



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

**GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO  
MINERO VERITO, COMUNA DE LA HIGUERA, REGIÓN DE  
COQUIMBO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

**JERCKO IGNACIO LÓPEZ NEIRA**

PROFESOR GUÍA  
**FERNANDO BARRA PANTOJA**

MIEMBROS DE COMISIÓN  
**MARTIN REICH MORALES**  
**DIEGO MORATA CÉSPEDES**

Esta memoria ha sido financiada por el Núcleo Milenio “Trazadores de Metales en Zonas de Subducción” y Compañía Minera Chile Project SpA

SANTIAGO DE CHILE  
2019

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE:** Geólogo  
**POR:** Jercko Ignacio López Neira  
**FECHA:** Agosto 2019  
**PROFESOR GUÍA:** Fernando Barra Pantoja

## **GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO MINERO VERITO, COMUNA DE LA HIGUERA, REGIÓN DE COQUIMBO**

El prospecto Verito presenta características que lo asemejan a un yacimiento del tipo magnetita-apatito o IOA (*iron-oxide apatite* u óxido de hierro-apatito) y se ubica en la comuna de La Higuera, Región de Coquimbo, y a 28 km al norte de la ciudad de La Serena. Este prospecto pertenece a la Compañía Minera Chile Project SpA y se encuentra actualmente en su fase de exploración.

El objetivo principal de este estudio es establecer un modelo geológico del yacimiento y realizar una estimación preliminar de sus recursos de hierro en base a un mapeo de superficie, descripción de cortes transparente-pulidos, estudio de sondajes y muestreos.

La mineralización esta hospedada en rocas andesíticas del Complejo Subvolcánico Agua Salada de edad Cretácica Superior y está flanqueada por un conjunto de intrusivos dioríticos por el oeste y rocas graníticas por el este. La mineralización de hierro tiene principalmente un control estructural asociado al Sistema de Falla El Romeral y fallas de traspaso con orientación NNE. Los estilos de mineralización de magnetita corresponden a vetas de magnetita masiva, brechas de matriz de magnetita con clastos de andesita actinolizadas, vetillas que forman stockworks y mineralización diseminada.

Los estudios petro-calcográficos indican que el depósito se formó a partir de cuatro eventos de mineralización y alteración: (1) vetas de magnetita masiva con intercrecimientos de actinolita y apatito; (2) brechización y fractura de la roca de caja que genera principalmente stockwork de magnetita, además de una amplia alteración cálcica; (3) alteración potásica debido a la intrusión del intrusivo granodiorítico, seguido de una alteración sericitica; y, por último, (4) un evento supergeno reflejado principalmente por la oxidación de la magnetita y en menor medida óxidos de cobre. Estos estudios indican que Verito correspondería a una zona profunda-transicional dentro del modelo de zonación vertical IOA-IOCG en base a la asociación magnetita-actinolita-apatito y escasa presencia de sulfuros.

Los tonelajes de hierro magnético estimados utilizando el software ArcGis y leyes obtenidas del muestreo de canaleta corresponden a 32,5 Mt considerando una profundidad de 230 m bajo la superficie, mientras que a una profundidad de 130 m se obtienen 47,9 Mt. En ambos casos con una ley promedio de 28% de Fe. Estos datos indican que el prospecto Verito constituye una opción viable para generar pre-concentrado en una posible futura explotación a rajo abierto. Una segunda opción es realizar una explotación selectiva mediante minería subterránea de las vetas manteniendo una ley superior a 40% pero disminuyendo el tonelaje. Debido a la actual tendencia alcista del precio del hierro se recomienda realizar estudios de pre-factibilidad para el desarrollo del proyecto Verito.

*“Take a sad song  
and make it better”*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a los miembros de mi comisión Dr. Martin Reich, Dr Diego Morata y en especial a mi profesor guía Dr. Fernando Barra por la disposición y gran ayuda brindada durante el transcurso de la memoria. Agradecer a la Compañía Minera Chile Project Spa, Fernando Silva, Edgardo Osorio y Jorge Osorio por darme la oportunidad de realizar la memoria en su empresa y el apoyo durante los terrenos. Agradecer al Núcleo Milenio Trazadores de Metales por proporcionar los cortes transparente-pulido y las instalaciones del microscopio y a la Compañía Minera del Pacífico por la información de sondajes y magnetometría, y en especial, a Mario Rojo por su disposición y consejos en reuniones y visitas a terreno.

Agradecer a Lemuel Toloza por la confianza, enseñanzas y permitirme realizar la practica en esta empresa, a Sebastián Menares, Javiera Medina, Pilar Vargas y Nicolás Bueno-Core por acompañarme a los terrenos siendo de gran ayuda. Además gracias a los chicos de la sala del Núcleo Milenio por ayudarme tanto en los temas administrativos como en dudas geológicas.

Sin lugar a dudas esto no hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia; mi tío, que ha sido un padre todos estos años y que con la Ursula siempre están presentes para ayudarnos en todo, mi lela, preocupada siempre de mí y haciendo esos almuerzos tan ricos en la semana, mi mamá, principal gestora de este logro y que a punta de esfuerzo ha logrado que su hijo sea universitario, y a mi tata, que aunque ya no está, sé que me acompaña en todo momento. Muchas gracias por todo su cariño y amor.

Luego, agradecer a mis amistades de tantos años (comenzaré cronológicamente): a los cabros de la villa (Sensación FC), amigos desde cabro chico, gracias por enseñarme a jugar a la pelota a punta de talento de futbol de barrio; a mis amigos del Lastarria (Los Wes), gracias por esos grandes años en el Liceo, viajes a las 7 tazas, asados y risas, a pesar de haber salido hace tiempo del colegio, seguimos siendo igual de giles; a la Hermandad (BH), gran grupo de pichangas, viajes, asados, PES, carretes y noches de estudio congelados que la mayoría de veces funcionaban mal, espero logremos completar prontamente la famosa lista; a las chiquillas (La Familia), gracias por darlo todo en las juntas, por las celebraciones, charlas filosóficas a las 4 de la mañana y grandes viajes como a las Torres del Paine; a los amigos de geología (Geomachos) gracias por esas noches de estudio y duelos de mitos y leyendas, viajes al Ingenio y memes, nunca había conocido gente tan enferma, siéntanse orgullosos; al mejor e histórico equipo de Geología (Mepa), hexacampeón, poniéndole garra y talento en todos los partidos aunque ya estemos viejitos.

Por último, agradecer a todas esas personas que también fueron importantes pero no pertenecen a ningún grupo de los antes mencionados: Matu, Ara, Feña, Gabi, Chico, Dios, Fran, Cata, Sergio, Oli, Don Oscar, The Beatles, Gokú, Colo-Colo, Candela, Familia, a los trabajadores de la Mina Rafaela (Don Vladi por sus enseñanzas) y a todas las personas con que se comparte en terreno y en el edificio de geología, especialmente a la Blanca, que es la más grande y soluciona todos los problemas.

Espero no se me haya olvidado nadie ... Hakuna Matata.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Presentación .....	1
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1 Objetivo General.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos .....	5
1.3. Hipótesis .....	5
1.4. Ubicación y accesos.....	5
1.5. Antecedentes .....	6
2. METODOLOGÍA .....	7
2.1. Investigación bibliográfica .....	7
2.2. Campañas de terreno.....	7
2.3. Descripción de cortes transparentes-pulidos .....	7
2.4. Muestreo para análisis en hierro .....	7
2.5. Confección de mapa geológico .....	8
2.6. Sondajes, perfiles, magnetometría y validación del mapa de superficie .....	8
2.7. Estimación de recursos .....	8
3. MARCO GEOLOGICO .....	9
3.1. Generalidades .....	9
3.2. Unidades litoestratigráficas .....	10
3.2.1 Complejo Subvolcánico Agua Salada (Cretácico Superior) .....	10
3.2.2 Formación Confluencia (Mioceno-Pleistoceno) .....	11
3.3. Rocas intrusivas .....	11
3.3.1 Intrusivos Dioríticos (ca. 129 Ma) .....	11
3.3.2 Intrusivos Graníticos a Dioríticos (ca. 102 Ma) .....	11
3.4. Depósitos no consolidados .....	11
3.4.1 Depósitos Aluvionales (Cuaternario) .....	11
3.5. Estructuras .....	12
3.5.1 Falla El Romeral .....	12
3.6. Depósitos Minerales.....	12
4. GEOLOGÍA DEL PROSPECTO VERITO.....	14
4.1. Generalidades .....	14
4.2. Unidades Litológicas .....	15
4.2.1 Unidad Volcánica.....	15
4.2.2 Unidad Intrusiva Oeste .....	15
4.2.3 Unidad Intrusiva Este.....	15
4.2.4 Diques Post-Mineral .....	16

4.2.5	Intrusivos Post-Mineral .....	17
4.3.	Mineralización .....	17
4.4.	Estructuras .....	19
5.	RESULTADOS .....	21
5.1.	Mapa Geológico .....	21
5.2.	Petrografía .....	23
5.3.	Eventos de Mineralización .....	23
5.4.	Secuencia Paragenética .....	27
5.5.	Leyes de Fe (Sondajes) .....	27
5.6.	Leyes de Fe (Canaletas) .....	29
5.7.	Cálculo de Tonelaje.....	33
6.	DISCUSIONES .....	35
6.1.	Mineralización y alteración hidrotermal .....	35
6.2.	Modelo geológico y estructural.....	37
6.3.	Sondajes y magnetometría .....	38
6.4.	Tonelaje y ley .....	39
7.	CONCLUSIONES .....	41
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	42
9.	ANEXOS .....	45
9.1.	ANEXO A: Descripción de muestras.....	45
9.2.	ANEXO B: Descripción de Cortes Transparente-Pulido.....	59
9.3.	ANEXO C: Información de leyes de sondajes.....	72
9.4.	ANEXO D: Pautas de descripción de sondajes.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de concesiones mineras que conforman al prospecto Verito (Coordenadas UTM WGS 84). .....	1
Figura 2: Principales yacimientos de la Franja Ferrífera Chilena (Modificado de Barra et al., 2017). .....	2
Figura 3: Esquemas con mineralización y alteración de los depósitos IOCG representando el origen hidrotermal con fluidos derivados exclusivamente del magma a la izquierda, circulación de fluidos de cuenca en el centro y fluidos metamórficos ricos en Cl a la derecha (Tomado de Barton, 2014). .....	3
Figura 4: A) Cristalización de microlitos de magnetita primaria en un magma silicatado (naranja) y nucleación de primeras burbujas. B) Ascenso de pares burbuja-magnetita debido a la flotabilidad positiva. C) Crecimiento, coalescencia de burbujas y acumulación de magnetita. D) Fracturas hidráulicas (debido al cambio de estrés tectónicos) permitiendo la segregación rápida y eficiente del líquido rico en magnetita y eventual crecimiento de magnetita hidrotermal durante el enfriamiento progresivo. Los cuadros representan escenarios progresivamente más superficiales de A a D y el cambio de color en D implica el aumento de la cristalización (Tomada de Knipping et al., 2015). .....	4
Figura 5: Mapa de rutas y vías de acceso al prospecto Verito (Imagen Satelital). .....	6
Figura 6: Mapa geológico distrital 1:50.000 de la zona (Modificado de Emparan y Pineda, 2000). .....	9
Figura 7: Geometría de las placas tectónicas. a) Cretácico tardío, b) Cretácico tardío a Mioceno tardío y c) Mioceno Tardío al Presente (Scheuber et al., 1994). .....	12
Figura 8: Mapa de Intensidad Magnética Total de la zona de estudio, donde se identifican los dipolos magnéticos de El Romeral, Las Escobas y Verito alineados al Sistema de Falla El Romeral (Modificado de Vivallo y Donoso, 2013). .....	13
Figura 9: Fotografía que muestra el contacto entre la granodiorita y la andesita, la distribución de las vetas y el dique principal. ....	14
Figura 10: Muestra de afloramiento de andesita fresca. ....	15
Figura 11: a) Muestra de mano de la Unidad Intrusiva Oeste, que corresponde a un intrusivo diorítico de hornblenda. b) Fotomicrografía de hornblenda y plagioclasas alteradas a sericita (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). .....	16
Figura 12: a) Muestra de mano de la Unidad Intrusiva Oeste, que corresponde a un intrusivo granodiorítico. b) Fotomicrografía de biotita, hornblenda, cuarzo y plagioclasas (5x, nicoles cruzados, luz transmitida). .....	16
Figura 13: a) Dique andesítico (parte superior de la línea punteada) en contacto neto con la mineralización de magnetita. b) Fotomicrografía de fenocristal de plagioclasa alterado a sericita en una masa fundamental microgranular (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). .....	17
Figura 14: a) Muestra de mano de intrusivo post mineral (granodiorita de hornblenda). b) Roca cornea rica en sílice rodeando a la granodiorita de hornblenda. ....	17
Figura 15: a) Stockwork de magnetita. b) Stockwork de magnetita tendiendo a brecha. c) Brecha con matriz de magnetita y clastos de andesitas actinolizadas. d) Vetillas de apatito (indicadas por la flecha negra) cortando mineralización en veta y roca caja. ....	18
Figura 16: a) Afloramiento de magnetita con textura masiva parcialmente hematitizada. b) Muestra de magnetita masiva (color negro) intercrecida con cristales centimétricos de actinolita alterada (verde/marrón). c) Afloramiento de magnetita (color negro) con cristales de apatito de hasta 10 cm. d) Muestra de magnetita masiva con pirita diseminada. ....	19

Figura 17: a) Falla con orientación NS/75SE observado en un túnel de 30 m en la zona de vetilleo de apatito. b) Contacto por falla de la Unidad Intrusiva Este y Unidad Volcánica (línea punteada). c) Actinolitas orientadas con cúmulos de magnetita en la zona de falla. d) Elemento estructural de relleno (Tensiones de Gash) en un intrusivo post-mineral mostrando el movimiento dextral del Sistema de Falla El Romeral. ....	20
Figura 18: Mapa Prospecto Verito escala 1:8.000.....	21
Figura 19: Mapa de la zona con mayor concentración de mineralización de magnetita, escala 1:3.000. Se muestra además la ubicación de sondajes realizados por CAP Minería y la ubicación de los perfiles. El cuadro celeste indica el área de la Figura 26. ....	22
Figura 20: Perfiles representativos de la zona de estudio. Las vetas de magnetita tienen una orientación subvertical con ligero manteo hacia el este.....	22
Figura 21: a) Fotomicrografía de magnetita I masiva con inclusiones orientadas en los planos cristalográficos (20x, nicoles paralelos, luz reflejada). b) Fotomicrografía de inclusión mixta de pirita-calcopirita-actinolita I en magnetita I (20x, nicoles paralelos, luz reflejada). c) Fotomicrografía de magnetita masiva con hematita y goethita (10x, nicoles paralelos, luz reflejada) d) Fotomicrografía de actinolita I intercrecida con magnetita I (10x, nicoles cruzados, luz transmitida).....	24
Figura 22: a) Fotomicrografía de vetilla de magnetita II cortando la roca caja actinolitizada (5x, nicoles paralelos, luz reflejada). b) Fotomicrografía de vetilla de magnetita II y actinolita II (5x, nicoles paralelos, luz transmitida) c) Fotomicrografía de vetilla de apatito II (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). d) Fotomicrografía de roca de caja actinolitizada (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). ....	25
Figura 23: a) Fotomicrografía de biotita I alterando a actinolita y magnetita III diseminada (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). b) Fotomicrografía de plagioclasa alterada a sericita (5x, nicoles cruzados, luz transmitida). ....	26
Figura 24: a) Fotomicrografía con magnetita I casi totalmente convertida a hematita e hidróxidos de hierro (goethita) relleno de espacios entre granos (10x, nicoles paralelos, luz reflejada). b) Fotomicrografía de vetilla de goethita y actinolita alterada (10x, nicoles paralelos, luz transmitida). ....	26
Figura 25: Categorización en profundidad de la mineralización de magnetita. Veta (veta de magnetita) > 40% de ley magnética, Alta ley (stockwork de alta ley) 35% de ley magnética promedio (incluye las brechas); Baja ley (stockwork de baja ley) 15% de ley magnética promedio (incluye stockwork de ley media).....	28
Figura 26: Mapa geológico escala 1:1.500 donde se visualiza la ubicación y orientación de los sondajes proporcionados por CAP Minería. ....	29
Figura 27: Esquemas de las 4 canaletas realizadas. Se representa cada estilo de mineralización con un color diferente. El muestreo se realizó cada 1 m, de manera horizontal y saltándose los espacios poco representativos o que estaba imposibilitados para continuar la canaleta (indicados con flechas punteadas).....	32
Figura 28: Modelo de zonación vertical entre yacimientos tipo IOA en profundidad a depósitos IOCG. El círculo rojo indica la posición del prospecto Verito Considerado como zona IOA a transicional IOA/IOCG (Modificado de Barra et al., 2017). ....	35
Figura 29: a) Vetilla de apatito del evento II cortando magnetita masiva del evento I. b) Vetilla de magnetita del evento II cortando magnetita masiva del evento I. ....	36
Figura 30: a) Muestra de magnetita masiva (con metamorfismo de contacto) y crisocola. b) Afloramiento de limonitas. ....	37
Figura 31: Perfil del yacimiento El Romeral (Rojas et al., 2018a). ....	38
Figura 32: Comparación entre mapa de magnetometría reducida al polo y unidades mapeadas. Magnetometría proporcionada por CAP Minería. ....	39
Figura 33: Estimación de recursos realizado por CAP Minería. ....	40



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación y dimensiones de prospectos mineros que constituyen Verito (coordenadas UTM Psad56). .....	1
Tabla 2: Secuencia Paragenética para el prospecto Verito.....	27
Tabla 3: Tramos de sondajes con altas leyes correspondientes a vetas en profundidad. ....	30
Tabla 4: Coordenadas de posición de canaletas en este estudio. ....	30
Tabla 5: Resultados parciales de análisis químicos para leyes magnéticas. ....	33
Tabla 6: Datos para el cálculo de tonelaje. Densidades se encuentran en unidades de ton/m <sup>3</sup> .....	33
Tabla 7: Cálculos y resultados del hierro total y ley media. La densidad se encuentra en unidades ton/m <sup>3</sup> y volúmenes en m <sup>3</sup> . ....	34

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Presentación

El prospecto Verito se ubica en la comuna de La Higuera, Región de Coquimbo, y a 28 km al norte de la ciudad de La Serena. Este prospecto ha sido adquirido por la Compañía Minera Chile Project SpA y actualmente se encuentra en su fase de exploración. El prospecto completo, que abarca una superficie de 6,5 km<sup>2</sup> está constituido de 3 concesiones mineras, como se muestra en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1: Ubicación y dimensiones de prospectos mineros que constituyen Verito (coordenadas UTM Psad56).

