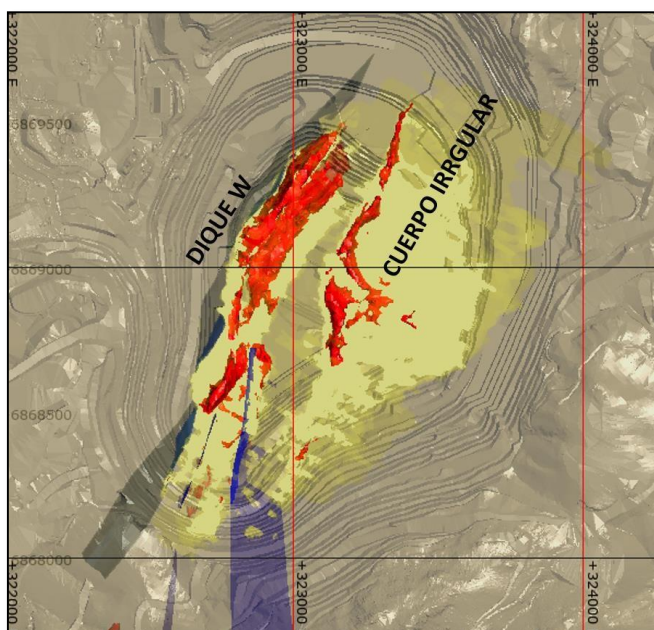


Figura 3: Representación de los cuerpos mineralizados en el depósito (CMP, 2020).

2.1.1 Litología y alteración hidrotermal

El yacimiento Los Colorados se encuentra hospedado en las rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias de la Formación Punta del Cobre (figura 4). Localmente se definen unidades informales en función de la litología y alteración presentes en el depósito. Según Delgado (2020), las principales unidades existentes en el depósito son:

Unidad de andesita pardo rojiza

Es una unidad volcánica que se reconoce principalmente en la pared oeste del rajo Los Colorados. Está constituida por andesitas de textura porfídica, de color rojizo, compactas, con bajo fracturamiento y ligera meteorización. La unidad se conforma generalmente de una masa fundamental de color pardo rojiza intenso y en algunos sectores se presenta con textura de brecha volcánica. Esta unidad se encuentra silicificada. Está en contacto por falla con la mineralización del DW. Presenta un fracturamiento con pátinas de óxidos de hierro que le da un tono rojizo característico.

Esta unidad puede incluir localmente a otras subunidades como calizas y tobas líticas, las que pueden originar variaciones en la calidad geomecánica del macizo rocoso.

Unidad de metandesita

Es una unidad de rocas volcánicas de color verde a gris verdoso, presenta alteración actinolítica débil a intensa, diseminada en la matriz y/o en vetillas con magnetita. La intensidad del vetilleo le concede a la roca un aspecto o textura brechosa, con alta actinolita y baja magnetita, o baja actinolita y alta magnetita. Se detecta pirita ocasionalmente, tanto diseminada como en vetillas. En forma local, esta unidad presenta silicificación moderada a fuerte, así como también se observa clorita y epidota en contenidos variables, constituyendo una propilitización moderada a baja. El fracturamiento es moderado, de 1 a 5 f/m, con rellenos de clorita, magnetita, actinolita y hematita, yesosores de hasta 2 mm. La roca en general es dura a muy dura (40 a 90 MPa), con planos ligeramente ondulados a lisos, superficies estriadas a irregulares a suaves onduladas.

Unidad de andesita cuarzo – feldespáticas

Es una unidad que se observa en la parte norte y sur del rajo, presenta un color rojizo blanquecino a rojo verdoso, con alteración argílica de moderada a intensa y abundante hematita y limonita. En sectores presenta una alteración silíceica que varía de débil a fuerte. Esta unidad presenta una baja densidad y una porosidad media a alta. Estas rocas muestran notorias variaciones en resistencia, pasando de rocas muy duras a blandas (70 a 15 MPa), dependiendo de la alteración dominante. Las fracturas son suaves y ligeramente onduladas a suaves escalonadas, con rellenos de arcilla y hematita. Localmente se detectan sectores brechosos. En las variedades silicificadas la roca es más compacta, reconociendo de 2 a 4 f/m.

Unidad de cuerpo silíceo

Es una unidad que exhibe un color pardo amarillento, son rocas extremadamente duras, presenta alteración silíceica intensa, además de un alto contenido de óxidos de hierro y abundantes limonitas. Se caracteriza por ser compacta y los bloques se quiebran con bordes concoidales.

Unidad intrusiva central

Esta unidad se define como una roca con alteración similar a la metandesita, de posible protolito diorítico, emplazada entre los cuerpos mineralizados E y W, presenta una fuerte alteración hidrotermal, la cual puede ser producto de las soluciones exhaladas por los mismos cuerpos de Fe, muestra alteración silíceica y una fuerte brechización con presencia de cuarzo, feldespatos, clorita, actinolita, piritita (algo de calcopirita) y cantidades variables de anhidrita y yeso. En las cercanías de los contactos con las zonas mineralizadas se observan vetillas y cúmulos de magnetita. Además presenta zonas con una fuerte alteración argílica, la cual está controlada por fallas, donde se observa textura de brecha.

Unidad de diques

En esta unidad se ha observado una litología variable, desde andesíticos, microdioríticos a aplíticos. Los diques son rocas duras (80 a 100 MPa), compactas, presentan un escaso vetilleo de clorita y arcillas, planos levemente ondulados a rectos, con superficies rugosas a estriadas. Fracturamiento débil de 1 a 2 f/m y espesores de 1 mm.

Unidad de diorita

Esta unidad presenta un color gris verdoso, de textura porfídica a microcristalina, la cual está emplazada en el sector SE del pit, con alteración actinolítica – clorita y una silicificación moderada. También exhibe escasa mineralización de Fe (trazas y guías), sin embargo, es posible detectar la presencia de pirita – calcopirita diseminada y en vetillas. En sectores locales presenta un fuerte diaclasamiento.

Unidad de gravas

Esta unidad se define como depósitos de gravas y ripios mal consolidados, adosados a zonasaltas, con un origen posiblemente aluvial. Esta unidad se emplaza en el sector NW del rajo. Los clastos observados en esta unidad son de diferente origen, los cuales están inmersos dentro de una matriz arcillosa.

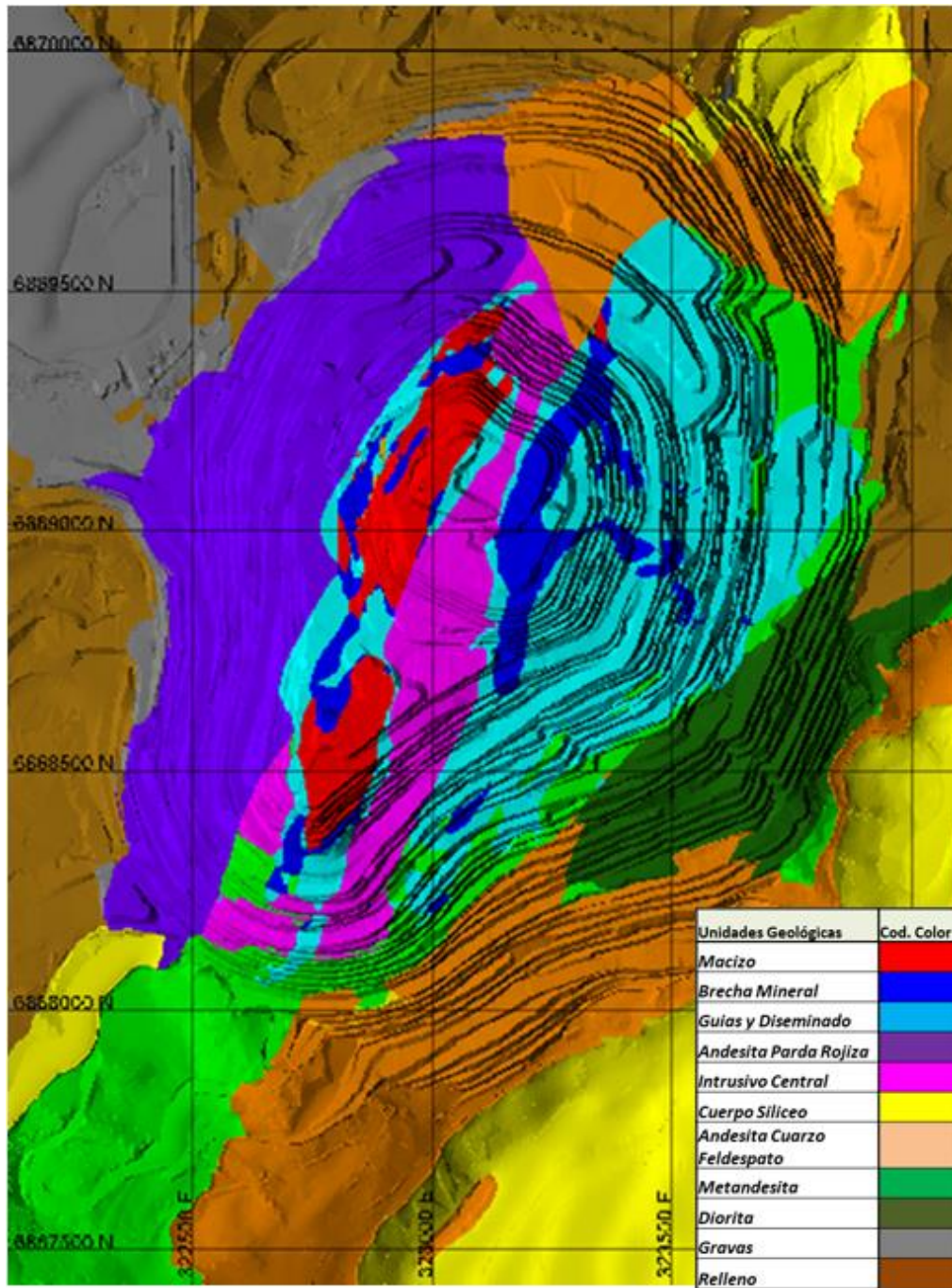


Figura 4: Mapa de la geología local del yacimiento Los Colorado.

2.1.2 Mineralización

A nivel regional el área está en la Franja de Hierro Chilena del Cretácico inferior. En esta franja son encontrados yacimientos tipo “Kiruna” (Vivallo y Henríquez, 1997) o magnetita – apatito(IOA) asociados también a yacimientos del tipo IOCG.

El yacimiento Los Colorados, corresponde a un depósito de características del tipo IOA (hierro – apatito), con fases en transición a un IOCG. El tipo IOA se encuentra representado por el cuerpo central de hierro macizo y de hierro brechoso, el cual presenta una dirección general NNE – SSW. Los minerales de alteración asociados a estos cuerpos corresponden a actinolitas, apatito, titanita, cuarzo, feldespato potásico, biotita, flogopita, epidota, <clorita calcita (Informe interno CMP, 2020).

La parte del yacimiento que estaría asociado a una transición IOCG, corresponde a stockworky disseminaciones de magnetita, las cuales comparten la gran mayoría de los minerales de alteración e impurezas para el proceso (como: sílice, alúmina, azufre y fósforo), pero con mayor abundancia de los mismos, en equilibrio con otras fases hidrotermales dependiendo del sector. En consecuencia, la magnetita y mushketovita se asocian a actinolita Tremolita, apatito, titanita, cuarzo, feldespato potásico, albita, biotita – flogopita, epidota – allanita, <clorita, calcita, sericita – fengita, anhidrita, arcillas indiferenciadas, smectitas, pirita y calcopirita (Informe interno CMP, 2020).

Por otra parte, dependiendo de la disposición mineralógica entre magnetita, los minerales de ganga y el grado de liberación a un tamaño menor a 6 mm, se modelaron 3 tipos de unidades texturales, las cuales tienen diferentes respuestas al proceso metalúrgico. Estos tipos corresponden a; macizo, brechoso y guías&diseminado, las cuales pueden considerarse como Unidades Geometalúrgicas y Geomecánicas (figura 5) (Delgado S, 2020).

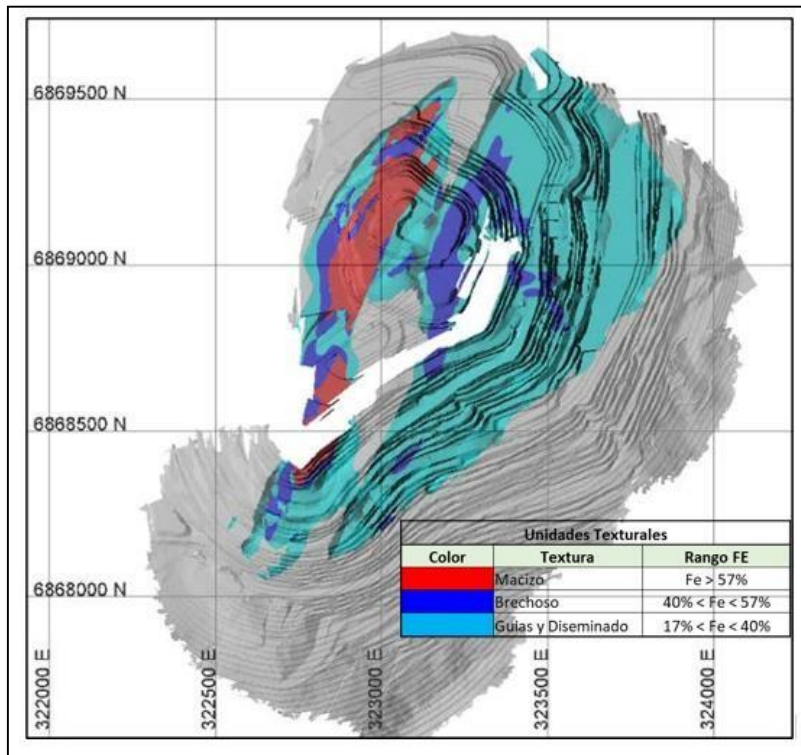


Figura 5: mapa de mina Los Colorados donde se observa lo que se va a extraer durante el próximo quinquenio. La zona de color gris es material estéril, la zona de color rojo es la unidad textural macizo, la zona de color azul es la unidad textural brechosa y la zona de color celeste es la unidad textural guías y diseminado (CMP, 2020).

Modo de ocurrencia macizo

Corresponde a una unidad equivalente a los cuerpos tabulares, se compone principalmente demagnetita con cantidades variables de apatito (flúor o cloroapatito), en ocasiones pirita diseminada y vetillas, raramente cuarzo en finas vetillas y también penetrativo, actinolita como alteración. En los niveles superiores se encuentra levemente hematizado. Presenta un fuerte control estructural NNE en el cual se emplazaron estos diques mineralizados, y un control NNW que corta y desplaza la mineralización (Delgado S, 2020) (figura 6).

Este modo de ocurrencia presenta leyes medias superior al 57% en Fe (Informe interno CMP, 2020).

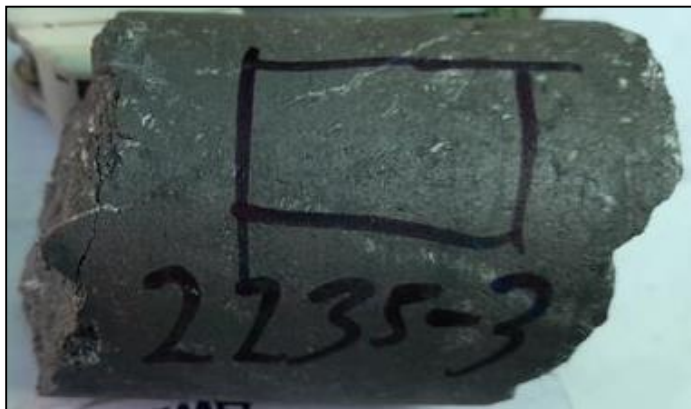


Figura 6: Magnetita con modo de ocurrencia macizo.

Modo de ocurrencia brechoso

Corresponde a magnetita entrecrecida con actinolita (con menor cantidad de clorita, anhidrita, sericita, etc.), los cuales pueden llegar a exhibir tamaños centimétricos y rara vez presenta apatito. Además este modo de ocurrencia incluye, las texturas con un alto contenido de vetillas de magnetita y/o actinolita, con tamaños milimétricos a centimétricos, que le otorgan un aspecto brechoso a la roca (Delgado S, 2020) (figura 7).

La ocurrencia brechosa, tiene un rango de ley que va desde 40% a 57% en Fe (Informe interno CMP, 2020).

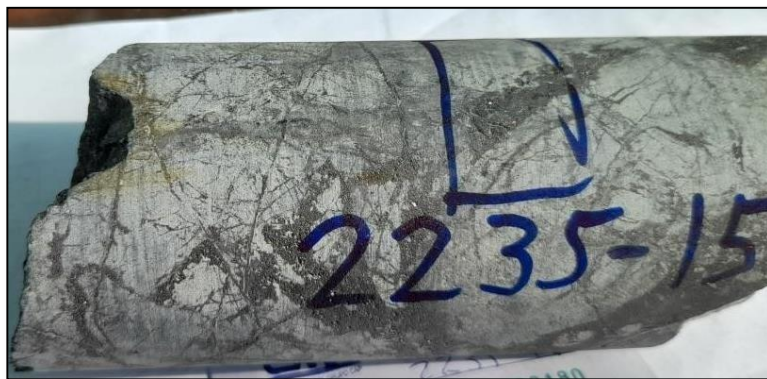


Figura 7: Magnetita entrecrecida con actinolita.

Modo de ocurrencia guías y diseminado

Se caracteriza esencialmente por tener magnetita diseminada y en vetillas o guías muy finas, ocasionalmente con sutura de apatito (cloroapatito). Esta ocurrencia

se encuentra principalmente en las metandesitas o en el intrusivo central. Habitualmente se encuentran en la periferia de los cuerpos mineralizados del yacimiento (Dique de Fe W y Cuerpo Irregular E), donde la alteración hidrotermal, es variable, siendo la más usual la asociación actinolita – clorita – sericita – pirita – sílice (Delgado S, 2020) (figura 8).

Existe un rango de ley amplio que va desde 18% a 40% en Fe (Informe interno CMP, 2020).



Figura 8: Magnetita diseminada y en finas vetillas o guías.

2.1.3 Geología estructural

El depósito en estudio se encuentra en FCPLC (mencionado en el marco geológico local), la cual pertenece a la rama más occidental del segmento El Salado (figura 10) del sistema de Falla de Atacama (Fortín, 2013).

El yacimiento Los Colorados presenta las siguientes estructuras principales (figura 9) (Informe interno CMP, 2020):

- **Falla Magnetita W:** Presenta una dirección NE – SE, manteo de alto ángulo, se encuentra en sector W del yacimiento. Se ha interpretado como el conducto de entrada del primer pulso de mineralización de hierro vetiforme de alta ley.
- **Falla Blanca:** Presenta una dirección NE – SW, se ubica en el sector centro norte del rajo. Controla el segundo pulso de mineralización de hierro de mediana y baja ley.
- **Falla Colorados 2 y Falla Sinestral:** Exhiben un rumbo general NS –

subvertical, las cuales cruzan el yacimiento en la mitad del lado W, segmentan y desplazan por el rumbo la mineralización de alta ley (cortan la Falla Magnetita W).

- **Falla Norte – Sur:** Esta falla atraviesa el yacimiento por el centro, su característica es separarlas dos zonas mineralizadas.
- **Falla Victoria:** Esta falla limita la mineralización hacia el E, corresponde a un cuarto sistema de dirección NE y de manto al W.

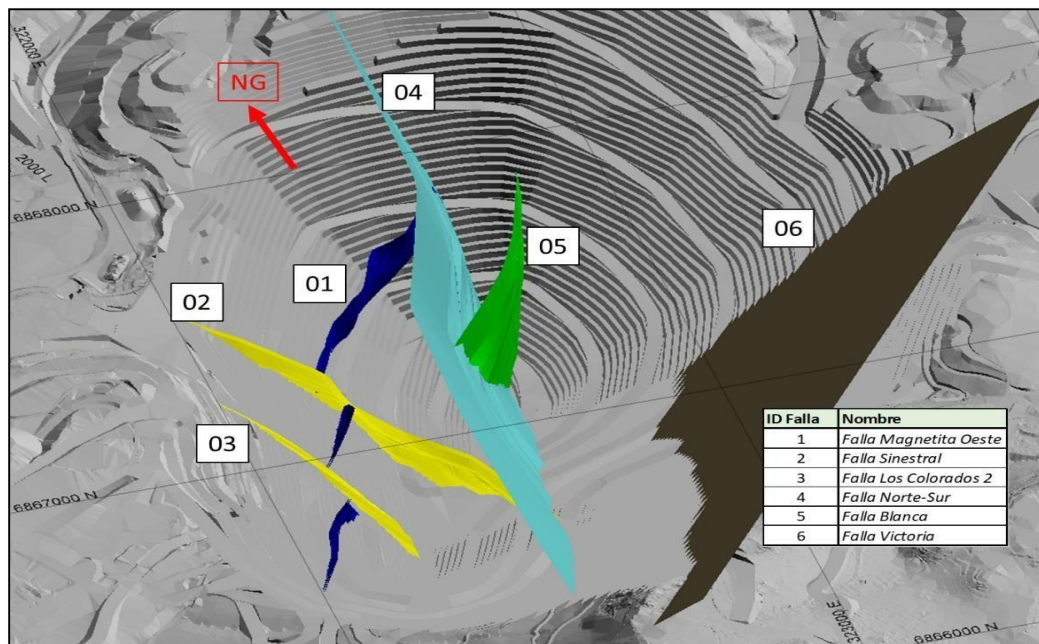


Figura 9: Ubicación de las principales fallas del yacimiento Los Colorados (CMP, 2020).

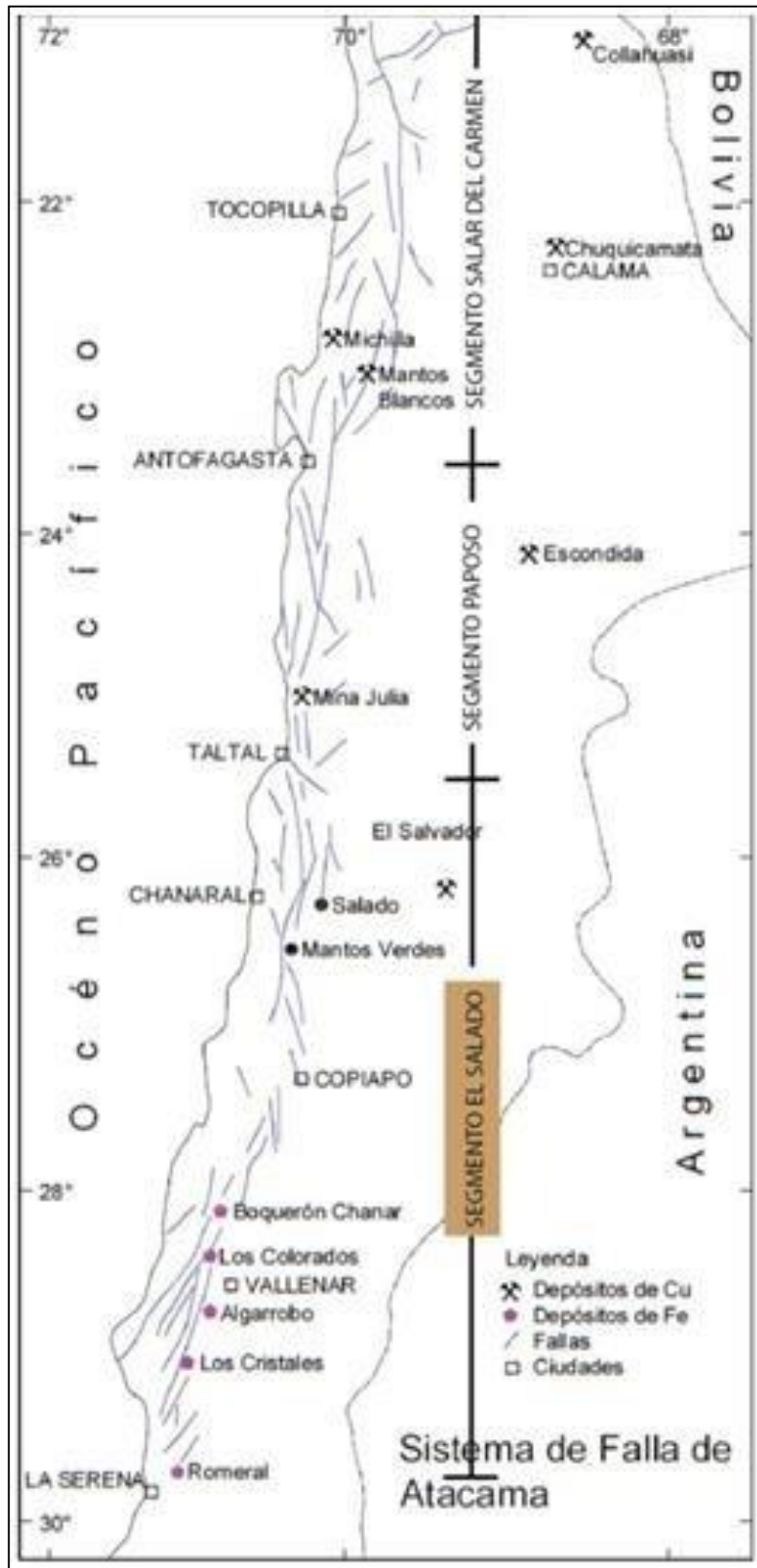


Figura 10: Segmentos del Sistema de Falla de Atacama (Fortín, 2013).

Capítulo – 3: METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta memoria, la metodología de trabajo se dividió en tres etapas: 1) gabinete, donde se procedió a recopilar información, 2) definición de criterios para la recolección y selección de muestras y 3) interpretación de los estudios petro – calcográficos.

3.1 Etapa de gabinete:

En esta primera etapa de la memoria, se recopiló la mayor cantidad de información, por medio de publicaciones, cartas geológicas y publicaciones facilitadas por Compañía Minera del Pacífico (CMP), enriqueciendo y ampliando el conocimiento de la Mina Los Colorados (MLC), y de yacimientos ferríferos, como también el marco teórico realizado.

3.2 Recolección y selección de muestras:

Dentro del marco de generación de un modelo geometalúrgico, el cual permite una mejor predicción de la calidad y propiedades físicas del mineral extraído en Mina Los Colorados (MLC), la Gerencia de Planificación y Desarrollo (CMP) planificó la recolección de muestras de variabilidad destinadas a la realización de pruebas metalúrgicas. Se consideró muestras a partir de tramos de sondajes históricos y geomecánicos, aunque dicho material fue insuficiente para generar el total de muestras requeridas, ya que muchos sondajes históricos son de aire reverso, por lo que paralelamente se diseñó una campaña de perforación, la cual permitió generar el resto de las muestras. Esta campaña se enfocó primordialmente en las fases del quinquenio que comienza en el año 2021 hasta el 2026.

La campaña de sondajes realizada consta de 4500 m de perforación y un total de 30 sondajes. Las muestras proceden de testigos diamantinos, las cuales deben poseer una masa de al menos 70 kg para cumplir con los ensayos metalúrgicos requeridos.

Bajo los criterios anteriormente señalados, se seleccionaron 42 muestras de sondajes, representativas de las unidades texturales presentes en el depósito, para luego ser analizadas en el laboratorio Bureau Veritas y posteriormente realizar la caracterización e interpretación esperada.

3.2.1 Criterios de selección de muestras para el análisis en laboratorio:

- a) Muestras contenidas dentro del volumen del plan minero (quinquenio 2021 – 2026).
- b) El programa de muestreo debe representar las proporciones de cada unidad del plan minero.
- c) Las muestras deben representar espacialmente las unidades del plan minero.

En la tabla 3.1, se muestra un resumen respecto a la cantidad de muestras seleccionadas, según el tipo de textura y cuerpo del depósito. Mientras que en la tabla 3.2, se identifican las 42 muestras seleccionadas bajo los criterios anteriormente descritos, para caracterizar los minerales que forman parte de la explotación del quinquenio en el yacimiento, con sus diferentes sondajes y tramos. Cada uno representa la siguiente codificación: DIS (guías y diseminado), BRE (brechoso) y MAC (macizo).

Tabla 3.1: Tabla resumen donde se observa la cantidad de muestras seleccionadas, según el tipo de textura y cuerpo presentes en el yacimiento

Textura	Cuerpo	Cantidad
Macizo	Oeste	5
Brechoso	Oeste	10
Guías y Diseminado	Oeste	8
Brechoso	Este	4
Guías y Diseminado	Este	15
	Total Muestras	42

Tabla 3.2: Se identifican las 42 muestras que fueron seleccionadas bajo los criterios mencionados anteriormente, indicando al sondaje que pertenece y la profundidad.

Muestras	Profundidad	Sondaje
DIS 1W - 7 - 4	65,60 - 67,45	MLC2108
DIS 2W - 4 - 2	139,10 - 140,55	MLC2108
DIS 2W - 10 - 4	175,30 - 175,5	MLC2108
MAC 4W - 12 - 4	46,9 - 47,75	MLC2109
DIS 3W - 4 - 2	86,85 - 88,40	MLC2109
BRE 3W - 9 - 5	114,90 - 116,85	MLC2109
BRE 4W - 11 - 12	164,50 - 166,85	MLC2109
DIS 3W - 16 - 2	89,85 - 90,90	MLC2110
DIS 1E - 37 - 4	102,30 - 103,90	MLC2110
DIS 1E - 38 - 1	14,15 - 15,70	MLC2111
MAC 4W - 13 - 4	8,80 - 10,5	MLC2112
MAC 2W - 9 - 5	22,6 - 25,0	MLC2112
MAC 2W - 10 - 2	87,90 - 90,0	MLC2112
DIS 1E - 42 - 4	41,00 - 42,05	MLC2113
BRE 4W - 15 - 4	69,00 - 70,85	MLC2114
BRE 3W - 15	73,9 - 74,1	MLC2114
DIS 1E - 45 - 2	54,85 - 57,30	MLC2115
MAC 3W - 24 - 3	74,6 - 77,4	MLC2117
BRE 5W - 5 - 2	104,3 - 106,55	MLC2117
BRE 4W - 20 - 4	43,75 - 45,75	MLC2119
DIS 3W - 6 - 4	76,95 - 79,05	MLC2119
DIS 3W - 5 - 3	7,00 - 7,14	MLC2120
BRE 3W - 16 - 2	37,05 - 40,1	MLC2120
DIS 2E - 25 - 4	45,35 - 47,85	MLC2122
BRE 3W - 19 - 5	61,46 - 61,62	MLC2124
BRE 4W - 24 - 4	72,95 - 73,1	MLC2124
BRE 2E - 17 - 4	33,25 - 39,85	MLC2125
BRE 3E - 21 - 4	50,30 - 51,55	MLC2125
BRE 2E - 18 - 1	46,90 - 48,70	MLC2126
BRE 3E - 17 - 1	81,85 - 84,35	MLC2126
DIS 2E - 29 - 1	139,64 - 139,75	MLC2126
DIS 1E - 54 - 3	26,2 - 26,35	MLC2127
DIS 1E - 52 - 3	60,38 - 60,55	MLC2127
DIS 2E - 31 - 2	19,1 - 19,25	MLC2128
DIS 1E - 55 - 3	126,3 - 126,48	MLC2129
DIS 1E - 56 - 2	305,58 - 305,76	MLC2129
DIS 2E - 34 - 1	107,52 - 107,67	MLC2130
DIS 2E - 35 - 4	218,51 - 218,63	MLC2130
BRE - W - EXP04	145,27 - 164,69	DDHEXP04
DIS 3E - 7	228,90 - 229,16	DDHEXP19
DIS 2W - 11	319,55 - 319,75	DH2070

3.3 Estudios petrográficos y calcográficos:

En esta tercera etapa, se enviaron las muestras seleccionadas bajo los criterios antes mencionados al Laboratorio Bureau Veritas, para confección de las secciones delgadas y pulidas y el posterior estudio petrográfico y calcográfico. Las descripciones petro – calcográficas se realizaron mediante luz transmitida para el análisis petrográfico y mediante luz reflejada para el análisis calcográfico.