NOMBRE	PUNTO MEDIO	DIMENSIÓN N-S x E-O	SUPERFICIE
VERITO OESTE UNO	6.718.500 N y 281.500 E	3000 x 1000 m	300 has.
VERITO OESTE DOS	6.718.500 N y 282.500 E	2000 x 1000 m	200 has
VERITO OESTE TRES	6.717.000 N y 282.000 E	1000 x 2000 m	200 has.

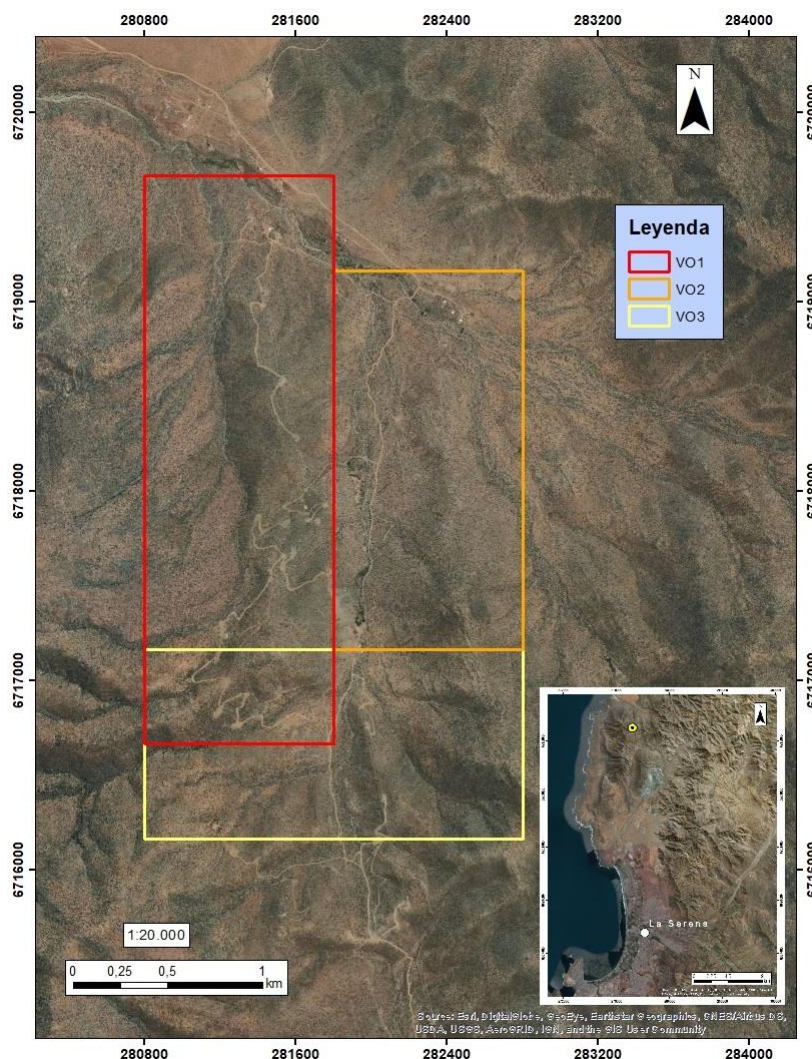


Figura 1: Mapa de concesiones mineras que conforman al prospecto Verito (Coordenadas UTM WGS 84).

El prospecto en estudio tiene características que lo asemejan a un depósito tipo magnetita-apatito o IOA (*iron-oxide apatite* u óxido de hierro-apatito) y forma parte de la Franja Ferrífera Chilena. Esta franja, de edad Cretácica, se extiende entre los 25 y 31°S en la Cordillera de la Costa en el norte de Chile (Nyström y Henríquez, 1994) y alberga numerosos yacimientos del tipo IOA e IOCG (*iron-oxide copper-gold*). Entre los yacimientos de magnetita-apatito se destacan Los Colorados y Cerro Negro Norte, ambos actualmente en operación y ubicados en la Región de Atacama (Figura 2). En la Región de Coquimbo el yacimiento IOA de mayor envergadura es El Romeral, el cual cobra mayor importancia en el desarrollo de este estudio, por su cercanía al prospecto Verito y por presentar características geológicas similares, tales como, una roca huésped de carácter andesítico y un control estructural asociado al Sistema de Falla Romeral.

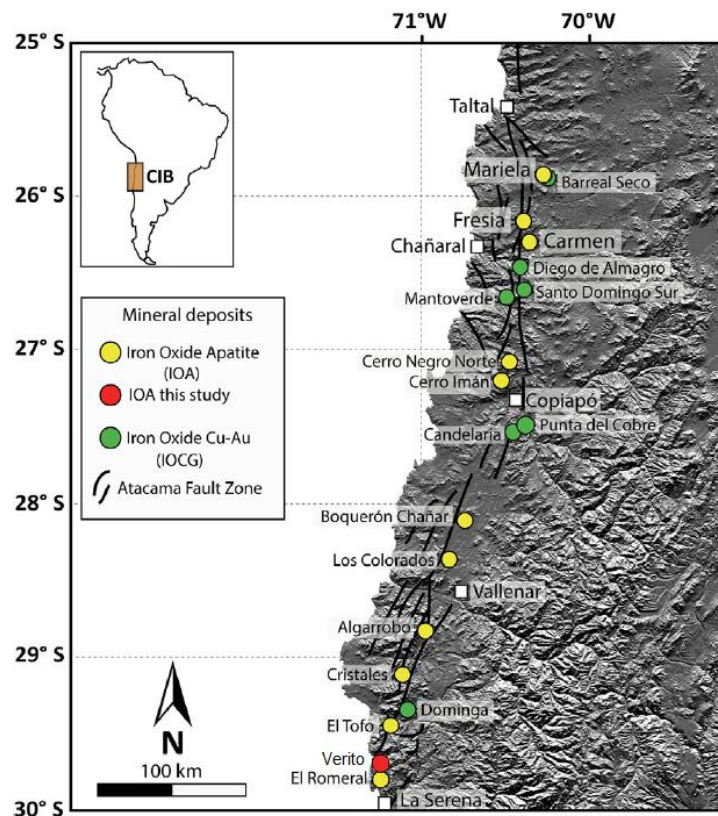


Figura 2: Principales yacimientos de la Franja Ferrífera Chilena (Modificado de Barra et al., 2017).

Los depósitos tipo Kiruna o IOA son miembros de una familia de depósitos denominados clan de los IOCG. Esta familia de depósitos incluye a los IOCG, IOA, vetas asociadas a intrusivos alcalinos y yacimientos estratoligados de Cu-(Ag) (Groves et al., 2010). Todos estos depósitos tienen en común el presentar elevados contenidos de óxidos de hierro como magnetita y hematita (especular) y son de interés económico, no solo por su alto contenido en Fe sino que también debido a sus cantidades variables de Cu, REE, P, U, Ag y Co (Barton, 2014). Estos depósitos se encuentran ampliamente distribuidos a través del mundo, encontrándolos en todos los continentes, a excepción de la Antártica, y han sido registrados con edades que van desde el Arcaico hasta el Fanerozoico.

Estudios realizados en la Franja Ferrífera Chilena (Figura 2), que corresponde a la franja metalogenética más joven a nivel mundial de este tipo de depósitos (Espinoza et al., 1996; Sillitoe, 2003), sugieren un origen en común para los yacimientos IOCG e IOA en base a varias características similares tales como:

mineralización de magnetita y sulfuros, alteración calco-sódica y una relación espacio-temporal con intrusivos de composición diorítica a granodiorítica. En este contexto los IOA suelen formarse a mayores profundidades en ambientes extensionales de fallas mayores mientras que los IOCG estarían asociados a fallas secundarias más someras, donde los fluidos hidrotermales pueden precipitar magnetita hidrotermal, sulfuros de Cu-(Fe) y Au (Knipping et al., 2015; Reich et al., 2016; Barra et al., 2017, Rojas et al., 2018b).

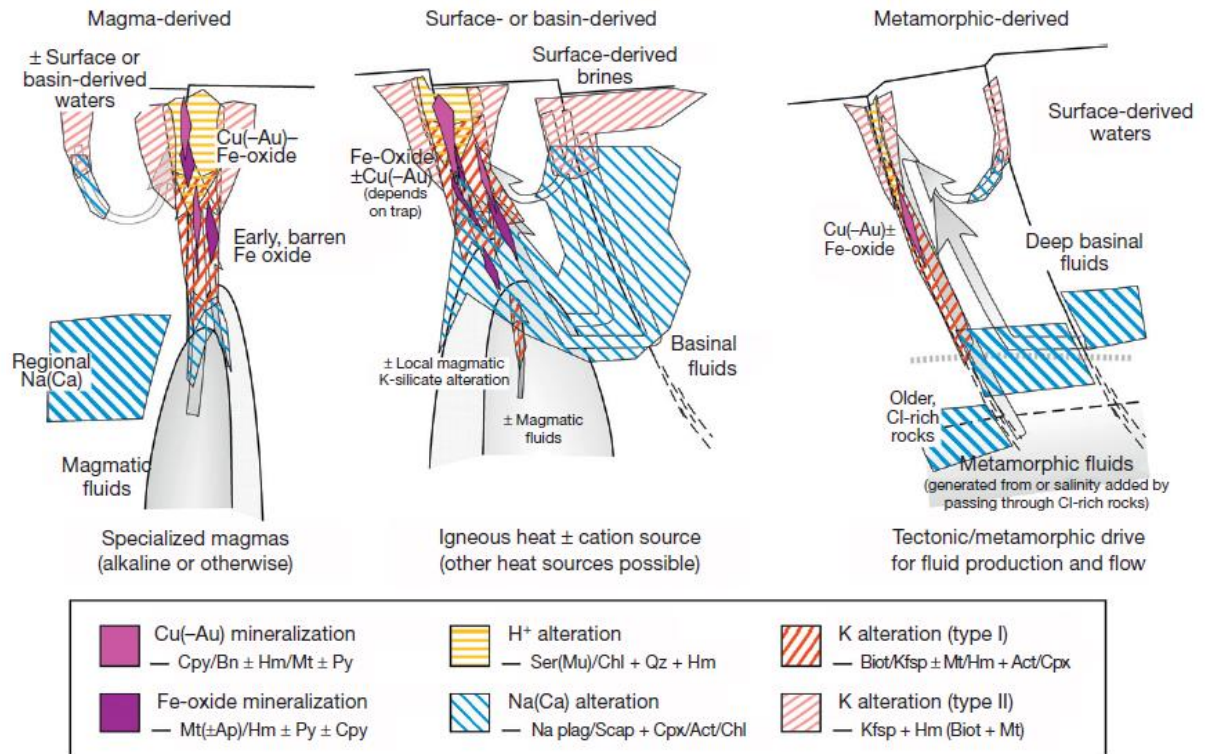


Figura 3: Esquemas con mineralización y alteración de los depósitos IOCG representando el origen hidrotermal con fluidos derivados exclusivamente del magma a la izquierda, circulación de fluidos de cuenca en el centro y fluidos metamórficos ricos en Cl a la derecha (Tomado de Barton, 2014).

La génesis de los depósitos IOA ha sido materia de un amplio debate a través de los años. En general, se han presentado tres hipótesis para explicar el origen de estos depósitos. La primera corresponde al origen magmático, donde la magnetita cristalizaría a partir de un líquido inmiscible rico en hierro, separado de una fase silicatada. El fundido también estaría enriquecido en volátiles lo que permitiría el ascenso del fundido (Nyström y Henríquez, 1994). El segundo modelo establece un origen hidrotermal, con fluidos de origen magmático o no magmático (Figura 3) que transportan el hierro como complejo clorurado, a través de estructuras, hasta desestabilizarse y generar un reemplazo metasomático de la roca de caja (Bookstrom, 1977; Sillitoe y Burrows, 2002).

Más recientemente, se ha presentado un modelo magmático-hidrotermal o de flotación de burbujas (Knipping et al., 2015), el cual se basa en la existencia de magmas silicatados, oxidados e hidratados de arco a partir del cual cristalizan microlitos de magnetita primaria, rica en Ti. Luego, los fluidos (burbujas) exsueles del magma se adhieren a los microlitos de magnetita los cuales ascienden por contraste de densidades y flotabilidad, a niveles superiores. Durante el ascenso los pares magnetita-burbujas se aglomeran y crecen. Al mismo tiempo, y partir del fluido

magmático se precipita por sobre los cristales primarios de magnetita, magnetita de carácter hidrotermal pobre en Ti. Esta emulsión fluido-magnetita precipita formando los cuerpos de mena de magnetita masiva debido a cambio bruscos de presión confinante asociado al ascenso rápido a través de fallas extensionales del Sistema de Falla de Atacama (Figura 4).

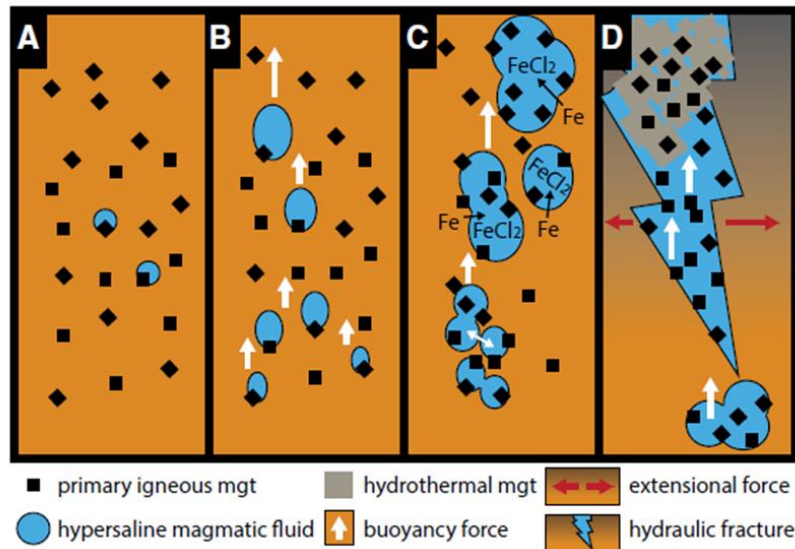


Figura 4: A) Cristalización de microlitos de magnetita primaria en un magma silicatado (naranja) y nucleación de primeras burbujas. B) Ascenso de pares burbuja-magnetita debido a la flotabilidad positiva. C) Crecimiento, coalescencia de burbujas y acumulación de magnetita. D) Fracturas hidráulicas (debido al cambio de estrés tectónicos) permitiendo la segregación rápida y eficiente del líquido rico en magnetita y eventual crecimiento de magnetita hidrotermal durante el enfriamiento progresivo. Los cuadros representan escenarios progresivamente más superficiales de A a D y el cambio de color en D implica el aumento de la cristalización (Tomada de Knipping et al., 2015).

La mineralización de hierro, fundamentalmente como magnetita, en estos yacimientos se presenta formando cuerpos irregulares de magnetita masiva y en menor medida en vetas, vetillas y diseminaciones. La ganga está constituida de proporciones variables de actinolita, apatito y escapolita correspondiente fundamentalmente a fases minerales representativas de una alteración hidrotermal calco-sódica. Las rocas hospedantes son generalmente rocas volcánicas, asociadas espacialmente con rocas intrusivas del Cretácico Inferior y se encuentran asociadas a fallas con desplazamiento sinistral como el Sistema de Falla Atacama (Ruiz et al., 1968; Bookstrom, 1977).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

El objetivo principal de este estudio es establecer un modelo geológico para el prospecto Verito y realizar una estimación preliminar de sus recursos, aportando además al conocimiento de la génesis de yacimientos IOA en la franja Ferrífera Chilena.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Confeccionar un mapa geológico de superficie con litología, mineralización y alteración.
- Establecer las características de alteración y mineralización, y determinar la secuencia paragenética de los eventos que dieron origen al depósito.
- Realizar una estimación preliminar de recursos de hierro en el prospecto Verito.

## **1.3. Hipótesis**

Mediante visitas de terreno al prospecto Verito se han identificado cuerpos de magnetita con actinolita y apatito diseminados, además de zonas de stockwork de magnetita y alteración cálcica que le dan características de un depósito tipo IOA o Kiruna.

El gran desarrollo de cuerpos tabulares de magnetita maciza en el área de estudio da indicios de que pueda ser un prospecto interesante para explotar en un futuro, considerando las proyecciones del precio del hierro.

## **1.4. Ubicación y accesos**

El prospecto Verito se ubica en la comuna de La Higuera, Región de Coquimbo, en el extremo occidental de la Cordillera de La Costa, aproximadamente 28 km al norte de la ciudad de La Serena y 8 km al NNW de la mina El Romeral. Sus coordenadas centrales UTM (Psad 56) son 6.718.000N y 282.000E (Figura 1).

La zona presenta dos opciones para llegar a la propiedad (Figura 5). La primera se logra a través de la carretera Panamericana (Ruta 5) hacia el norte, hasta llegar a la localidad de Los Hornos. Pasando la zona poblada se debe doblar hacia el este por un camino rural no pavimentado, que luego se une con la ruta D-155. Por último, al recorrer 3 km en dirección SE, se hace ingreso al prospecto en su extremo norte. La segunda opción se logra tomando la misma carretera Panamericana hacia el norte desviándose al oriente en la localidad de Punta Teatinos por el camino D-165 con dirección al Romeral. Luego de avanzar 13 km por camino de ripio y al comenzar a rodear la mina El Romeral, se debe tomar la ruta D-155 hacia el norte donde, por último, se tiene que seguir por aproximadamente 10 km para hacer ingreso al prospecto por extremo sur.

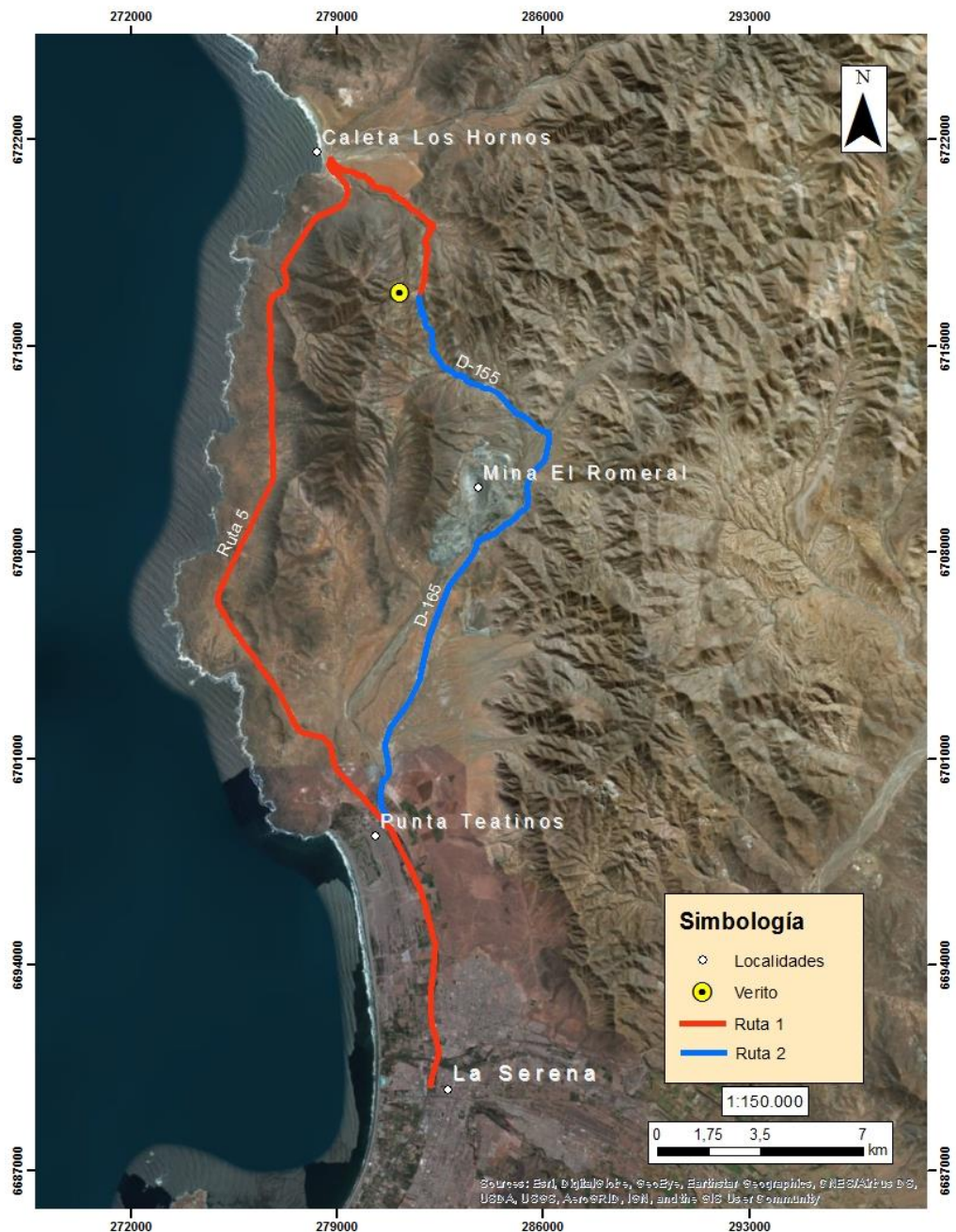


Figura 5: Mapa de rutas y vías de acceso al prospecto Verito (Imagen Satelital).

## 1.5. Antecedentes

El primer trabajo realizado en la zona corresponde a un informe realizado por el ingeniero en minas Daniel Palacios para la Compañía Minera Fierros de Coquimbo en el año 1913. Éste realiza un estudio detallado del sector caracterizando la mineralización de magnetita, para una posterior cubicación de recursos. También desarrolla un mapa en escala 1:200.000 donde identifica sectores con vetas de magnetita en distintas direcciones, donde es posible correlacionar el sector Los Hornos del estudio con las vetas SW del prospecto Verito.

Emparan y Pineda (2000) elaboran la carta geológica del área La Serena-La Higuera en escala 1:100.000, definiendo la gran mayoría de las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio.

Jorquera et al. (2011) realiza una carta geológica de Yacimientos Metalíferos del área La Serena-La Higuera, en donde hacen una revisión bibliográfica y posterior validación de la información, de los depósitos minerales en el área. En el estudio se verifica una relación espacio-temporal entre el depósito El Romeral y las diversas vetas asociadas a la Zona de Falla El Romeral.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Investigación bibliográfica**

En esta primera etapa se revisó la información bibliográfica disponible respecto a los depósitos IOCG/IOA de la Franja Ferrífera Chilena y de los modelos de formación recientemente planteados para estos depósitos. Además, se procede a estudiar trabajos realizados en la zona y alrededores, poniendo especial énfasis en trabajos realizados en la mina El Romeral, la cual se encuentra a 8 km del prospecto y presenta similitudes en los estilos de mineralización, litología hospedante y estructura asociada.

### **2.2. Campañas de terreno**

Se realizaron 3 campañas de mapeo geológico de superficie de 6 a 8 días cada una para identificar litología, alteración y mineralización presentes y evaluar el potencial minero.

El primer trabajo de terreno, se realizó entre los días 22 y 27 de junio del año 2018 y se centró en el extremo suroeste de la concesión Verito Oeste 1 donde, según lo establecido en la bibliografía y visto en las imágenes satelitales de Google Earth Pro, presenta dos importantes labores mineras históricas.

En una segunda campaña de terreno, realizada entre los días 14 y 19 de agosto del año 2018 se recorre completamente Verito Oeste 1 para determinar el alcance total de la mineralización, mientras que una tercera campaña, entre los días 11 y 19 de enero del año 2019, se focalizó en el área de mayor concentración de vetas y que representa la zona con mayor potencial para una futura labor minera.

### **2.3. Descripción de cortes transparentes-pulidos**

Se confeccionaron 13 cortes transparentes-pulidos con el propósito de diferenciar las distintas litologías presentes, caracterizar las texturas minerales e identificar la mineralogía de mena y ganga. Además, con la información recopilada se realizó una secuencia paragenética para el prospecto en estudio.

La descripción se llevó a cabo en un microscopio óptico, Olympus BX51, perteneciente al Laboratorio de Petrografía del Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA) en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

### **2.4. Muestreo para análisis en hierro**

Se realizó un muestreo sistemático tipo canaleta en la zona con mayor concentración de vetas para determinar el contenido de magnetita de los cuerpos masivos, zonas de brechas y stockworks.



En el laboratorio, además de realizar análisis del contenido de hierro, se realizaron ensayos DTT (Davis Tube Test) para establecer el contenido de hierro magnético. Esto se realiza teniendo en cuenta que superficialmente las muestras están generalmente oxidadas a hematita (martita) y que la recuperación de hierro se realiza mediante el método magnético.

## **2.5. Confección de mapa geológico**

Con todos los datos recabados y obtenidos en las campañas de terreno, se confeccionó un proyecto en ArcGis 10.3. Se definió la litología hospedante, tipos de alteración y estilos de mineralización del yacimiento, para finalizar presentando un mapa a escala 1:8.000 que abarca toda la zona mineralizada y un mapa 1:3.000 entre las coordenadas UTM 6.717.600N y 6.718.000N (zona con mayor potencial de ser explotada económicamente) al cual se le agregan los diques post-mineral y una separación entre stockworks de alta, media y baja ley.

## **2.6. Sondajes, perfiles, magnetometría y validación del mapa de superficie**

Durante las etapas finales de la elaboración de este Trabajo de Título, la empresa CAP Minería hace entrega de información de sondajes y mapas de magnetometría realizados en el sector (prospecto definido por CAP como La Industrial) con los que fue posible realizar perfiles y efectuar modificaciones al mapa geológico.

## **2.7. Estimación de recursos**

Se realizó una estimación de recursos con ArcGis 10.3 utilizando herramientas que permiten calcular volúmenes de polígonos y una aproximación de profundidad en base a sondajes facilitados por CAP Minería. El cálculo de recursos se detalla en el capítulo 5.2.

### 3. MARCO GEOLOGICO

#### 3.1. Generalidades

En la zona de estudio, durante el Ciclo Andino, se desarrolló un arco magmático de orientación NS producto del reinicio de la subducción (Charrier et al., 2007). Este proceso iniciado durante el Jurásico, continúa hasta el día de hoy, con un arco magmático que ha ido migrando hacia el este y ha generado una serie de franjas metalogénicas (Maksev et al., 2007).

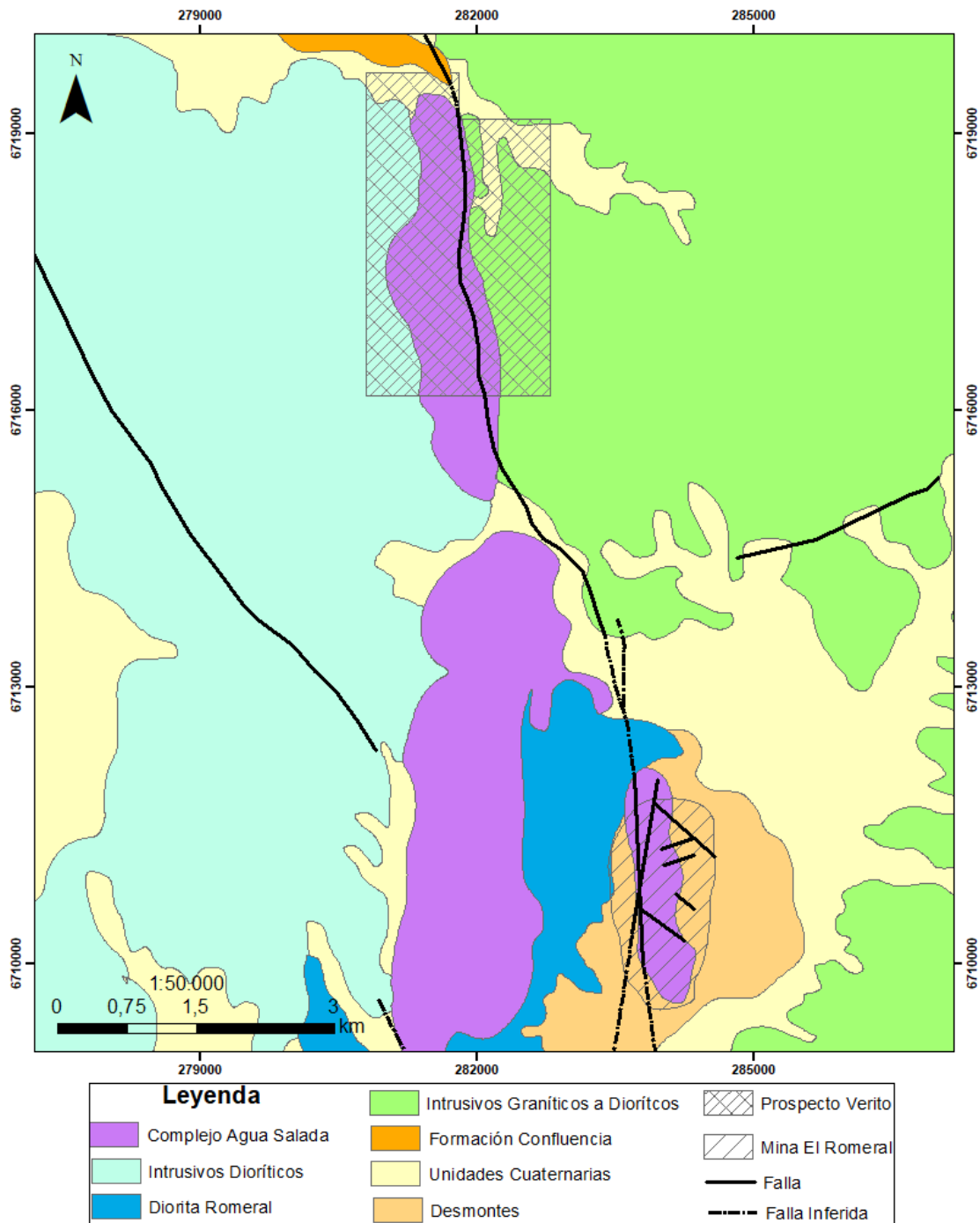


Figura 6: Mapa geológico distrital 1:50.000 de la zona (Modificado de Emparan y Pineda, 2000).

El régimen tectónico extensional imperante durante el Cretácico Inferior generó cuencas de tras-arco inmediatamente al este del arco volcánico. Esto debido a la subducción con vector de convergencia mayor a 45° entre las placas Aluk y Sudamericana (Scheuber et al., 1994). Producto de esta convergencia oblicua se generó una serie de fallas extensionales, entre ellas el Sistema de Falla de Atacama y el Sistema de Falla el Romeral ambas con movimiento sinistral, y a las cuales están asociados los depósitos tipo IOA (Bonson et al., 1996, Rojas et al. 2018b). Durante este periodo se generó además abundante magmatismo evidenciado por una amplia distribución de rocas intrusivas (Parada et al., 2007), principalmente de composición diorítica, y extensos depósitos volcánicos y volcano-sedimentarios (Complejo Subvolcánico Agua Salada) que fueron depositados en la cuenca de tras-arco.

Autores como Morata y Aguirre (2003) destacan que el volcanismo del Cretácico Inferior en la Cordillera de la Costa en este sector (29°20'-30°) presenta leves diferencias geoquímicas con lavas coetáneas más al sur, atribuyéndose este fenómeno a un bajo radio de extensión cortical y menor atenuación en una cuenca de intra-arco producto de la subducción oblicua y bajas tasas de expansión oceánica.

## **3.2. Unidades litoestratigráficas**

### **3.2.1 Complejo Subvolcánico Agua Salada (Cretácico Superior)**

Este Complejo fue definido por Emparan y Pineda (2000) y corresponde esencialmente a pórfidos dioríticos y andesitas porfíricas (Figura 6) con cantidades variables de piroxeno, anfíbola y olivino, además de tobas, ignimbritas e intercalaciones de calizas que en total alcanzan un espesor promedio de 6,400 m (Charrier et al., 2007). Aflora al oeste de la Zona de Falla El Romeral y entre las trazas de ésta que además genera un metamorfismo dinámico en algunos sectores de esta unidad, haciendo que las lavas estén transpuestas a metabasitas de hornblenda y de biotita. Para éstas unidades se han reportado 2 edades K-Ar en roca total de  $115 \pm 4$  y  $108 \pm 4$  Ma que se interpretan como edades del metamorfismo. Estas metabasitas están dispuestas a lo largo de gran parte de Verito Oeste 1 y la mitad occidental de Verito Oeste 3, y se encuentran rodeando a la Zona de Falla El Romeral, a excepción del extremo NW del prospecto donde se logra observar rocas cataclásticas. Estas son de color negro a verde grisáceo que corresponden a brechas de falla con lentes de hornblendita y franjas de protomilonita.

En el distrito, específicamente en la mina El Romeral, Bookstrom (1977) define en el sector las Andesitas La Liga (sub-miembro del Complejo Subvolcánico Agua Salada) como un cuerpo intrusivo andesítico (plagioclasas zonadas en una matriz microcristalina de plagioclasa, augita, hornblenda e ilmenita) que más adelante Moyano (1992) define como unidad volcánica debido a la presencia de direcciones de flujo.

### **3.2.2 Formación Confluencia (Mioceno-Pleistoceno)**

Formación definida por Rivano y Sepúlveda (1986) y modificada por Emparan y Pineda (2000). Aflora en las partes bajas de la quebrada Los Hornos en el extremo NW del prospecto Verito (Figura 6). En este sector, la litología corresponde a gravas medias a muy gruesas, clasto-soportadas, polimícticas de color pardo medio, con estratificación gruesa y clastos redondeados, correspondientes a facies fluviales.

## **3.3. Rocas intrusivas**

### **3.3.1 Intrusivos Dioríticos (ca. 129 Ma)**

Conjunto de intrusivos definidos por Emparan y Pineda (2000) que corresponden a monzodioritas cuarcíferas, monzodioritas, dioritas, dioritas cuarcíferas y gabros de biotita, anfíbola y piroxeno, de grano medio que afloran en la zona costera y que se encuentra intruyendo al Complejo Subvolcánico Agua Salada en el extremo oeste del prospecto Verito (Figura 6). Emparan y Pineda (2000) reportan una edad K-Ar en roca total de  $143 \pm 6$  Ma y una edad U-Pb en circón de  $145 \pm 4$  Ma para estos intrusivos del sector costero.

En el distrito, específicamente en la mina El Romeral, Bookstrom (1977) define la Diorita Romeral (Figura 6) como un cuerpo intrusivo constituido por plagioclasa, augita y magnetita-ilmenita inmersos en una masa microcristalina de actinolita, clinzoisita y eseno. Recientemente, Rojas et al. (2018a) mediante dataciones radiométricas de U-Pb en circones obtiene una edad de  $128.97 \pm 0.93$  Ma.