Cada informe o estudio petro – calcográfico enviado por el Laboratorio Bureau Veritas, contiene la siguiente información:

- a) Código de la muestra.
- b) Profundidad.
- c) Descripción petrográfica y calcográfica.
- d) Fotomicrografías.

Capítulo – 4: RESULTADOS

En este capítulo se detallan los resultados petrográficos y calcográficos más importantes (las descripciones detalladas se muestran en el anexo A).

Esta información se consolidó considerando los dominios genéticos del depósito (Oeste y Este, figura 11) y ocurrencia mineral (macizo, brechoso y guías y diseminado).

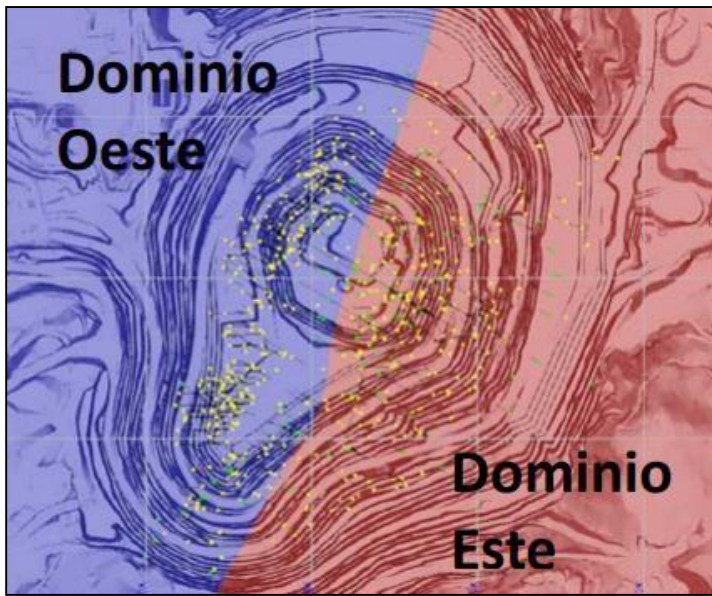


Figura 11: Imagen de ambos dominios genéticos existente en Mina Los Colorados (CMP, 2020).

4.1 Litología

Al final de este sub – capítulo, se presenta la tabla 4.1 donde se muestra un resumen de la litología observada en cada unidad textural.

Dominio Oeste

Las muestras analizadas de la unidad textural macizo, se caracterizan por presentar: actinolita (5 – 20%), plagioclasa (3 – 5%), cuarzo (4 – 7%) y antofilita (1%) (figura 12). La actinolita exhibe cristales subhedrales con tamaños de <0.3 a 3 mm y presenta hábito acicular/fibroso (figura 12B y C). Las plagioclasas muestran cristales subhedrales con tamaños entre <0.3 a <0.8 mm. El cuarzo presenta cristales anhedrales con tamaños de <0.3 a <2 mm (figura 12A y C). Finalmente la antofilita

(figura 12C) solo se encuentra en la muestra MAC 4W – 13 – 4, con cristales de hábito acicular. En esta unidad textural no es posible reconocer la roca caja debido a que las muestras pertenecen al cuerpo mineralizado (DW).

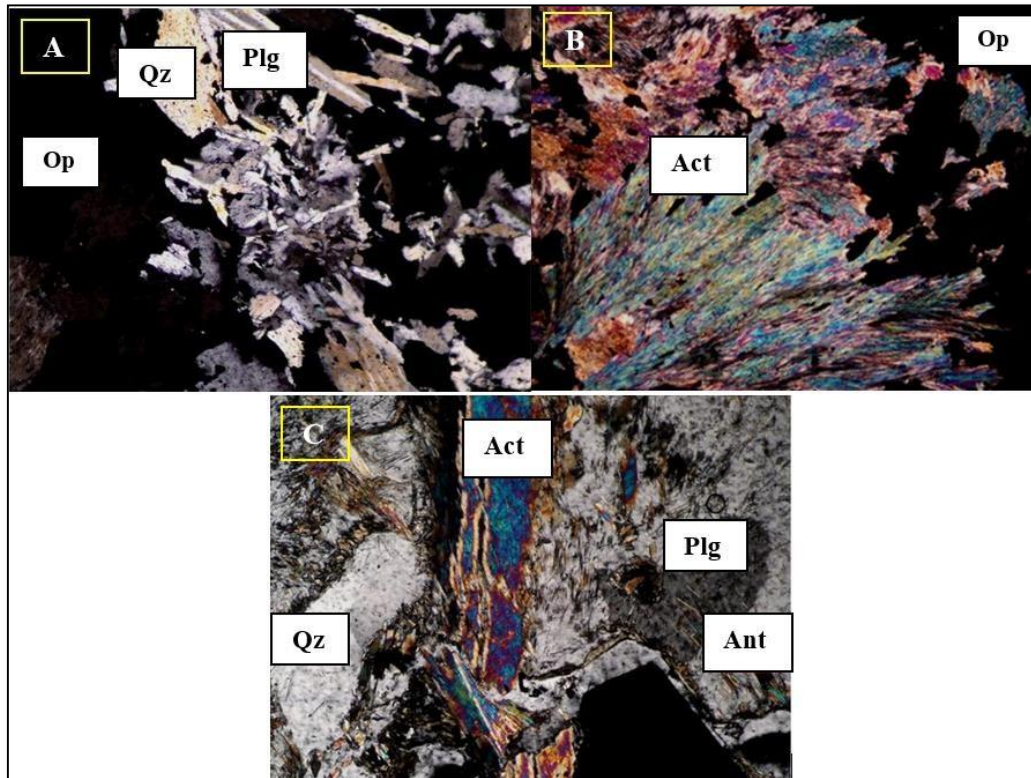


Figura 12: Fotomicrografías de modo de ocurrencia macizo en el dominio oeste. A) Muestra MAC 2W – 10 – 2, se observan agregados de cristales subhedrales de plagioclasas y cuarzo (aumento 200x luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra MAC 2W – 9 – 5, se exhiben actinolitas aciculares con magnetita masiva (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra MAC 4W – 13 – 4, presenta cristales aciculares de antofilita, actinolita, cuarzo y plagioclasas (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Qz: cuarzo, Plg: plagioclasa, Act: actinolita, Ant: antofilita y Op: opacos.

La unidad textural brechoso exhibe: actinolita (15 – 45%), plagioclasas (4 – 25%), cuarzo (4 – 10%), antofilita (12%) y biotita (2%) (figura 13). La actinolita se observa con hábito acicular/fibroso, de tamaño variable entre 0.3 a <4 mm. La plagioclasa presenta cristales subhedrales de tamaños entre 0.5 – 2.4 mm, en algunas muestras se observa microfracturada (figura 13B), debido a procesos de brechización. El cuarzo exhibe cristales anhedrales de tamaños entre <0.15 a 0.5 mm. La antofilita se observa en la muestra BRE 4W – 15 – 4, presenta cristales <0.01 mm, de hábito acicular (figura 13D). Por último, la biotita se encuentra en la muestra BRE 4W – 24 – 4, y muestra cristales subhedrales

(figura 13C). Las muestras estudiadas de esta unidad textural presentan una roca caja variada, las cuales corresponden a: roca indiferenciada (producto al reemplazo intenso de los minerales de alteración, como las arcillas y la sericita), protolito diorítico, brecha de magnetita – actinolita con fragmentos dioríticos y/o microdioríticos.

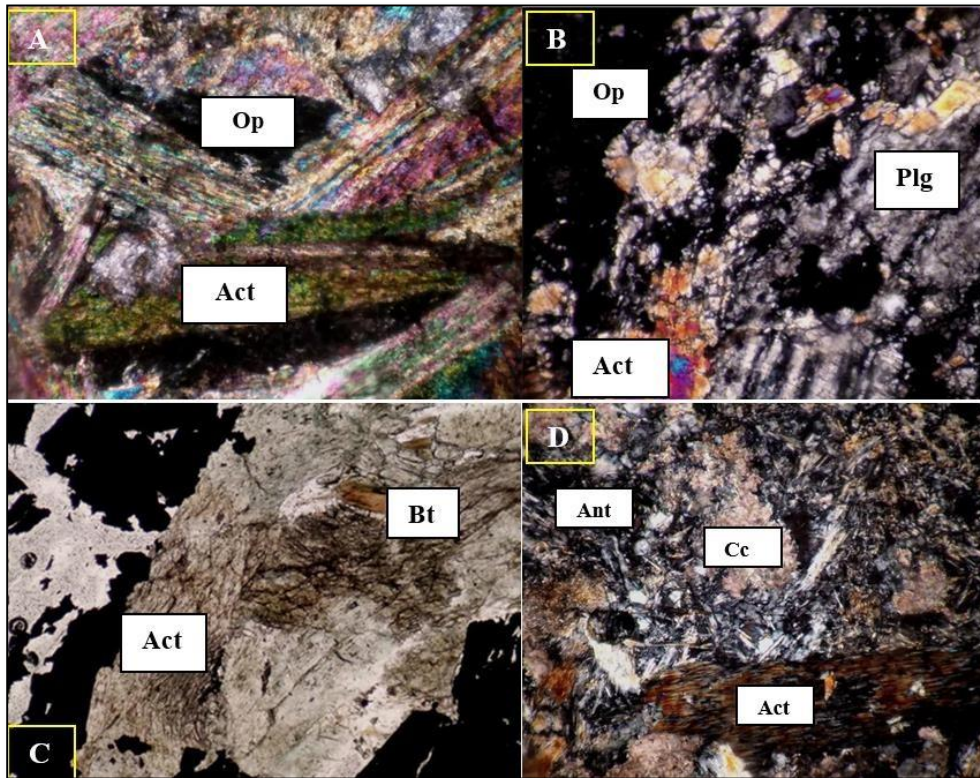


Figura 13: Fotomicrografías de modo de ocurrencia brechoso en el dominio oeste. A) Muestra BRE 3W – 9 – 5, se observa actinolita con minerales opacos ocupando intersticios (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra BRE 4W – 20 – 4, se evidencia cristales de plagioclasas microfracturada (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra BRE 4W – 24 – 4, se presentan cristales de actinolitas con escasa presencia de cristales subhedrales de biotita (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). D) Muestra BRE 4W – 15 – 4, exhibe actinolita fibrosa, con cristales aciculares de antofilita y calcita como alteración (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Plg: plagioclase, Bt: biotita, Ant: antofilita, Cc: calcita y Op: opacos.

Finalmente la unidad textural guías y diseminado presenta: plagioclase (8 – 45%), actinolita (5 – 37%), cuarzo (3 – 5%), biotita (5%), antofilita (3%) y turmalina (2%) (figura 14). La plagioclase exhibe cristales subhedrales de tamaños de 0.2 a 2 mm (figura 14B). La actinolita presenta cristales de hábito acicular/fibroso de tamaños entre <0.6 a <0.8 mm. El cuarzo se observa con cristales anhedrales de tamaños de 0.25 a 0.3 mm. La biotita (figura 14A) se observa en la muestra DIS 1W – 7 – 4, con cristales subhedrales de <1 mm. La antofilita se presenta en la muestra DIS 2W – 4 – 2, con cristales de hábito acicular. Por último, la turmalina se encuentra

en la misma muestra que la biotita y presenta un hábito prismático. La roca caja en esta unidad es más variada que la unidad textural brechoso, la cual corresponde a: roca obliterada (por un reemplazo pervasivo de los minerales de alteración, principalmente a las arcillas y la sericita), protolito indeterminado (producto del reemplazo intenso de las arcillas y la sericita), protolito diorítico (figura 14C), brecha de magnetita con fragmentos microdioríticos con textura porfídica, microdiorítica con textura hipidiomórfica y por último andesita con textura porfídica (figura 14D).

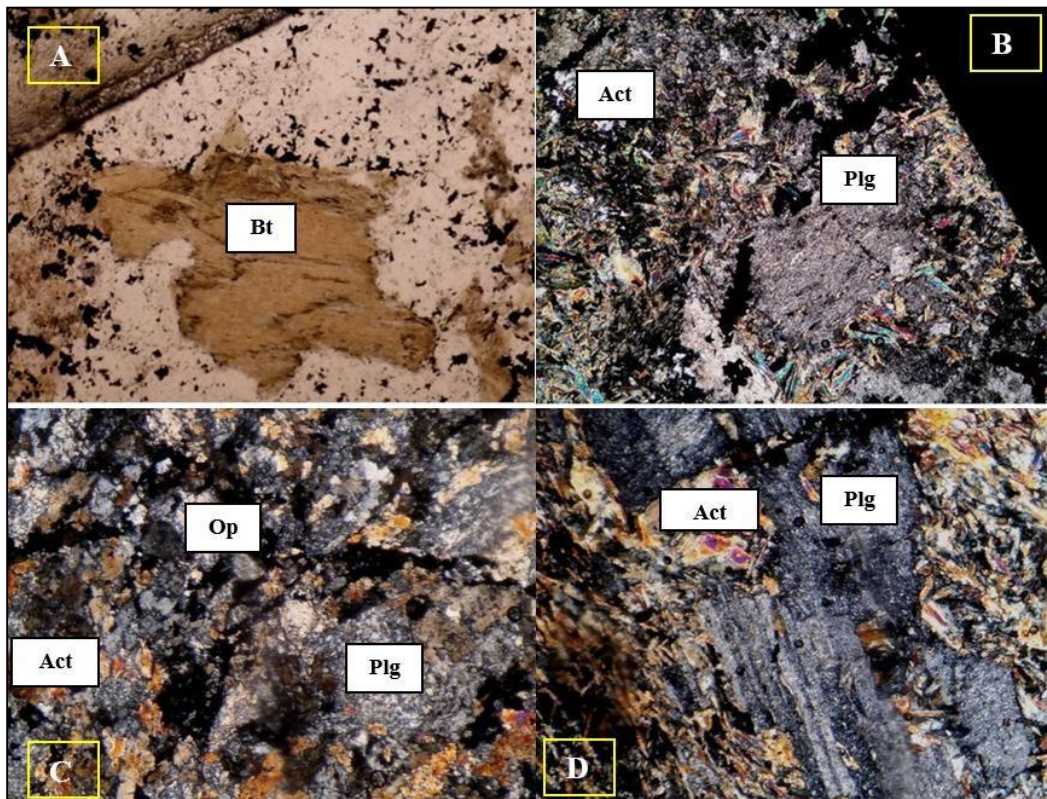


Figura 14: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio oeste. A) Muestra DIS 1W – 7 – 4, se observa biotita subhedral, con escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivaje (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 3W – 4 – 2, exhibe cristal subhedral de plagioclasa con agregados aciculares de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra DIS 3W – 6 – 4, muestra del fragmento de composición diorítica, con cristales de plagioclasas reemplazadas por sericita y arcillas obliterando su textura original, cristales de actinolitas y opacos en sus intersticios (aumento 100x, nicoles cruzados). D) Muestra DIS 3W – 16 – 2, muestra de andesita porfídica, se exhibe plagioclasa con maclas moderadamente conservadas, agregados de actinolitas (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Bt: biotita, Act: actinolita, Plg: plagioclasa y Op: opacos.

Dominio Este

En este dominio, la unidad textural brechoso presenta: actinolita (18 – 35%), cuarzo (8 – 10%), plagioclasa (6%) y antofilita (3%) (figura 15). La actinolita exhibe cristales de hábito acicular/fibroso, de tamaños muy diferentes desde 0.1 a 12 cm. El cuarzo se observa con cristales anhedrales de tamaños <0.1 a <0.8 mm. La plagioclasa se observa en la muestra BRE 2E – 17 – 4, con cristales anhedrales. Por último, la antofilita (figura 15B) exhibe cristales de hábito acicular. La roca caja presente en esta unidad textural corresponde a: brechas y vetas de magnetita – actinolita.

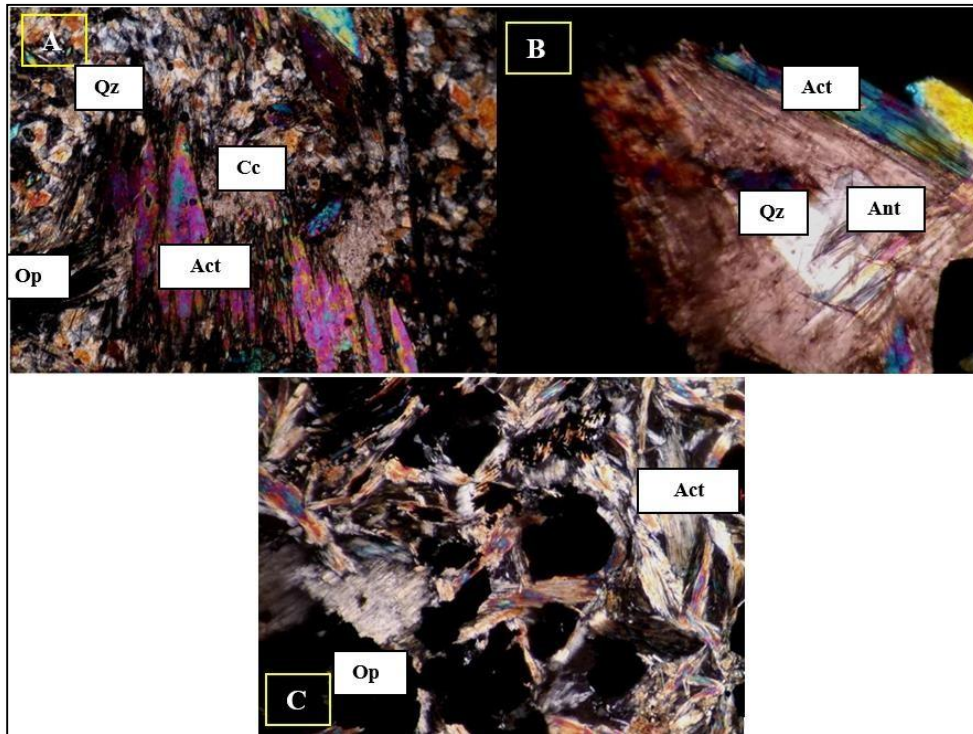


Figura 15: Fotomicrografías de modo de ocurrencia brechoso en el dominio este. A) Muestra BRE 3E – 21 – 4, se presenta cristales aciculares de actinolita, agregados de cuarzo y calcita relleno de intersticios (aumento 100x, luz ref., nicols cruzados). B) Muestra BRE 2E – 17 – 4, se observa cristales de actinolita, cristales de aciculares de antofilita y cuarzo (aumento 100x, luz ref., nicols cruzados). C) Muestra BRE 2E – 18 – 1, se exhibe cristales aciculares de actinolita entrecrecida con minerales opacos (aumento 100x, luz ref., nicols cruzados). Act: actinolita, Qz: cuarzo, Ant: antofilita, Cc: calcita y Op: opacos.

Los minerales presentes en la unidad textural guías y diseminado son: plagioclasa (10 – 55%), actinolita (10 – 50%), cuarzo (2 – 5%), turmalina (4%) y biotita (3%) (figura 16). La plagioclasa se observa con cristales subhedrales de tamaños variables de 0.4 a 2.5 mm. La actinolita exhibe cristales de tamaños entre <0.5 a 2 cm, de hábito acicular, fibroso y/o prismático. El cuarzo presenta cristales anhedrales de tamaño <0.2 mm. La biotita y la turmalina se encuentran en la muestra

DIS 2E – 35 –4, donde la primera exhibe cristales subhedrales de tamaño <0.2 mm, mientras que la segunda se observa con hábito hojoso (figura 16B y C). La roca caja observada en esta unidad es muy variada, exhibiendo protolito indeterminado (debido a un intenso reemplazo de las arcillas y la sericita), probable protolito diorítico y/o microdiorítico (producto de un reemplazo de minerales de alteración como las arcillas y la sericita), brecha de magnetita con fragmentos microdioríticos y/o dioríticos, microdiorita, diorita con textura hipidiomórfica y andesita con textura porfídica.

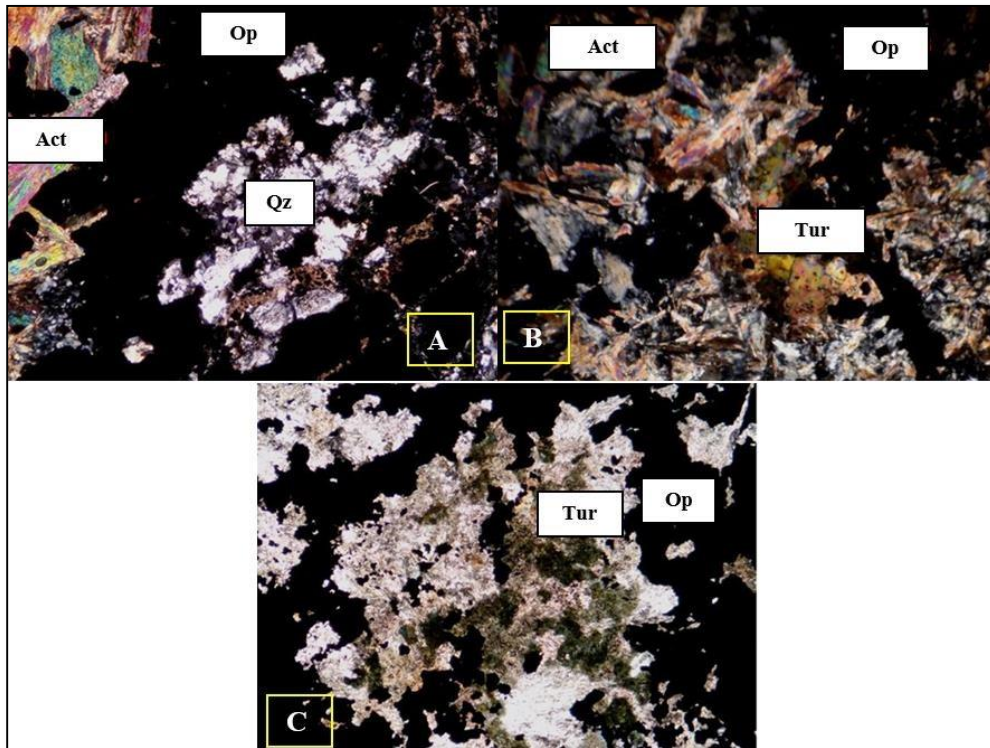


Figura 16: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio este. A) Muestra DIS 1E – 37 – 4, se presentan agregados de cuarzo, cristales de actinolita y opacos (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra DIS 1E – 45 – 2, constituida por actinolita y opacos con cristales de turmalina (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra DIS 3E – 7, se observa cristales de turmalina, dando un aspecto hidrotermal a la roca (aumento 200x, nicoles paralelos). Act: actinolita, Qz: cuarzo, Tur: turmalina y Op: opacos.

Tabla 4.1: Resumen de la litología presente en cada unidad textural.

Litología	DW			DE	
	Macizo	Brechoso	Guías y diseminado	Brechoso	Guías y diseminado
No se reconoce roca caja		Roca indiferenciada	Roca obliterada	Brechas de mag - Act	Protolito indeterminado
		Protolito diorítico	Protolito indeterminado	Vetas de mag - Act	Probable protolito diorítico y/p microdiorítico
		Brecha mag - Act, con frag dioríticos y/o microdioríticos	Brecha mag con frag. Microdioríticos y/o dioríticos		Brecha de mag con frag diorítico y/o microdiorítico
			Protolito diorítico		Microdiorita
			Microdiorita		Diorita
			Andesita		Andesita

4.2 Alteración

Dominio Oeste

Los minerales de alteración presentes en la unidad textural macizo (figura 17), se exhiben con intensidad muy leve a leve. La clorita (3 – 10%) se observa con hábito hojoso/fibroso, reemplazando a las actinolitas. Las arcillas (1 – 3%) se presentan con cristales criptocristalinos y la epidota (1 – 4%) con cristales subhedrales, ambos minerales se encuentran alternado a las actinolitas y plagioclasas. La sericita (2 – 3%) exhibe cristales criptocristalinos, de hábito acicular, reemplazando a las plagioclasas. El esfeno (0.5 – 2%) presenta cristales anhedrales reemplazando a las plagioclasas y actinolitas. Finalmente se observa yeso (4%) en la muestra MAC 2W – 9 – 5 y calcita en la muestra MAC 4W – 12 – 4. El yeso se presenta como agregados de cristales aciculares, rellenando finas vetillas (figura 17C). Mientras que, la calcita se encuentra reemplazando a las plagioclasas de esta unidad.

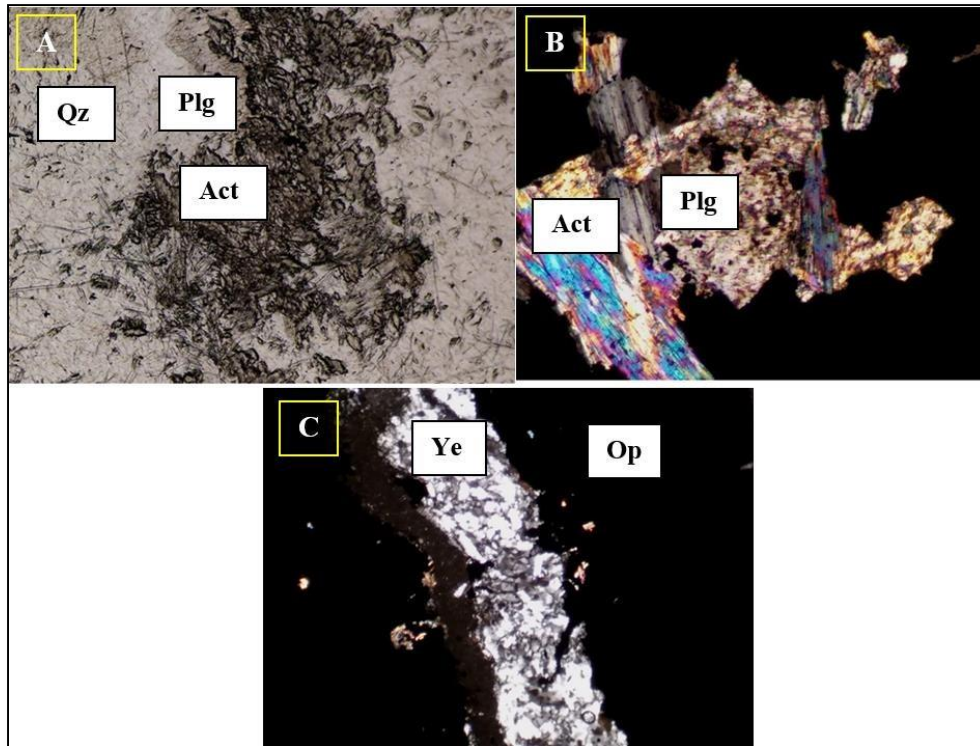


Figura 17: fotomicrografía de modo de ocurrencia macizo en el dominio oeste. A) Muestra MAC 4W – 13 – 4, se observa cristales de actinolita con reemplazo de clorita y epidota (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra MAC 2W – 9 – 5, presenta cristales subhedrales de plagioclasas con reemplazo de sericita y epidota (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). C) vetilla rellena por cristales de yeso (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Plg: plagioclase, Qz: cuarzo, Ye: yeso y Op: opacos.

En la unidad textural brechoso se observan minerales de alteración (figura 18) con intensidad de leve a moderado. La epidota (4 – 40%) presenta cristales subhedrales, alterando principalmente a las actinolitas y en menor medida a las plagioclasas (figura 18B). Las arcillas (5 – 30%) exhiben cristales criptocristalinos, reemplazando a las plagioclasas y actinolitas. La sericita (3 – 16%) se observa con cristales subhedrales alterando a las plagioclasas (figura 18C). La clorita (3 – 10%) presenta hábito hojoso y se encuentra reemplazando principalmente a las actinolitas y subordinadamente a las plagioclasas. La calcita (4 – 7%) se observa principalmente relleno de vetillas con cristales anhedrales y parcialmente reemplazando a las actinolitas (figura 18D). El esfeno (1%) presenta cristales anhedrales alterando localmente a las actinolitas. Finalmente, la anhidrita (3%) se presenta en la muestra BRE 3W – 15, con cristales anhedrales alterando localmente a las plagioclasas.

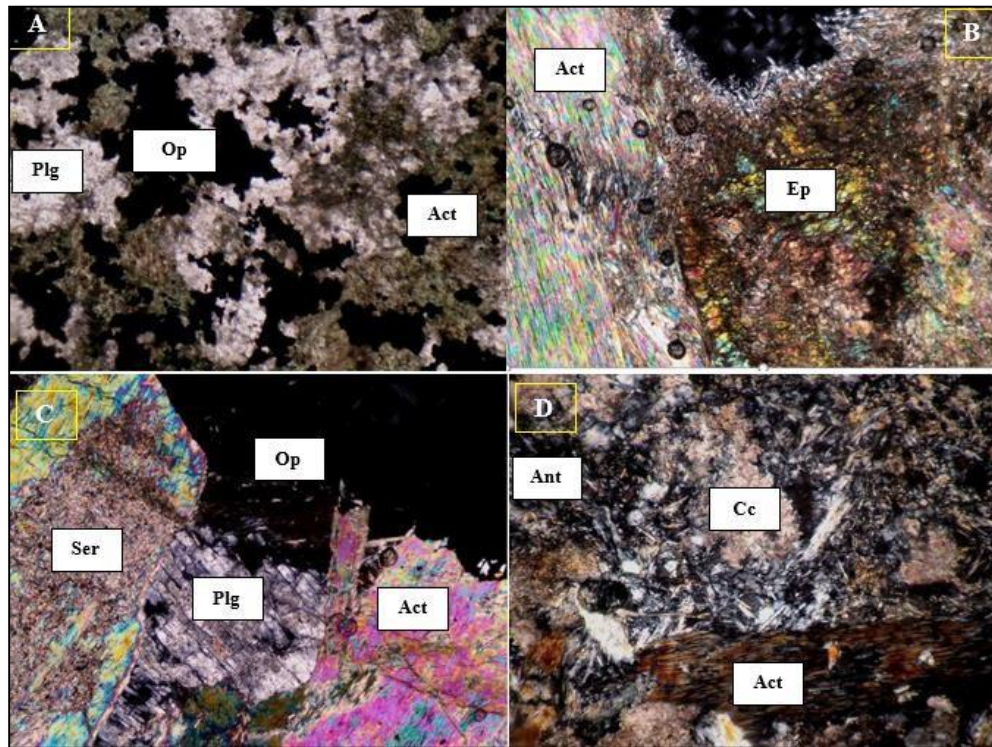


Figura 18: Fotomicrografías de modo brechoso en el dominio Oeste. A) Muestra BRE 3W – 9 – 5, se presentacristales de actinolitas, plagioclasas reemplazadas por sericita y arcillas (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra BRE 5W – 5 – 2, se observa cristales de actinolitas reemplazados por arcillas y epidota(aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). C) Muestra BRE 4W – 24 – 4, exhibe cristales de actinolitas y plagioclasas con reemplazo por sericita (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). D) Muestra BRE 4W – 15- 4, presenta actinolita fibrosa, antofilita acicular y calcita como alteración (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). Act: actinolita, Plg: plagioclase, Ep: epidota, Ser: sericita, Ant: antofilita, Cc: calcita y Op: opacos.

Los principales minerales de alteración que muestra la unidad textural guías y diseminado presentan una intensidad de leve a intenso. Las arcillas (3 – 35%) se observan con cristales criptocristalinos reemplazando principalmente a las plagioclasas y en menor medida a las actinolitas. La sericita (2 – 34%) presenta cristales subhedrales y criptocristalinos alterando principalmente a las plagioclasas (figura 19A). La clorita (5 – 12%) exhibe cristales subhedrales, con hábito fibroso/hojoso, se encuentra reemplazando a las actinolitas y subordinadamente a las plagioclasas (figura 19C). La epidota (2 – 10%) muestra cristales anhedrales y subhedrales reemplazando a las actinolitas y en menor medida a las plagioclasas (figura 19B). El esfeno (1 – 3%) presenta cristales anhedrales alterando local y parcial a las plagioclasas y actinolitas. Finalmente, en menor cantidad se observa albita (3 –

6%), anhidrita (5%), calcita (5%) y yeso (4%). La albita se presenta alterando localmente a las plagioclasas, dándole un aspecto sucio. El yeso se observa como relleno parcial en finas guías, con un espesor inferior a 1 mm. Mientras que, la anhidrita y la calcita (figura 19D) se encuentra relleno vetillas discontinuas con paredes difusas.

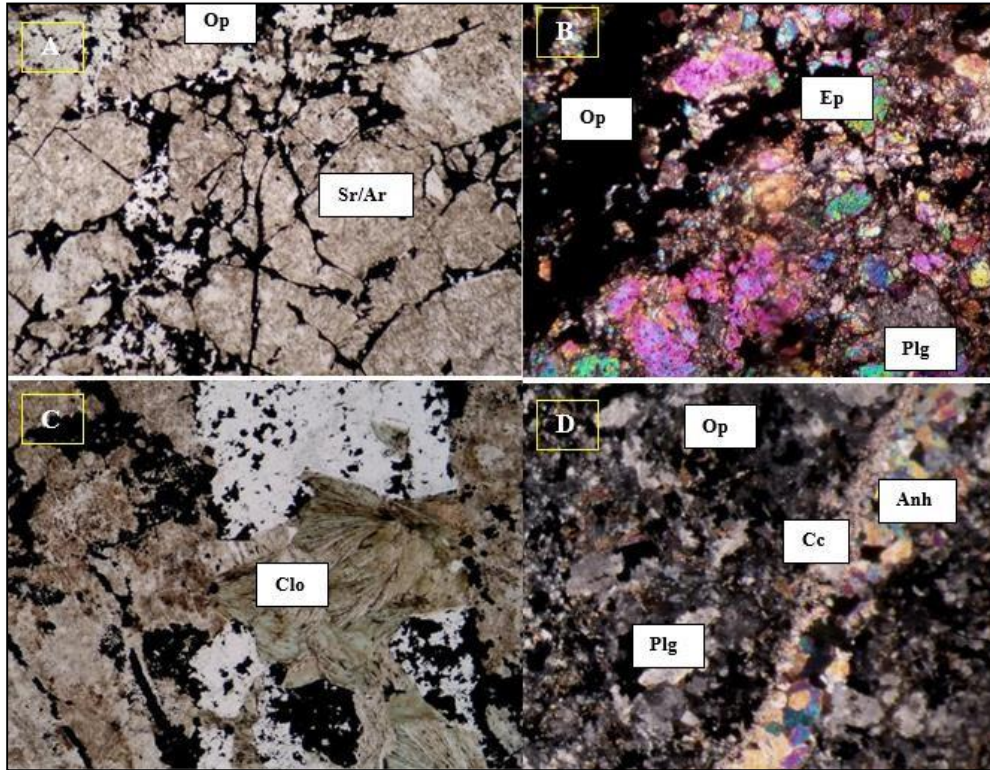


Figura 19: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio oeste. A) Muestra DIS 1W – 7 – 4, se observa un reemplazo intenso por sericita y arcillas (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 3W 5 – 3, presenta plagioclasas con reemplazo por sericita y epidota (aumento 100x, luz trans.,nicoles cruzados). C) Muestra DIS 1W – 7 – 4, exhibe actinolita acicular cloritizada (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). Sr: sericita, Ar: arcilla, Plg: plagioclase, Ep: epidota, Clo: clorita, Cc: calcita, Anh: anhidrita,y Op: opacos.

Dominio Este

En este dominio los minerales de alteración presentes en la unidad textural brechoso, presentan una intensidad leve. Las arcillas (3 – 6%) presentan cristales criptocristalinos alterando levemente a las actinolitas y subordinadamente a las plagioclasas. La clorita (3 – 5%) exhibe un hábito fibroso/hojoso reemplazando principalmente a las actinolitas. El esfeno (1 – 2%) se observa con cristales anhedrales alterando localmente a las plagioclasas. La calcita (1 – 4%) se encuentra ocupando los intersticios tanto de la magnetita como de la actinolita (figura 20).

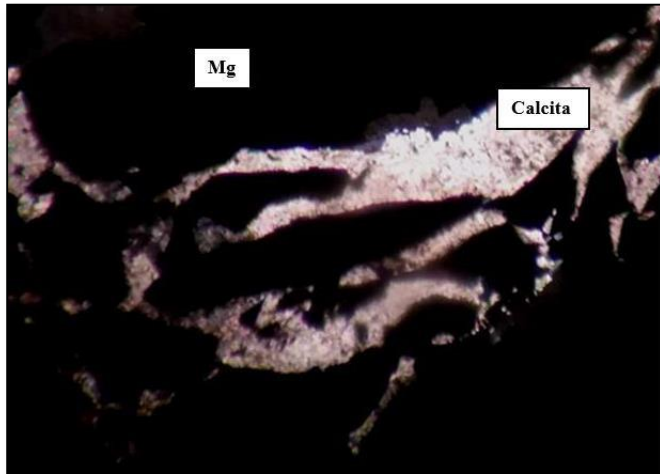


Figura 20: Fotomicrografía de modo de ocurrencia brechoso en el dominio este, muestra BRE 2E – 18 – 1, se observan cristales de calcita ocupando intersticios de la magnetita (Mg) (aumento 200x, luz ref., nicoles cruzados). Mg: magnetita.

La unidad textural guías y diseminado exhibe minerales de alteración con intensidad leve a intenso (figura 21). La sericita (5 – 53%) presenta cristales subhedrales alterando principalmente a las plagioclasas (figura 21A y B). La clorita (4 – 20%) exhibe cristales subhedrales de hábito fibroso/hojoso reemplazando a las actinolitas y en menor medida a las plagioclasas (figura 21C y D). Las arcillas (4 – 20%) muestran cristales criptocristalinos alterando principalmente a las plagioclasas y subordinadamente a las actinolitas (figura 21A y B). La epidota (2 – 5%) presenta cristales anhedrales reemplazando a las plagioclasas y actinolitas. El esfeno (1 – 4%) se observa con cristales anhedrales alterando principalmente a las plagioclasas y subordinadamente a las actinolitas. Finalmente se observa calcita reemplazando a las plagioclasas y rellenando finas guías discontinuas con espesor < 2 mm, también se presenta rellenando vetillas discontinuas con paredes sinuosas, de espesor entre 1 a 3 mm. Además en menor proporción se observa albita (6%), anhidrita (3%) y yeso (3 – 4%). La albita (figura 21E) se encuentra en la muestra DIS 2E – 27 – 4 y la anhidrita (figura 21B) en la muestra DIS 3E – 7, ambos minerales se observan alterando a las plagioclasas presentes. Mientras que el yeso se presenta rellenando parcialmente a finas guías y finas vetillas discontinuas con paredes sinuosas.

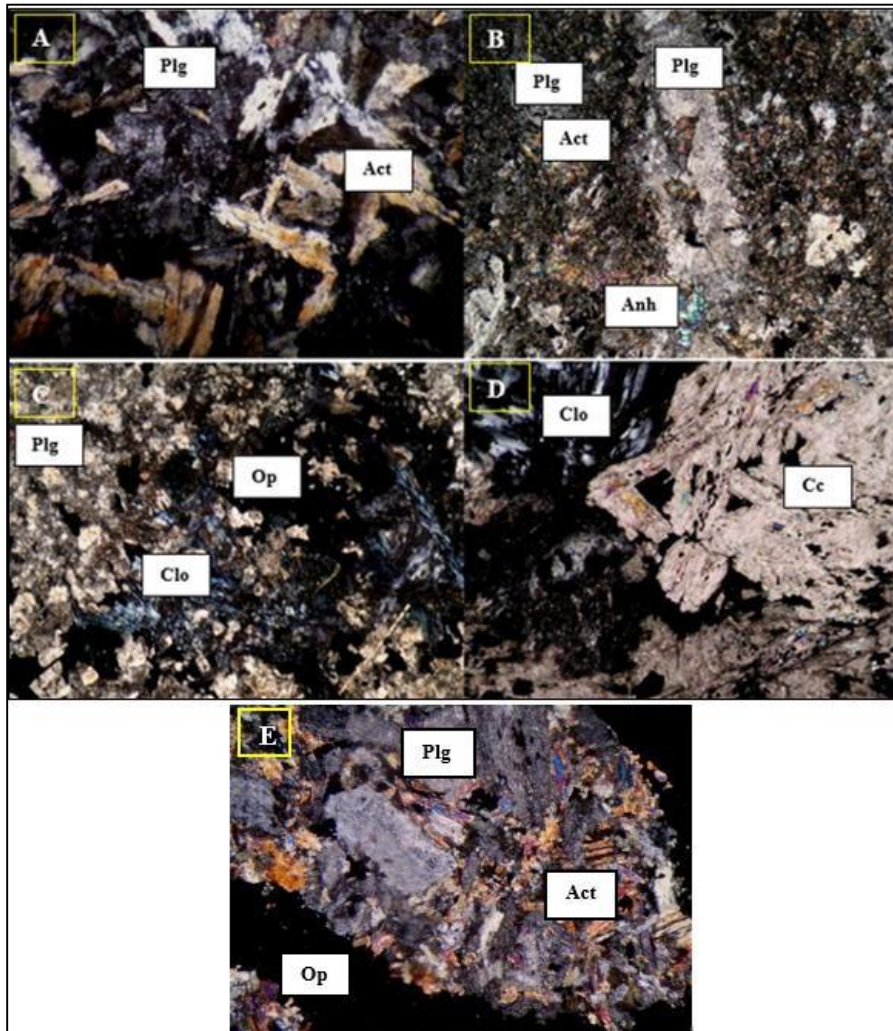


Figura 21: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio Este. A) Muestra DIS 1E – 38 – 1, se presenta actinolita y plagioclasas, reemplazados moderadamente por sericita y arcillas (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). B) Muestra DIS 3E – 7, exhibe plagioclasas con reemplazo por sericita y arcillas, escasos cristales de anhidrita y epidota (aumento 200x, nicoles cruzados). C) y D) Ambas son la misma muestra DIS 1E – 52 – 3, en C) se observa plagioclasas reemplazadas por arcillas y sericita y agregados de clorita, mientras que D) se observa agregados de calcita y clorita (aumento 100x, luz ref., nicoles cruzados). E) Muestra DIS 2E – 27 – 4, presenta cristales de plagioclasas reemplazada por sericita y albita. (aumento 40x, luztrans., nicoles cruzados). Plg: plagioclase, Act: actinolita, Clo: clorita, Cc: calcita y Op: opacos.

4.3 Mineralización

Al final de este sub – capítulo, se presenta la tabla 4.2 donde se muestra un resumen de la mineralogía observada en cada unidad textural.

Dominio Oeste

En la unidad textural macizo, la mineralización presente se constituye principalmente por magnetita (64.4 – 85%), exhibiendo una ocurrencia masiva (figura 22A), cristales anhedrales – subhedrales de tamaño entre <0.1 a <0.5 mm. La pirita (1.7 – 6.4%) muestra cristales de tamaños entre >0.1 a >1 mm, se presenta en vetillas cortando zonas de magnetita masiva (figura 22B), agregados subhedrales y en los intersticios de la actinolita y magnetita (figura 22C). Además, en algunos cristales exhibe microfracturas (figura 22B). La hematita (1.4 – 1.7%) se presenta reemplazando a la magnetita desde algunos bordes y planos de fracturas (figura 22D). Finalmente la limonita se observa reemplazando tanto a la magnetita como a la hematita.

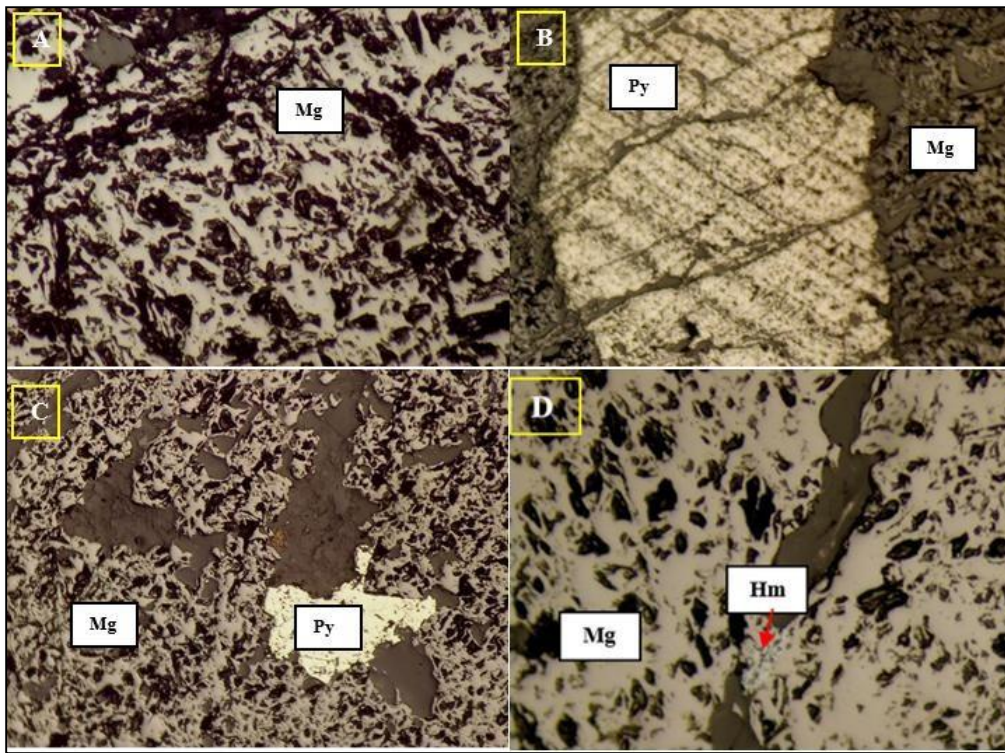


Figura 22: Fotomicrografías de modo de ocurrencia macizo en el dominio oeste. A) Muestra MAC 4W – 12 – 4, presenta magnetita masiva (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra MAC 2W – 9 – 5, exhibe vetilla de pirita con microfracturas cortado a magnetita masiva (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra MAC 2W – 10 – 2, se observa magnetita masiva con escasos cristales de pirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra MAC 2W – 10 – 2, exhibe magnetita masiva con reemplazo por hematita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). Mg: magnetita, Py: pirita y Hm: hematita.

La mineralización de la unidad textural brechoso, se compone de magnetita (21.6 – 59.8%), con cristales de tamaños entre <0.2 a <0.8 mm, ocurrencia principalmente brechiforme, de manera secundaria se observa en los intersticios de la actinolita, en vetillas y en agregados subhedrales – anhedrales. Además, algunos cristales presentan microfracturas. La pirita (1 – 10%), exhibe cristales de tamaños entre >0.1 a >2.5 mm, se observa como inclusión en la magnetita y actinolita (figura 23A y 23B), subordinadamente diseminada. Al igual que la magnetita, algunos cristales de pirita se encuentran microfracturados. La calcopirita (0.52 – 2.75%) presenta cristales de tamaño entre >0.1 a 2 mm, principalmente diseminada, subordinadamente se observa como reemplazo (figura 23A y 23C) e inclusión en magnetita. Finalmente, la calcosina (0.75%) se observa en la muestra BRE 4W –11 – 12, donde muestra un tamaño >0.1 mm y con una ocurrencia diseminada (figura 23D). Además, la calcosina se asocia espacialmente a la ocurrencia de calcopirita. La hematita (0.84 – 8.25%) se encuentra reemplazando a la magnetita desde los bordes y planos de fracturas (figura 23E y F). Finalmente, la limonita presente en la muestra BRE 4W – 15 - 4, se exhibe como impregnación y en los intersticios de la magnetita.

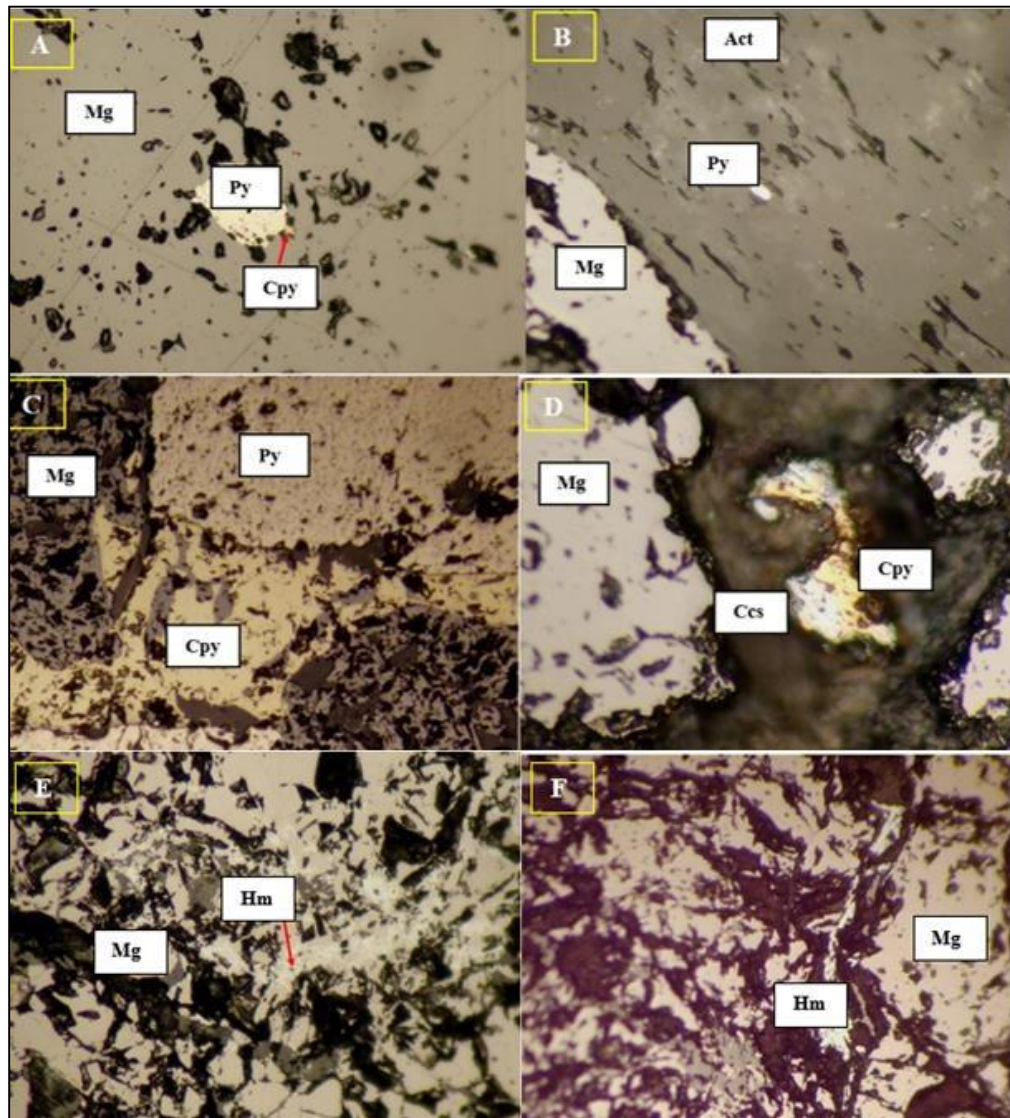


Figura 23: Fotomicrografías de modo de ocurrencia brechoso en el dominio oeste. A) Muestra BRE 3W – 15, se observa magnetita con inclusión de pirita, la cual está siendo reemplazada por calcopirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra BRE 3W – 19 – 5, presenta cristal subhedral de pirita alojado en los planos de clivaje de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra BRE – W – EXP04, exhibe magnetita en contacto con pirita, siendo ésta reemplazada por calcopirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra BRE 4W – 11 – 12, se presenta magnetita con calcopirita anhedral reemplazada desde los bordes por calcosina (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). E) Muestra BRE 3E – 15 y F) Muestra BRE5W – 5 – 2, en ambas muestras se observa magnetita con reemplazo por hematita desde los bordes y planos de fracturas (aumento 200x y 100x respectivamente, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Mg: magnetita, Py: pirita, Cpy: calcopirita, Ccs: calcosina y Hm: hematita.

En la unidad guías y disseminado, la mineralización presente se basa principalmente demagnetita (14.4 – 44.16%), con tamaño variable entre <0.2 a <2 mm, la cual se observa como agregados anhedrales – subhedrales, en intersticios de la actinolita y de las plagioclasas y disseminada (figura 24B y C). Además algunos cristales exhiben microfracturas. La pirita (0.3 – 2.5%) se observa con cristales de tamaño similar entre >0.1 a >0.3 mm, presenta principalmente ocurrencia disseminada y como agregados subhedrales (figura 24A), al igual que la magnetita muestra cristales microfracturados. La calcopirita solo se observa en la muestra DIS 2W – 11, con tamaño >0.1 mm, se exhibe de manera disseminada y como inclusiones en la magnetita (figura 24D). La hematita (0.5 – 1.84%) se observa con un tamaño <0.1 mm, reemplazando a la magnetita desde los bordes y planos de fracturas (figura 24E y F). Finalmente la limonita (1%) exhibe un tamaño de 0.4 mm, reemplazando y como impregnación en la magnetita.

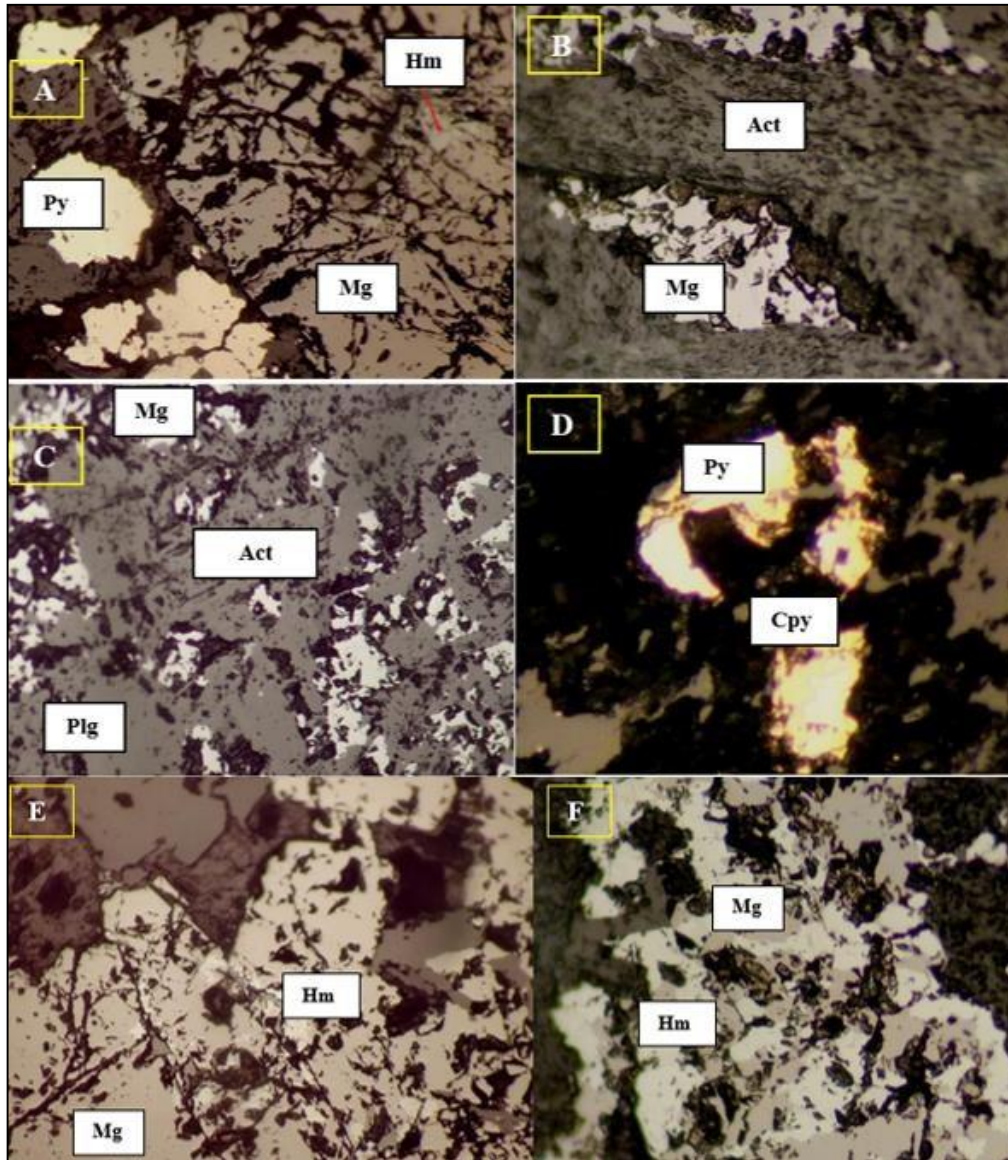


Figura 24: Fotomicrografías de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio Oeste. A) Muestra DIS2W – 4 – 2, presenta magnetita microfracturada con reemplazo de hematita y agregados de pirita subhedral (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 3W – 4 – 2, exhibe magnetita diseminada ocupando espacios entre los cristales de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra DIS 3W – 16 – 2, se observa un sector de roca andesítica con mineralización de magnetita diseminada (aumento 20x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra DIS 2W – 11, presenta pirita diseminada reemplazada por calcopirita (aumento 500x, nicoles paralelos). E) Muestra DIS 2W – 4 – 2, se observa magnetita con leve reemplazo por hematita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). F) Muestra DIS 1W – 7 – 4, exhibe magnetita con reemplazo moderado por hematita desde los bordes (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Plg: plagioclasa, Mg: magnetita, Hm: hematita, Py: pirita y Cpy: calcopirita.

Dominio Este

La mineralización de la unidad textural brechoso, se compone de magnetita (44.16 – 72.75%), la cual presenta tamaños similares entre <0.3 a <0.5 mm, se observa de forma masiva y en los intersticios de la actinolita (figura 25C), también se observan algunos cristales microfracturados. La pirita (0.13 – 2.88%) exhibe tamaños similares entre >0.1 a >0.2 mm, se presenta diseminada, agregados subhedrales, en los intersticios de la actinolita y como inclusión en la magnetita (figura 25A; B). La calcopirita (0.75%) se observa en la muestra BRE 2E – 18 – 1, con un tamaño >0.1 mm, se presenta reemplazando a la pirita y también como inclusión en la magnetita (figura 25A). La hematita (0.96 – 1.8%), se observa con tamaño <0.01 mm, reemplazando a la magnetita desde los bordes y planos de fractura (figura 25D).

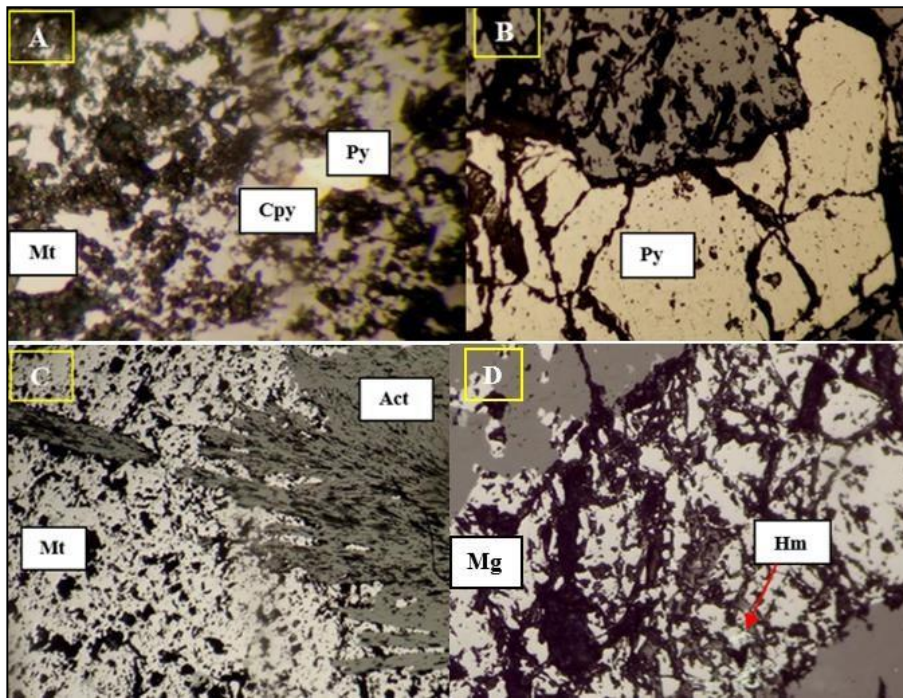


Figura 25: Fotomicrografía de modo de ocurrencia brechoso en el dominio Este. A) Muestra BRE 2E – 18 – 1, presenta magnetita con inclusión de pirita subhedral reemplazada por calcopirita (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra BRE 3E – 17 – 1, se observa pirita subhedral, alojada en planos de clivajes de actinolita (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra BRE 2E – 17 – 4, se exhibe magnetita masiva con actinolita acicular (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra BRE 3E – 17 – 1, presenta magnetita microfracturada con reemplazo leve por hematita desde los planos de fractura (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Mt: magnetita, Py: pirita, Cpy: calcopirita y Hm: hematita.

La unidad textural guías y diseminado, presenta magnetita (18 – 62.4%) con tamaños entre 0.1 a <1.6 mm, principalmente se muestra como agregados subhedrales – anhedrales, en los intersticios de la actinolita y de forma diseminada (figura 26A), además presentan cristales con microfracturas (figura 26C). La pirita (0.25 – 2.75%) exhibe tamaños entre >0.1 a <0.4 mm, se observa como agregados subhedrales, diseminada y en inclusión en la magnetita, de igual manera que la magnetita, se observan cristales con microfracturas (figura 26B; D). La calcopirita (0.25 – 1.05%) se presenta con tamaños entre >0.01 a 0.2 mm, se observa como agregados anhedrales, en los intersticios de la actinolita y de forma diseminada (figura 26B). La hematita (1.25 – 3.75%) se observa reemplazando a la magnetita desde los bordes y planos de fracturas (figura 26E). Finalmente la limonita (1.92 – 2.4%) se presenta reemplazando a la magnetita.