### **3.3.2 Intrusivos Graníticos a Dioríticos (ca. 102 Ma)**

Conjunto de intrusivos definidos por Emparan y Pineda (2000) que corresponde a un conjunto de stocks, de distintos tamaños, principalmente de grano grueso, formado por dioritas a monzogranitos que intruyen las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa. Aflora a lo largo de la mitad oriente del prospecto Verito (Figura 6). Si bien existe una amplia gama de litologías que componen los diferentes plutones, en la zona de estudio afloran tonalitas de anfíbola-biotita, de grano medio a grueso y color gris claro, con abundantes enclaves magmáticos microdioríticos y con edades K-Ar en biotita de  $120 \pm 7$  y  $117 \pm 3$  Ma.

En el distrito, específicamente en la mina El Romeral, Bookstrom (1977) define al Batolito Punta de Piedra como un cuerpo intrusivo post-mineralización de composición principalmente granodiorítica cuya mineralogía se caracteriza por la presencia de plagioclasa, microclina, biotita, hornblenda, cuarzo, magnetita e ilmenita. Recientemente, Rojas et al. (2018a) reporta una edad U-Pb en circones de  $102.2 \pm 2.0$  Ma para esta unidad.

## **3.4. Depósitos no consolidados**

### **3.4.1 Depósitos Aluvionales (Cuaternario)**

Corresponde a depósitos cuaternarios definidos por Emparan y Pineda (2000) y que rellenan la quebrada Los Hornos en la parte norte de la zona de estudio. Su litología es de brechas no consolidadas, polimícticas, con matriz de arena y limo.

### 3.5. Estructuras

#### 3.5.1 Falla El Romeral

Estructura definida por Bookstrom (1975) para el yacimiento El Romeral. Corresponde a la falla regional más importante y representa una extensión hacia el sur del Sistema de Falla Atacama, que también aloja otros depósitos importantes de hierro como El Tofo y Algarrobo. Es una estructura transcurrente sinistral con desplazamiento promedio de 700 m, con rumbo NNW y manteos entre 75°E y 70°W. Esta falla controlaría el emplazamiento de la mineralización y produciría en las rocas que la rodean metamorfismo dinámico, transformando las diferentes litologías en cataclasitas y milonitas.

En la zona de estudio esta estructura presenta rumbos que varían entre N70W a N70E y cruza el Complejo Subvolcánico Agua Salada desde el sur de la zona, en Verito Oeste 3, pasando por la parte media de Verito Oeste 1, hasta perderse en los depósitos cuaternarios por el norte (Figura 6). La falla separa la zona de interés en dos dominios estructurales distintos: el Dominio Costero por el oeste y el Dominio Occidental por el este (Emparan y Pineda, 2000). El primero está conformado por intrusivos dioríticos (ca. 129 Ma) y por el Complejo Subvolcánico Agua Salada (Cretácico Inferior) y el segundo por intrusivos graníticos a dioríticos (102 Ma).

Varios estudios del Sistema de Falla Atacama han permitido establecer una evolución de esta. El primer movimiento de la falla sería un movimiento sinistral entre 200-90 Ma, luego un movimiento dextral desde los 90-10 Ma y por último, movimientos verticales, en etapas tardías después de los 10 Ma (Arabasz, 1971). Estos cambios serían el resultado de cambios en la oblicuidad de la convergencia de las placas tectónicas (Scheuber et al., 1994) (Figura 7).

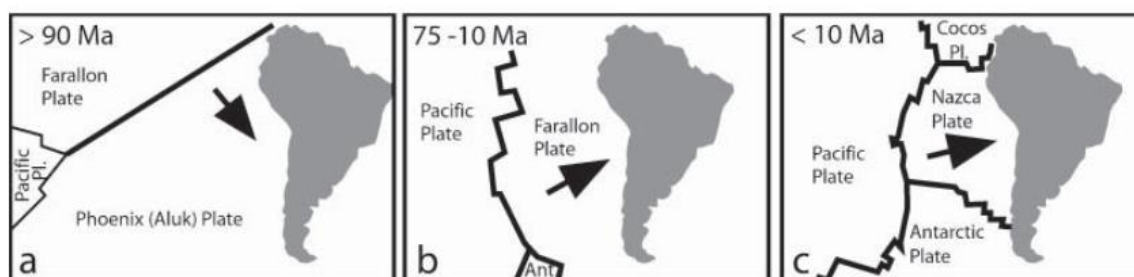


Figura 7: Geometría de las placas tectónicas. a) Cretácico tardío, b) Cretácico tardío a Mioceno tardío y c) Mioceno Tardío al Presente (Scheuber et al., 1994).

### 3.6. Depósitos Minerales

En el área se han reconocido numerosos depósitos del tipo IOA e IOCG de diverso tamaño entre los cuales se destaca El Romeral. A nivel distrital, se han identificado numerosas vetas mineralizadas al norte del yacimiento El Romeral, las cuales se emplazan a lo largo de la traza de la ZFR que se extiende por aproximadamente 20 km. Las vetas se hospedan principalmente en el Complejo Subvolcánico Agua Salada y consisten en cuerpos vetiformes de Fe, Fe-Cu-Au y Au-Cu con rumbos NW, NE o EW. Las vetas pueden llegar a tener 40 m de largo, una

potencia de hasta 1.5 m y han sido reconocidos hasta profundidades de 25 m en algunos casos (Jorquera et al., 2011).

La mena está constituida por oxidados de cobre, oro nativo, calcopirita, magnetita y specularita, en una ganga de cuarzo, apatito, pirita y cantidades menores de limonitas. La alteración en torno a los cuerpos consiste principalmente en actinolita, con cantidades menores de sericita. En general, los cuerpos NW o NE muestran concentraciones en el rango 0.1 a 0.8% de Cu, y de entre 0.06 y 0.72 g/t de Au, mientras que los cuerpos orientados en el sistema EW tienen bajas concentraciones de Cu (menor a 198 ppm) (Jorquera et al., 2011).

En la zona de estudio, en el extremo SW de Verito Oeste 1, se encuentra la mina Yoyita (D45-08), la cual corresponde a un yacimiento de hierro, con magnetita como mineral de mena y menor apatito. La roca de caja es andesita y los minerales de alteración son actinolita, sericita y arcillas. Una datación  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de actinolita del halo de alteración dio como resultado una edad de  $136 \pm 2$  Ma (Jorquera et al., 2011). Finalmente, mediante la magnetometría de la zona de estudio (Figura 8) realizada por Vivallo y Donoso (2013) es posible definir tres anomalías magnéticas relevantes. En un primer orden se tiene la anomalía de mayor intensidad correspondiente a la mina El Romeral, mientras que las dos anomalías menores corresponden a los prospectos Las Escobas y Verito. Es en esta última en donde se cubre una mayor cantidad de área con estas anomalías magnéticas y calza con la ubicación de la mina Yoyita mencionada anteriormente.

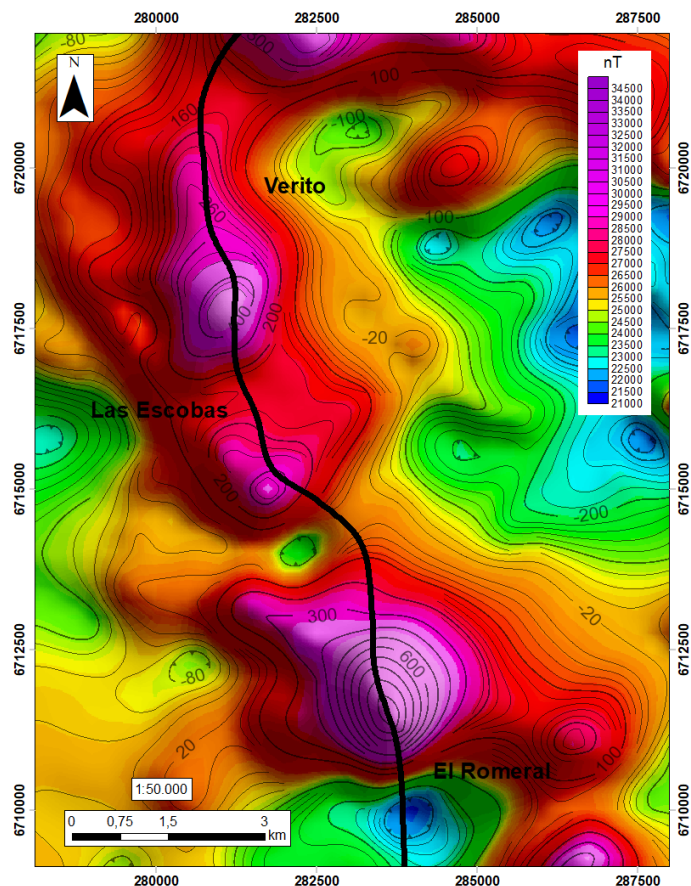


Figura 8: Mapa de Intensidad Magnética Total de la zona de estudio, donde se identifican los dipolos magnéticos de El Romeral, Las Escobas y Verito alineados al Sistema de Falla El Romeral (Modificado de Vivallo y Donoso, 2013).

## 4. GEOLOGÍA DEL PROSPECTO VERITO

### 4.1. Generalidades

Verito corresponde a un prospecto minero que si bien se encuentra en parte expuesto, está mayormente cubierto por depósitos coluviales, aluviales y vegetación. El mapeo de superficie se realizó principalmente gracias al estudio de piques de extracción abandonados y paredes que quedaron descubiertas luego de realizar caminos para las plataformas de sondajes y construcción de torres de alta tensión. Según el mapa de magnetometría de Vivallo y Donoso (2013) (Figura 8), la zona presenta una anomalía magnética relevante alineada con las anomalías de la mina El Romeral y el prospecto Las Escobas (Falla El Romeral).

La mineralización de hierro en este sector se encuentra emplazada en andesitas del Complejo Subvolcánico Agua Salada (Cretácica Superior) delimitadas por 2 cuerpos plutónicos. Por el oeste se tiene un grupo de intrusivos dioríticos de ca. 129 Ma y por el este un grupo de intrusivos graníticos a dioríticos de ~102 Ma y que en la zona de estudio está representado por granodioritas (Figura 9).

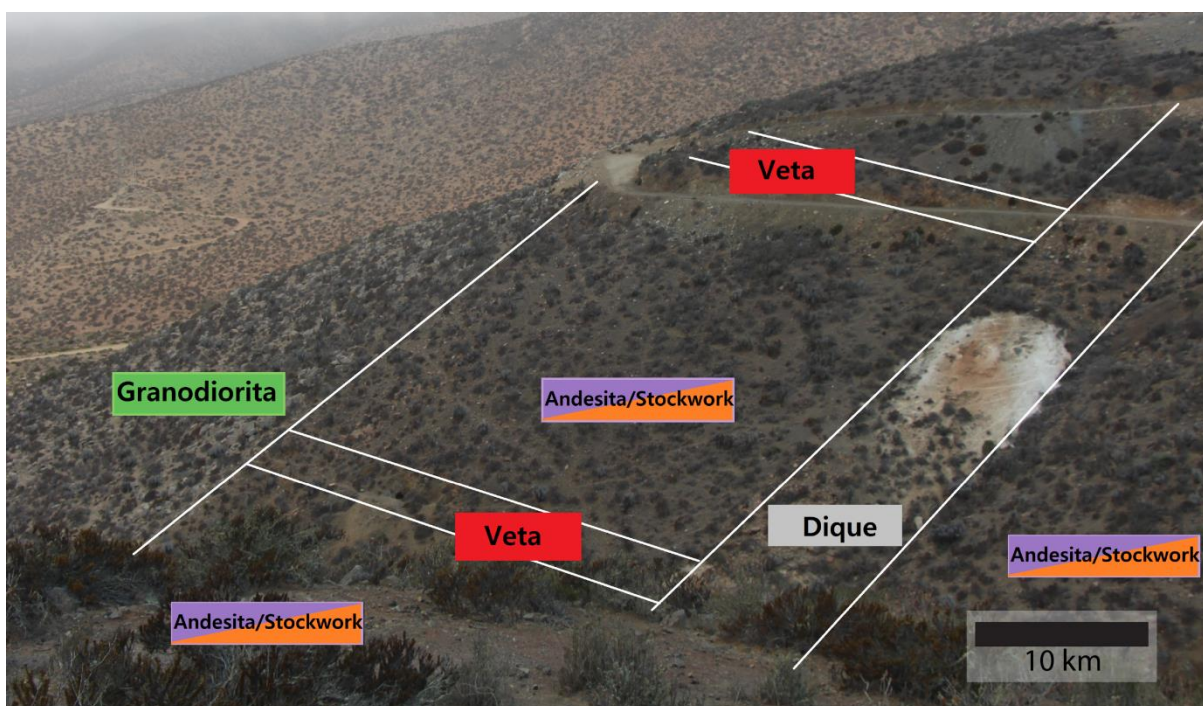


Figura 9: Fotografía que muestra el contacto entre la granodiorita y la andesita, la distribución de las vetas y el dique principal.

El prospecto Verito presenta una mineralización en vetas de aproximadamente 7-12 m de ancho con una mineralización que van entre magnetita maciza e intercrecimientos de magnetita con actinolita y apatito en distintas proporciones y tamaños. La dirección preferente de estas vetas es N60E con un manto ligeramente cayendo hacia el SE. Además, existe una gran zona de stockwork rodeando a las vetas de magnetita tendiendo a formar brechas de magnetita con clastos de andesita en algunos sectores y varios diques post-mineral con orientaciones que varían entre N50W y N60W.

## 4.2. Unidades Litológicas

### 4.2.1 Unidad Volcánica

Esta unidad corresponde a las Andesitas La Liga del Complejo Subvolcánico Agua Salada y consiste fundamentalmente de lavas andesíticas con plagioclasas y hornblenda (Figura 10). Es la roca huésped de la mineralización de hierro, la que se encuentra en forma masiva, en brechas, stockwork y diseminada. Estas rocas se encuentran afectadas por una alteración cálcica que se hace más intensa en las cercanías de las vetas mineralizadas. En las proximidades de intrusivos es posible identificar una alteración potásica en las andesitas.



Figura 10: Muestra de afloramiento de andesita fresca.

### 4.2.2 Unidad Intrusiva Oeste

Esta unidad corresponde a un conjunto de intrusivos acuñados como Intrusivos Dioríticos (ca. 129 Ma) por Emparan y Pineda (2000) y que en la zona de estudio está representada por dioritas de hornblenda de grano fino a medio y con pequeños cúmulos de magnetita de hasta 2 mm (Figura 11). Tiene vetillas de sericita y turmalina con algunos cristales milimétricos de pirita y menor calcopirita. Se encuentra intruyendo a la Unidad Volcánica en su extremo oeste y aflora en contacto por falla.

### 4.2.3 Unidad Intrusiva Este

Esta unidad corresponde a un conjunto de intrusivos acuñados como Intrusivos Graníticos a Dioríticos (ca. 102 Ma) por Emparan y Pineda (2000). En la zona de estudio está representada por granodioritas de biotita de grano medio con enclaves máficos (Figura 12). Aflora en contacto por falla con la Unidad Volcánica que corta la mineralización de magnetita en el sector este de Verito Oeste 1.



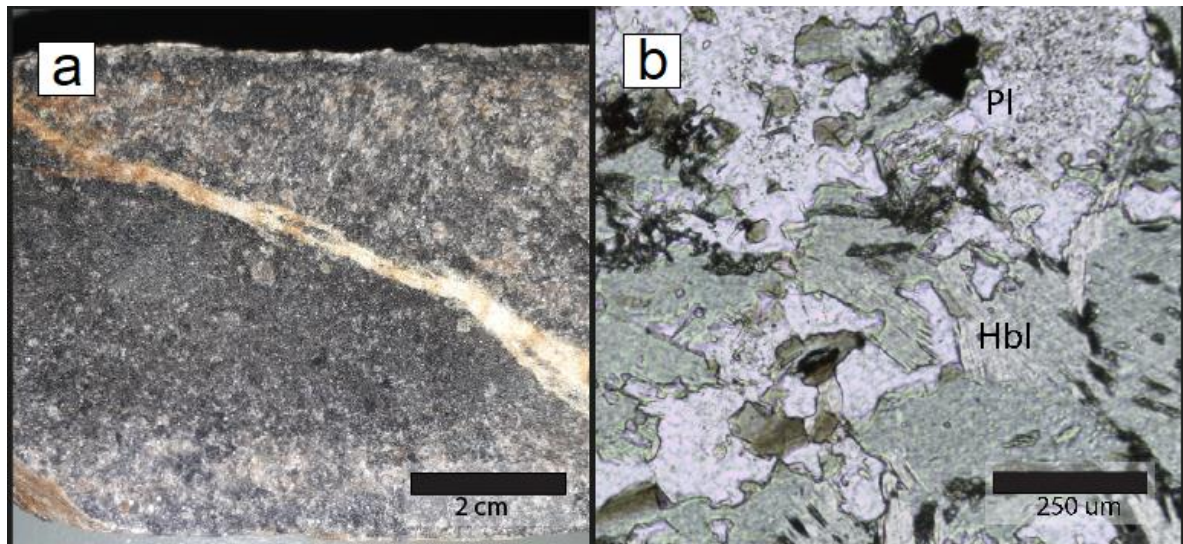


Figura 11: a) Muestra de mano de la Unidad Intrusiva Oeste, que corresponde a un intrusivo diorítico de hornblenda. b) Fotomicrografía de hornblenda y plagioclasas alteradas a sericita (5x, nicoles paralelos, luz transmitida).