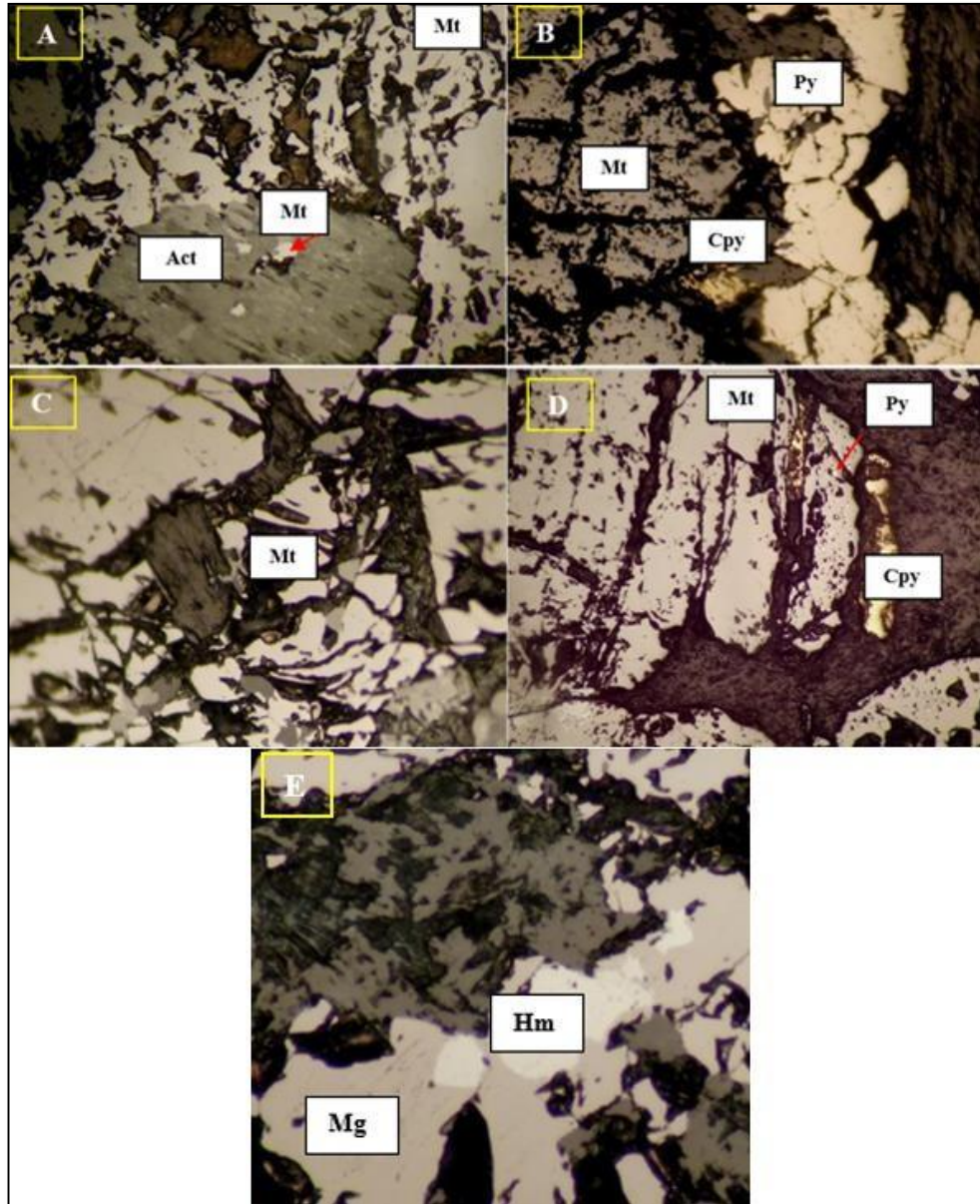


Figura 26: Fotomicrografía de modo de ocurrencia guías y diseminado en el dominio este. A) Muestra DIS 1E – 38 – 1, presenta agregados de magnetita reemplazada por hematita, además se observa cristal de actinolita con magnetita alojada en sus planos de clivaje (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). B) Muestra DIS 2E – 29 – 1, exhibe agregados de magnetita con cristales subhedrales de pirita microfracturados y calcopirita anhedral (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). C) Muestra DIS 1E – 52 – 3, presenta cristales de magnetitamicrofracturados (aumento 200x, luz ref., nicoles paralelos). D) Muestra DIS 1E – 42 – 4, se observa agregadosde magnetita subhedral reemplazada por hematita, presenta inclusiones de pirita, además exhibe calcopirita encontacto con magnetita (aumento 100x, luz trans., nicoles paralelos). E) Muestra DIS 1E – 37 – 4, exhibe magnetita reemplazada por hematita desde los bordes (aumento 100x, luz ref., nicoles paralelos). Act: actinolita, Mt: magnetita, Py: pirita, Cpy: calcopirita y Hm: hematita.

Tabla 4.2: Resumen de la mineralización observadas en las unidades texturales.

	DW			DE	
	Macizo	Brechoso	Guías y diseminado	Brechoso	Guías y diseminado
Mineralización	Magnetita (64,4 - 85%)	Magnetita (21,6 - 59,8%)	Magnetita (14,4 - 44,16%)	Magnetita (44,16 - 72,75%)	Magnetita (18 - 62,4%)
	Pirita (1,7 - 6,4%)	Pirita (1 - 10%)	Pirita (0,3 - 2,5%)	Pirita (0,13 - 2,88%)	Pirita (0,25 - 2,75%)
		Calcopirita (0,52 - 2,75%)	Calcopirita (0,55%)	Calcopirita (0,75%)	Calcopirita (0,75 - 1,05%)
		Calcosina (0,75%)			

4.4 Densidad, tonelaje, % de Fe magnético y volumen del depósito Los Colorados

En base a los informes internos del yacimiento Los Colorados, se obtuvo la densidad, tonelaje y %Fe magnético de las respectivas unidades texturales. La ley magnética (%Fe magnético), es un parámetro que solo cuantifica el hierro magnético recuperable por los procesos de concentración magnética.

En la siguiente tabla 4.3 se muestran los parámetros adquiridos, además del volumen obtenido del tonelaje y densidad ($vol = masa/densidad$) de cada unidad textural. Se observa que el 33% del material del depósito se concentra en la unidad textural guías y diseminado E, el cual presenta un 31.34% de Fe magnético, seguido del brechoso W con un 29% del volumen, con un 46,72% de Fe magnético. El mayor porcentaje de Fe magnético se centra en la unidad macizo W con un 60,09%, el cual representa un volumen del 14% del yacimiento.

Tabla 4.3: Parámetros del depósito.

Unidad Textural	Porcentaje de muestras	Tonelaje (Ton)	Densidad (g/L)	Volumen (m ³)	%Fe mag
Macizo W	16,33	15.924.902,27	4,292	3.710.368,65	60,09
Brechoso W	29,51	28.911.427,09	3,689	7.837.198,99	46,72
Guías y diseminado W	13,18	12.744.042,05	3,382	3.768.196,94	32,6
Brechoso E	10,02	9.707.492,76	3,689	2.631.469,77	43,09
Guías y diseminado E	30,94	30.006.130,47	3,382	8.872.303,51	31,34
Total		97.293.994,64		26.819.537,9	

En relación al volumen total del depósito, el dominio W (57%) posee mayor volumen que el dominio E (43%) (figura 27A). Por otro lado, las menas de hierro de Los Colorados poseen principalmente texturas del tipo guías y diseminado (47% del vol. Total), seguido de la textura brechosa (39% del vol. Total) y finalmente la textura maciza (14% del vol. Total) (figura 27B).

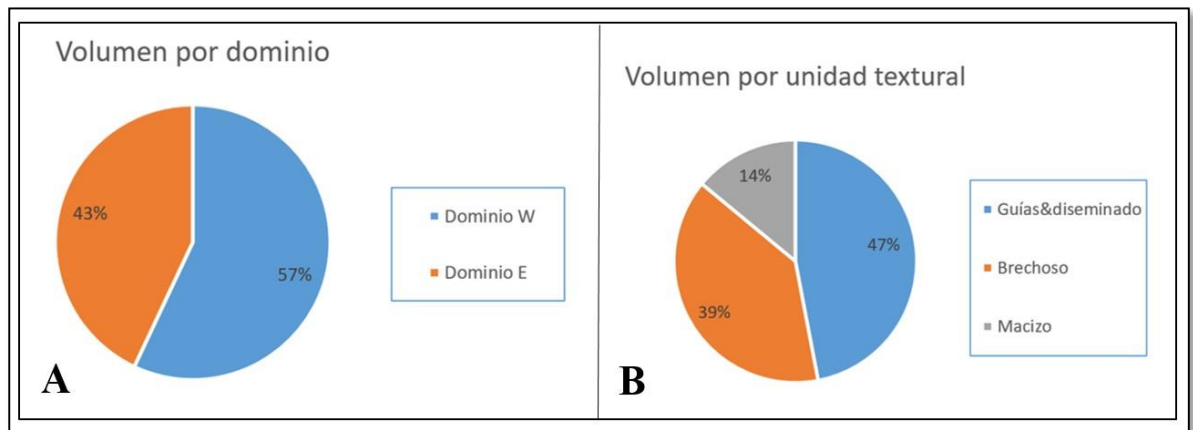


Figura 27: A) Volumen por dominio del depósito. B) volumen por las menas de hierro.

4.5 Representatividad de Leyes

La forma más efectiva de garantizar la representatividad de leyes es a través de histogramas, relacionando las unidades texturales de la mena con las leyes de hierro del depósito. Estos resultados pertenecen a informes internos del yacimiento, en el cual los histogramas se construyeron con intervalos de 5% de Fe en las texturas guías y diseminado y macizo, mientras que para la textura brechoso se construyeron en

intervalos de 10% de Fe.

La cantidad total de muestras analizadas son 349. De las cuales al dominio W pertenecen 206 muestras, estas están distribuidas de la siguiente manera: 57 de las muestras corresponden al macizo (figura 28), 103 pertenecen al brechoso (figura 29) y 46 son de guías y diseminado (figura 30). Mientras que para el dominio E pertenecen 143 muestras, de las cuales 35 corresponde al brechoso (figura 31) y 108 son de guías y diseminado (figura 32).

De este modo, se presentan a continuación los histogramas para las unidades texturales del dominio W:

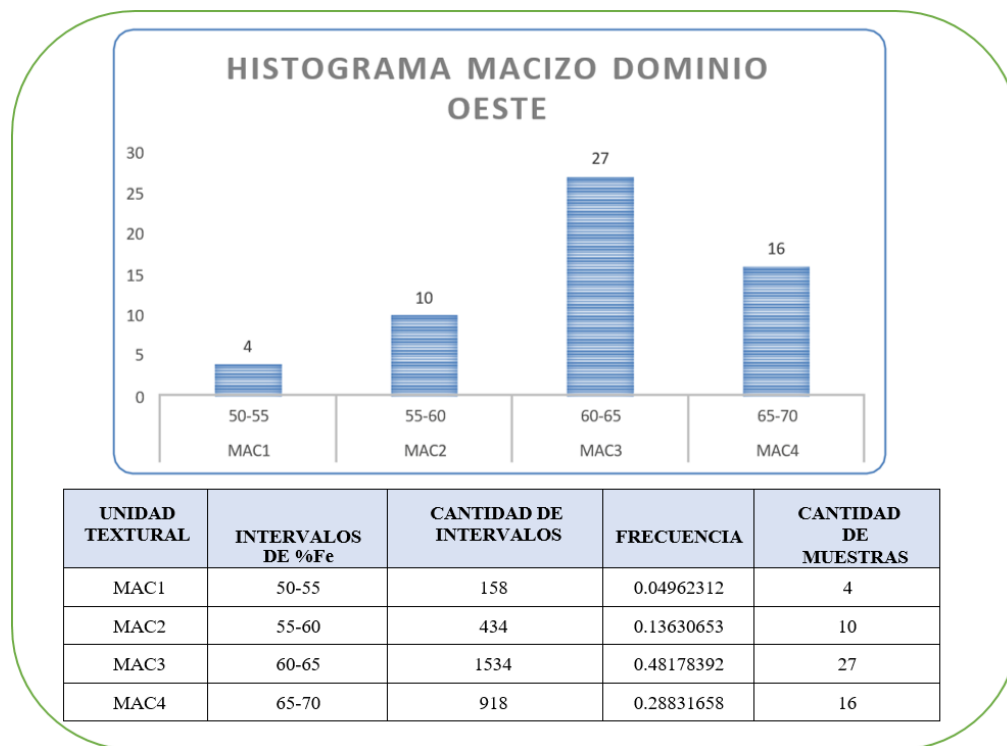


Figura 28: Histograma del macizo W, con un total de 57 muestras analizadas.

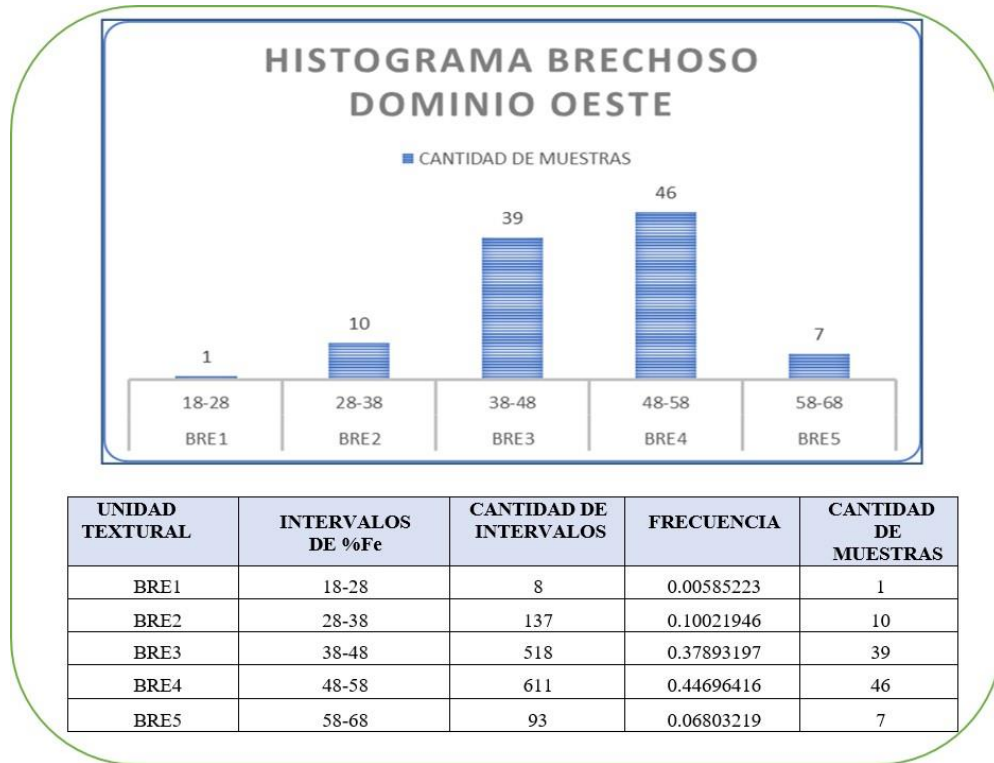


Figura 29: Histograma del brechoso W, presenta 103 muestras examinadas.

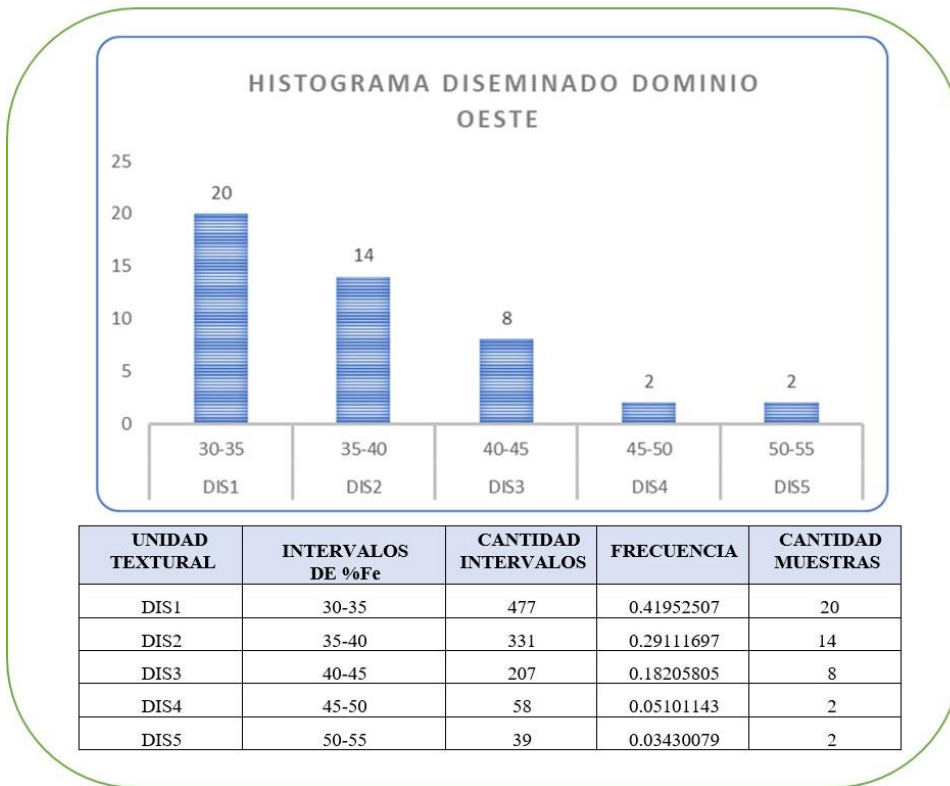


Figura 30: Histograma para guías y diseminado W, con 46 muestras estudiadas.

Los histogramas para las unidades texturales del dominio E:

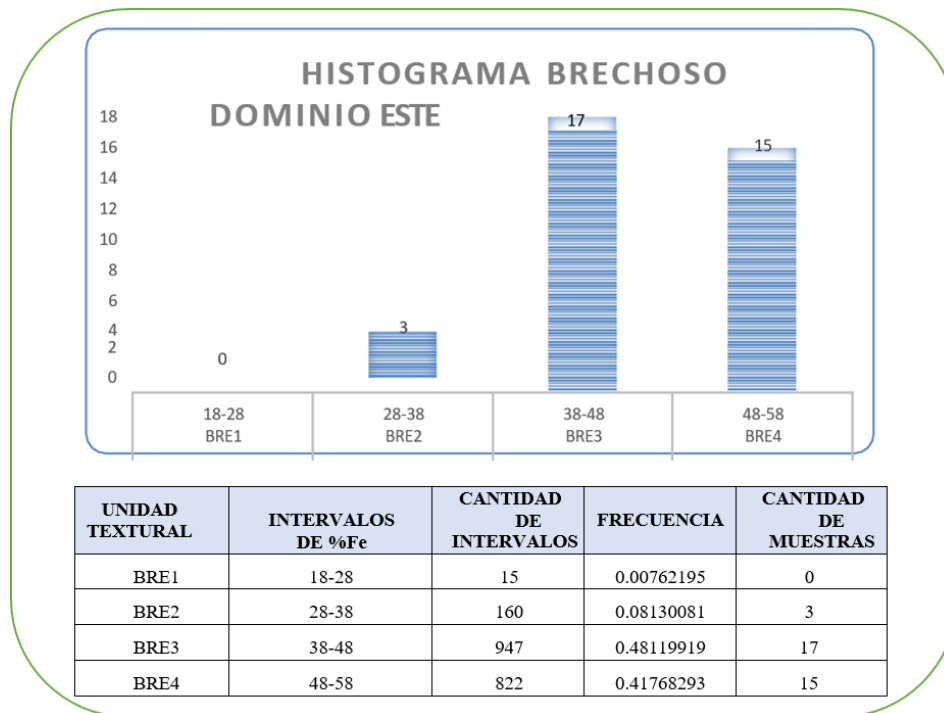


Figura 31: Histograma del brechoso E, con 35 muestras analizadas.

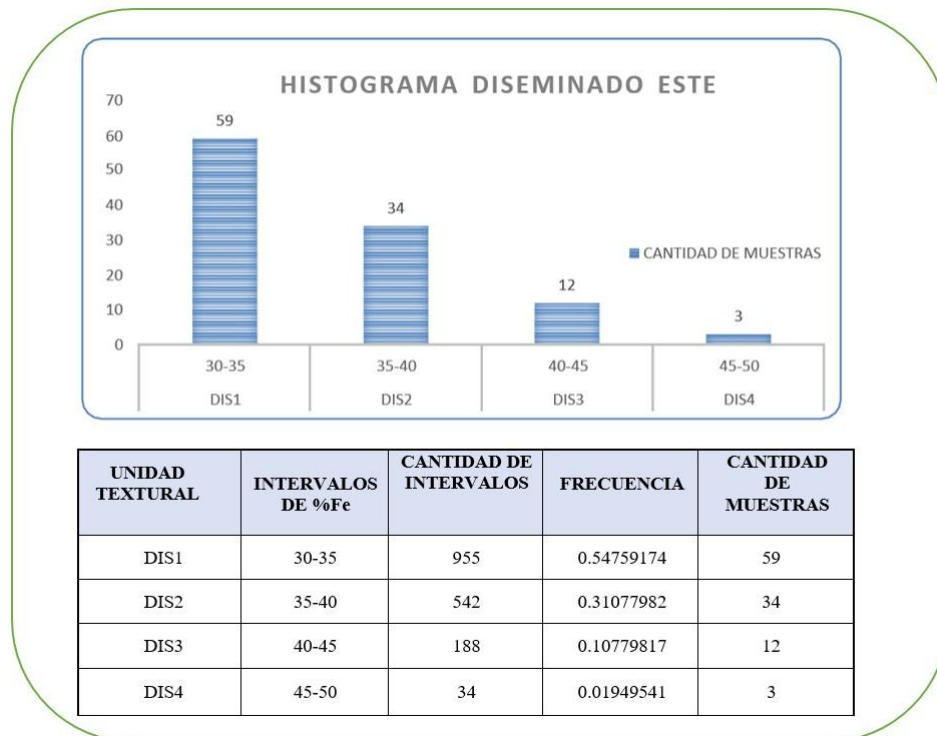


Figura 32: Histograma para guías y diseminado E, presenta 108 muestras estudiadas.

4.6 Ley de Hierro

Utilizando los datos de leyes de hierro de los productos elaborados por CMP, se seleccionaron los siguientes rangos: $\geq 10\%$ Fe asociada a hierro magnético y enfocada a la elaboración de granzas, $\geq 23\%$ Fe para la elaboración de finos, $\geq 35\%$ y $\geq 50\%$ Fe para la elaboración de Pellet Feed.

Con los datos obtenidos de los informes internos del yacimiento, se comparó la cantidad de muestras con los rangos de leyes de hierro, esto se resume en el siguiente gráfico:

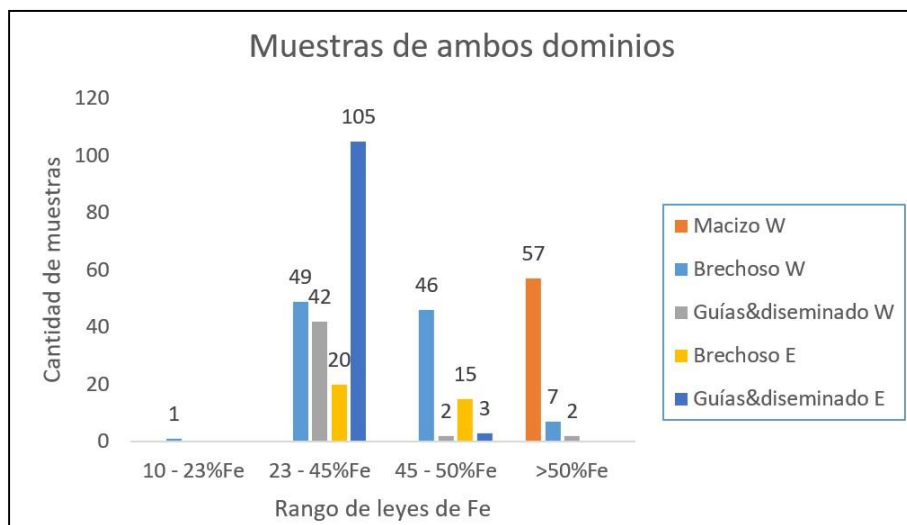


Gráfico 4.4: Distribución de las muestras según textura en ambos dominios.

En el gráfico 4.4 se observa que las muestras se concentran principalmente en rango 23 – 45% de Fe, el cual contiene principalmente muestras de la unidad textural guías y diseminado del dominio oeste, el rango de 45 – 50% de Fe incluye principalmente la unidad textural brechoso del dominio oeste, mientras que el rango $>50\%$ de Fe, la cual presenta la misma cantidad de muestras que el rango 45 – 50% de Fe, contiene principalmente muestras de la unidad textural macizo del dominio oeste.

Capítulo – 5: DISCUSIÓN

5.1 Modelo genético

El origen de los depósitos IOA es un tema controvertido y se han presentado diferentes modelos. Algunos autores han propuesto un modelo de inmiscibilidad líquida magmática (figura 33), donde se forma un fundido rico en Fe y volátiles y un fundido rico en Si. Este fundido rico en Fe asciende debido al alto contenido de volátiles (Nyström y Henríquez 1994; Naslund et al., 2002; Lledó y Jenkins, 2008; Tornos et al., 2016), sin embargo, estudios posteriores indican que los volátiles se particionan preferentemente en el fundido silicatado y no en el rico en Fe (Hou et al., 2018). Por otro lado, otros autores han sugerido un modelo hidrotermal (figura 33), donde existe un reemplazo hidrotermal de las rocas de caja o bien precipitación de óxidos de hierro a partir de un fluido hidrotermal (Ruíz et al., 1965; Bookstrom, 1977; Sillitoe y Burrows, 2002).

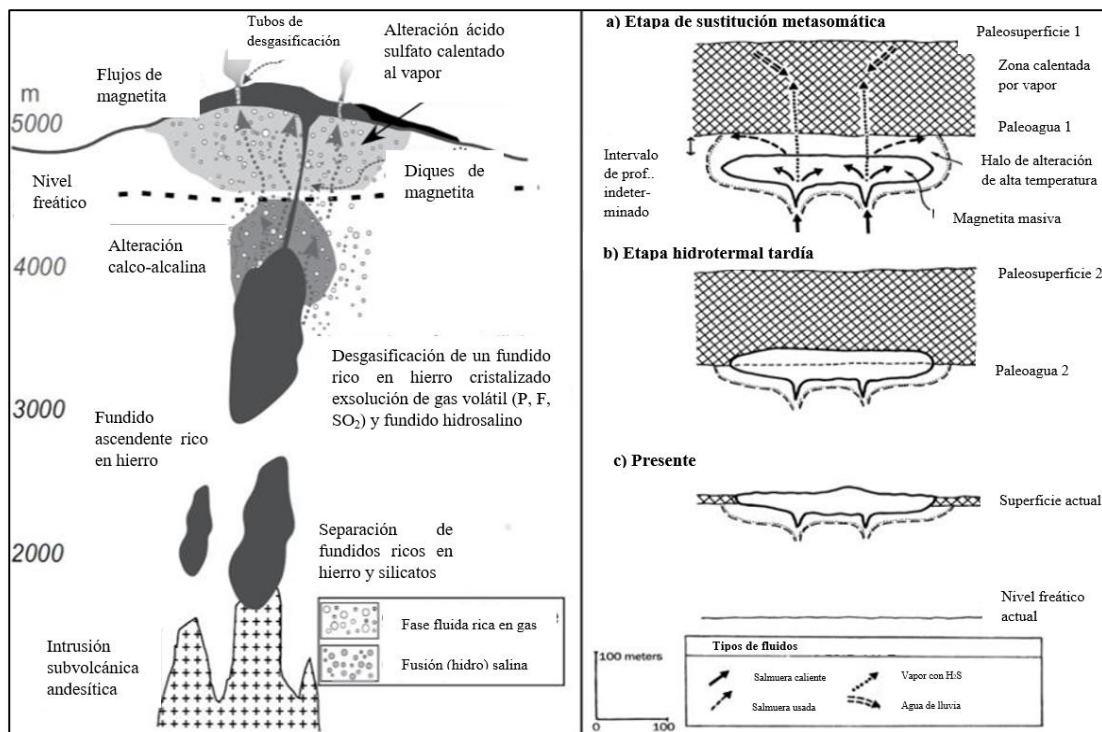


Figura 33: A la izquierda, modelo de inmiscibilidad magmática (Tornos et al., 2016). A la derecha, modelo de reemplazo hidrotermal (Sillitoe y Burrows, 2002). Ambos modelos propuestos para la formación de depósitos IOA.

Recientemente, se ha planteado un tercer modelo genético (modelo de flotación)(figura 34), el cual propone que los depósitos IOA se formarían por la cristalización de magnetita magmática desde un fundido silicatado, estos microlitos de magnetita son sitios de nucleación para la fase volátil disuelta, los cuales se exsuelven particionando de manera eficiente el Fe, P, S, Cu, Au desde el fundido silicatado, la suspensión del fluido de magnetita es menos densa que el magma circundante, permitiendo su ascenso, mientras asciende, los cristales de magnetita crecen en equilibrio con el fluido y adquieren un carácter magmático – hidrotermal (es decir, menor Al, Mn, Ti, V), durante el ascenso la magnetita, apatito y actinolita son depositados formando mineralización de carácter IOA. Este fluido magmático – hidrotermal podría ascender por sobre la formación del IOA para precipitar Fe y sulfuros generando un IOCG en zonas más someras de la corteza (Knipping et al., 2015a, b; Reich et al., 2016; Simon et al., 2018).

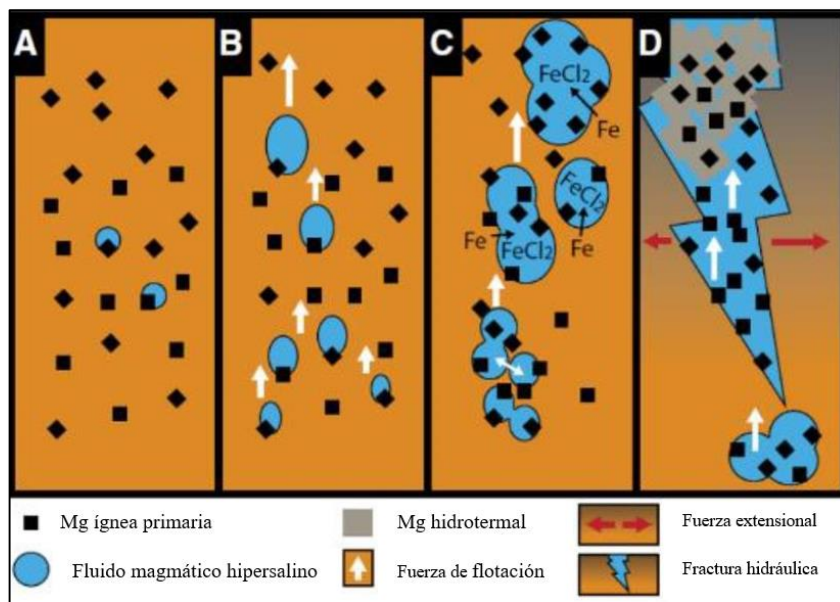


Figura 34: Modelo de flotación de magnetita para la formación de depósitos IOA (Knipping et al., 2015a).

La interpretación tradicional para menas de hierro suecas es de inyección magmática de óxidos de Fe, el mismo origen que se asignó a los yacimientos de Algarrobo y El Tofo (Geiger, 1931). Investigadores chilenos que trabajan en yacimientos de Fe (Fernando Henríquez, Waldo Vivallo y Sergio Espinoza) sostienen que la génesis de los yacimientos de hierro chilenos derivan de magmas de mena. Así mismo, CAP Minería ha adoptado por un modelo magmático para la formación del depósito Los Colorados, donde la acción conjunta de una intrusión de un magma rico en hierro, la exsolución de volátiles a partir de este magma y las estructuras asociadas al Sistema de Fallas de Atacama, serían los responsables de la formación del depósito. La intrusión del magma rico en Fe – P produciría la alteración/metamorfismo de contacto de las rocas huésped formándose actinolita y biotita, escapolita, apatito y magnetita; la clorita sería del mismo origen o un reemplazo retrógrado de la actinolita y biotita (Informe interno CMP, 2020).

En efecto, el yacimiento Los Colorados, presenta dos cuerpos de alta ley (>57% de Fe), que constituyen la unidad textural macizo, posee como principal mineral de mena de Fe a la magnetita acompañada de escasa pirita en las fracturas de la magnetita, la cual se observa en vetillas y agregados subhedrales. Esto último indica un aumento en la fugacidad de azufre en el sistema hidrotermal, a medida que este evoluciona. Es importante destacar que este azufre es considerado como una impureza desde el punto de vista metalúrgico. Considerando los estudios en la química tanto de la magnetita (Knipping et al., 2015) como de la pirita (Lagas, 2016), la magnetita masiva junto con la actinolita y escasa pirita, correspondería a una magnetita con signatura magmática (rica en Ti, Mg, Mn y Al).

En los bordes de la unidad textural macizo, se encuentra la unidad textural brechoso, la cual se constituye de magnetita masiva y en vetillas, pirita y escasa calcopirita, la cual puede ser considerada como una zona de transición (magmática a hidrotermal). Mientras que en la periferia del depósito se ubica la unidad textural guías y diseminado, que se compone de magnetita diseminada principalmente, estas magnetitas corresponderían a magnetitas con signatura hidrotermal (empobrecidas en Ti, Mg, Mn y Al) definidas por Knipping et al., 2015.

5.2 Alteración hidrotermal

En depósitos IOA de otras partes del mundo como Se – Chaun en Irán y Taocun en China, las secuencias paragenética son similares entre ellas y a los casos chilenos. Por ejemplo; Se – Chaun presenta un primer evento con alteración sódica representado por albita, seguido por un evento que precipita magnetita, apatito, actinolita y menor hematita. Finaliza con una alteración potásica y una alteración propilítica de menor temperatura (Bonyadi, 2011; Zeng et al., 2016).

CAP Minería define las alteraciones presentes en el depósito, como hidrotermal de baja temperatura, la cual corresponde principalmente a una fuerte argilización y seritización con núcleos de sílice maciza a brechosa, asociada a pirita finamente disseminada. Intensa silicificación reemplazando la masa fundamental y a fenocristales de las rocas volcánicas. Además, de alteración propilítica, alteración potásica y turmalinización (de menor importancia) (CMP, 2020).

La alteración Fílica, se forma típicamente en un amplio rango de temperatura por hidrólisis de feldespatos para dar la paragénesis sericita – cuarzo, acompañados por clorita, rutilo, esfeno y pirita. Se forma en condiciones de acidez débil (pH 4 – 6) (Allen et al., 1996). La alteración argílica, se caracteriza por la formación de arcillas debido a un metasomatismo de H^+ (lixiviación ácida), a temperaturas entre los 100 – 300°C, típicamente por debajo de los 250°C. (Palacio y Godeas, 2008). La alteración propilítica, se caracteriza por la adición de H_2O y CO_2 , con escaso metasomatismo de H^+ . Representa temperaturas intermedias a bajas (200 – 350°C). Se reconoce una asociación de epidota – clorita – albita – carbonatos (Carrasco, 2019).

Los minerales de alteración reconocidos en el presente trabajo fueron; arcillas, sericita, clorita, epidota, esfeno y calcita. En menor cantidad se reconoce, anhidrita, apatito, albita, yeso y turmalina. Además, limonita y hematita. De manera que, se identificaron al menos tres tipos de alteraciones hidrotermales y una alteración supergena para este yacimiento. Al final de este sub – capítulo se presenta la tabla 5.2, donde se muestra un resumen de las alteraciones e intensidades presentes en cada unidad textural.

De manera que, la unidad textural macizo que se encuentra ubicada al centro oeste del depósito presenta alteración argílica y fílica, ambas con intensidad muy leve a leve. En torno a esta unidad, se encuentra la unidad textural brechoso que se observa con alteración argílica y fílica principalmente con intensidad leve a moderado, pero en el dominio este la intensidad es leve para ambas alteraciones. Además, en los bordes de esta unidad, en el dominio oeste presenta alteración propilítica con intensidad muy leve. Finalmente, en la unidad textural guías&diseminado que se ubica en la periferia del depósito, se observa alteración argílica, fílica y propilítica con intensidad leve a intenso.

Además, la alteración supergena se caracteriza por la presencia de hematita y limonita. Éstos se encuentran en los niveles superiores del depósito, por lo que es posible que fluidos meteóricos percolaron por unos pocos metros de profundidad.

Tabla 5.2: Resumen de las alteraciones presentes en las unidades texturales, la línea segmentada indica menos intensidad que la línea continua.

Alteración hidrotermal y supergena	U. textural macizo	U. textural brechoso	U. textural guías y diseminado
Argílica	- -	- - - - -	- - - - -
Fílica	- -	- - - - -	- - - - -
Propilítica		- - - - -	- - - - -
Limonita	- -	- -	- -
Hematita	- -	- - -	- - -

5.3 Texturas y leyes

En relación a la distribución de las texturas en los depósitos de hierro pertenecientes a la Franja Ferrífera Cretácica, tradicionalmente se considera una zonación espacial relacionada a las leyes de hierro en el depósito, es decir, que las menas de alta ley (>50% de Fe) se les asocia con la textura macizo, las menas de leyes entre 45 – 50% de Fe se relacionan con la textura brechosa y a las menas de baja ley (18 – 45% de Fe) con la textura guías&diseminado (como sucede con Algarrobo, El

Romeral, Alcaparra, etc.)(Torres, 2019). Sin embargo, los datos de Los Colorados muestran que la relación leyes – textura no se cumple del todo, ya que anteriormente se observa que en ocasiones las leyes para la textura brechosa son menores a 45% de Fe, mientras que la textura guías&diseminado presentan leyes superiores al 30% de Fe.

En concreto, Los Colorados presenta rasgos similares a otros depósitos de hierro pertenecientes a la Franja Ferrífera (El Algarrobo, El Romeral, etc.), relacionados a leyes y texturas de las menas de hierro (Lorca, 1990), donde se reconocen núcleos de alta ley de hierro con textura maciza – brechosa, que gradan a zonas de menor ley de hierro y donde se encuentra una mayor variabilidad en volumen de texturas de las menas de hierro.

A partir de leyes de hierro superiores a 50% de Fe, la textura de hierro pasa a ser primordialmente maciza, con sectores localizados (en los bordes) que presentan textura brechosa. Para leyes superiores a 45% de Fe, la textura que predomina es la brechosa con sectores localizados de la textura guías&diseminado. Finalmente para leyes inferiores a 45% de Fe se le atribuye a las texturas brechosa y guías&diseminado.

Esto puede ser corroborado en el punto 5.1, ya que el sector con ley de hierro superior a 45% de Fe, presenta textura macizo – brechoso, con características afines a un origen magmático, y otra zona de mayor volumen, con leyes de hierro inferior a 45% de Fe (principalmente textura guías&diseminado), con mayor variabilidad en volumen de las menas de hierro y con rasgos geológicos relacionados a mineralización de carácter hidrotermal.

Capítulo – 6: CONCLUSIONES

Los Colorados corresponde a un depósito de tipo IOA, dominado por magnetita, ubicado en la Franja Ferrífera Chilena. La mineralización de hierro se emplaza en las rocas de la Formación Punta del Cobre.

Este depósito presenta tres tipos de unidades texturales (macizo, brechoso y guías y diseminado), las cuales se encuentran coexistiendo en distinta proporción en volumen para los diferentes rangos de leyes de hierro.

En las unidades texturales se asocian a alteraciones de leve a intensa, tales como argílica, fílica afectando a las tres unidades y la propilítica que afecta principalmente a guías y diseminado y en el dominio oeste afecta a la unidad textural brechoso solo en los bordes con intensidad muy leve.

El modelo geológico adoptado por CMP para la formación de hierro corresponde a uno magmático, donde la mineralización tiene un origen en un magma que se separa en un fundido rico en Fe – P y volátiles y un fundido silicatado. Por lo que, los volátiles permitirían el ascenso del fundido rico en Fe, el cual precipitaría a medida que el fundido pierde volátiles. Sin embargo, considerando los resultados obtenidos además de estudios anteriores sobre la química de la magnetita y pirita del sector, es posible concluir que el yacimiento Los Colorados es consistente con el modelo de flotación propuesto por Knipping et al., 2015, para explicar su origen.

El yacimiento Los Colorados, se caracteriza por poseer dos cuerpos de hierro de alta ley superior a 57% de Fe, los cuales se encuentran separados espacialmente. Debido a esta separación, estos se separan en dominio oeste y dominio este.

En la unidad textural brechoso, se observa que la magnetita es más abundante en el dominio este, mientras que la pirita y calcopirita tiene mayor cantidad en el dominio oeste. La unidad textural guías y diseminado, presenta mayor cantidad de magnetita y calcopirita en el dominio este, por otro lado, la abundancia de la pirita es similar en ambos dominios.

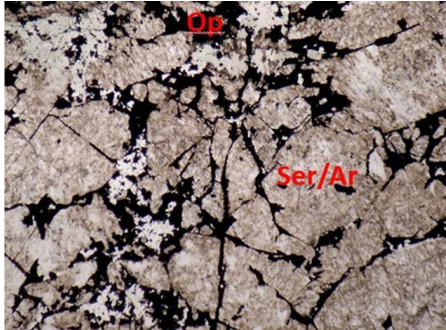
El volumen del depósito Los Colorados es variado, ya que la unidad brechoso

en el dominio oeste tiene un 29% del volumen total, mientras que el dominio este presenta un 10%, aunque en % de Fe es muy similar en ambos dominios (W: 46.72% de Fe; E: 43.09% de Fe). La unidad guías y diseminado, el lado oeste tiene 14% del volumen total, mientras que el lado este presenta un 33%, al igual que la unidad brechoso exhiben un % de Fe similar (W: 32.09% de Fe; E: 31.34% de Fe).

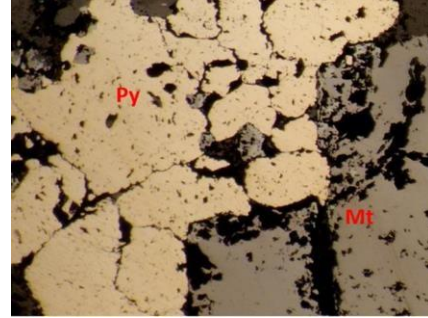
Las muestras se encuentran mayormente en un rango de 23 – 45% de Fe, esto pertenece a las unidades brechoso y guías y diseminado. En el rango de 45 – 50% de Fe principalmente se concentra la unidad brechoso, mientras que en el rango >50% de Fe, primordialmente se observa la unidad macizo.

ANEXO A
Descripciones petrográficas de secciones pulidas y transparentes.

Muestra: DIS 1W – 7 – 4



Aspecto general de la muestra. Se observa reemplazo intenso por sericita y arcillas (Ser/Ar). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).



Se observa cristales de pirita (Py), con escasas microfracturas, también se observa magnetita (Mt). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

ROCA OBLITERADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con reemplazo pervasivo de minerales de alteración que obliteran la textura original de la roca. Se observan probables feldespatos, reemplazados por sericita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Biotita	5	Cristales subhedrales, con tamaños < 1 mm, afectados parcialmente por clorita, sericita y arcillas. Se encuentran principalmente como parte de rellenos de vetillas.
Pseudomáficos	5	Cristales subhedrales, con tamaño < 0.4 mm, se encuentran reemplazados intensamente por clorita (verde parduzca y azul anómalo). Probablemente correspondan a cristales de anfíboles.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	35	Cristales criptocristalinos que afectan principalmente a plagioclasas y feldespatos que ocupan intersticios entre los minerales opacos y cristales de actinolita.
Sericita	34	Cristales subhedrales que reemplazan pervasivamente a minerales primarios.
Clorita	7	Cristales de hábito hojoso, que reemplaza a minerales máficos. Se presenta clorita verde parduzca y azul anómala.
Esfeno	2	Escasos cristales anhedrales, que ocurren como parte de alteración de probables feldespatos.
Turmalina	2	Escasos cristales de hábito prismático, los que le dan un aspecto hidrotermal a la roca.

MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	80	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños < 0.3 mm. Presenta escasas microfracturas.
Hematita	10	Se encuentra reemplazando a magnetita, desde bordes y planos de fractura.
Pirita	10	Cristales subhedrales, con tamaños > 0.2 mm. Ocurre como monomineral, en contacto simple con magnetita. Presentan escasas microfracturas.

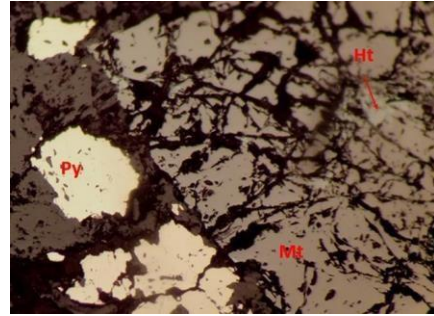
ESTRUCTURAS

Sets vetillas de opacos	8	Presenta paredes sinuosas, con espesor variable hasta 3 mm. Se encuentran rellenas parcialmente por magnetita, clorita y escasas biotitas.
-------------------------	---	--

Muestra: DIS 2W – 4 – 2



Sector microdiorítico, constituido por plagioclasas (Plg), actinolita (Act) y minerales opacos. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Magnetita (Mt) con microfracturas, con reemplazo por hematita (Ht) y cristales de pirita (Py). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

BRECHA DE MAGNETITA CON FRAGMENTOS MICRODIORITICOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Brecha con textura porfídica, constituidos por fenocristales de plagioclasas y masa fundamental constituida por microlitos de plagioclasas. Abundante presencia de cristales de actinolita.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Pseudo plagioclasas	35	Fenocristales y microlitos de plagioclasas, subhedrales, con tamaños variables entre 0.2 – 1.2 mm, además se observan maclas mal conservadas. Presentan leve reemplazo por arcillas, sericita, clorita y escasa epidota.
Actinolita	27	Cristales de hábito fibroso, reemplazados de leve a moderadamente por clorita, epidota y arcillas. Se observan minerales opacos en sus planos de clivajes.
Cuarzo	5	Escasos cristales anhedrales, con tamaños < 0.3 mm, se observan ocupando intersticios entre las actinolitas.
Antofilita	3	Cristales con hábito acicular, están asociados a actinolita.

MATRIZ

Matriz	30	Constituida por minerales opacos que brechizan la roca, y por escasas actinolitas, plagioclasas y cuarzo ocupando sus intersticios.
--------	----	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	6	Cristales subhedrales, con hábito hojoso, que reemplaza a minerales máficos.
Arcillas	3	Cristales criptocristalinos, que afecta a plagioclasas y actinolitas de fragmentos.
Epidota	3	Cristales subhedrales, que afectan a fragmentos microdioríticos.
Sericita	2	Cristales subhedrales, que reemplaza débilmente a plagioclasas.
Esfeno	1	Cristales anhedrales, que afecta principalmente a plagioclasas.

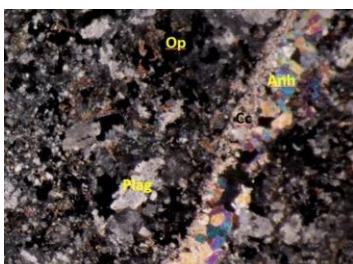
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	85	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño variable < 0.6 mm. En algunos sectores se observa con microfracturas, y alojados en planos de clivaje de actinolita.
Pirita	10	Cristales subhedrales, con tamaño > 0.3 mm, presentan microfracturas. Ocurre como monomineral, localmente en contacto con magnetita.
Hematita	5	Se encuentra reemplazando a magnetita, desde bordes y planos de fracturas.

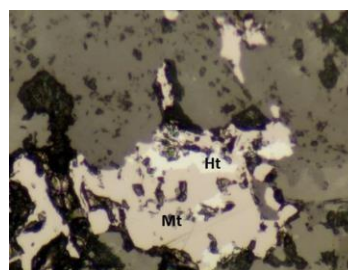
ESTRUCTURAS

Finas vetillas	-	Presenta paredes sinuosas, con un espesor > 1 mm, se encuentra rellena de cuarzo.
----------------	---	---

Muestra: DIS 2W – 10 – 4



Plagioclasas (Plag) y actinolitas, reemplazadas por clorita. Se observa una fina vetilla de anhidrita (Anh)/calcita (Cc) y opacos (Op). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Magnetita (Mt) reemplazada por hematita (Ht) desde los bordes. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

ROCA MICRODIORITICA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca de textura hipidiomorfa granular, constituida por plagioclasas, reemplazadas por albita, sericita y epidota. Cristales de actinolita reemplazados por arcillas, clorita y escasa epidota. Se observan vetillas de opacos, anhidritas/calcitas y guías de cuarzo.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	45	Cristales subhedrales, con tamaños < 0.6 mm. Se observan maclas polisintéticas moderadamente conservadas. Presentan reemplazo leve a intenso por albita, sericita y escasa epidota.
Actinolita	20	Cristales subhedrales, con tamaños < 0.8 mm. Reemplazadas selectivamente por arcillas, clorita y escasa epidota. Minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.

MATRIZ

Matriz	35	Constituida principalmente por minerales opacos, de hábito masivo. Subordinadamente presenta actinolita, reemplazada por arcillas y clorita, escasos cristales de cuarzo, los cuales ocupan intersticios entre magnetita.
--------	----	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	12	Cristales de hábito fibroso/hojoso, afectan a actinolita y plagioclasas.
Arcillas	8	Cristales criptocristalinos, afectan de leve a moderado a plagioclasas y actinolitas.
Sericita	8	Cristales criptocristalinos, de hábito acicular, reemplaza moderadamente a plagioclasas.
Albita	6	Afecta a plagioclasas, dándole un aspecto turbio.
Anhidrita	5	Cristales anhedrales, se presentan en vetillas y en roca microdiorítica.
Calcita	5	Cristales romboédricos, se observa como rellenos de vetillas.
Epidota	4	Cristales anhedrales, reemplaza a actinolitas y plagioclasas.

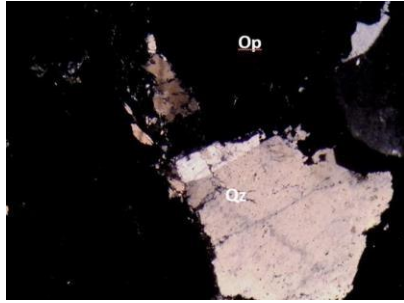
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	95	Cristales anhedrales a subhedrales, con hábito masivo, tamaños < 0.4 mm, presenta microfracturas. Se observan alojados en estructuras de actinolitas y plagioclasas, además como relleno de finas vetillas.
Hematita	5	Se encuentra reemplazando a magnetita desde los bordes y planos de fracturas.

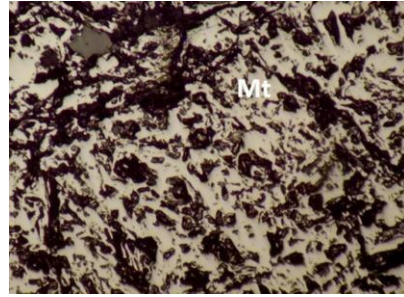
ESTRUCTURAS (5%)

Guías de cuarzo	-	Guías discontinuas, con espesor < 1 mm, se observa rellena de cuarzo.
Vetillas de opacos	-	Vetillas con paredes difusas, rellenas de minerales opacos.
Vetillas de calcita/anhidrita	-	Vetillas discontinuas, con paredes difusas, rellenas de calcita, anhidrita y minerales opacos.

MUESTRA: MAC 4W – 12 – 4



Cristales de cuarzo (Qz) ocupando intersticios entre minerales opacos (Op). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Magnetita (Mt) con hábito masivo. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida principalmente de magnetita, escasos cristales de cuarzo, feldespatos y actinolita. Feldespatos y actinolitas están alterados por sericita, calcita y esfeno.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	5	Escasos cristales subhedrales de hábito acicular a fibrosos, con tamaños < 0.3 mm.
Plagioclasas	5	Cristales subhedrales, con tamaños < 0.3 mm, están siendo reemplazados por sericita y calcita.
Cuarzo	5	Cristales anhedrales, con tamaños < 0.3 mm, los cuales están ocupando intersticios entre minerales opacos.

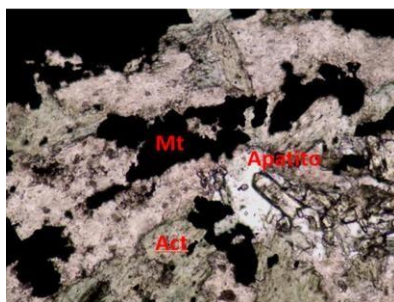
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	2	Cristales criptocristalinos de hábito acicular, reemplazan a plagioclasas.
Calcita	2	Cristales anhedrales, ocurren de forma local, reemplazando a plagioclasas.
Esfeno	1	Cristales anhedrales, reemplazando a plagioclasas.

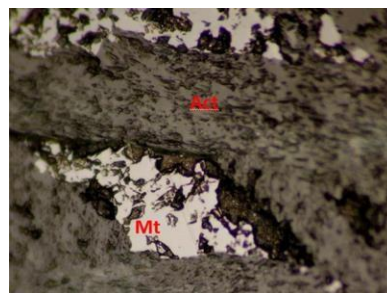
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	100	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaños < 0.5 mm, ocurre como monomineral.

MUESTRA: DIS 3W – 4 – 2



Cristales de actinolita (Act) afectada por clorita, se observa magnetita (Mt) y cristales prismáticos de apatito. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).



Cristales de magnetita (Mt) ocupando espacios entre los cristales de actinolita (Act). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida principalmente por magnetita con actinolita, la cual está siendo reemplazada parcialmente por clorita. Se observan escasos cristales de plagioclasas, además de cristales de apatito como accesorio.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	37	Cristales de hábito acicular a fibroso, con tamaños < 0.6 mm, reemplazados por clorita, epidota y esfeno.
Plagioclasas	8	Cristales subhedrales, con tamaños < 0.5 mm, presenta maclas moderadamente conservadas, reemplazada localmente por sericita, arcillas, clorita, escasa epidota y esfeno.

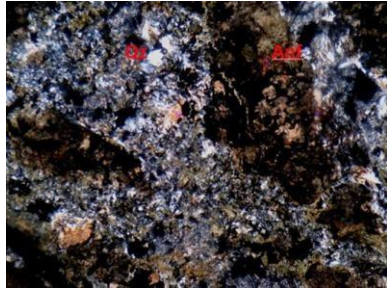
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	12	Cristales fibrosos, producto de alteración de actinolita, probablemente de plagioclasas.
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos, afectan a plagioclasas que ocupan intersticios entre minerales opacos y actinolitas.
Sericita	5	Cristales subhedrales, reemplazan parcialmente a plagioclasas.
Epidota	4	Cristales anhedrales, reemplazan a plagioclasas y actinolitas.
Esfeno	3	Cristales anhedrales, reemplazan localmente a actinolitas y plagioclasas.
Albita	3	Afectan localmente a plagioclasas.

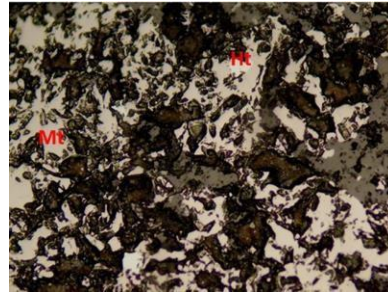
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	100	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño < 0.4 mm. Se encuentra escasamente afectada por limonitas.

MUESTRA: BRE 3W – 9 – 5



Intrusión de cuarzo policristalino, probable evento posterior a brechización. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Brecha constituida por magnetita (Mt) con hábito masivo y reemplazo de hematita (Ht). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

BRECHA MAGNETITA/ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca afectada por un fuerte reemplazo por minerales de alteración, los cuales obliteran el protolito original, probable diorita. Presentan relictos de plagioclasas, reemplazadas por sericita, arcillas y clorita. La roca es afectada por una intrusión de actinolita y magnetita, además de cuarzo policristalino.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Anfíboles (Actinolita)	45	Cristales de hábito acicular/hojoso, afectados por alteración selectiva de leve a moderada por arcillas y clorita. Minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.
Feldespato	18	Cristales subhedrales a anhedrales, presentan reemplazo por arcillas, sericita y escasa clorita, los cuales obliteran la textura original. No se observan sus maclas.
Cuarzo	10	Cristales anhedrales, agregados microcristalinos posterior a la brechización producida por la intrusión de anfíboles y minerales opacos.

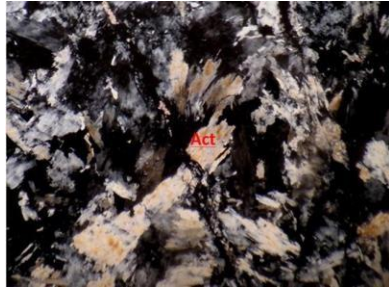
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	30	Cristales criptocristalinos, de forma selectiva de leve a intensa, reemplaza a plagioclasas y anfíboles.
Sericita	15	Cristales subhedrales, afecta a plagioclasas.
Clorita	10	Cristales de hábito hojoso, afecta parcialmente a anfíboles y algunas plagioclasas.

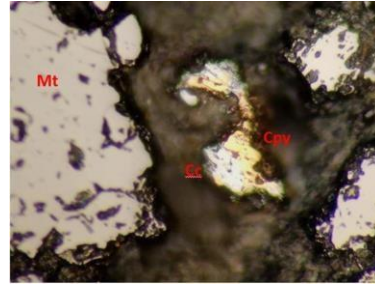
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	95	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño < 0.2 mm. Presenta textura oquerosa, y escasamente se encuentran alojados en actinolita.
Hematita	3	Se encuentra reemplazando a magnetita, desde bordes y planos de fracturas.
Pirita	2	Cristales subhedrales, con tamaño > 0.1 mm, Se encuentra diseminada.

MUESTRA: BRE 4W – 11 – 12



Vetilla de actinolita (Act) con minerales opacos ocupando intersticios.



Veta de magnetita (Mt), con calcopirita (Cpy) reemplazada por calcosina (Cc) desde los bordes. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA – ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca constituida por minerales opacos de forma masiva. La vetilla que corta en la parte central presenta actinolita, escasos minerales opacos y feldespatos reemplazados por arcillas.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	20	Cristales de hábito acicular, con tamaños entre 0.3 – 3 mm. Es un componente principal en la vetilla.
Feldespato	5	Se encuentran reemplazados por arcillas, lo que oblitera su textura original.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos, reemplazan a plagioclasas y feldespatos que ocupan intersticios entre minerales opacos y actinolita.

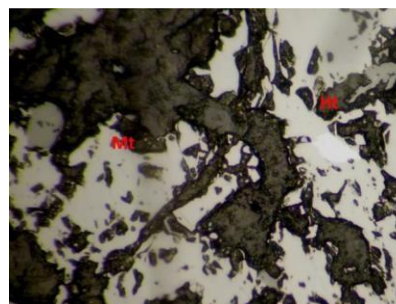
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales, de hábito masivo, con tamaños < 0.2 mm. Subordinadamente se presenta en vetilla de actinolita ocupando intersticios.
Hematita	6	Se presenta reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.
Pirita	2	Escasos cristales subhedrales, con tamaños > 0.1 mm. Se presentan como inclusiones en magnetita y diseminada en vetilla de actinolita.
Calcosina	>1	Cristales anhedrales, con tamaños > 0.1 mm. Se presenta diseminada y reemplaza localmente desde los bordes a calcopirita.
Calcopirita	1	Cristales anhedrales, con tamaños > 0.1 mm. Se presenta diseminada.

MUESTRA: DIS 3W – 16 – 2



Se observa fenocristal de plagioclasa (Plag), con maclas moderadamente conservadas, reemplazada por sericita. Masa fundamental de actinolita y microlitos. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Matriz con agregados de magnetita (Mt) reemplazada por hematita (Ht). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

ANDESITA PORFÍDICA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Brecha con fragmentos volcánicos de andesita porfídica, con fenocristales de plagioclasas, reemplazada por sericita. La masa fundamental constituida por microlitos o actinolitas cloritizadas.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Microlitos de plagioclasas	22	Cristales subhedrales, que constituyen la masa fundamental de la roca. Sus maclas se observan mal conservadas. Se encuentra reemplazada por sericita, clorita y escasa epidota.
Actinolita	12	Cristales subhedrales, componente de la masa fundamental. Se observa reemplazada por clorita.
Plagioclasas	12	Fenocristales subhedrales, con tamaños entre 0.8 – 2 mm. Presenta maclas polisintéticas mal conservadas. Se observa reemplazada por sericita.
Cuarzo	3	Escasos cristales anhedrales, con tamaño promedio de 0.25 mm.

MATRIZ

Matriz	36	Está constituida por minerales opacos y actinolita que brechizan la roca.
--------	----	---

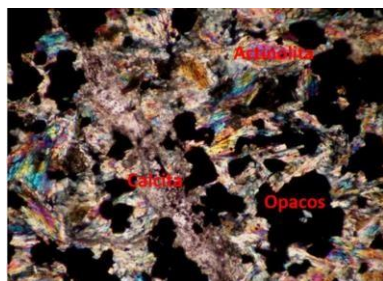
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	10	Cristales subhedrales, reemplaza a plagioclasas y microlitos de plagioclasas.
Clorita	10	Cristales de hábito hojoso, afecta moderadamente a actinolita de la matriz y de la roca.
Epidota	2	Cristales anhedrales, se presentan localmente, reemplazando levemente a fenocristales y microlitos de plagioclasas.

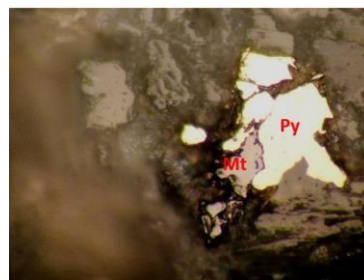
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	96	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño < 0.5 mm. Se presenta masivo en matriz y diseminado en la roca.
Hematita	4	Se presenta reemplazando a magnetita desde los bordes y planos de fracturas.

MUESTRA: DIS 1E – 37 – 4



Veta constituida por actinolita, minerales opacos, con presencia de calcita. (Aumento 200x, Luz Ref., Nicoles cruzados).



Se observa pirita (Py) en contacto con magnetita (Mt). (Aumento 100x, Luz Ref., Nicoles paralelos).

VETA MAGNETITA – ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca constituida por minerales opacos, actinolita reemplazada por clorita, escasos cristales e cuarzo. Presenta vetilla de calcita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	40	Cristales de hábito acicular, reemplazados parcialmente por clorita, y localmente por esfeno. Se observa minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Cuarzo	5	Cristales anhedrales, presentan extinción ondulosa.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	20	Cristales de hábito hojoso, reemplaza leve a moderadamente a actinolita. Se reconoce clorita tipo azul anómalo.
Calcita	8	Cristales romboédricos, presentes en vetillas y relleno de veta.
Esfeno	2	Cristales anhedrales, reemplazan localmente a actinolita.

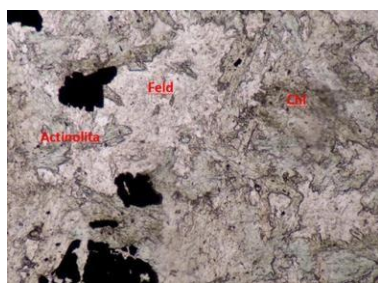
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales, de hábito masivo, con tamaños < 0.2 mm.
Hematita	7	Se presenta reemplazando a magnetita desde algunos bordes y planos de fracturas.
Pirita	3	Escasos cristales subhedrales, con tamaños > 0.2 mm. Se observa en contacto con magnetita.

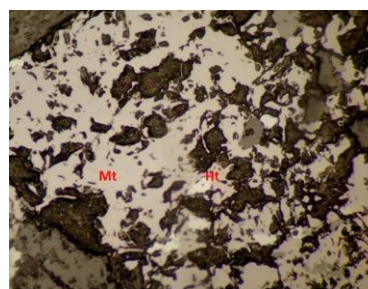
ESTRUCTURAS

Guías de calcita		Finas guías, discontinuas, con espesor variable < 2 mm, relleno de calcita.
------------------	--	---

MUESTRA: DIS 1E – 38 – 1



Roca constituida por cristales de actinolita reemplazada por clorita (Chl), y feldespato (Feld) reemplazados por sericita y arcillas. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).



Roca constituida por magnetita (Mt) reemplazada por hematita (Ht). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

ROCA INTRUSIVA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca intrusiva con textura brechosa, presenta feldespatos y actinolitas. Esta roca se encuentra brechizada por intrusión de minerales opacos (magnetita).

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Feldespatos	28	Cristales anhedrales, con tamaños <0.5 mm. Se encuentran siendo reemplazados moderadamente por arcillas, sericita y escasamente por esfeno.
Actinolita	25	Cristales subhedrales, con tamaños de 0.5 mm. Reemplazados moderadamente por clorita y débilmente por arcillas. Se observan minerales opacos en sus planos de clivajes.
Cuarzo	2	Cristales anhedrales, con tamaños de 0.2 mm. Presentan extinción ondulosa.

MATRIZ

Matriz	45	Está conformada por minerales opacos, los cuales brechizan la roca, ocupando espacios entre los cristales de actinolitas y feldespatos.
--------	----	---

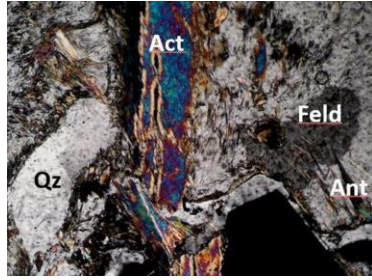
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	12	Cristales criptocristalinos, reemplazan a actinolitas y feldespatos (plagioclasas) de fragmentos y matriz.
Clorita	10	Cristales con hábito hojoso, reemplazan a actinolitas.
Sericita	6	Cristales subhedrales, afecta a feldespatos.
Esfeno	2	Cristales anhedrales, con tamaño <0.1 mm. Reemplazan a feldespatos.
Zircón	Tr	Cristales prismáticos como accesorio magmático, se encuentra alojado en feldespatos.