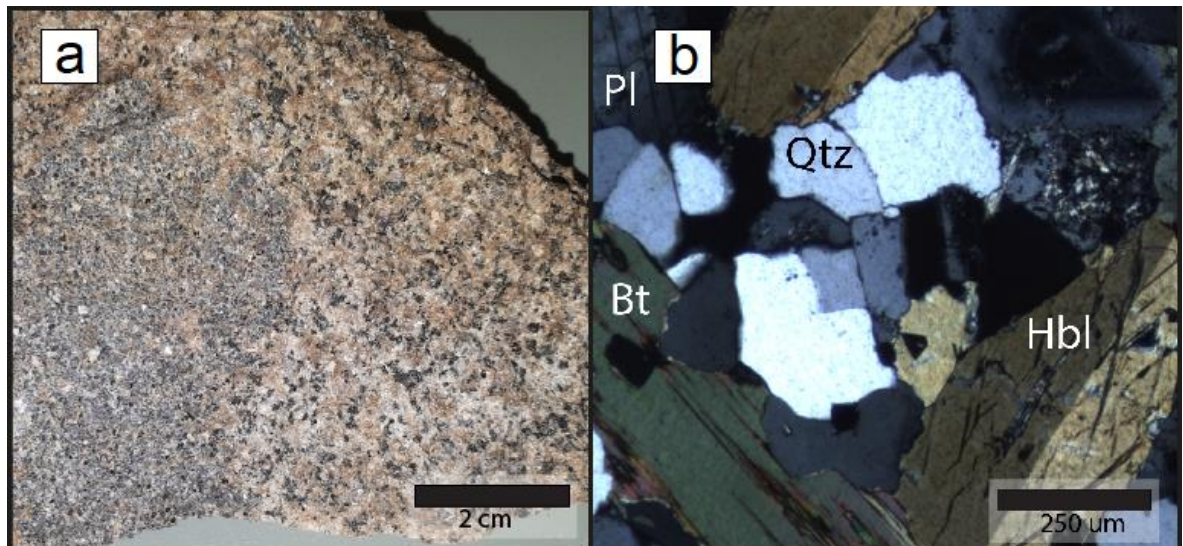


Figura 12: a) Muestra de mano de la Unidad Intrusiva Oeste, que corresponde a un intrusivo granodiorítico. b) Fotomicrografía de biotita, hornblenda, cuarzo y plagioclasas (5x, nicoles cruzados, luz transmitida).

#### 4.2.4 Diques Post-Mineral

Conjunto de diques hipabisales de composición andesítica (Figura 13b) que se encuentran intruyendo a la Unidad Volcánica y cortando a la mineralización de magnetita (Figura 13a). La orientación preferencial de los diques varía entre N50W y N60W y sus anchos promedios son entre 50 cm y 2 m pero se pueden encontrar otros de mayor potencia (>10 m de ancho). La extensión de estos diques no ha sido determinada con precisión pero pueden alcanzar varios metros.

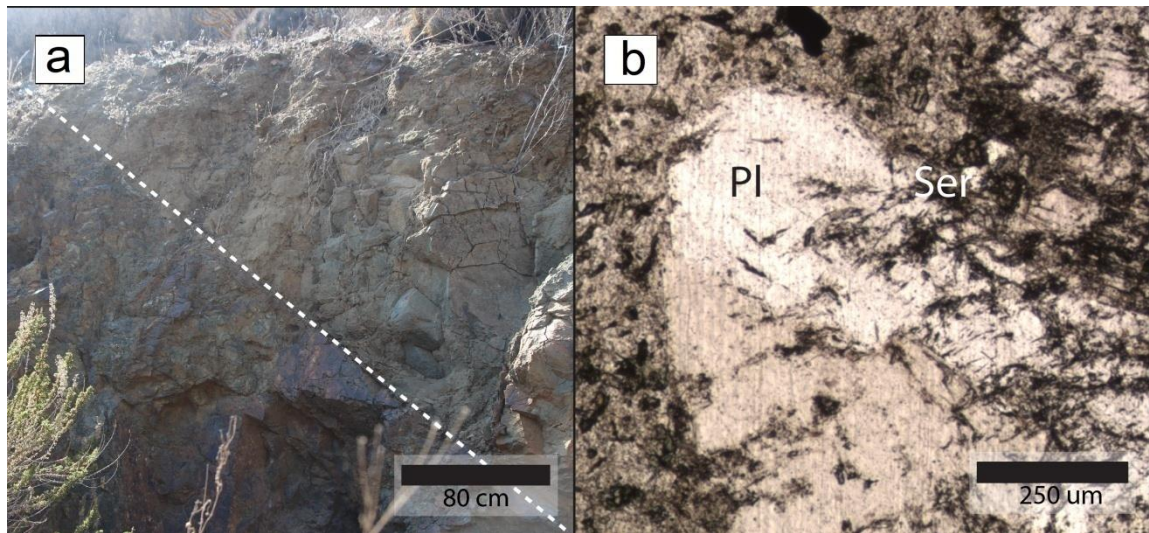


Figura 13: a) Dique andesítico (parte superior de la línea punteada) en contacto neto con la mineralización de magnetita. b) Fotomicrografía de fenocristal de plagioclasa alterado a sericita en una masa fundamental microgranular (5x, nicoles paralelos, luz transmitida).

#### 4.2.5 Intrusivos Post-Mineral

Se han reconocido varios intrusivos menores a lo largo del prospecto los cuales se encuentran cortando tanto a la roca caja como a la mineralización. Estos intrusivos post-mineral están distribuidos por todo el prospecto aparentemente alineados con el sistema de Falla El Romeral. Sus composiciones son más bien ácidas variando entre granodioritas y granitos de hornblenda y biotita. Destaca por su tamaño una granodiorita de hornblenda (Figura 14a) en la parte sur de Verito Oeste 1 que además es responsable de un metamorfismo de contacto que genera rocas corneas (Figura 14b).

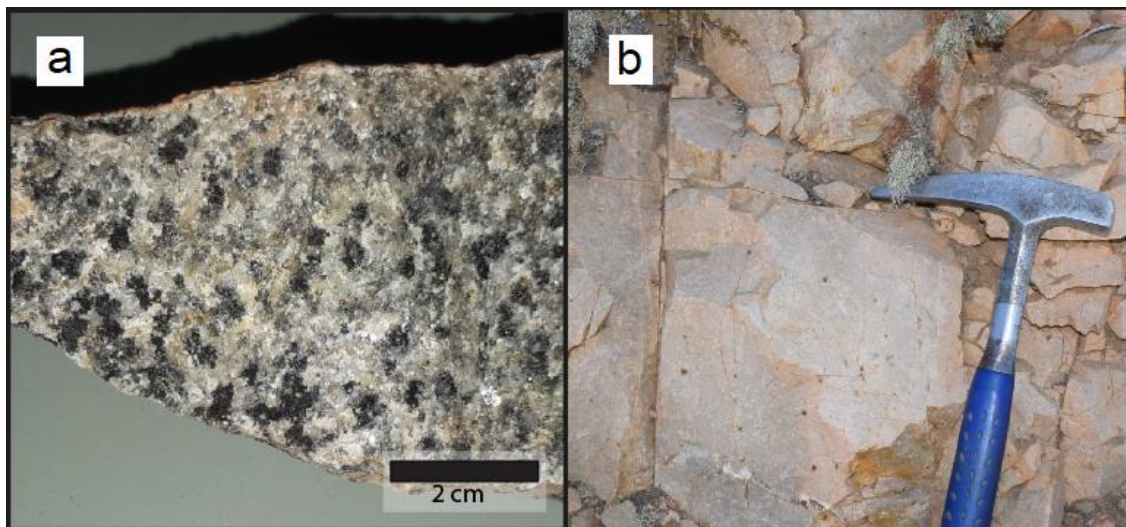


Figura 14: a) Muestra de mano de intrusivo post mineral (granodiorita de hornblenda). b) Roca cornea rica en sílice rodeando a la granodiorita de hornblenda.

### 4.3. Mineralización

La mineralización principal corresponde a magnetita y hematita, en la variedad de martita, producto de la oxidación superficial de magnetita. Se presenta en vetas de aproximadamente 7 a 12m de ancho con orientaciones que van entre N60E hasta EW. Cada veta está aparentemente rodeada por una zona de stockwork de magnetita (Figura 15a) que alcanza su mayor concentración en los sectores

donde las vetas están más cercanas entre sí (Figura 15b) y que en algunos casos tiende a formar brechas de matriz de magnetita y clastos de andesitas actinolitizadas (Figura 15c). Asociados a este stockwork de magnetita también existe un vetilleo menor de actinolita y apatito. En la parte sur del prospecto, el vetilleo de apatito presenta un mayor desarrollo pero sin mineralización de hierro (Figura 15d).

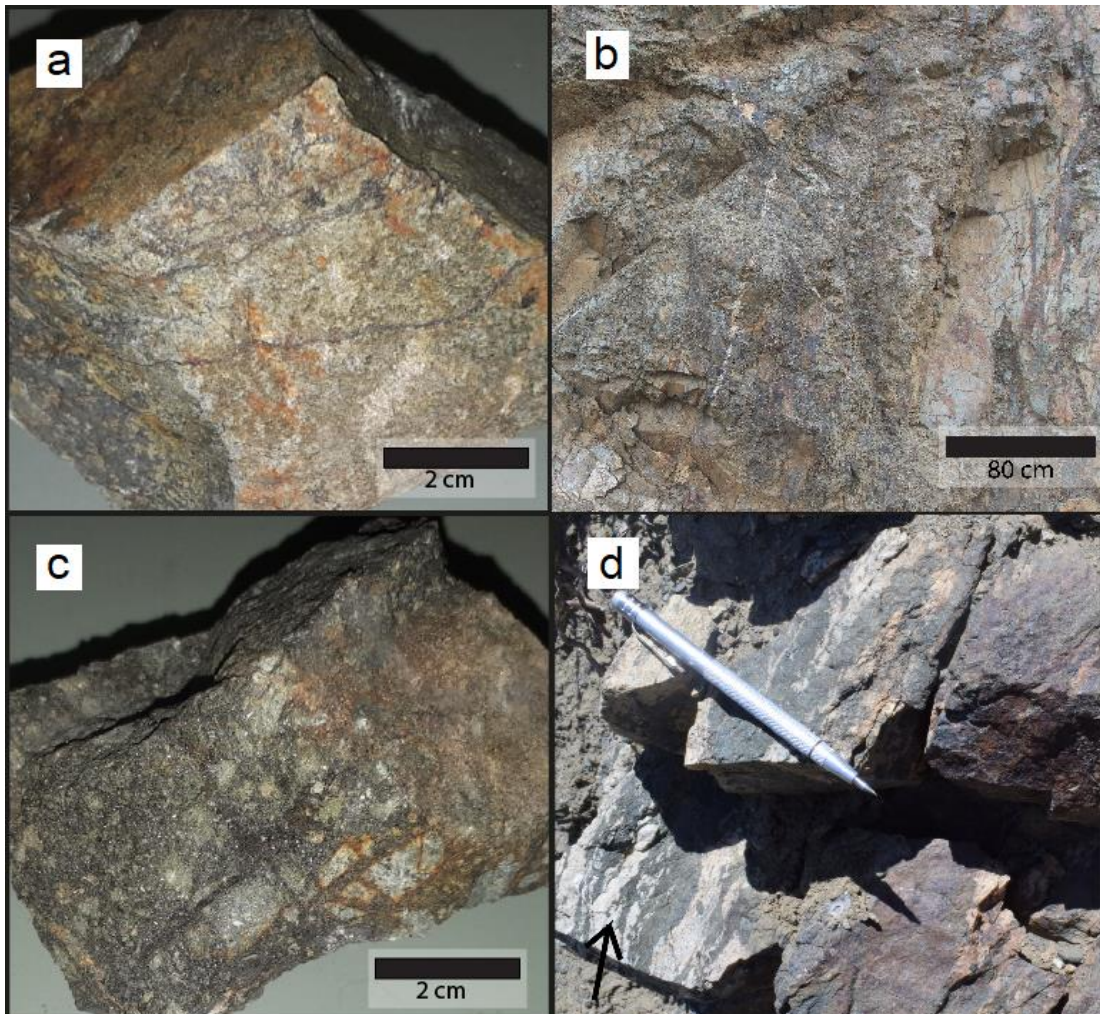


Figura 15: a) Stockwork de magnetita. b) Stockwork de magnetita tendiendo a brecha. c) Brecha con matriz de magnetita y clastos de andesitas actinolitizadas. d) Vetillas de apatito (indicadas por la flecha negra) cortando mineralización en veta y roca caja.

En las vetas la magnetita se puede presentar con una textura masiva donde volumétricamente la magnetita es superior a un 80% (Figura 16a), como magnetita intercrecida con actinolita (Figura 16b), como magnetita intercrecida con cristales de apatito (Figura 15c) o bien con pirita y menor calcopirita diseminada (Figura 16d).

Las vetas a un lado y otro del segmento central del sistema de Falla El Romeral parecen estar desplazadas (movimiento sinistral del sistema de Falla El Romeral). Hacia el oriente las vetas se acuñan a unos 200 m de la falla y hacia el occidente las vetas aparecen cortadas por la Unidad Intrusiva Este.

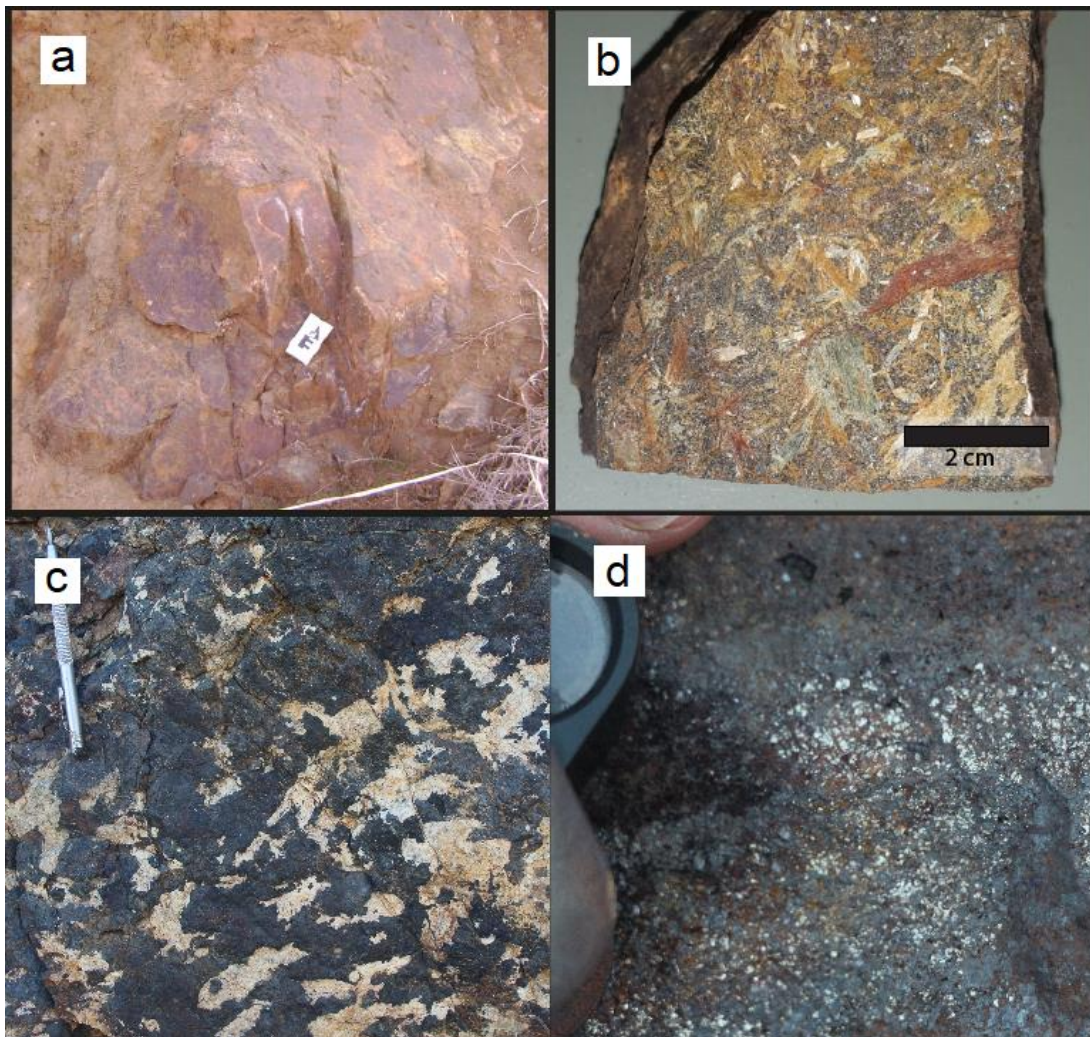


Figura 16: a) Afloramiento de magnetita con textura masiva parcialmente hematitizada. b) Muestra de magnetita masiva (color negro) intercrecida con cristales centimétricos de actinolita alterada (verde/marrón). c) Afloramiento de magnetita (color negro) con cristales de apatito de hasta 10 cm. d) Muestra de magnetita masiva con pirita diseminada.

#### 4.4. Estructuras

Mediante observaciones de terreno se han identificado 2 fallas. La primera, en la parte central y con una orientación de NS/75SE (Figura 17a) cortando a la Unidad Volcánica, y la segunda con una orientación N10W/80NE (Figura 17b) corresponde a una falla que pone en contacto la Unidad Intrusiva Este con la Unidad Volcánica. En ambos casos se ha inferido la continuidad de las fallas en base a las trazas mapeadas por Emparan y Pineda (2000). Además, se han encontrado evidencias de cizalle cercanos a la falla central con cristales de actinolita orientados alrededor de cúmulos de magnetita (Figura 17c) y tensiones de Gash en intrusivos que cortan la mineralización mostrando un movimiento dextral (Figura 17d).