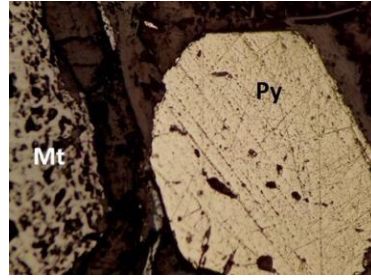
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño <0.4 mm. Se presenta con hábito masivo y como agregados anhedrales a subhedrales en matriz.
Hematita	6	Se presenta reemplazando a magnetita desde algunos bordes y planos de fracturas.
Limonitas	4	Afecta localmente a magnetita, debido a un proceso de limonitización

MUESTRA: MAC 4W – 13 – 4



Sector de la veta, donde se observa actinolita (Act), feldspatos (Feld), cuarzo (Qz) y escasos cristales de antofilita (Ant). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Veta constituida por magnetita (Mt) y subordinadamente por pirita (Py). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita, subordinadamente por actinolita con reemplazos por arcillas, clorita y epidota, se observan cristales de feldspatos (plagioclasas), cuarzo y escasos cristales de antofilita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	9	Cristales subhedrales, con hábito acicular, de tamaños <2 mm. Reemplazada levemente por arcillas y clorita.
Cuarzo	7	Cristales anhedrales, de tamaños <2 mm, se observa con extinción ondulosa. Se presentan ocupando intersticios entre los minerales opacos.
Feldspatos	3	Cristales subhedrales, de tamaños <0.8 mm. Reemplazados por arcillas, epidota y esfeno.
Antofilita	1	Finos cristales de hábito acicular.

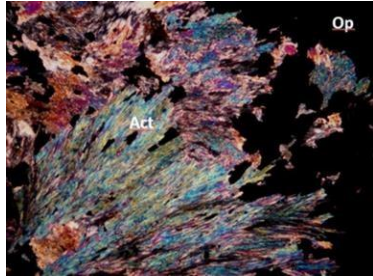
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	10	Cristales de hábito fibroso/hojoso, reemplazan a actinolitas.
Epidota	4	Finos agregados de hábito acicular, ocurre como relleno parcial en actinolita y feldspatos.
Arcillas	2	Cristales criptocristalinos, reemplazando a actinolita y feldspatos.
Esfeno	2	Cristales anhedrales, reemplazando a feldspatos.

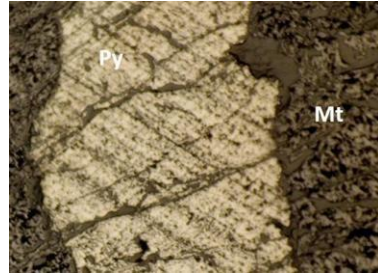
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.4 mm.
Pirita	8	Cristales subhedrales, de tamaño >1 mm. Se encuentra como monomineral, en contacto simple con magnetita.
Hematita	2	Se presenta reemplazando a magnetita de forma local, se encuentra afectada por procesos de limonitización.

MUESTRA: MAC 2W – 9 – 5



Se observan cristales de actinolita (Act) y minerales opacos (Op). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa que pirita (Py) Cortando la veta de magnetita. Pirita exhibe microfracutas. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita y actinolita, se observan escasos cristales de cuarzo y plagioclasas. Se presentan vetillas de cuarzo – pirita, de yeso.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	20	Cristales subhedrales, de hábito acicular, con tamaño <2 mm. Reemplazada levemente por arcillas. Se observa impregnación de opacos en sus planos de clivajes.
Cuarzo	6	Cristales anhedrales, con tamaño <0.6 mm. Ocupan intersticios entre las actinolitas.
Plagioclasas	4	Cristales subhedrales, con tamaño <0.5 mm. Reemplazadas levemente por sericita y escasa epidota. Se observan en intersticios de actinolita.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Yeso	4	Finos cristales aciculares, se observan como relleno parcial de vetillas.
Arcillas	3	Cristales criptocristalinos, reemplazan localmente a actinolita.
Sericita	3	Cristales criptocristalinos, reemplazan localmente a plagioclasas.
Epidota	2	Cristales subhedrales, reemplaza localmente a plagioclasas.

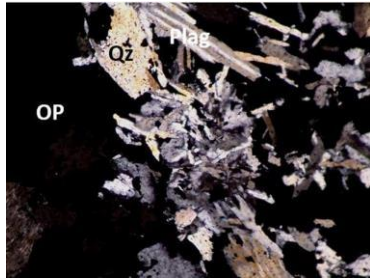
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	92	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.1 mm. En los planos de clivajes de actinolita se presentan diseminadas.
Pirita	6	Cristales subhedrales, de tamaños >0.1 mm. Presenta microfracturas.
Hematita	2	Se presenta reemplazando a magnetita desde bordes y planos de fracturas.

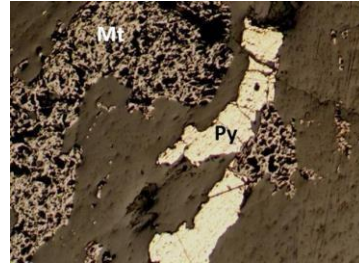
ESTRUCTURAS (5%)

Guías de cuarzo		Finas guías de cuarzo, discontinua, con espesor de 0.3 mm.
Guías de yeso, cuarzo y actinolita		Finas guías de yeso. Cuarzo y actinolita, con espesor de <0.5 mm.
Vetilla de minerales opacos		Vetilla continua, rellena de minerales cuarzo/opacos.

MUESTRA: MAC 2W – 10 – 2



Se observan minerales opacos (Op) como componente principal de la veta, agregados subhedrales de cuarzo (Qz) y plagioclasas (Plag). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa fina vetilla, rellena de forma discontinua por pirita (Py), cortando la veta de magnetita (Mt). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita principalmente y de manera subordinada por actinolita. Se observan cristales de cuarzo y de plagioclasas.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	15	Cristales subhedrales, de hábito acicular/fibroso, con tamaño <3 mm. Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Cuarzo	10	Cristales anhedrales, de tamaño <2 mm. Se observan ocupando intersticios en cristales de magnetita.
Plagioclasas	5	Cristales subhedrales, de tamaño variable <1 mm.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	3	Se observa con hábito hojoso, reemplazando subordinadamente a actinolitas.

MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	92	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.4 mm.
Pirita	6	Cristales subhedrales, de tamaño >0.4 mm. Se observan como monomineral y relleno de vetillas.
Hematita	2	Se presenta reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.

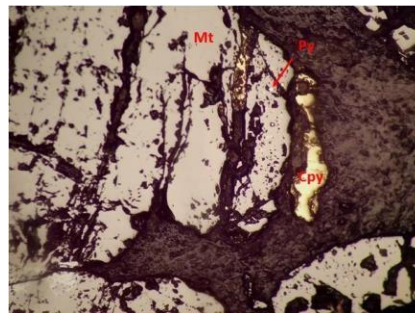
ESTRUCTURAS

Vetillas de pirita	2	Vetillas discontinuas, con relleno parcial de pirita.
--------------------	---	---

MUESTRA: DIS 1E – 42 – 4



Se observan Feldespatos (Feld) probables plagioclasas, reemplazadas por sericita y arcillas, Actinolita (Act) reemplazadas por clorita y arcillas. (Aumento 100x, Luz Trans., Nicoles cruzados).



Se observan magnetitas (Mt), reemplazada por hematita, con inclusiones de pirita (Py). Calcopirita (Cpy) se observa en contacto con magnetita. (Aumento 100x, Luz Trans., Nicoles paralelos).

PROTOLITO MICRODIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca de composición probable microdiorita, constituida por actinolita con leve reemplazo de clorita, feldespatos argilizados y minerales opacos.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	10	Cristales alargados subhedrales, de hábito acicular, reemplazadas leve a moderadamente por arcillas y clorita. Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Plagioclasas	10	Se observan relictos de cristales subhedrales de plagioclasas con maclas mal conservadas, reemplazadas de moderada a intensamente por sericita, clorita, epidota y arcillas.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	15	Cristales subhedrales, reemplazando a actinolitas y plagioclasas.
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos, reemplazando a actinolita y plagioclasas
Sericita	5	Cristales de hábito acicular, se observa reemplazando levemente a plagioclasas.
Epidota	3	Cristales subhedrales, reemplazando a plagioclasas.
Esfeno	2	Cristales euhedrales, reemplazando a plagioclasas.

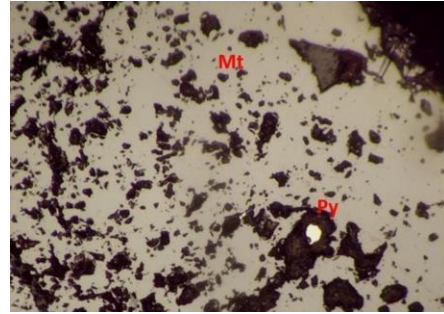
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	94	Cristales anhedrales, de hábito masivo, con tamaños de 0.3 mm.
Hematita	4	Se presenta reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.
Calcopirita	1	Cristales anhedrales, de tamaños 0.2 mm, se observa en contacto con magnetita.
Pirita	1	Cristales subhedrales, se presenta como inclusiones en magnetita.

MUESTRA: BRE 4W – 15 – 4



Se observan actinolitas (Act) con hábito fibroso, antofilita (Ant) de hábito acicular, escaso cuarzo. Presencia de calcita como alteración. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt), con una inclusión de pirita (Py), ocupando una oquedad. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

BRECHA DE MAGNETITA – ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Brecha constituida por magnetita y actinolita, con escasos cristales de cuarzo, localmente se observan cristales aciculares de antofilita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	15	Cristales de hábito prismático/fibroso, con tamaños de 0.6 – 3 mm, reemplazados parcialmente por arcillas y localmente por calcita. Se observa minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Antofilita	12	Finos cristales aciculares, de tamaño <0.01 mm, reemplazados levemente por arcillas. Se encuentran ocupando intersticios entre actinolita y minerales opacos.
Cuarzo	4	Cristales anhedrales, de tamaño <0.15 mm, se observan con extinción ondulosa.

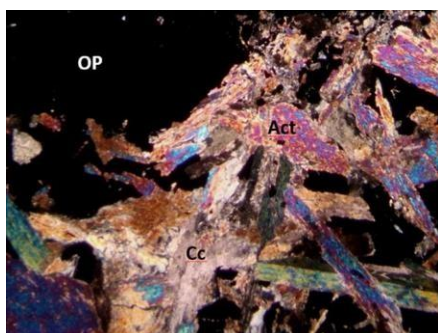
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	8	Cristales criptocristalinos, reemplazan leve a moderadamente a actinolitas.
Calcita	7	Cristales anhedrales, reemplazando parcialmente a actinolita, se pueden encontrar como relleno de intersticios entre minerales opacos.

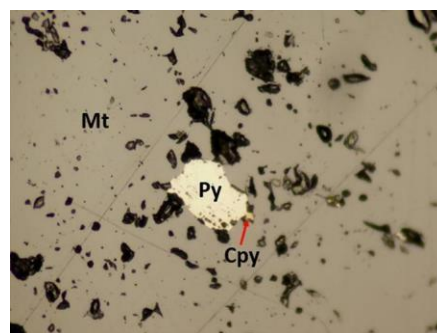
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	92	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño <2 mm. Se presenta como monomineral.
Limonitas	5	Se presenta como impregnación entre los intersticios de magnetita, afectando a este mineral.
Pirita	3	Cristales subhedrales, con tamaño <0.1 mm. Se observan ocupando una oquedad en magnetita, como monomineral.

MUESTRA: BRE 3W – 15



Se observan minerales opacos (Op) y actinolitas (Act) reemplazadas por arcillas y calcita (Cc). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan magnetita (Mt) con inclusión de pirita (Py), la cual está reemplazada por calcopirita (Cpy). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita masiva y actinolita acicular reemplazada por arcillas, calcita y anhidrita. Se observan escasos cristales de plagioclasas reemplazados por sericita y arcillas y localmente se observa cuarzo.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	38	Cristales subhedrales, de hábito acicular, con tamaño <4 mm. Se observa reemplazo parcial de arcillas y localmente por calcita. Presenta minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Plagioclasas	8	Cristales subhedrales, de tamaño <0.6 mm, sus maclas polisintéticas no se conservan. Se observa reemplazo selectivo, leve a intenso por sericita y arcillas.
Cuarzo	2	Escasos cristales anhedrales, de tamaño <0.2 mm.

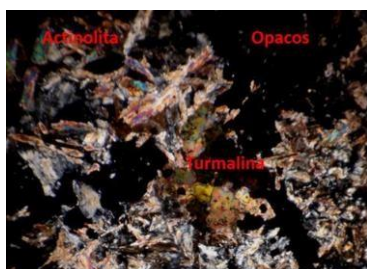
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	10	Cristales criptocristalinos, reemplazan a plagioclasas y actinolitas.
Sericita	5	Cristales subhedrales, reemplazan a plagioclasas.
Calcita	4	Cristales anhedrales, reemplazan a actinolitas.
Anhidrita	3	Cristales anhedrales, reemplazan plagioclasas.

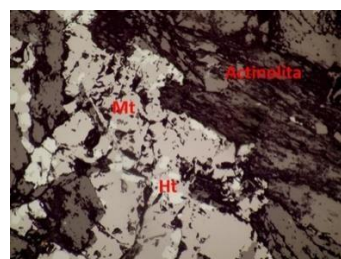
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	96	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.6 mm. Se observan con abundante microfracturas.
Hematita	2	Se presenta reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.
Pirita	1	Escasos cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm, se observan como inclusión en magnetita.
Calcopirita	1	Cristales anhedrales, de tamaño >0.1 mm, se observan como inclusión en magnetita y reemplazando a pirita.

MUESTRA: DIS 1E – 45 – 2



Sector de la matriz donde se observa actinolita, minerales opacos (magnetita) y turmalina. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt), con reemplazo por hematita (Ht) desde algunos bordes, también se presenta actinolita con magnetita en sus planos de clivajes. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

MICRODIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Matriz constituida por magnetita masiva y actinolita reemplazadas por clorita y arcillas, se observan plagioclasas reemplazadas por arcillas, epidota, clorita, sericita y esfeno. Se reconoce turmalina de forma local.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	30	Cristales subhedrales, exhiben maclas moderadamente conservadas, reemplazadas selectivamente de leve a moderado por sericita, arcillas, clorita, epidota y escaso esfeno.
Actinolita	15	Cristales prismáticos/aciculares, de tamaños <0.5 mm. Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.

MATRIZ

Matriz	36	Constituida por magnetita y actinolita que brechizan la roca.
--------	----	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	6	Cristales hojosos, reemplazando leve a moderado a actinolita y plagioclasas.
Sericita	6	Cristales subhedrales, reemplazan a plagioclasas.
Arcillas	6	Cristales criptocristalinos, reemplazan a plagioclasas y actinolitas.
Epidota	4	Cristales anhedrales, reemplazan localmente a plagioclasas.
Turmalina	3	Cristales prismáticos, se observa localmente en la matriz, dándole un aspecto hidrotermal.
Esfeno	2	Cristales anhedrales, reemplazan localmente a plagioclasas.

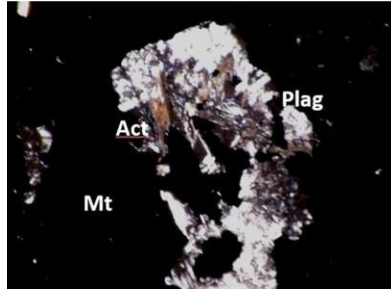
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	95	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaños <0.4 mm. Se presenta masiva en la matriz y diseminada en microdiorita.
Hematita	5	Se presenta reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.

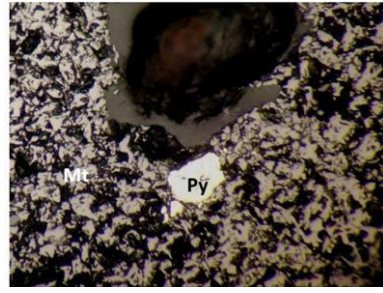
ESTRUCTURAS

Vetillas de magnetita	4	Vetillas con paredes sinuosas, rellena de magnetita, de espesor 2 a 3 mm.
-----------------------	---	---

MUESTRA: MAC 3W – 24 – 3



Se observa mayormente magnetita (Mt), con agregados de plagioclasas (Plsg), cuarzo y actinolita (Act). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa mayormente magnetita (Mt), con escasa presencia de pirita (Py). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita, en menor cantidad se presenta cuarzo, plagioclasas y actinolita, que ocupan intersticios entre magnetita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	5	Cristales subhedrales, de hábito acicular/fibroso, presenta reemplazo leve por arcillas y epidota. Se observa subordinadamente en los intersticios de magnetita.
Plagioclasas	5	Cristales subhedrales, de tamaño <0.5 mm, presenta leve reemplazo por epidota y esfeno.
Cuarzo	5	Cristales anhedrales, de tamaño <2 mm, exhibe extinción ondulosa.

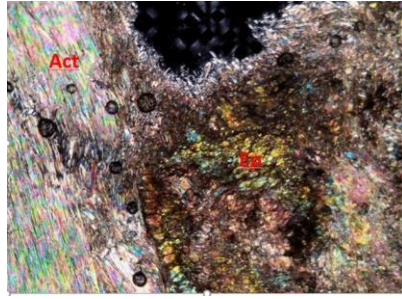
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	1	Cristales criptocristalinos que reemplazan localmente a actinolita.
Epidota	>1	Escasos cristales subhedrales que reemplazan a actinolita y a plagioclasas.
Esfeno	0.5	Escasos cristales anhedrales que reemplazan a plagioclasas.

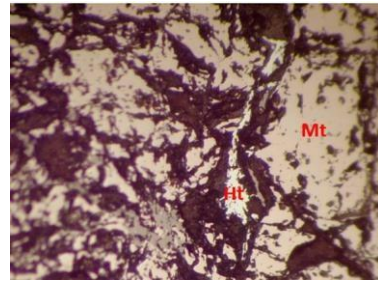
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	98	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaño <0.5 mm. Subordinadamente se observa afectada por proceso de limonitización (Goethita).
Pirita	2	Cristales subhedrales, de tamaño >0.6 mm, se observa como monomineral y en contacto con magnetita.

MUESTRA: BRE 5W – 5 – 2



Se observan actinolitas (Act), con reemplazo por arcillas y epidota (Ep). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan magnetita (Mt), de hábito masivo, con reemplazo por hematita (Ht). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA DE MAGNETITA – ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita masiva, actinolita acicular, escasa presencia de probables plagioclasas y cuarzo. Presenta reemplazo por arcillas, epidota, clorita, sericita y esfeno.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	38	Cristales subhedrales, de hábito acicular, con tamaño de 0.8 mm. Presenta reemplazo moderado por arcillas, epidota y clorita. Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Feldespato (plagioclasas)	4	Cristales subhedrales, con tamaño de 0.6 mm. Presenta reemplazo leve por arcillas, epidota, sericita y esfeno. Se observa que están afectados por impregnaciones de actinolitas cloritizadas.
Cuarzo	4	Escasos cristales anhedrales, de tamaño 0.5 mm. Exhibe extinción ondulosa.

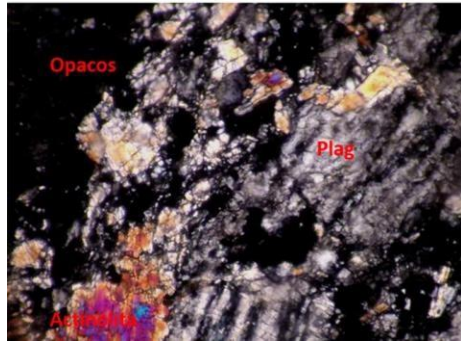
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	12	Cristales criptocristalinos que reemplazan a actinolitas y feldespatos.
Epidota	6	Cristales subhedrales que reemplazan a actinolita y escasos feldespatos.
Clorita	5	Cristales hojosos que reemplazan a actinolitas.
Sericita	3	Cristales subhedrales que reemplazan a plagioclasas.
Esfeno	1	Cristales anhedrales que reemplazan a plagioclasas.

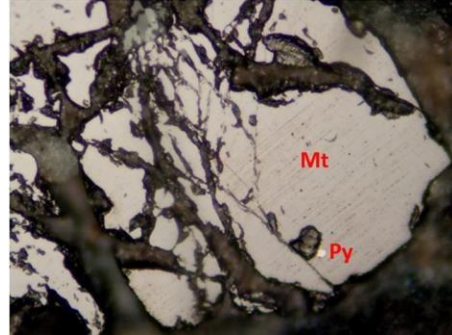
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	95	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.8 mm. Presentan microfracturas.
Hematita	5	Se presenta reemplazando a magnetita desde algunos bordes y planos de fracturas.

MUESTRA: BRE 4W – 20 – 4



Se observan cristales de plagioclasas (Plag) microfracturadas, debido a procesos de brechización. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt), con inclusión de pirita (Py). Magnetita se observa con microfracturas, debido a la brechización. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

BRECHA DE MAGNETITA – ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Brecha, afectada por una intrusión de actinolita y agregados de magnetita. Está constituida por fragmentos de probable composición diorítica o microdiorítica. Presentan escasos cristales de cuarzo y plagioclasas reemplazadas por arcillas.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	35	Cristales de hábito acicular/prismático, presentan reemplazo moderado por arcillas. Se observan escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Plagioclasas	16	Cristales subhedrales, exhiben maclas mal conservadas, reemplazadas por arcillas que obliteran parcialmente su textura original. Presenta microfracturas, debido a procesos de brechización o intrusión.
Cuarzo	4	Escasos cristales anhedrales, de tamaño <0.3 mm, exhiben extinción ondulosa.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	25	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas y actinolitas.

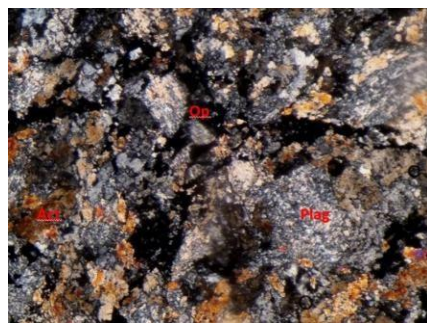
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	96	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaño <0.6 mm. Presentan microfracturas.
Pirita	4	Escasos cristales subhedrales, de tamaño >0.2 mm, ocurre como monomineral alojados en magnetita.

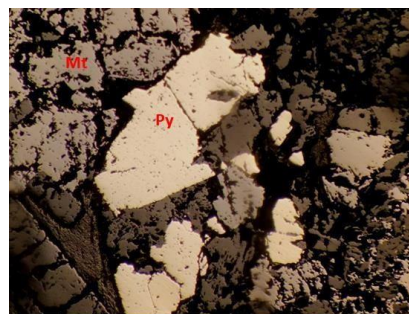
ESTRUCTURAS

Guías de cuarzo	-	Finas guías discontinuas, rellenas de cuarzo, de espesor 0.5 mm.
-----------------	---	--

MUESTRA: DIS 3W – 6 – 4



Se observan cristales de probables plagioclasas (Plag), reemplazadas por sericita y arcillas, cristales de actinolita (Act) y minerales opacos (Op) ocupando intersticios. (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles cruzados).



Se observan cristales subhedrales de magnetita (Mt), en contacto con pirita (Py). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles paralelos).

PROTOLITO DIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca de probable composición diorítica, con textura brechosa, se observan fragmentos con bordes difusos de unos 0.5 a 1 cm. aprox., matriz constituida por actinolita y minerales opacos.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Fragmento de probable diorita	60	Fragmentos con bordes irregulares/difusos, debido a la intrusión de minerales opacos, están constituidos por feldespatos (probables plagioclasas), reemplazados intensamente por arcillas, sericita y epidota, Actinolitas y biotitas reemplazadas por arcillas, clorita y epidota. Se observa trazas de zircón prismático y diseminación de minerales opacos.

MATRIZ

Matriz	40	Constituida por minerales opacos y actinolitas, las cuales presentan un leve reemplazo por arcillas y clorita. Se observan minerales opacos alojados en los planos de clivajes de actinolita.
--------	----	---

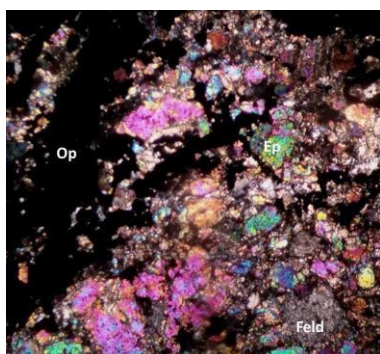
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	15	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a feldespatos y actinolitas, tanto en la matriz como en los fragmentos.
Epidota	10	Cristales anhedrales, que reemplazan a probables plagioclasas y actinolitas.
Clorita	5	Cristales subhedrales, que reemplazan levemente a actinolitas y biotita.
Sericita	5	Se observa reemplazando a feldespatos en los fragmentos.

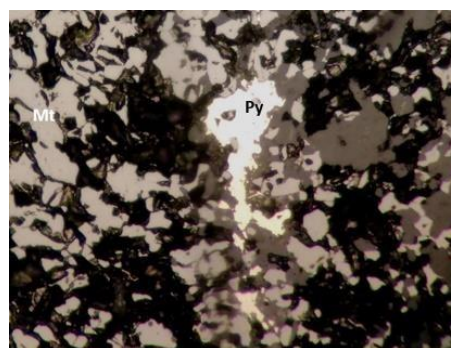
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaño <0.2 mm. Se observan alojados en los planos de clivajes de actinolitas, tanto en matriz como en fragmentos.
Hematita	5	Se presenta reemplazando a magnetita (fragmento y matriz) desde algunos bordes y planos de fracturas.
Pirita	5	Cristales subhedrales, de tamaño 0.3 mm. Se observa diseminado en matriz, monomineral y está en contacto con magnetita.

MUESTRA: DIS 3W – 5 – 3



Fragmento donde se observa feldespatos (Feld) reemplazados por sericita y epidota (Ep), con matriz compuesta por minerales opacos (Op). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles cruzados).



Matriz de la brecha, constituida por magnetita (Mt) y pirita (Py). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

PROTOLITO INDETERMINADO

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con intenso reemplazo de arcillas y sericita que afectan a probables plagioclasas. Se observa sobreimposición de un intenso reemplazo por epidota en feldespatos y máficos.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Protolito indeterminado	7 0	Tanto la textura como la composición primaria se encuentran obliterada por reemplazos pervasivos de sericita, arcillas y epidota.

MATRIZ

Matriz	3 0	Constituida principalmente por minerales opacos, que brechizan la roca. Sus intersticios se observan ocupados por minerales fuertemente reemplazados por arcillas y sericita.
--------	--------	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Epidota	4 5	Cristales anhedrales, que reemplazan pervasivamente a feldespatos (probables plagioclasas) y máficos (actinolita).
Sericita	2 2	Cristales subhedrales, principalmente se observan en fragmentos y subordinadamente en matriz, reemplazando intensamente a feldespatos.
Arcillas	8	Cristales criptocristalinos que reemplazan a feldespatos, obliterando su textura original.

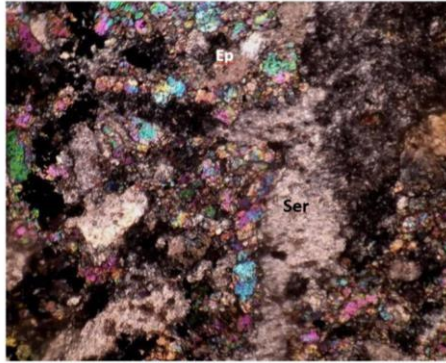
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	9 2	Cristales anhedrales, de hábito masivo en matriz y diseminada en fragmentos dioríticos. Se observan alojados en los planos de clivajes de actinolitas.
Limonitas	4	Se observa como impregnación en fragmentos principalmente, de tamaño 0.4 mm.
Hematita	2	Se observa como reemplazo desde los bordes de magnetita, de tamaño <0.1 mm.
Pirita	2	Cristales subhedrales, de tamaño 0.2 mm, se observa en vetillas y diseminada en fragmentos.

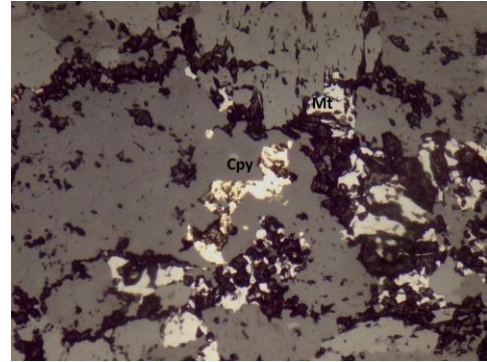
ESTRUCTURAS

Microvetillas de cuarzo	-	Microvetillas rellenas de cuarzo, se observan paredes sinuosas, con espesor <1 mm.
-------------------------	---	--

MUESTRA: BRE 3W – 16 – 2



Se observan fragmento reemplazado pervasivamente, feldespatos reemplazados por sericita (Ser), arcillas y epidota. (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt) diseminada y cristales de calcopirita (Cpy), ocupando intersticios. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

ROCA INDIFERENCIADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca de textura brechosa, se encuentra reemplazada intensamente por sericita y arcillas que afectan a probables feldespatos, sobre impuesta un fuerte reemplazo por epidota. Se observa localmente clorita reemplazando minerales máficos.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Fragmento de roca indiferenciada	60	Fragmentos de tamaños variables, hasta 3 cm, la textura y composición se encuentran obliterados por reemplazo pervasivo de sericita que reemplaza intensamente a feldespatos, y localmente reemplazado por arcillas, sobrepuesto por epidota. Subordinadamente se observa clorita en minerales máficos.

MATRIZ

Matriz	40	Constituída por minerales opacos, sus intersticios se encuentran ocupados por sericita, arcillas y epidota.
--------	----	---

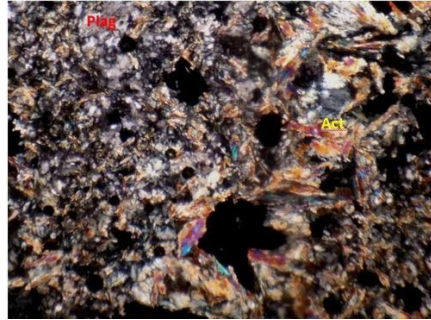
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Epidota	40	Cristales anhedrales, que reemplazan de forma pervasiva a feldespatos.
Sericita	16	Cristales subhedrales, se encuentran tanto en la matriz como en los fragmentos, reemplazando a feldespatos.
Arcillas	6	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a feldespatos.
Clorita	6	Cristales subhedrales, ocurren en menor proporción en fragmentos, reemplazado a minerales máficos.

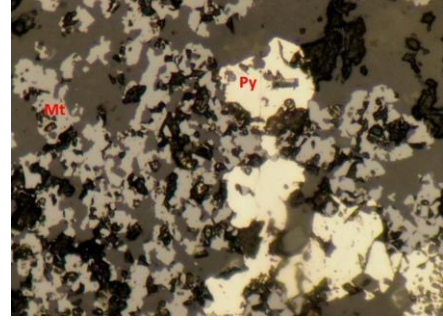
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	96	Cristales anhedrales a subhedrales, de hábito masivo, principalmente en matriz y diseminada en fragmentos. Se observan alojados en planos de clivajes de máficos.
Pirita	2	Cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm, presente en matriz. Se observa en contacto e inclusiones en magnetita.
Calcopirita	2	Cristales anhedrales, de tamaño 0.2 mm, presente en matriz. Se observa en contacto con magnetita, y ocupando intersticios en máficos.

MUESTRA: DIS 2E – 25 – 4



Se observan cristales de probables plagioclasas (Plag), reemplazadas por sericita y arcillas, y ocupando sus intersticios. La matriz constituida por actinolita (Act) y minerales opacos (Op) ocupando intersticios. (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles cruzados).



Se observan cristales subhedrales de magnetita (Mt), en contacto con pirita (Py). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles paralelos).

PROTOLITO INDETERMINADO

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con intenso reemplazo de arcillas y sericita que obliteran la textura original.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Roca indiferenciada	80	Constituida por cuarzo anhedral, probables plagioclasas, reemplazadas intensamente por arcillas, clorita (verde y azul anómalo) y esfeno. Se observa actinolita reemplazada selectivamente por clorita, localmente, se reconoce turmalina prismática, lo que le da a la roca un aspecto hidrotermal.