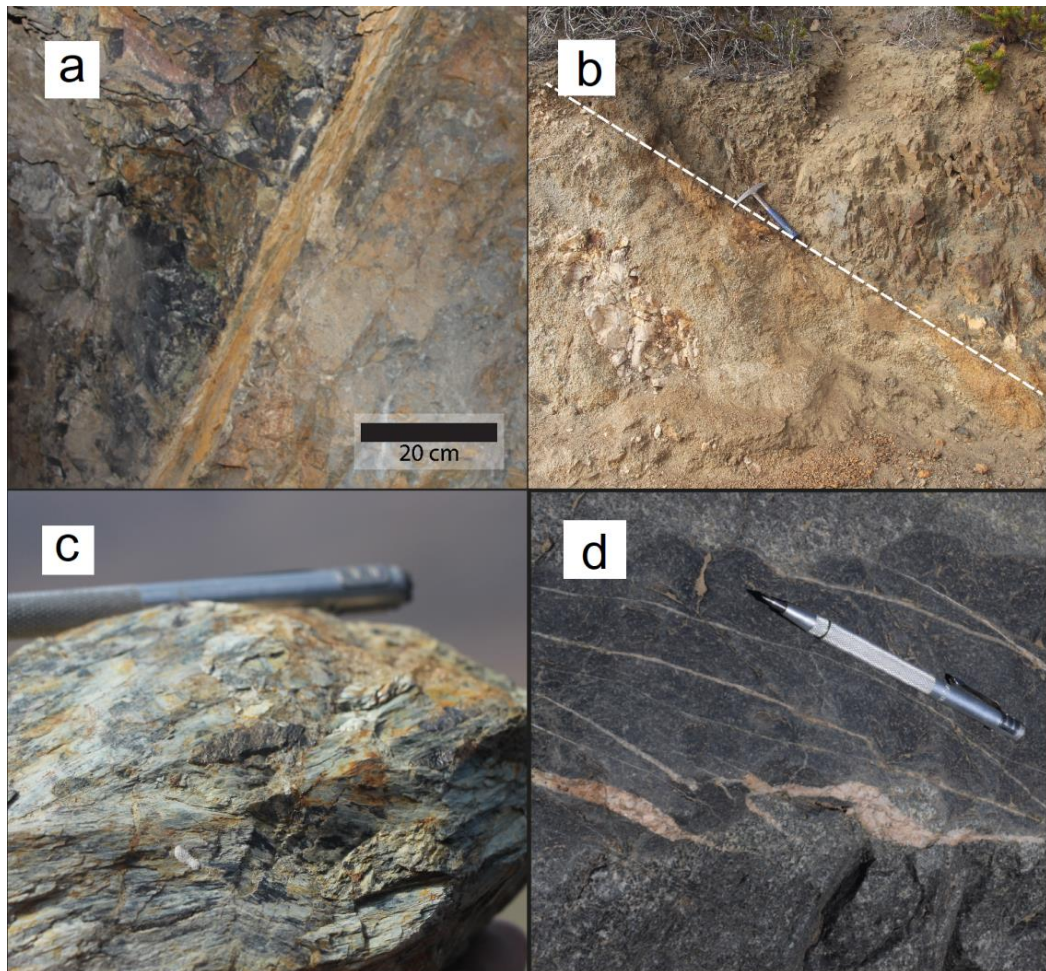


Figura 17: a) Falla con orientación NS/75SE observado en un túnel de 30 m en la zona de vetilleo de apatito. b) Contacto por falla de la Unidad Intrusiva Este y Unidad Volcánica (línea punteada). c) Actinolitas orientadas con cúmulos de magnetita en la zona de falla. d) Elemento estructural de relleno (Tensiones de Gash) en un intrusivo post-mineral mostrando el movimiento dextral del Sistema de Falla El Romeral.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Mapa Geológico

El mapeo de superficie fue realizado en base a cortes de caminos y piques antiguos de extracción tanto de apatito como magnetita. La zona está ampliamente cubierta por depósitos aluviales y vegetación, por lo que los mapas se han realizado interpolando en base al rumbo observado de las vetas.

Se realizaron dos mapas en base a la información recopilada en terreno, descripción de muestras macroscópicas y petrografía de cortes transparente-pulidos. El mapa escala 1:8.000 (Figura 18) muestra la distribución de las 3 unidades litológicas principales en el prospecto (Unidad Intrusiva Oeste, Unidad Volcánica y Unidad Intrusiva Este) así como también el alcance de la mineralización desde norte a sur de las vetas en la Unidad Volcánica.

Además, se realizó un mapa escala 1:3.000 (Figura 19) del sector con mayor concentración de vetas y stockwork (cuadro azul en la Figura 18) donde se realizó una evaluación económica. En esta zona se desarrolla una extensa zona de stockwork alrededor de las vetas (de color rojo) la cual es categorizada en alta, media y baja ley según las leyes de hierro y la densidad del vetilleo observado en terreno (mayor densidad del enrejado negro en el mapa indica leyes más altas de hierro en stockwork). En este mapa se agregan además los diques post-mineral que por escala no se visualizan en el mapa escala 1:8.000.

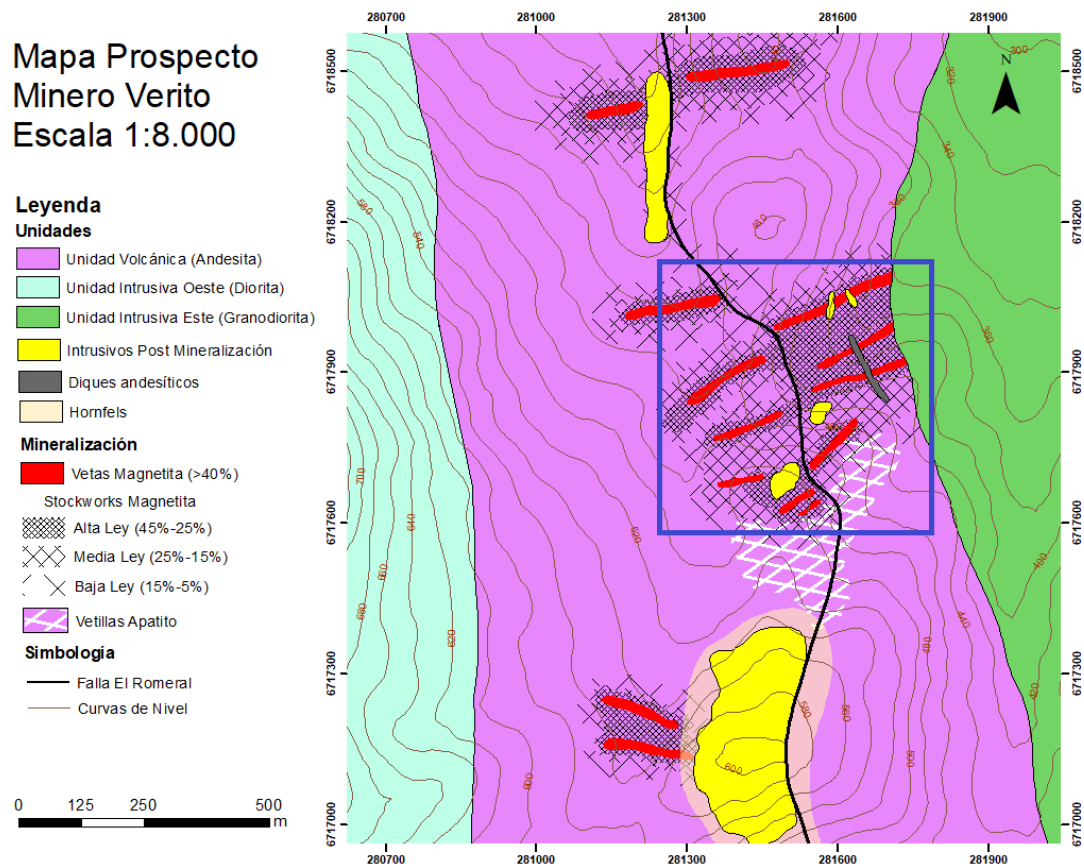


Figura 18: Mapa Prospecto Verito escala 1:8.000.

# Mapa Prospecto Minero Verito Escala 1:3.000

## Leyenda

### Unidades

- Unidad Volcánica (Andesita)
- Unidad Intrusiva Este (Granodiorita)
- Intrusivos Post Mineralización
- Diques andesíticos

### Mineralización

- Vetas Magnetita (>40%)
- Stockworks Magnetita
- Alta Ley (45%-25%)
- Media Ley (25%-15%)
- Baja Ley (15%-5%)
- Vetillas Apatito

### Simbología

- Falla El Romeral
- Curvas de Nivel
- Collares Sondajes
- Proyección Sondajes
- Perfiles

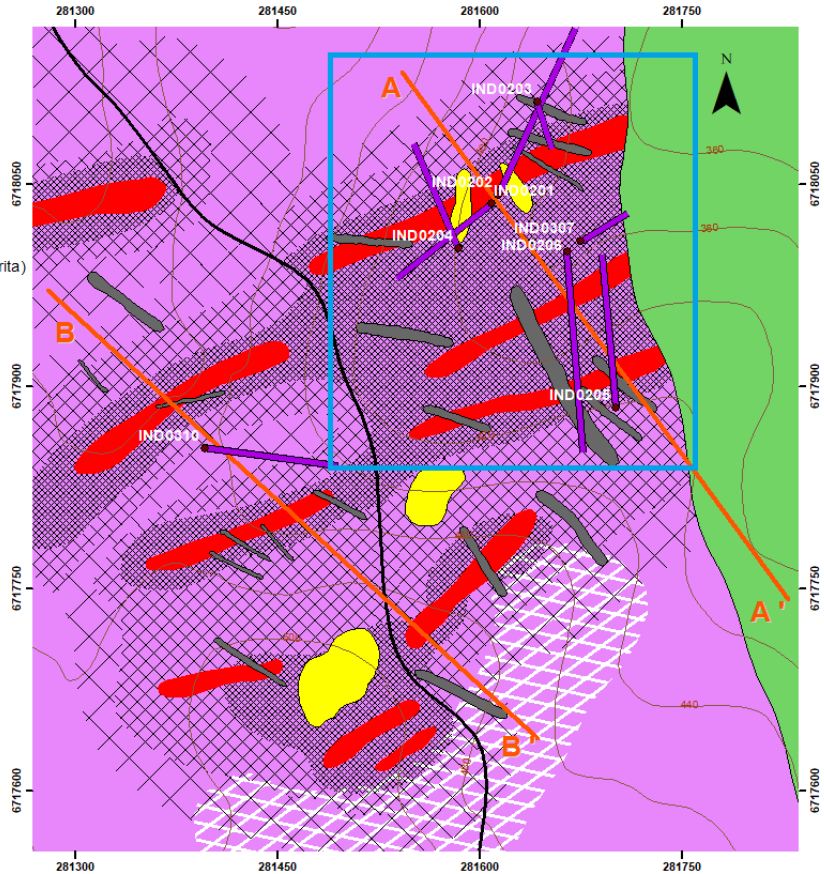
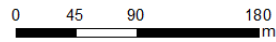


Figura 19: Mapa de la zona con mayor concentración de mineralización de magnetita, escala 1:3.000. Se muestra además la ubicación de sondajes realizados por CAP Minería y la ubicación de los perfiles. El cuadro celeste indica el área de la Figura 26.

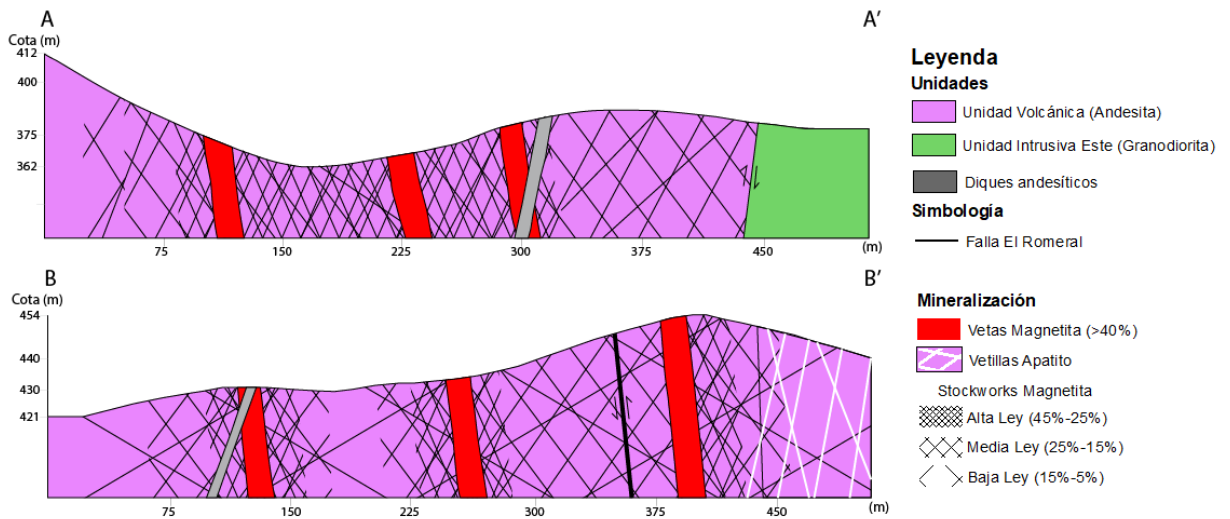


Figura 20: Perfiles representativos de la zona de estudio. Las vetas de magnetita tienen una orientación subvertical con ligero manteo hacia el este.

## **5.2. Petrografía**

A través de la descripción petro-calcográfica de 13 cortes transparente-pulidos de los diferentes estilos de mineralización se determinó que las muestras, en su mayoría, están fuertemente alteradas, siendo posible identificar cuatro eventos de alteración y mineralización sobreimpuestos.

La mineralización de hierro está representada, principalmente por magnetita y menor hematita. La ganga corresponde en su mayoría a actinolita y menor apatito, y en los cortes descritos la mineralización de Cu es escasa, representada solo por granos de calcopirita con tamaños entre 5 y 10  $\mu\text{m}$ .

Los estilos de mineralización de la magnetita corresponden a masiva, brechas, en vetillas y diseminado, mientras que la actinolita y apatito se presentan en forma diseminada o intercrecida con la magnetita masiva y en vetillas.

Los eventos de alteración hidrotermal reconocidos en el depósito son: cálcica (actinolita), potásica (biotita, feldespato potásico y magnetita), sericítica (sericita) y argílica (supérgena).

## **5.3. Eventos de Mineralización**

### Evento I

El primer evento de mineralización corresponde principalmente a magnetita masiva (Figura 21a, Figura 21c) e intercrecimiento de magnetita masiva con cristales de actinolita (Figura 21d), que pueden alcanzar hasta 10 cm de largo, y apatito que si bien se encuentra en menor cantidad también puede alcanzar tamaños centimétricos (Figura 16c).

La pirita y calcopirita son muy escasas, presentándose como pequeñas inclusiones de hasta 10  $\mu\text{m}$  junto a la actinolita I y magnetita I (Figura 21c). Luego, de manera muy local, se han encontrado zonas en las vetas donde se observa una paragénesis de magnetita I masiva con pirita y menor calcopirita diseminadas (Figura 16d), probablemente debido a una evolución de este primer fluido mineralizador.



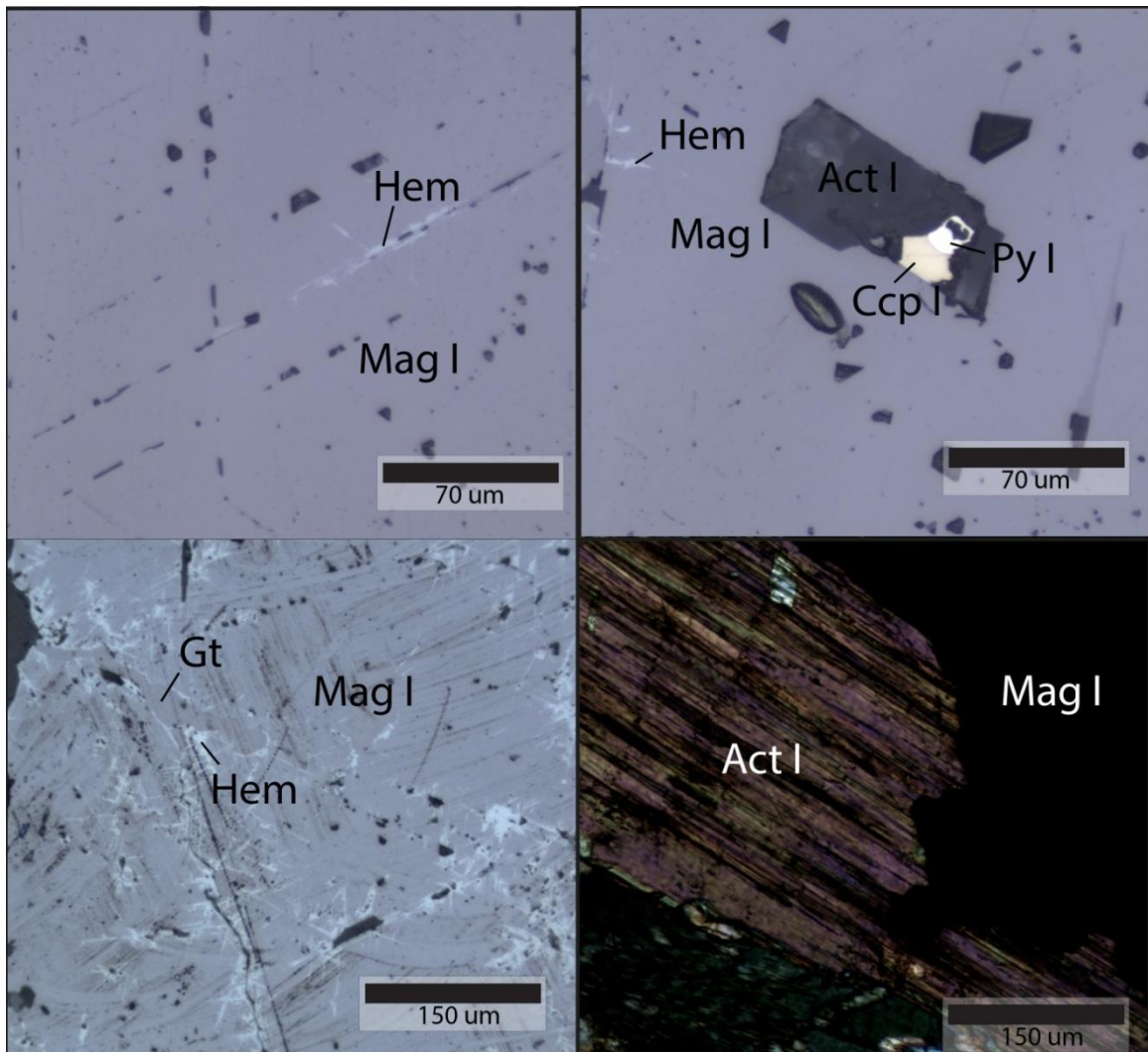


Figura 21: a) Fotomicrografía de magnetita I masiva con inclusiones orientadas en los planos cristalográficos (20x, nicoles paralelos, luz reflejada). b) Fotomicrografía de inclusión mixta de pirita-calcopirita-actinolita I en magnetita I (20x, nicoles paralelos, luz reflejada). c) Fotomicrografía de magnetita masiva con hematita y goethita (10x, nicoles paralelos, luz reflejada) d) Fotomicrografía de actinolita I intercrecida con magnetita I (10x, nicoles cruzados, luz transmitida).

## Evento II

El segundo evento corresponde a una brechización y fracturamiento de la roca de caja que genera principalmente stockwork de magnetita (Figura 22a,b) y en menor medida brechas hidrotermales con matriz de magnetita y clastos de la roca de caja actinolitizada, además de magnetita diseminada. Asociado a este evento existen vetillas de magnetita, actinolita, apatito (Figura 22b, c). Alrededor de las vetillas hay una intensa alteración cálcica de la roca de caja (actinolita II) (Figura 22d). Al sur de la zona de estudio se reconoce un intenso vetilleo de apatito sin presencia de magnetita (Figura 18).

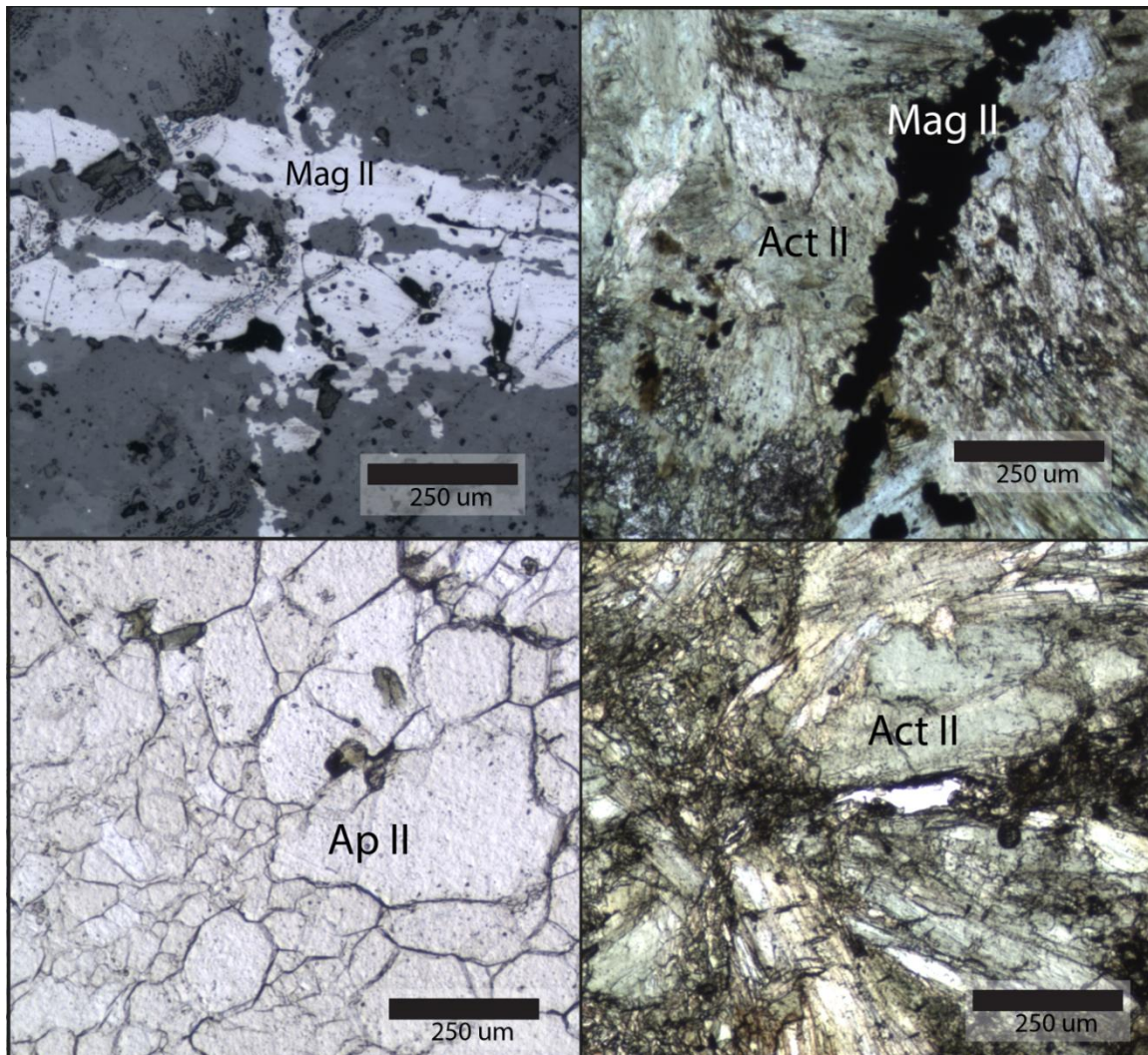


Figura 22: a) Fotomicrografía de vetilla de magnetita II cortando la roca caja actinolitizada (5x, nicoles paralelos, luz reflejada). b) Fotomicrografía de vetilla de magnetita II y actinolita II (5x, nicoles paralelos, luz transmitida) c) Fotomicrografía de vetilla de apatito II (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). d) Fotomicrografía de roca de caja actinolitizada (5x, nicoles paralelos, luz transmitida).

### Evento III

El tercer evento se ha dividido en 2 etapas: la primera, corresponde a una alteracion potasica con biotita, magnetita III (Figura 23a) y feldespato K diseminados. La biotita también se presenta en vetillas y como reemplazo de anfiboles (actinolita y hornblenda). Una segunda etapa posterior a este evento, se caracteriza por una alteracion sericítica de feldespatos (Figura 23b).

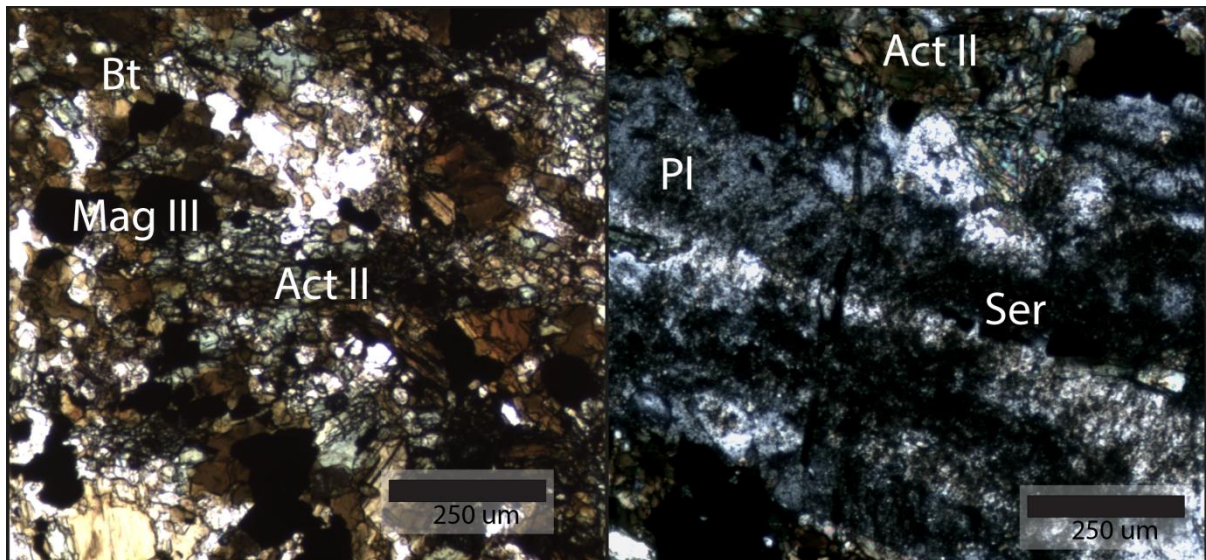


Figura 23: a) Fotomicrografía de biotita I alterando a actinolita y magnetita III diseminada (5x, nicoles paralelos, luz transmitida). b) Fotomicrografía de plagioclasa alterada a sericita (5x, nicoles cruzados, luz transmitida).

#### Evento IV

Evento de carácter supergeno que se caracteriza por la oxidación de magnetita a hematita (martitización) según planos cristalográficos (Figura 21a) siendo un reemplazo casi total en algunas muestras (Figura 24a). También se observa hidróxidos de hierro (goethita) tanto en vetillas (Figura 24b), en bordes de granos de magnetita o como relleno de espacios (Figura 24a). La alteración supergena de los escasos sulfuros (pirita y calcoprita) presentes genera localmente óxidos de Cu.

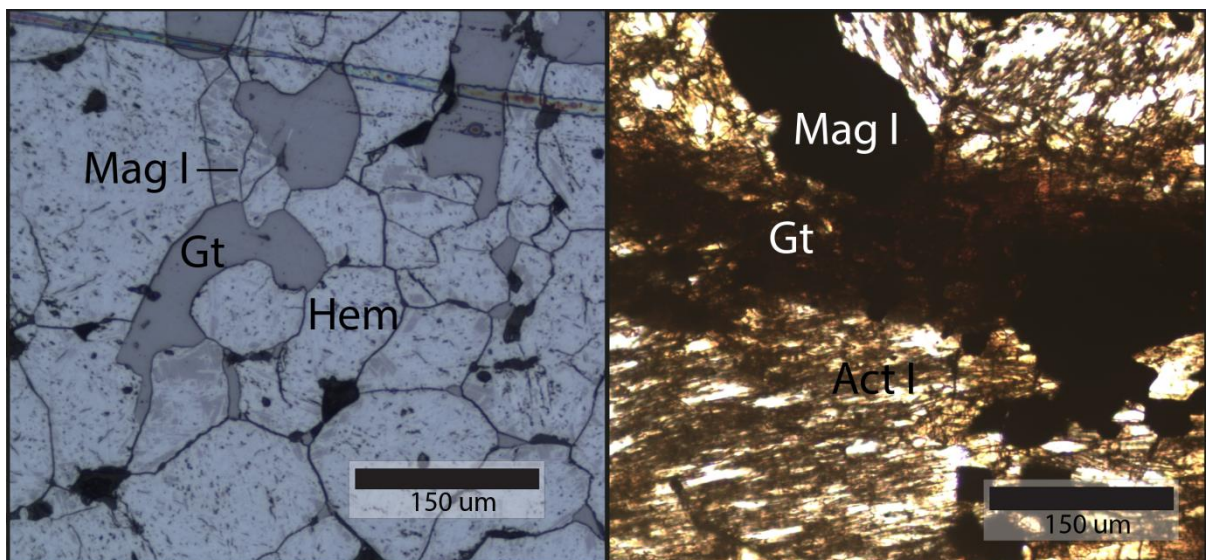


Figura 24: a) Fotomicrografía con magnetita I casi totalmente convertida a hematita e hidróxidos de hierro (goethita) relleno de espacios entre granos (10x, nicoles paralelos, luz reflejada). b) Fotomicrografía de vetilla de goethita y actinolita alterada (10x, nicoles paralelos, luz transmitida).

## 5.4. Secuencia Paragenética

Con la descripción de los cortes transparente-pulidos se confeccionó una secuencia paragenética (Tabla 1).

Tabla 2: Secuencia Paragenética para el prospecto Verito.

		Evento I	Evento II	Evento III		Evento IV
				IIIa	IIIb	
<b>Minerales de Mena</b>	Magnetita I	M				
	Pirita	D				
	Calcopirita	D				
	Magnetita II		V+D			
	Magnetita III			D		
	Hematita					R
	Crisocola					D
<b>Minerales de Ganga</b>	Actinolita I	D				
	Apatito I	D				
	Actinolita II		V+D			
	Apatito II		V+D			
	Biotita			R+D+V		
	Feldespato K			D		
	Sericita				R	
	Goethita					R+V

M = Masiva o maciza, D = Diseminado, V = Vetillas, R = Reemplazo, grosor de la línea indica abundancia relativa de mineral.

## 5.5. Leyes de Fe (Sondajes)

En base a las leyes de hierro determinadas a partir de los sondajes (ver Anexo C) se realizó una categorización de los distintos estilos de mineralización de hierro. Valores superiores a 45% de hierro en promedio representan vetas de magnetita, entre 25% y 40% stockwork de alta ley y entre 5% y 25% stockwork de baja ley (stockwork de ley media quedó contenida en este último rango debido a falta de datos de leyes para la posterior estimación de recursos) (Figura 25). Las proyecciones de los sondajes en el mapa de superficie se muestran en la Figura 26.

Sondaje	Profundidad (m)	Categoría
IND0201	0-140	Baja Ley
IND0202	0-50	Veta
	50-60	Alta Ley
	60-70	Veta
	70-120	Alta Ley
	120-130	Baja Ley
	130-180	Alta Ley
	180-195	Baja Ley
	195-210	Alta Ley
IND0203	0-20	Baja Ley
	20-55	Alta Ley
	55-72	Veta
IND0204	0-168	Baja Ley
IND0205	0-30	Baja Ley
	30-50	Veta
	50-80	Alta Ley
	80-108	Baja Ley
	108-167	Alta Ley
	167-183	Veta
IND0206	183-223	Baja Ley
	0-47	Alta Ley
	47-65	Veta
	65-145	Baja Ley
	145-161	Veta
IND0206	161-260	Alta Ley
	IND0307	0-68
IND0310	0-294	Baja Ley

Figura 25: Categorización en profundidad de la mineralización de magnetita. Veta (veta de magnetita) > 40% de ley magnética, Alta ley (stockwork de alta ley) 35% de ley magnética promedio (incluye las brechas); Baja ley (stockwork de baja ley) 15% de ley magnética promedio (incluye stockwork de ley media).

En primera instancia, los sondajes nos permiten conocer la profundidad mínima de la mineralización que para el caso del stockwork resulta ser de 213 m (cota 130 m) bajo la superficie de acuerdo a la información obtenida del sondaje IND0206. Para las vetas, en cambio, los sondajes IND0205 e IND0206 interceptan este tipo de mineralización a profundidades de 158 m (cota 232 m) y 130 m (cota 230 m), respectivamente.

Los sondajes IND0202, IND0203, IN0205 e IND0206 interceptan las 3 vetas que han sido mapeadas en superficie en el sector noreste. En particular, los sondajes IND0205 e IND0206 con rumbo casi paralelo (Figura 26) cortan 2 vetas reconocidas en superficie. Estos datos (mineralización de cada veta en superficie y en profundidad) permiten estimar el manto de las vetas por medio de relaciones trigonométricas que confirma el manto subvertical observado en terreno con pequeñas desviaciones hacia el sureste de hasta 80° como se muestra de manera esquemática en el perfil geológico (Figura 20). Por otro lado, parte del sondaje IND0206 presenta una ficha de descripción hasta los 160 m (ver Anexo D) en donde se reconocen las diversas texturas mencionadas en este trabajo, es decir, stockwork (guías en la tabla de CAP), brechas, magnetita masiva y diques porfíricos y afaníticos. Esta descripción también fue realizada para el sondaje IND0307 que en su tramo final reconoce el contacto hacia el este con la Unidad Intrusiva Este de composición granodiorítica.

## Mapa Prospecto Minero Verito Escala 1:1.500

### Leyenda

#### Unidades

- Unidad Volcánica (Andesita)
- Unidad Intrusiva Este (Granodiorita)
- Intrusivos Post Mineralización
- Diques andesíticos

#### Mineralización

- Vetas Magnetita (>40%)
- Stockworks Magnetita
- Alta Ley (45%-25%)
- Media Ley (25%-15%)
- Baja Ley (15%-5%)

#### Simbología

- Falla El Romeral
- Curvas de Nivel
- Camino
- Huella
- Collares Sondajes
- Proyección Sondajes

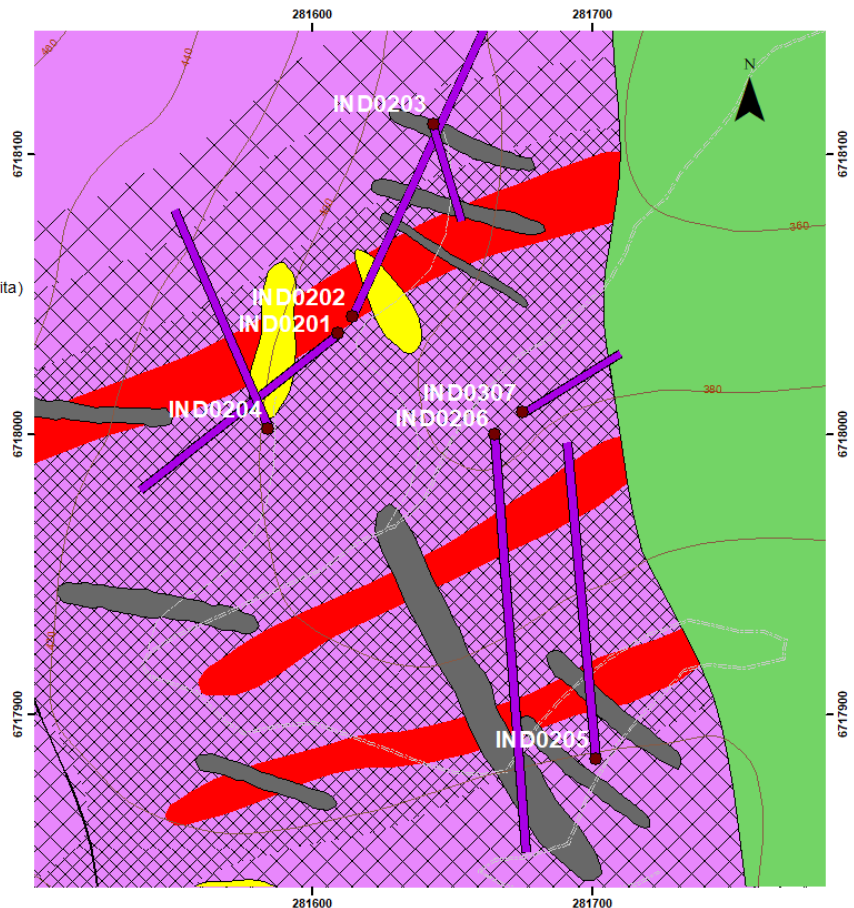


Figura 26: Mapa geológico escala 1:1.500 donde se visualiza la ubicación y orientación de los sondajes proporcionados por CAP Minería.