MATRIZ

Matriz	20	Constituida por minerales opacos y actinolita de hábito acicular, reemplazada levemente por clorita.
--------	----	--

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	24	Cristales fibrosos, que reemplazan levemente a plagioclasas de fragmentos.
Arcillas	20	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a feldespatos (probables plagioclasas), tanto en matriz como en fragmentos.
Clorita	5	Cristales subhedrales, que reemplazan a actinolitas y feldespatos. Se reconoce clorita verde y subordinadamente el tipo azul anómalo.
Epidota	4	Cristales anhedrales, se encuentran reemplazando a feldespatos.
Esfeno	4	Cristales anhedrales que reemplazan a feldespatos.
Turmalina	4	Cristales prismáticos, de forma local.

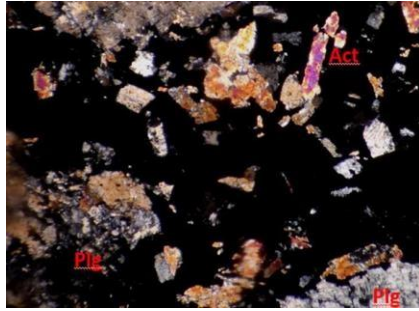
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaño >0.1 mm. Se observa como monomineral y ocupando intersticios en minerales máficos.
Pirita	10	Cristales subhedrales, de tamaño 0.2 mm. Se observan diseminados, monomineral y en contacto con magnetita.

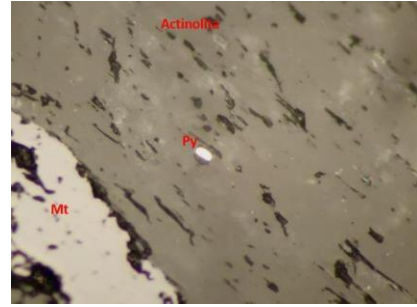
ESTRUCTURAS

Vetillas de yeso	-	Vetillas discontinuas con paredes sinuosas, rellena con yeso.
------------------	---	---

MUESTRA: BRE 3W – 19 – 5



Se observan cristales de actinolita (Act) prismática, plagioclasas (Plg) trituradas por eventos de cizalle. Matriz constituida por minerales opacos (Op). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de pirita (Py) alojados en actinolita (Act). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

PROTOLITO DIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

.Roca constituida por actinolita de hábito acicular/prismático, escasos cristales de plagioclasas, las cuales presentan microfracturas y cristales triturados por efecto de eventos de cizalle.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Actinolita	35	Cristales de hábito prismático/acicular, de tamaños variables, hasta 3 mm. Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Plagioclasas	25	Cristales subhedrales, de tamaño 0.5 a 2.4 mm. Se observan maclas mal conservadas. Presentan microfracturas y cristales triturados por evento de cizalle.

MATRIZ

Matriz	40	Constituida por minerales opacos que se introducen en actinolitas y plagioclasas.
--------	----	---

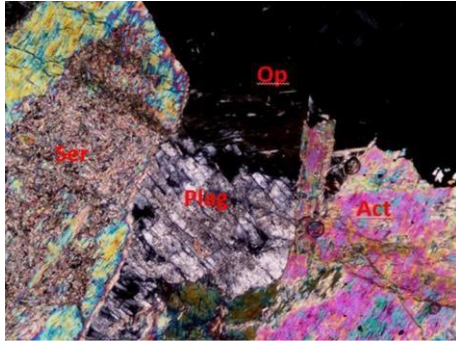
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	4	Cristales criptocristalinos que reemplazan a plagioclasas levemente.

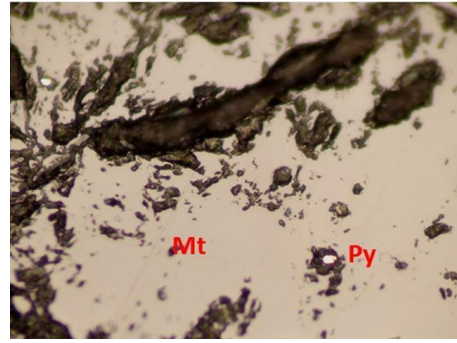
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	99	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaño <0.5 mm, se observa principalmente en matriz, subordinadamente diseminada en fragmentos.
Pirita	1	Cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm, se observa como monomineral y alojados en planos de clivajes de actinolita.

MUESTRA: BRE 4W – 24 – 4



Se observa vetilla de actinolita, constituida por actinolita (Act), plagioclasas (Plag), reemplazadas por sericita (Ser) (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan inclusiones de pirita (Py) en magnetita (Mt). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

.Roca con escasa presencia de cuarzo y feldespatos con reemplazo de arcillas. Localmente se reconoce biotita y calcita. La muestra es cortada por una vetilla de actinolita, escasos minerales opacos y feldespatos.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	32	Cristales subhedrales, de hábito acicular, con tamaños variables <0.8 mm. Se observa reemplazo parcial por arcillas, clorita y epidota. Se encuentran minerales opacos ocupando sus intersticios.
Cuarzo	6	Cristales anhedrales, de tamaños <0.2 mm.
Feldespatos (plagioclasa)	5	Cristales subhedrales, se observan reemplazados por arcillas, calcita y epidota.
Biotita	2	Cristales subhedrales, con escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	12	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas y actinolita.
Epidota	6	Cristales subhedrales, que reemplazan parcialmente a actinolita y feldespatos.
Clorita	4	Cristales de hábito hojoso, que reemplaza a actinolitas.
Calcita	4	Cristales anhedrales, se encuentran presentes en vetillas y ocupando espacios en la veta.

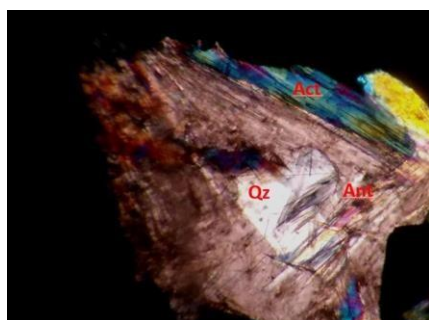
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	96	Cristales anhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.6 mm. Se observa como monomineral.
Calcopirita	2	Cristales anhedrales, de tamaño >0.1 mm. Se observa diseminada en planos de clivajes en actinolita y magnetita, también como inclusiones en magnetita.
Pirita	2	Cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm. Se observa diseminada en planos de clivaje de actinolita y magnetita, también como inclusiones en magnetita.

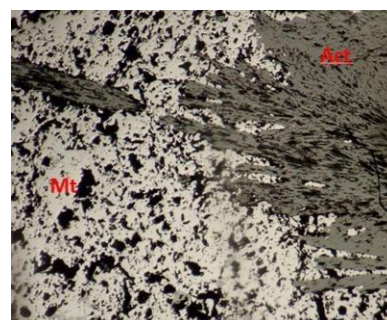
ESTRUCTURAS

Vetilla de actinolita	-	Vetilla continua, con paredes bien definidas, de espesor variable hasta 1.6 cm. Se encuentra rellena principalmente por actinolitas y escasos feldespatos y cuarzo. Se observa arcillas, sericita, clorita y calcita reemplazando levemente a actinolitas y feldespatos.
-----------------------	---	--

MUESTRA: BRE 2E – 17 – 4



Se observan agregado de cristales de actinolita (Act), antofilita (Ant) acicular, cuarzo (Qz). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt) masiva. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

BRECHA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con textura brechosa, constituida por actinolita, escasos cristales de cuarzo y feldespatos ocupando intersticios entre minerales opacos. Principalmente arcilla reemplaza a feldespatos y clorita a actinolitas.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	18	Cristales de hábito fibroso, con tamaños variables <3 mm. Se encuentran reemplazadas levemente por arcillas y clorita. Presentan impregnación de antofilita y se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Feldespatos	6	Cristales anhedrales, se encuentran reemplazados levemente por arcillas y clorita, se observan en intersticios entre actinolitas.
Cuarzo	4	Escasos cristales anhedrales, se observan ocupando intersticios entre los minerales opacos.
Antofilita	3	Cristales de hábito acicular, se encuentran asociados a actinolitas.

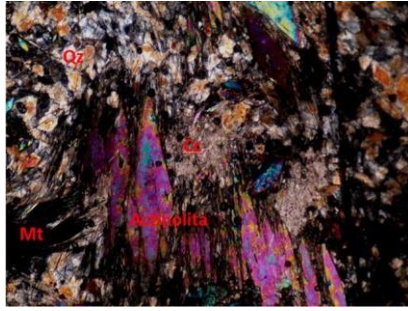
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	5	Cristales de hábito hojoso, que reemplazan leve y localmente a actinolitas y algunos feldespatos.
Arcillas	3	Cristales criptocristalinos, que reemplaza parcial y localmente a actinolita y algunos feldespatos.
Esfeno	2	Cristales anhedrales, reemplaza localmente a feldespatos.

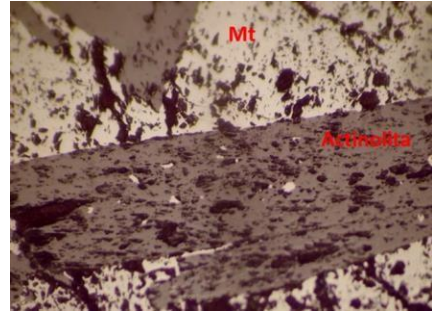
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	98	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño variable <0.5 mm, de hábito masivo, subordinadamente alojado en planos de clivaje de actinolita.
Hematita	2	Se observa como reemplazo local de magnetita, desde algunos bordes.
Pirita	0.2	Cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm, se observa diseminada y monomineral.

MUESTRA: BRE 3E – 21 – 4



Se observan cristales de actinolita, con minerales opacos (magnetita (Mt)), en sus intersticios, cuarzo (Qz) y calcita (Cc) se observan relleno intersticios. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt), con cristales prismáticos de actinolita, con cristales subhedrales de minerales opacos alojados en sus planos de clivajes. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca constituida por minerales opacos de hábito masivo. Se observa que en la parte central es cortada por una vetilla, compuesta por actinolita, escasos minerales opacos y calcita ocupando intersticios de la veta.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	20	Cristales de hábito fibroso/prismático, de tamaños variables de 0.1 a 1.2 cm. Presenta reemplazo leve a moderada por arcillas y clorita. Se observan minerales opacos en sus estructuras.
Cuarzo	8	Cristales anhedrales, de tamaño <0.1 mm, exhibe extinción ondulosa.
Antofilita	3	Cristales de hábito acicular, ocurre junto con actinolita.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos, que afectan a actinolita.
Calcita	4	Cristales anhedrales, se observa ocupando intersticios entre los minerales de la veta.
Clorita	3	Cristales de hábito hojoso, reemplaza levemente a actinolita.

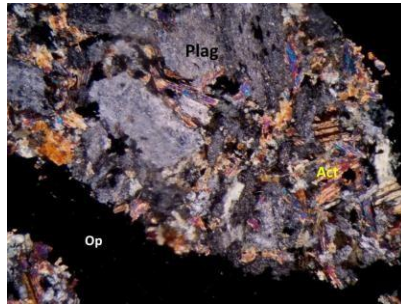
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	99	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaños variables, con hábito masivo, subordinadamente se encuentran alojados en planos de clivaje de actinolitas.
Pirita	1	Escasos cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm, se observan como pequeñas inclusiones en magnetita.

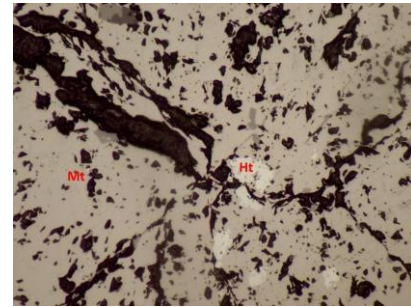
ESTRUCTURAS

Vetilla de actinolita	-	Vetilla con paredes bien definidas, con un espesor de 1 cm, rellena de actinolita, escasos minerales opacos. Se observa reemplazo por arcillas.
-----------------------	---	---

MUESTRA: DIS 2E – 27 – 4



Se observa fragmento diorítico, constituido por plagioclasas (Plag) reemplazada por sericita y albita, agregados de actinolita (Act). Matriz constituida por minerales opacos (Op), (Aumento 40x, Luz Trans., Nicles cruzados).



Se observa magnetita (Mt), reemplazada por hematita (Ht). (Aumento 100x, Luz Ref., Nicles paralelos).

BRECHA MAGNETITA – ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con textura brechosa, constituida por fragmentos de composición diorítica, con actinolita. Se observa reemplazo por sericita albita y epidota en plagioclasas de fragmentos, mientras que actinolita es reemplazada por clorita.

MINERALES PRIMARIOS (FRAGMENTOS)

Minerales	%	Características
Fragmento de roca intrusiva de composición diorítica de actinolita	65	Fragmentos con bordes subangulosos a subredondeados, de composición diorítica, de tamaños variables de 0.5 a 3 cm. Constituida por cristales de plagioclasas (80%) con maclas moderadamente conservadas, con reemplazo leve por sericita, albita y escasa epidota. Cristales subhedrales de actinolita presentan reemplazo leve por clorita y se observa escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.
Fragmento de roca diorítica	5	Escasos fragmentos de composición diorítica con menor proporción de actinolita (10%), que se encuentra reemplazada de leve a moderada por clorita, y presenta impregnación de minerales opacos alojados en sus planos de clivajes. Cristales de plagioclasas (90%), se encuentran reemplazadas por sericita y albita, exhiben maclas mal conservadas.

MATRIZ

Matriz	30	Constituida principalmente por minerales opacos, en menor proporción granos de roca diorítica, de tamaño <0.3 mm. Se observa que numerosos espacios perdieron su relleno.
--------	----	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	6	Cristales subhedrales, que reemplazan a plagioclasas.
Albita	6	Cristales que reemplazan a plagioclasas de fragmentos, dándole un aspecto turbio.
Clorita	4	Cristales subhedrales, que reemplazan a actinolitas.
Epidota	2	Cristales anhedrales, reemplaza a plagioclasas y ocasionalmente a actinolitas.

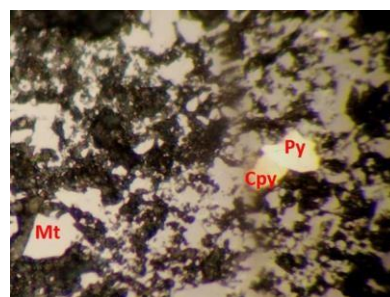
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	92	Cristales anhedrales, de hábito masivo en matriz y diseminada en fragmentos.
Hematita	4	Se observa en la matriz reemplazando desde bordes a magnetita, de tamaño <0.1 mm.
Limonitas	4	Se observa como impregnación en fragmentos y matriz, con tamaños de 0.4 mm.

MUESTRA: BRE 2E – 18 – 1



Se observa magnetita (Mt) con calcita ocupando sus intersticios. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt), con pirita (Py) reemplazada por calcopirita (Cpy). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca constituida por minerales opacos, actinolita acicular, reemplazada moderadamente por clorita y arcillas. Su parte central es cortada por una vetilla compuesta por apatito, minerales opacos y actinolita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	25	Cristales de hábito acicular/fibroso, se encuentran reemplazados leve a moderadamente por clorita y arcillas. Presenta escasos minerales opacos alojados en su estructura.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	4	Cristales fibrosos, reemplaza a actinolita.
Arcillas	3	Cristales criptocristalinos, que reemplaza a actinolita.
Esfeno	1	Cristales anhedrales, reemplazando a actinolita.
Calcita	1	Cristales anhedrales, se observa ocupando intersticios entre minerales opacos.

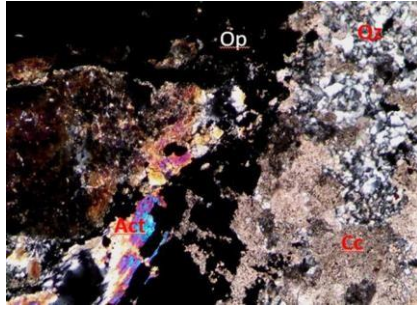
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	97	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños <0.5 mm, de hábito masivo, se observan microfracturas.
Pirita	2	Cristales subhedrales, con tamaños >0.2 mm, se presentan como inclusiones en magnetita y alojados en planos de clivajes de actinolita.
Calcopirita	1	Cristales anhedrales, con tamaños >0.1 mm, se observa como inclusión en magnetita y reemplaza a pirita.

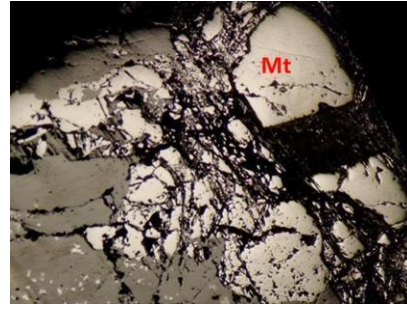
ESTRUCTURAS

Vetilla de apatito	-	Vetilla con espesor de 1 cm, rellena por apatito prismático, minerales opacos y actinolita ocupando sus intersticios.
--------------------	---	---

MUESTRA: BRE 3E – 17 – 1



Sector de la roca constituida por minerales opacos (Op) y actinolitas (Act), con infiltración de cuarzo (Qz) y calcita (Cc). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt) microfracturada. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca constituida por actinolita fibrosa, magnetita masiva y escasos cristales de cuarzo. Se observa zircón como mineral accesorio. La roca está siendo afectada por infiltración de cuarzo y calcita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	35	Cristales de hábito acicular/fibroso, con tamaños <1 cm. Presentan escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivajes. Se observa reemplazo parcial de arcillas.
Cuarzo	10	Cristales anhedrales/policristalinos, con tamaños <0.8 mm, exhiben extinción ondulosa. Los cristales policristalinos se observan ocupando espacios entre los cristales de actinolitas y opacos.

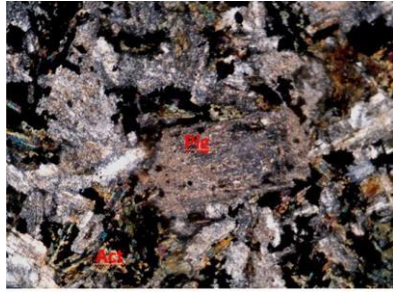
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	6	Cristales criptocristalinos, que reemplaza a actinolita.
Calcita	4	Cristales anhedrales, ocupan intersticios entre los cristales de actinolitas.

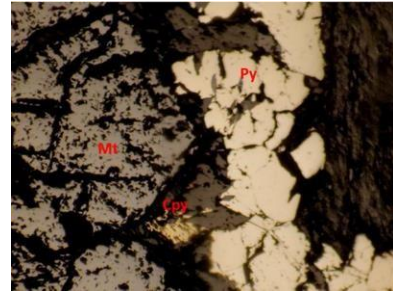
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	92	Cristales anhedrales, con tamaños variables <0.3 mm, de hábito masivo. Se observan microfracturas.
Pirita	6	Cristales subhedrales, con tamaño <0.2 mm, presentan microfracturas. Se observa en contacto simple con magnetita.
Hematita	2	Se observa reemplazando desde bordes y planos de fracturas a magnetita, con tamaño <0.01 mm.

MUESTRA: DIS 2E – 29 – 1



Se observan plagioclasas (Plg) con maclas moderadamente conservadas, reemplazadas por sericita, con actinolita (Act) y minerales opacos ocupando sus intersticios. (Aumento 100x, Luz Ref., Nicoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt), con presencia de pirita microfracturadas y calcopirita alojado en planos de clivaje de actinolita. (Aumento 100x, Luz Ref., Nicoles paralelos).

MICRODIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca hipabisal, textura hipidiomórfica de grano medio, presenta plagioclasas y actinolita. La matriz constituida por magnetita y actinolita que brechizan la roca. Se observa arcillas y sericita afectando a plagioclasas, mientras que clorita y esfeno afectan a actinolitas.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	59	Cristales subhedrales, se observa maclas moderadamente conservadas. Se encuentran reemplazadas moderadamente por sericita y débilmente por arcillas.
Actinolitas	11	Cristales de hábito acicular/prismática, ocupando intersticios entre plagioclasas. Se encuentran reemplazadas selectivamente de leve a moderada por clorita y débilmente por esfeno. Presentan minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.

MATRIZ

Matriz	30	Constituida por minerales opacos y actinolita, que brechizan la roca.
--------	----	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	25	Agregados finos, que reemplazan a plagioclasas.
Clorita	15	Cristales de hábito hojoso, que reemplaza parcialmente a actinolitas.
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos que reemplazan a plagioclasas.
Esfeno	1	Cristales anhedrales, que reemplazan a actinolitas.

MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	91	Cristales anhedrales a subhedrales, de tamaño <2 mm. En matriz se observa masiva y diseminada en cristales de la microdiorita.
Pirita	6	Cristales subhedrales, de tamaño <0.4 mm. Ocurre como monomineral, localmente como parte de la matriz.
Calcopirita	3	Cristales anhedrales, de tamaño 0.2 mm. Se encuentra alojada en planos de clivajes de actinolita.

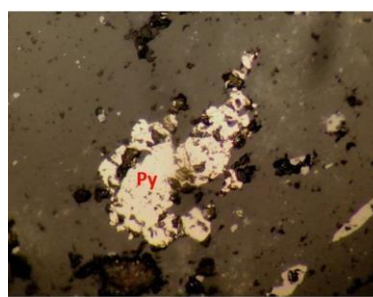
ESTRUCTURAS

Guías de cuarzo	-	Finas guías, rellenas de cuarzo.
-----------------	---	----------------------------------

MUESTRA: DIS 1E – 54 – 3



Se observa actinolitas aciculares reemplazadas por clorita, minerales opacos en intersticios, y plagioclasas (Plg) con maclas mal conservadas. (Aumento 200x, Luz Ref., Nicoles cruzados).



Se observan cristales subhedrales de pirita (Py) en matriz de la roca. (Aumento 100x, Luz Ref., Nicoles paralelos).

DIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca intrusiva de composición diorítica, textura hipidiomórfica, constituida por plagioclasas, que presenta reemplazos por sericita y arcillas, los cuales obliteran parte de la textura de la roca. Matriz constituida por minerales opacos y actinolita reemplazada por clorita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	55	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños <1 mm, se observan maclas mal conservadas. Reemplazadas de leve a intenso por sericita y arcillas, obliterando parcialmente la textura.

MATRIZ

Matriz	45	Constituida por cristales anhedrales a subhedrales de minerales opacos, con tamaño promedio de 0.1 mm, y actinolita de hábito acicular, se observa minerales opacos alojados en sus planos de clivajes. Reemplazada por clorita parcialmente.
--------	----	---

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	20	Cristales subhedrales, que reemplazan a plagioclasas.
Clorita	15	Cristales de hábito hojoso, que reemplaza a actinolitas.
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos, que afecta a plagioclasas.
Yeso	3	Cristales de forma granular, se observa como relleno de finas guías.

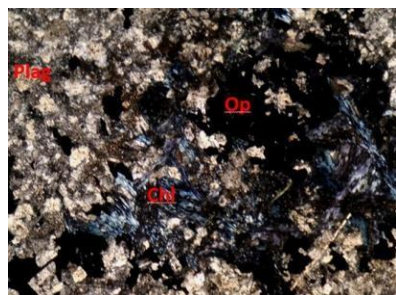
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	95	Cristales anhedrales, con tamaños <0.2 mm. Ocurre como monomineral. Se observan escasos cristales alojados en planos de clivaje de actinolita.
Pirita	5	Cristales subhedrales, con tamaños >0.2 mm. Se observa disseminada en matriz. Ocurre como monomineral.

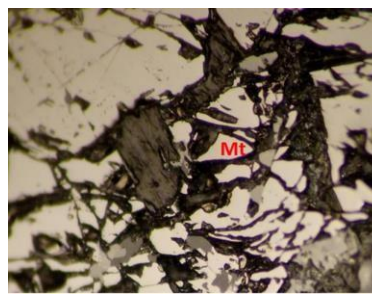
ESTRUCTURAS

Guías de cuarzo	-	Finas guías discontinuas, con espesor de 0.5 mm, rellenas de cuarzo
Guías de yeso	-	Finas guías, con espesor variable de hasta 2 mm, rellenas de yeso.
Guías de actinolita	-	Finas guías discontinuas, rellenas de actinolitas cloritizadas, y escasos minerales opacos en su estructura.

MUESTRA: DIS 1E – 52 – 3



Se observan plagioclasas (Plag) reemplazadas por arcillas y sericita, actinolita reemplazada por clorita (Chl) del tipo azul anómalo y minerales opacos (Op) ocupando intersticios. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt) con microfracturas. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

MICRODIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca de composición microdiorítica, se observan plagioclasas con reemplazo de arcillas, calcita, epidota, esfeno y sericita, se observa cuarzo localmente. La roca se encuentra brechizada por intrusión de minerales opacos y probables actinolitas, las cuales están siendo reemplazadas por clorita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	50	Cristales subhedrales, con tamaño de 0.2 mm, se observan sus maclas mal conservadas, presentan impregnación de anfíboles cloritizados y minerales opacos. Se encuentran reemplazadas moderadamente por arcillas, parcialmente por sericita, escasa calcita y localmente por epidota y esfeno.
Probables actinolitas	20	Cristales de hábito acicular/fibrosa, se encuentran reemplazadas intensamente por clorita (verde parduzca y azul anómalo). Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivajes, y ocupando intersticios entre plagioclasas.
Cuarzo	5	Cristales anhedrales, con tamaño <0.1 mm, ocurre en forma local.

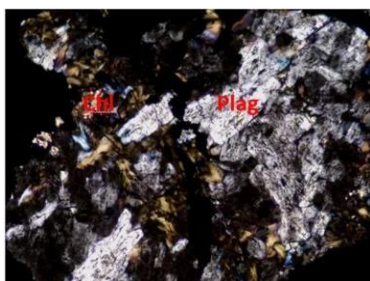
MINERALES DE ALTERACION

Minerales	%	Características
Arcillas	20	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas y actinolitas.
Sericita	15	Cristales subhedrales, que reemplazan a plagioclasas.
Clorita	12	Cristales fibrosos, que reemplazan a actinolita.
Calcita	6	Cristales anhedrales, que reemplazan y ocupan intersticios en plagioclasas.
Esfeno	3	Cristales anhedrales, que reemplazan a plagioclasas.
Epidota	3	Cristales subhedrales, que reemplazan a plagioclasas.

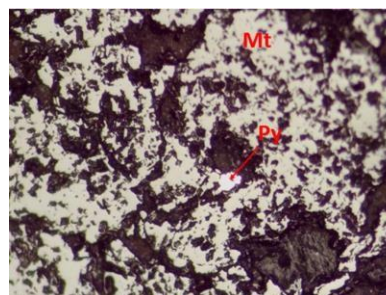
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño variable <0.2 mm. Se presentan como monomineral. Además, presenta microfracturas.
Hematita	10	Se observa reemplazando a magnetita desde bordes y planos de fractura.

MUESTRA: DIS 2E – 31 – 2



Se observan plagioclasas (Plag) y actinolitas reemplazadas por clorita (Chl) del tipo verde parduzca y azul anómalo, y minerales opacos (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observa magnetita (Mt) con inclusión de piritita (Py). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

PROBABLE MICRODIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca caja de probable composición microdiorítica, con plagioclasas reemplazadas por sericita y clorita, obliterando parte de su textura original, anfíboles cloritizados.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	20	Cristales subhedrales, con tamaños de 0.5 – 2.2 mm, se observa que generalmente sus maclas no se conservan. Se encuentran reemplazados selectivamente por sericita, arcillas y esfeno. En algunos sectores se observan relictos de roca microdiorita, reemplazadas intensamente por clorita y escasa arcillas.
Actinolita	15	Cristales subhedrales de hábito acicular, con tamaños <1.2 mm. Se encuentran reemplazadas parcialmente por clorita (verde parduzca y azul anómalo). Se observa impregnación de minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Clorita	10	Cristales fibrosa/hojosa, que reemplaza a actinolitas y en menor proporción a plagioclasas. Se observa como relleno parcial de guías y vetillas.
Sericita	8	Cristales criptocristalinos de hábito acicular, que reemplaza a plagioclasas. Ocurre preferentemente como relleno de vetillas.
Arcillas	4	Cristales criptocristalinos, que reemplaza a plagioclasas y actinolitas.
Calcita	4	Cristales anhedrales, se observan como relleno de guías y vetillas.
Yeso	4	Cristales aciculares, se observan como relleno parcial en guías.
Esfeno	2	Cristales anhedrales, que reemplazan a plagioclasas.

MINERALES OPACOS

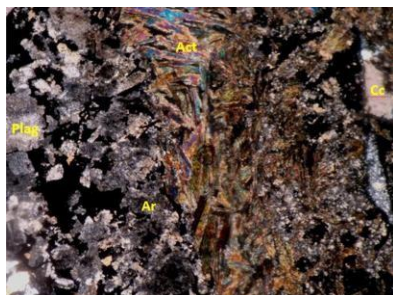
Minerales	%	Características
Magnetita	96	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaños <0.5 mm. Se presenta masiva principalmente y diseminada en relictos de microdiorita.
Hematita	2	Se observa reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.
Piritita	2	Escasos cristales subhedrales, de tamaño >0.1 mm. Se presentan como inclusiones en magnetita.

ESTRUCTURAS (8%)

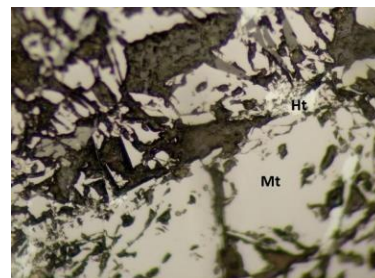
Guías de cuarzo	-	Finas guías discontinuas, con espesor de 0.4 mm, rellena de cuarzo.
Guías de clorita y calcita	-	Finas guías discontinuas, con espesor <0.5 mm, rellena de clorita (verde y azul anómalo) y calcita.
Guías de yeso	-	Finas guías discontinuas rellenas de yeso.

Vetilla de actinolita y opacos	-	Vetilla continua, con espesor de 2 – 3.6 mm, constituida por actinolita reemplazada selectivamente de leve a intenso por clorita verde, sericita y minerales opacos.
Vetillas de calcita	-	Vetillas discontinuas, con espesor variable <3 mm, rellena de calcita.

MUESTRA: DIS 1E – 55 – 3



Se observa fragmento con plagioclasas (Plag) reemplazadas por sericita y arcillas (Ar), minerales opacos en intersticios. Matriz constituida por actinolitas (Act), feldespatos y minerales opacos. Se encuentra presencia de calcita (Cc) (Aumento 40x, Luz Trans., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt), reemplazada por hematita (Ht). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles paralelos).

BRECHA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con textura brechosa, se observan fragmentos con bordes subangulosos a subredondeados de 0.5 – 2.5 cm, de composición microdiorita. La matriz se constituye por actinolita, feldespatos argilizados y minerales opacos.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Fragmentos dioríticos	45	Fragmentos con bordes subangulosos a subredondeados, constituido por plagioclasas con leve reemplazo por sericita y arcillas, presenta maclas del tipo Carls Bag y polisintéticas moderadamente conservadas. Escaso cuarzo y minerales opacos ocupando intersticios. Localmente se observa material de polvo de roca, producido por procesos de cizalle.

MATRIZ

Matriz	65	Constituida por actinolita de hábito acicular, con leve reemplazo por clorita, por feldespatos reemplazados moderadamente por arcillas, y minerales opacos.
--------	----	---

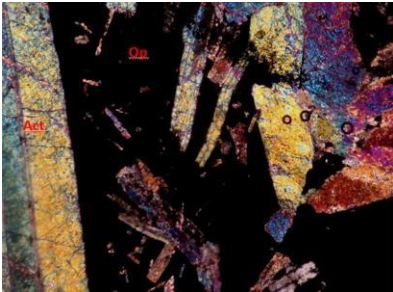
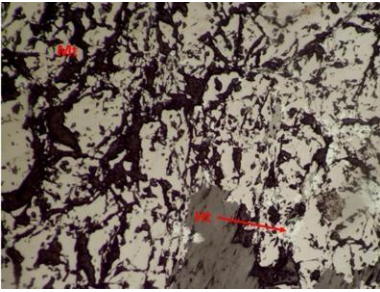
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	24	Cristales de hábito fibroso, que reemplaza a plagioclasas de fragmentos.
Arcillas	20	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas de fragmentos y de matriz.
Calcita	15	Cristales anhedrales, que se encuentran como relleno de vetillas.
Clorita	5	Cristales subhedrales, de hábito hojoso, que reemplaza a actinolitas.

MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	90	Cristales anhedrales, se observa diseminado en matriz, en menor proporción presente en fragmentos ocupando intersticios de plagioclasas. Escasa presencia en vetillas de cuarzo.
Hematita	5	Se observa reemplazando a magnetita, desde los bordes y planos de fractura, tanto en la matriz como en los fragmentos.

Limonitas	5	Afecta levemente a magnetita y hematita.
ESTRUCTURAS		
Vetillas de calcita - cuarzo	5	Vetillas discontinuas, con paredes sinuosas, ligeramente curadas, con espesor de 1 a 2 mm, rellenas principalmente por calcita y parcialmente por cuarzo.
Guías de cuarzo	1	Finas guías discontinuas, con espesor <0.5 mm, rellena principalmente por cuarzo y escasos minerales opacos.
Zona de cizalle	4	Localmente se observa que parte de los fragmentos de la brecha están afectados por procesos de cizalle, evidenciado por polvo de roca, constituido por feldspatos triturados y reemplazados por arcillas.

MUESTRA: DIS 1E - 56 - 2	
	
<p>Roca constituida por actinolitas (Act) de hábito acicular y fibroso, y minerales opacos (Op). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles cruzados).</p>	<p>Se observan cristales de magnetita (Mt), reemplazada por hematita (Ht). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles paralelos).</p>

VETA ACTINOLITA - MAGNETITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca constituida por actinolita de hábito prismático, reemplazadas por clorita y arcillas, y minerales opacos

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	50	Cristales de hábito prismático, con tamaños de 2 cm, con reemplazo local y levemente por clorita y de leve a moderado por arcillas. Se observan algunos cristales con microfracturas, y escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivajes.

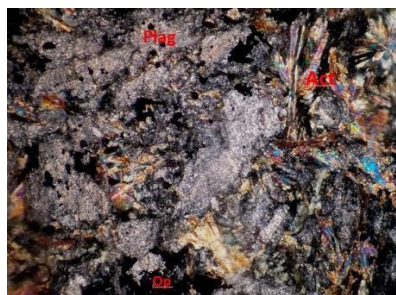
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	20	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a actinolitas.
Clorita	5	Cristales subhedrales, que reemplazan a actinolitas.

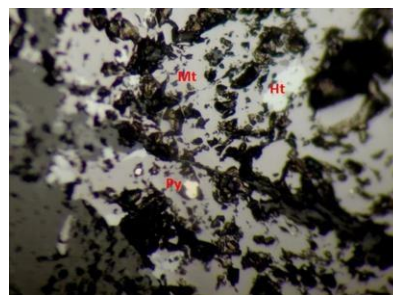
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	80	Cristales anhedrales a subhedrales.
Hematita	6	Se observa reemplazando a magnetita desde algunos bordes y planos de fracturas.
Pirita	3	Cristales subhedrales, con tamaño >0.1 mm, se presenta como monomineral. Se observan alojados en los planos de clivaje de actinolita.
Calcopirita	1	Cristales anhedrales, con tamaño >0.01 mm, se presenta como monomineral. Se observa alojado en planos de clivaje de actinolita.

MUESTRA: DIS 2E – 34 – 1



Se observa fragmento con plagioclasas (Plag), reemplazadas por sericita y arcillas, minerales opacos (Op) en sus intersticios y actinolitas (Act), reemplazadas por clorita. (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt), reemplazada por hematita (Ht), inclusiones de pirita (Py). (Aumento 100x, Luz Trans., Nícoles paralelos).

BRECHA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca con textura brechosa, con fragmentos subangulosos a subredondeados, de tamaño 0.5 – 4 cm, de composición diorita. Matriz constituida por actinolita, feldspatos argilizados y minerales opacos.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Probable diorita	60	Fragmento con bordes difusos, constituida por plagioclasas reemplazadas intensamente por sericita y arcillas, sus maclas no se encuentran conservadas. Actinolita reemplazada leve a moderadamente por clorita y levemente por epidota y esfeno. Se observan minerales opacos diseminados en plagioclasas y en planos de clivaje en actinolitas.

MATRIZ

Matriz	40	Constituida por intrusión de minerales opacos, los cuales brechizan la roca.
--------	----	--

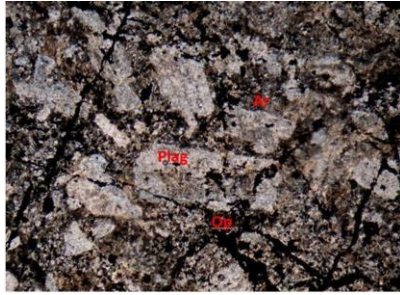
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	10	Cristales anhedrales, que reemplazan a plagioclasas de fragmentos.
Clorita	8	Cristales subhedrales, que reemplaza a actinolitas.
Arcillas	5	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas.
Epidota	2	Cristales anhedrales, que reemplazan a actinolitas.
Esfeno	1	Cristales anhedrales, que reemplazan a actinolitas.

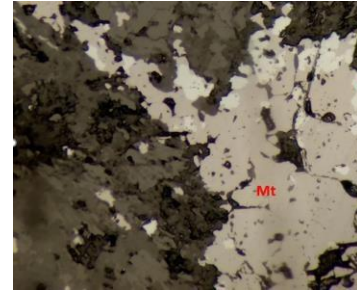
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	95	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño de 0.1 mm.
Hematita	10	Se observa como reemplazo de magnetita, desde algunos bordes y planos de fractura.
Pirita	5	Se presentan como monomineral, tanto en fragmentos como en matriz.

MUESTRA: DIS 2E – 35 – 4



Se observan probables plagioclasas (Plag), reemplazadas por arcillas (Ar) y sericita, e matriz reemplazada por arcillas y minerales opacos (Op). (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt), con reemplazo por hematita desde bordes y planos de fracturas. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

DIORITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca obliterada por intenso reemplazo por sericita y arcillas, se observan probables plagioclasas, por lo que su protolito puede corresponder a una roca intrusiva o hipabisal de composición diorítica.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Probables plagioclasas	60	Cristales subhedrales, con tamaños de 0.4 – 2.5 mm, son reemplazados intensamente por sericita, menor cantidad de arcillas y escasa clorita.
Máficos	~8	Cristales subhedrales, con tamaño de 2 mm, se encuentran reemplazados intensamente por clorita, arcillas y sericita. Presentan minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.
Biotita	3	Cristales subhedrales, con tamaños <0.2 mm, presentan escasos minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.

MATRIZ

Matriz	25	Difusa, constituida por minerales opacos que brechizan la roca y minerales de alteración, como sericita, arcillas y clorita.
--------	----	--

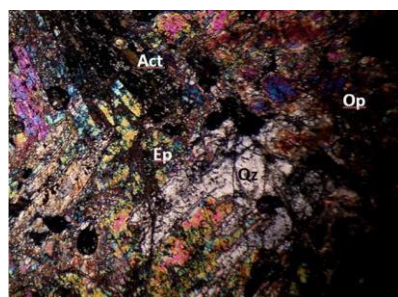
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Sericita	53	Cristales subhedrales, que reemplaza a probables plagioclasas y máficos, obliterando su textura original.
Arcillas	12	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a probables plagioclasas y máficos.
Clorita	6	Cristales subhedrales, que reemplazan a máficos y en menor proporción a probables plagioclasas.
Turmalina	4	Cristales anhedrales, de hábito hojoso, lo que le da un aspecto hidrotermal a la roca.

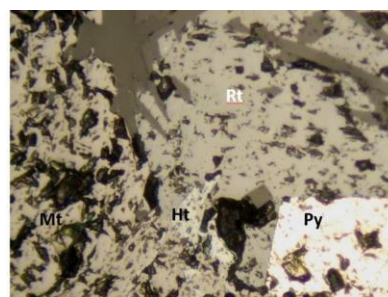
MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
Magnetita	83	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño <0.2 mm, se observa como agregado cristalino en matriz y diseminado en fragmentos.
Hematita	15	Se observa reemplazando a magnetita, desde algunos bordes y planos de fractura, tanto de matriz como de fragmentos.
Calcopirita	1	Cristales anhedrales, con tamaño >0.1 mm, se presenta diseminada en fragmento y monomineral en fragmento y matriz.
Pirita	1	Cristales subhedrales, con tamaño >0.1 mm, se presenta diseminada en fragmento, y se encuentra en contacto con magnetita.

MUESTRA: BRE – W – EXP04



Se observa actinolitas (Act), reemplazadas por arcillas, clorita y epidota (Ep), escasa presencia de cuarzo (Qz) con microfracturas y minerales opacos (Op) en intersticios. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt), con reemplazo por hematita (Ht), en contacto con pirita (Py) y rutilo (Rt). (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

VETA MAGNETITA - ACTINOLITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Veta constituida por magnetita masiva y actinolita acicular, reemplazada parcialmente por arcillas, clorita, epidota y localmente por calcita. Escasa presencia de cuarzo, los cuales presentan microfracturas. La muestra es cortada por finas vetillas de cuarzo y calcita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Actinolita	40	Cristales subhedrales, de hábito acicular, con tamaño <3 mm. Se encuentran reemplazadas parcialmente por arcillas, clorita, epidota y localmente por esfeno. Se observan minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.
Cuarzo	5	Cristales anhedrales, con tamaño <0.2 mm, presentan microfracturas.

MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	6	Cristales criptocristalinos que reemplazan a actinolitas.
Calcita	4	Cristales anhedrales, se presentan en vetillas y ocupando intersticios en actinolitas.
Epidota	4	Cristales subhedrales, que reemplazan a actinolitas.
Clorita	3	Cristales de hábito hojoso, que reemplaza a actinolitas.
Esfeno	>1	Cristales anhedrales, que reemplazan a actinolitas.

MINERALES OPACOS

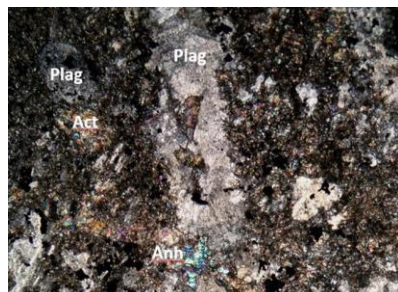
Minerales	%	Características
Magnetita	80	Cristales anhedrales, de hábito masivo, con tamaño <0.5 mm. Se observa asociada mediante textura de reemplazo con hematita.
Hematita especular	15	Cristales de hábito acicular, con tamaño <0.2 mm, se observa principalmente alojadas en vetillas de magnetita. En contacto simple con pirita y calcopirita.
Pirita	10	Cristales subhedrales, con tamaño >2.5 mm, se observa diseminada y como relleno en vetillas. Presenta microfracturas. Localmente está en contacto simple con magnetita – hematita.
Calcopirita	5	Cristales anhedrales, con tamaño >2 mm, se observa diseminada y como relleno en vetillas. Reemplaza a pirita desde bordes y planos de fracturas.
Rutilo	3	Cristales subhedrales, con tamaño >0.3 mm, se observa en contacto con magnetita y pirita.

ESTRUCTURAS (4%)

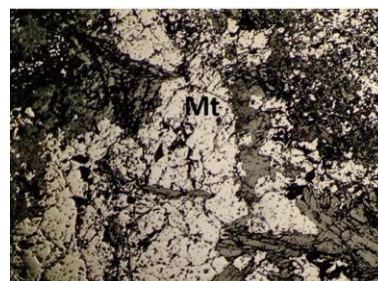
Vetillas de cuarzo	-	Vetillas de paredes sinuosas, rellena de cuarzo, algunos intersticios se encuentran ocupados por actinolitas reemplazadas por arcillas y clorita, escasa presencia de minerales opacos.
--------------------	---	---

Vetillas de minerales opacos	-	Vetillas discontinuas, de paredes sinuosas, de espesor variable, rellena de minerales opacos.
Guías de calcita	-	Finas guías discontinuas, rellenas de calcita.

MUESTRA: DIS 3E – 7



Se observan plagioclasas (Plg) reemplazadas por arcillas, sericita, anhidrita (Anh) y epidota y escasa actinolita (Act). (Aumento 200x, Nícoles cruzados).



Se observan cristales de magnetita (Mt) microfracturadas. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).

ANDESITA

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Roca de composición andesítica, con textura porfídica, presenta fenocristales de plagioclasas, escasos fenocristales de anfíboles cloritizadas. La matriz está constituida por minerales opacos y actinolita, reemplazada por arcillas y clorita.

MINERALES PRIMARIOS

Minerales	%	Características
Plagioclasas	20	Fenocristales subhedrales, con tamaños <2 mm, presentan maclas polisintéticas y la estructura de zonación se encuentra moderadamente conservada. Se observa reemplazo selectivo de moderada a intensa por arcillas, sericita, escasa epidota y clorita. Escasa presencia de minerales opacos en sus estructuras.

MASA FUNDAMENTAL

Masa fundamental	25	Se encuentra afectada por intenso reemplazo por arcillas, clorita y epidota, las cuales obliteran la textura original. La mineralización de opacos se encuentra diseminada con tamaños <0.02 mm.
------------------	----	--

MATRIZ

Matriz	55	Constituida por minerales opacos, con hábito masivo y como agregados cristalinos. Actinolita reemplazada selectivamente por arcillas, clorita y epidota. Plagioclasas reemplazadas intensamente por sericita, arcillas, clorita, anhidrita y epidota. Localmente hay presencia de turmalina, lo que da un aspecto hidrotermal.
--------	----	--

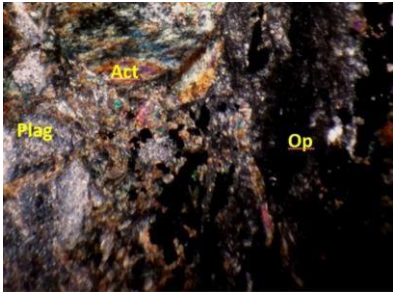
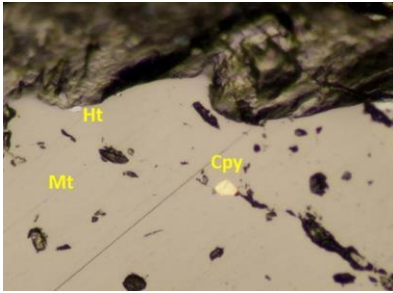
MINERALES DE ALTERACIÓN

Minerales	%	Características
Arcillas	12	Cristales criptocristalinos, que reemplaza a plagioclasas y actinolitas.
Sericita	8	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas de la roca.
Clorita	5	Cristales de hábito hojoso, que reemplaza a actinolitas y subordinadamente a plagioclasas.
Epidota	5	Cristales anhedrales, que reemplaza parcialmente a plagioclasas y actinolitas.
Anhidrita	3	Cristales subhedrales, que reemplazan a plagioclasas de la matriz.
Limonitas	2	Afectan localmente a actinolitas.

MINERALES OPACOS

Minerales	%	Características
-----------	---	-----------------

Magnetita	92	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño <1.6 mm, de hábito masivo. Principalmente se observa en matriz y en menor proporción en vetilla. Presenta microfracturas.
Hematita	8	Se observa como reemplazo de magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.
ESTRUCTURAS (8%)		
Vetilla de actinolita	-	Vetilla de 2 mm de espesor, constituida por actinolitas, reemplazadas moderadamente por clorita y epidota, y plagioclasas argilizadas.
Vetilla de minerales opacos	-	Vetilla continua, constituida por minerales opacos, subordinadamente por plagioclasas argilizadas y actinolitas reemplazadas por clorita y epidota.

MUESTRA: DIS 2W – 11	
	
<p>Se observa actinolita (Act), plagioclasas (Plag) reemplazadas por sericita y clorita, y minerales opacos (Op) alojados en intersticios. (Aumento 200x, Luz Ref., Nícoles cruzados).</p>	<p>Se observan cristales de magnetita (Mt), reemplazada por hematita (Ht), calcopirita (Cpy) como inclusión en magnetita. (Aumento 100x, Luz Ref., Nícoles paralelos).</p>

ANDESITA		
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Roca de composición andesítica, con textura porfídica, presenta fenocristales de plagioclasas, escasos fenocristales de anfíboles. La masa fundamental reemplazada por clorita. La matriz está constituida por minerales opacos y actinolitas reemplazadas por arcillas y clorita.		
MINERALES PRIMARIOS		
Minerales	%	Características
Plagioclasas	25	Fenocristales subhedrales, con tamaño <0.8 mm, sus maclas polisintéticas se encuentran moderadamente conservadas. Se observa reemplazo selectivo de leve a intenso por arcillas, sericita y escasa epidota. Presentan impregnación de minerales opacos y anfíboles cloritizados.
Anfíboles	5	Fenocristales subhedrales, con tamaño <0.8 mm, reemplazados selectivamente por arcillas, clorita y escasa epidota. Presentan abundantes minerales opacos alojados en sus planos de clivaje.
MASA FUNDAMENTAL		
Masa fundamental	35	Constituida por microlitos de plagioclasas, maclas mal conservadas, reemplazadas por arcillas y anfíboles cloritizados. La mineralización de opacos es diseminada, con tamaño <0.02 mm.
MATRIZ		
Matriz	35	Constituida por minerales opacos, de hábito masivo, agregados cristalinos y en vetillas, actinolita acicular, con tamaño <4 mm, reemplazada levemente por arcillas y clorita. Localmente se reconoce yeso.
MINERALES DE ALTERACIÓN		
Minerales	%	Características
Clorita	10	Cristales de hábito hojoso/fibroso, del tipo verde parduzco y azul anómalo, reemplaza principalmente a actinolitas y subordinadamente a plagioclasas.

Arcillas	6	Cristales criptocristalinos, que reemplaza a plagioclasas y a actinolitas.
Sericita	4	Cristales criptocristalinos, que reemplazan a plagioclasas.
Yeso	4	Cristales aciculares, se observan como relleno en finas guías.
Epidota	3	Cristales anhedrales, que reemplaza a máficos y subordinadamente a plagioclasas.
MINERALES OPACOS		
Minerales	%	Características
Magnetita	93	Cristales anhedrales a subhedrales, con tamaño <2 mm, se observa principalmente masiva y en vetillas, subordinadamente diseminada en la roca.
Pirita	3	Cristales anhedrales, con tamaños >0.1 mm, se presentan diseminada en la roca. Asociada mediante textura de reemplazo con calcopirita.
Hematita	2	Se observa como reemplazo en magnetita, desde algunos bordes y planos de fracturas.
Calcopirita	2	Cristales anhedrales, con tamaños >0.1 mm, se presenta como inclusión en magnetita y diseminada en la roca.
ESTRUCTURAS		
Vetilla de minerales opacos y actinolitas	12	Finas vetillas, con espesor <3 mm, rellenas principalmente por minerales opacos y actinolitas, en algunos sectores se encuentra rellena por yeso y arcillas.

REFERENCIAS

Allen, R. L., Barrett, T. J., Browne, P. R. L., Clemson, J. E., Dunne, K. P. E., Ettliger, A. D., Gibson, H. L., Groat, L. D., Hannington, M. D., Hawke, M. M., Jowett, E. C., Lang, J. R., Leitch, C. H. B., Lentz, D. R., Macdonald, A. J., McLeod, M., Martín, R. F., Murria, J., Pan, Y., Paradis, S., Petersen, E. U., Ray, G. E., Reardon, N. C., Rhys, D. A., Santaguida, F., Sherlock, R. L., Sebert, C., Simandl, G. J., Simmons, S. F., Taner, M. F., Thompson, A. J. B., Thompson, J. F. H., Turner, R. J. W., Wilson, G. C., Wolfson, I. y Ziegler, J. F. (1996). Atlas of Alteration. A field and Petrographic guide to Hydrothermal Alteration minera Is, 1996. A. J. B. Thompson y J. F. H. Thompson (eds.). Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division. 119 pág.

Arévalo, C., Grocott, J., Welkner, D. (2003). The Atacama Fault System in the Huasco province, southern Atacama Desert, Chile. En Congreso Geológico Chileno.

Arévalo, C., Welkner, D. (2008). Geología del Área Carrizal Bajo – Chacritas, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 111:67.

Bonyadi, Z., Davidson, G., Mehrabi, B., Meffre S., Ghazban, F. (2011). Significance of apatite RWW depletion and monazite inclusions in the brecciated Se – Chahun iron oxide – apatite deposit, Bafq district, Iran: Insights from paragenesis and geochemistry. *Chemical Geology*, 281, 253 – 269.

Bookstrom, A. (1977). Magnetite deposits of El Romeral, Chile. *Economic Geology*. Vol.72: 1101-1130.

Carrasco, S. (2019). Paragénesis de la mineralización metálica del sistema de vetas y diseminado del área minera “El corazón”, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniera geóloga, proyecto de tesis. Escuela politécnica nacional.

CMP. (2020). Nota Técnica. Modelo genético de Mina Los Colorados.

Cochilco. (2016). Franjas metalogénicas de los Andes Centrales: blancos clave para la exploración minera. Comisión Chilena del Cobre.

Corbett, G.J., Leach, T.M. (1998). Chapter 4 Controls on Hydrothermal Alteration and Mineralisation, in Corbett, G.J., and Leach, T.M., eds., Southwest Pacific Rim Gold- Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization, Special Publication: Littleton, Colorado, Society of Economic Geologists, 236p.

Creixell, C., Labbé, M., Arévalo, C., Salazar, E. (2013). Geología del área Estación Cañar-Junta de Chingoles, Regiones de Atacama y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 150, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Dalziel, I.W.D., Brown, A.L. (1987). Andean core complex evolution related to marginal basin collapse: Implications for Cordilleran tectonics [abstract]. Geological Society of America, Abstracts with Programs, Vol. 19, p. 634.

Delgado Sylvania. (2020). Geología Mina Los Colorados.

Emparán, C., Pineda, G. (1999). Área Condoriaco – Rivadavia, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos 12, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Fortín, H. (2013). Distrito Los Colorados, geología Compilada escala 1:20.000

García A., Floreal. (1967). Geología del norte grande de Chile. Depto. de Geología, U. de Chile.

Geiger, P. (1931). The iron ores of the Kiruna type. Stockholm, Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C, Ahandlingar och uppsatser, N° 367, Arsbok 24 (1930), N° 4.

Geología web (s.f.). Alteraciones hidrotermales.

<https://geologiaweb.com/geologia-general/alteraciones-hidrotermales/>

GeoQuantics, (2019). Yacimientos minerales asociados a procesos metasomáticos e hidrotermales. <https://geoquantics.com/2019/10/14/yacimientos-minerales-asociados-procesos-metasomaticos-e-hidrotermales/>

Hemley, J.J., Montoya, J.W., Marinenko, J.W., Luce, R.W. (1980). Equilibria in the system Al_2O_3 SiO_2 - H_2O and some general implications for alteration/mineralization processes: *Economic Geology*, v. 75, p. 210–228.

Hermosilla, J., Marquardt, J.C., & Barra, F. (2015). Geología del distrito Puntillas – Galenosa, ejemplo de núcleo estéril en sistemas de pórfidos de cobre, Cordillera de la Costa, Región de Antofagasta, Chile Congreso Geológico Chileno XIV, II, 191 – 194.

Hou T., Charlier B., Holtz F., Veksler I., Zhang Z., Thomas R. and Namur O. (2018) Immiscible hydrous Fe–Ca–P melt and the origin of iron oxide-apatite ore deposits. *Nature Commun.* 9, 1415.

IronExpert (s.f.). Especialistas en minería y procesos del hierro. <https://www.ironexpert.cl/2013/mina-los-colorados>

Isacks, B.L. (1988). Uplift of the central Andean plateau and bending of the Bolivian orocline. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 93, p. 3211-3231.

Jordan, T.E., Isacks, B.L., Almendinger, R.W., Brewer, J.A., Aarros, V.A., Ando, C.J. (1983). Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 94, p. 341-361.

Kay, S.M., MaksaeV, V., Mpodozis, C., Moscoso, R. Nasi, C. (1987). Probing the evolving Andean Lithosphere: Mid-Late Tertiary magmatism in Chile (29° - 30° S) over the modern zone of subhorizontal subduction. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol. 92, p. 6173-6189.

Knipping, J.L., Bilenker, L., Simon, A., Reich, M., Barra, F., Deditius, A., Lundstrom, C., Bindeman, I. & Munizaga, R. (2015). Giant Kiruna-type deposits form by efficient flotation of magmatic magnetite suspensions. *Society of Economic Geology*, Vol. 43, 591-594.

Lagas, G. (2016). Estudio de la química mineral de la pirita del yacimiento magnetita – apatito de Los Colorados, III Región de Atacama, Chile. Santiago de Chile. Memoria para optar al título de geólogo. Universidad de Chile.

Lledó, H.L., Jenkins, D.M. (2008). Experimental investigation of the upper thermal

stability of Mg- rich actinolite; implications for Kiruna-type iron deposits. *J. Petrol.* 49, 225–238.

Lorca, Gladys (1990). Caracterización geoquímica y cristalográfica de las piritas de los yacimientos de Fe El Algarrobo y El Romeral. Memoria de Título, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Chile.

Maksaev, V., Townley, B., Palacios, C., Camus, F (2007). Metallic ore deposits, in Moreno, T., and Gibbons, W., eds., *The Geology of Chile*., The Geological Society, London, p. 179 – 199.

Mpodozis, C. y Allmendinger, R. (1992). Extensión Cretácica en el Norte de Chile (Puquios-Sierra Fraga, 27 S): significado para la evolución tectónica de los Andes. *Revista Geológica de Chile*, Vol.19, N 2, p. 1-31.

Naslund, H.R., Henriquez, F., Nyström, J.O., Vivallo, W. & Dobbs, F.M. (2002). Magmatic Iron Ores and Associated Mineralisation: Examples from the Chilean High Andes and Coastal Cordillera. PGC Publishing. Vol. 2: 207-226.

Nyström, j.o. & Henríquez, F. (1995). Magmatic features of iron ores of the Kiruna type in Chile and Sweden: ore textures and magnetite geochemistry- a reply. *Economic Geology*. Vol. 90: 473-475.

Nyström, Jan Olov, Henriquez, Fernando. (1994). Magmatic features of iron ores of the Kiruna type in Chile and Sweden; ore textures and magnetite geochemistry. *Economic Geology* 89(4): 820-839.

Nyström, j. o. & Henríquez, F. (1994). Magmatic features of iron ores of the Kiruna-type in Chile and Sweden: ore textures and magnetite geochemistry. *Economic Geology*. Vol.89: 820–839.

Palacio, Maria y Godeas Marta (2008). Guía de minerales de alteración de la República Argentina. Instituto de geología y recursos minerales. Serie publicaciones N°169.

Richards, J.P., López, G. P., Zhu, J. J., Creaser, R. A., Locock, A. J., & Mumin, A. H (2017). Contrasting tectonic setting and sulfur contents of magmas associated with cretaceous porphyry Cu ± Mo ± Au and intrusion – related iron oxide Cu – Au deposits in northern Chile. *Economic Geology*, 112(2), 295 – 318. <https://doi.org/10.2113/econgeo.112.2.295>.

Ruíz, F.C., Corvalán, J., Klohn, C., Klohn, E., Levi, B. (1965). *Geología y yacimientos metalíferos de Chile*. Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago (305 pp.).

Rutland, W.R. (1970). Andean orogeny and sea floor spreading. *Nature*, Vol. 233, p. 252-255.

Scheuber, Ekkehard, Andriessen, Paul AM. (1990). The kinematic and geodynamic significance of the Atacama fault zone, northern Chile. *Journal of Structural Geology* 12(2): 243- 257.

Seedorff, E., Dilles, J., Proffett, J., Einaudi, M., Zurcher, L., Stavast, W., Johnson, D., Barton, M. (2005). Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features: *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 251–298.

Segerstrom, K., Parker, R.L. (1959). Cuadrángulo Cerrillos. Provincia de Atacama. Instituto de Investigaciones Geológicas, *Carta Geológica de Chile*, Vol. 1, No. 2, 33 p., 1 mapa escala 1:50.000.

Segerstrom, Kenneth y Carlos Ruiz Fuller. (1962). Cuadrángulo Copiapó: Provincia de Atacama. Instituto de Investigaciones Geológicas.

Sernageomin, (2003). *Mapa Geológico de Chile: versión digital*. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Publicación Geológica Digital*, No. 4 (CD-ROM, versión 1.0, 2003). Santiago.

Sillitoe, R. H. (2012). Cooper Provinces. *Geology and Genesis of Major Copper Deposits and Districts of the World*, 1 – 18. <https://doi.org/10.5382/sp.16.01>

Sillitoe, R.H. & Burrows, D.R. (2002), *New field evidence bearing on the*

origin of the El Laco magnetite deposit, northern Chile. *Economic Geology*. Vol. 97: 1101–1109.

Sillitoe, R.H., Perelló, J. (2005). Andean copper province: tectonomagmatic settings, deposit types, Metallogeny, exploration, and discovery. In *Economic Geology One Hundredth Anniversary Volume* (Hedenquist, J.W.; Thompson, J.F.H.; Goldfarb R.; Richards, J.; editors). Society of Economic Geologists: 845 – 890. Littleton, Colorado, USA.

Sillitoe, Richard H. (2003). Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view. *Mineralium Deposita*, 38(7):787-812.

Stern, Ch. 1991. Role of subduction erosion in the generation of Andean magmas. *Geology*, Vol. 19, p. 78-81.

Thiele, R., Pincheira, M. 1987. Tectónica transpresiva y movimiento de desgarre en el segmento sur de la falla de Atacama, Chile. *Revista Geológica de Chile*, No. 31, p.77-94.

Tornos, F., Velasco, F., & Hanchar, J. M. (2016). Immiscible iron- and silica-rich melts and magnetite geochemistry at the El Laco volcano (northern Chile): Evidence for a magmatic origin for the magnetite deposits. *Ore Geology Reviews*, 79, 346-366.

Torres, Ignacio (2019). Relación petrográfica de las menas de hierro y su impacto en los procesos metalúrgicos: Proyecto Alcaparra A, Región de Atacama. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento Ciencias de la Tierra, Chile.

Uyeda, S. (1982). Subduction zones: an introduction to comparative subductology. *Tectonophysics*, Vol. 81, p. 133-159.

Uyeda, S., Kanamori, H. (1979). Back-arc opening and the mode of subduction. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 84, p. 1049-1061.

Vivallo, W. y Henríquez, F. (1997). Relación genética entre los yacimientos

estratoligaods de cobre (“tipo Manto”), de Cu – Fe – Au y de hierro del tipo Kiruna. Congreso Geológico Chileno, N° 9. Antofagasta. Actas. Vol.2. p. 1189 – 1193.

Welkner, D., Arévalo, C y Godoy, E. (2006). Geología del área Freirina – El Morado, región de Atacama. Servicio Nacional del Geología y Minería, carta geológica de Chile, serie Geología Básica 100:50 pp., escala 1:100.000. Santiago.

Yáñez Carrizo, G., & Rivera, O. R. (2019). Crustal dense blocks in the fore – arc and arc región of chilean ranges and their role in the magma ascent and composition: Breaking paradigms in the Andean metallogeny. *Journal of south American Earth Sciences*, 93 (October 2018), 51 – 66. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.04.006>

Zeng, L., Zhao, X., Li, X., Hu, H., Mcfarlane, C. (2016). In situ elemental and isotopic analysis of fluorapatite from the Taocun magnetite – apatite deposit, Eastern China: Constraints on fluid metasomatism. *American Mineralogist*, 101, 2468 – 2483.

Ziegler, A.M., Barrett, S, F., Scotese, C.R. (1981). Paleoclimate, sedimentation and continental acretion. *Royal Society of London, Philosophical Transactions*, Vol. A 301, p. 253-