En la Tabla 3 se muestran los tramos de sondajes con mejores leyes. Sobre la base de la Figura 26, los tramos de los sondajes IND0202 e IND0203 corresponden a la veta superior, mientras que los sondajes IND0205 e IND0206 cruzan las 2 vetas inferiores. Las leyes se mantienen constantes sobre un 40% de Fe magnético a excepción de valores de 0% de ley que corresponden a interceptos con diques andesíticos.

## 5.6. Leyes de Fe (Canaletas)

Considerando la variación lateral del estilo de mineralización de hierro desde magnetita masiva (vetas) a intercrecimientos de magnetita con actinolita y apatito, vetillas hasta diseminado, se decidió realizar un muestreo en canaletas perpendiculares a las vetas.

Las canaletas solo se pudieron realizar en algunos cortes de caminos debido a dificultades de acceso y de topografía. A pesar de estas limitaciones se efectuaron 4 canaletas abarcando la zona de stockworks y considerando una distribución relativamente uniforme de canaletas dentro del sector (Tabla 4).

Tabla 3: Tramos de sondajes con altas leyes correspondientes a vetas en profundidad.

SONDAJE	DESDE (m)	HASTA (m)	TRAMO (m)	LEY Fe (%)	
IND0202	165,40	166,15	0,75	41,80	Tramo de 5,62m con ley promedio de 40,28%.
IND0202	166,15	167,35	1,20	47,37	
IND0202	167,35	167,51	0,16	39,75	
IND0202	167,51	168,25	0,74	0	
IND0202	168,25	171,02	2,77	47,31	
IND0203	54,00	68,15	14,15	46,40	Tramo de 15,80m con ley promedio de 46,59%.
IND0203	68,15	69,80	1,65	48,31	
IND0205	33,25	35,50	2,25	57,77	Tramo de 15,80m con ley promedio de 40,86%.
IND0205	35,50	39,05	3,55	41,89	
IND0205	39,05	41,40	2,35	0	
IND0205	41,40	42,65	1,25	55,20	
IND0205	42,65	47,25	4,60	41,75	
IND0205	47,25	49,05	1,80	58,87	
IND0205	168,90	170,40	1,50	51,60	Tramo de 5,90m con ley promedio de 41,05%.
IND0205	170,40	172,30	1,90	23,89	
IND0205	172,30	174,80	2,50	47,77	
IND0206	46,90	48,35	1,45	54,62	Tramo de 6,60m con ley promedio de 50,92%.
IND0206	48,35	50,40	2,05	60,05	
IND0206	50,40	53,50	3,10	43,17	
IND0206	146,15	150,00	3,85	56,97	Tramo de 15,50m con ley promedio de 36,94%.
IND0206	150,00	152,40	2,40	0	
IND0206	152,40	153,00	0,60	43,02	
IND0206	153,00	155,25	2,25	0	
IND0206	155,25	157,50	2,25	52,12	
IND0206	157,50	161,65	4,15	50,66	

Tabla 4: Coordenadas de posición de canaletas en este estudio.

Canaleta/Coordenadas (UTM WGS 84)	Inicio	Final
Canaleta Este	281635/6718050	281645/6718094
Canaleta Oeste	281421/6717773	281380/6717906
Canaleta Central	281575/6717867	281556/6717944
Canaleta Sur	281540/6717648	281519/6717678

Como se puede apreciar en la Figura 27 están representados los 6 estilos de mineralización del prospecto y los diques no mineralizados, así como también el detalle de los muestreos de canaleta.

A continuación se detallan las características de cada estilo de mineralización de acuerdo a lo ilustrado en la Figura 28.

- Magnetita Masiva (negro): son zonas menores dentro de las vetas pero representan las zonas de mayor ley de Fe. Presenta distintos grados de oxidación supérgena, lo que disminuye la ley magnética (55% de ley magnética aproximada).
- Magnetita/Actinolita/Apatito (verde claro): corresponde a un intercrecimiento de magnetita, actinolita y apatito. Estas zonas representan el mayor volumen dentro de las vetas. La ley de Fe de esta zona puede variar dependiendo de las proporciones de estos tres minerales. También presenta grados variables de oxidación supérgena, lo que hace disminuir la ley magnética (45% de ley magnética aproximada)
- Brecha Magnetita (gris oscuro): Brecha matriz-soportada con matriz de magnetita y clastos de andesita (45% de ley magnética aproximada).
- Hematita/Magnetita/Limonitas (naranja): zona oxidada con abundante hematita y limonitas que disminuyen considerablemente la ley magnética.
- Zona de Stockwork (amarillo): Enrejado de vetillas, cuya concentración varía según el sector. Por esta razón en el mapa escala 1:3.000 se ha dividido en zonas de stockwork de alta ley (35% de ley magnética aproximada), ley media (25% de ley magnética aproximada) y baja ley (20% de ley magnética aproximada).
- Zona Actinolitizada (verde oscuro): Dique con abundante actinolita cortada por vetillas gruesas y rectas de magnetita.
- Dique No Mineralizado (gris claro): Diques andesíticos que cortan las vetas a lo largo de todo el prospecto.



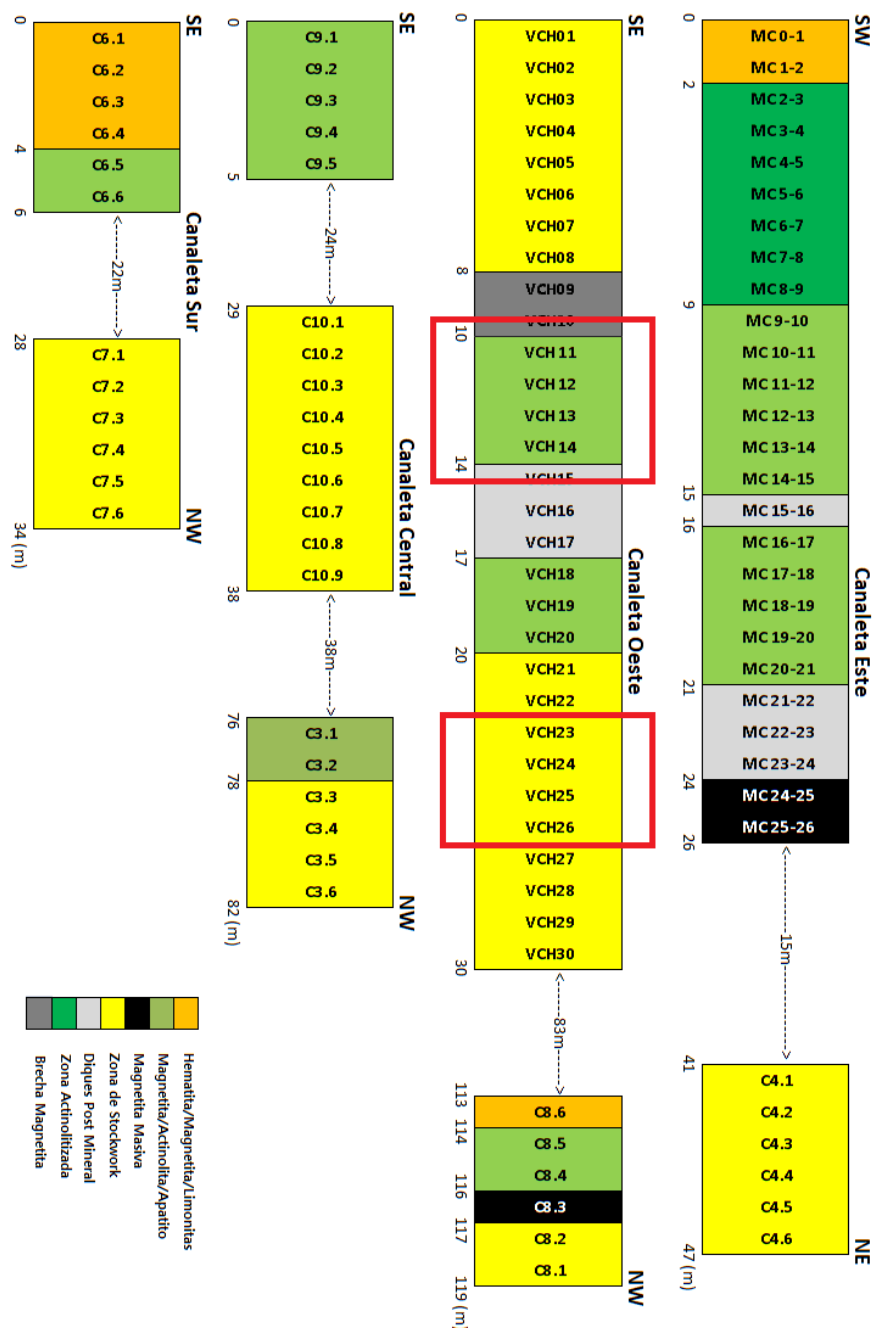


Figura 27: Esquemas de las 4 canaletas realizadas. Se representa cada estilo de mineralización con un color diferente. El muestreo se realizó cada 1 m, de manera horizontal y saltándose los espacios poco representativos o que estaba imposibilitados para continuar la canaleta (indicados con flechas punteadas).

El análisis de leyes de Fe de sectores indicados con un cuadro rojo en la Figura 27 de la Canaleta Oeste fue efectuado por el Laboratorio Químico San Lorenzo de Vallenar. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Las leyes de Fe de las muestras VCH11, VCH12, VCH13 y VCH14 (muestras horizontales) y VCV 11, VCV 13 y VCV 14 (muestras verticales) representan la zona de intercrecimiento de magnetita con cantidades variables de actinolita y apatito. Estas muestras dan un promedio de ley magnética de 47,9% con valores que van desde 28,57% hasta 56,76%. Por otro lado, las muestras VCH23, VCH24, VCH25, VCH26 y VCV de la zona de stockwork de alta ley dan un promedio de 34,1% de Fe con valores que van desde 15,1% en VCH26 hasta 44,5% en VCH24.

Tabla 5: Resultados parciales de análisis químicos para leyes magnéticas.

N°	Identificación De Muestras	Cabeza		Concentrado			Ley Magnética
		% Fe	% Dtt	% Fedtt	% Pdtt	% SiO2dtt	
1	VCV 11	58,24	79,8	71,13	0,004	0,25	56,76
2	VCV 13	30,26	41,0	69,69	0,005	1,40	28,57
3	VCV 14	57,64	77,3	70,67	0,006	0,35	54,63
4	VCV 23	42,81	56,7	70,45	0,004	0,75	39,95
5	VCH 11	55,75	75,9	71,05	0,003	0,25	53,93
6	VCH 12	41,36	57,1	70,29	0,004	1,00	40,14
7	VCH 13	47,20	64,1	70,83	0,005	0,35	45,40
8	VCH 14	55,82	74,7	71,13	0,005	0,15	53,13
9	VCH 23	35,40	44,9	70,14	0,004	0,90	31,49
10	VCH 24	49,17	63,1	70,52	0,003	0,80	44,50
11	VCH 25	41,53	55,4	70,37	0,009	0,65	38,98
12	VCH 26	18,15	22,9	68,17	0,002	2,50	15,61

### 5.7. Cálculo de Tonelaje

En la Tabla 5 se detallan los valores a utilizar en el cálculo de tonelaje. En el caso de las leyes de las vetas y stockwork de alta ley corresponde al promedio de las leyes de la Tabla 5, pero como no se reportan leyes de stockwork de ley media y baja ley, para el cálculo se consideraron ambos juntos con una ley promedio de 15% de Fe magnético en base a lo mapeado y observado en terreno.

Tabla 6: Datos para el cálculo de tonelaje. Densidades se encuentran en unidades de ton/m<sup>3</sup>

Ley Vetos	Ley Stockwork Alta Ley	Ley Stockwork Baja Ley	Densidad Magnetita	Densidad Roca
47,9%	34,1%	15%	5,1	2,8

Para realizar el cálculo de tonelaje, primero se debe calcular el volumen por separado de vetas, stockwork de alta ley y stockwork de baja ley mediante la herramienta Polygon Volumen de ArcGis aplicado al mapa 1:3.000. Luego, se realiza la sumatoria de los tonelajes de magnetita y la roca/actinolita (debido a una significativa diferencia entre sus densidades) lo que se muestra en la ecuación 1.

$$Ton_x = V_x * P_y * D_y + V_x * (1 - P_y) * D_y$$

*Ton<sub>x</sub>*: Tonelaje de x (ton)  
*V<sub>x</sub>*: Volumen de x (m<sup>3</sup>)  
 con x: veta  
           stockwork alta ley  
           stockwork baja ley

*P<sub>y</sub>* \*: Porcentaje de magnetita en la roca (%)  
*D<sub>y</sub>*: Densidad de y ( $\frac{ton}{m^3}$ )  
 con y: mgt (magnetita)  
           act (actinolita o roca)

\* El porcentaje de magnetita en la roca (Py) es equivalente a la ley de magnetita debido a que los cálculos de leyes son en base a Fe magnético.

Ecuación 1: Cálculo de tonelaje de veta, stockwork de alta ley y stockwork de baja ley.

Luego se calcula el tonelaje de hierro magnético total (debido a que la separación de Fe en CAP Minería es mediante el método magnético) ponderando

cada tonelaje a su respectiva ley, para luego sumarlos (Ecuación 2), mientras que para la ley media se divide el tonelaje de Fe magnético total entre la sumatoria de los tonelajes totales de los tres estilos de mineralización Ecuación 3.

$$Ton_{Fe\ Total} = Ton_{vet} * L_{vet} + Ton_{s.a.l} * L_{s.a.l} + Ton_{s.b.l} * L_{s.b.l}$$

$Ton_{Fe\ Total}$  = Tonelaje Fe magnético total (ton)  
 $Ton_{vet}$  = Tonelaje Fe magnético en veta (ton)  
 $Ton_{s.a.l}$  = Tonelaje Fe magnético en stockwork alta ley (ton)  
 $Ton_{s.b.l}$  = Tonelaje Fe magnético en stockwork baja ley (ton)  
 $L_{vet}$  = Ley Fe magnético en veta (%)  
 $L_{s.a.l}$  = Ley Fe magnético en stockwork alta ley (%)  
 $L_{s.b.l}$  = Ley Fe magnético en stockwork baja ley (%)

Ecuación 2: Cálculo de tonelaje total de Fe magnético total.

$$Ley\ Media_{Fe\ Magnético} = \frac{Ton_{Fe\ Total}}{(Ton_{veta} + Ton_{Stockwork\ Alta\ Ley} + Ton_{Stockwork\ Baja\ Ley})}$$

Ecuación 3: Cálculo de ley media de Fe magnético total.

Por último, en base a la información de sondajes, el tonelaje y ley media se calcularon para 2 situaciones. El primero toma como piso mínimo la cota 230 m bajo la superficie que es donde los sondajes interceptan a las vetas y por ende se tiene mayor certeza. El segundo caso toma como referencia la cota 130 m bajo la superficie que es donde, si bien disminuyen un poco los valores de hierro, aún hay presencia de leyes tipo stockwork. Los resultados finales de tonelaje de hierro y ley media se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7: Cálculos y resultados del hierro total y ley media. La densidad se encuentra en unidades ton/m<sup>3</sup> y volúmenes en m<sup>3</sup>.

COTA 230m	COTA 130m
Ton Fe Vetas	Ton Fe Vetas
6.665.421	9.822.920
Ton Fe Stockwork Alta Ley	Ton Fe Stockwork Alta Ley
18.501.877	27.620.418
Ton Fe Stockwork Baja Ley	Ton Fe Stockwork Baja Ley
7.376.477	10.481.643
Ton Fe Total	Ton Fe Total
32.543.775	47.924.980
Ley Media	Ley Media
27,7%	28,0%

## 6. DISCUSIONES

### 6.1. Mineralización y alteración hidrotermal

Mediante los estudios petrográficos y calcográficos realizados en el prospecto Verito, además de observaciones de terreno, fue posible identificar 4 eventos principales de mineralización y alteración sobreimpuestos que se detallan a continuación:

El evento I se caracteriza por una asociación magnetita-actinolita-apatito, la cual es una asociación característica de yacimientos tipo Kiruna o IOA y corresponde al evento de mineralización de las vetas. El principal estilo de mineralización en este evento corresponde al intercrecimiento de magnetita con actinolitas fibrosas y tabulares de tamaños milimétricos a centimétricos, seguido por magnetita masiva (Figura 16a) y magnetita-actinolita con cristales de apatito que pueden alcanzar hasta 10 cm de tamaño (Figura 16b, Figura 16c). Similares características se pueden encontrar en el evento I del yacimiento El Romeral (Rojas et al., 2018a) y en el evento I del yacimiento Los Colorados (Lagas et al., 2016) pero en el caso de Verito la presencia de sulfuros es aún más escasa. Además, se ha identificado localmente vetas de magnetita masiva con sulfuros diseminados (esencialmente pirita) (Figura 16d) en los niveles más superiores del prospecto lo que podría indicar una evolución del evento I desde asociaciones magnetita-actinolita-apatito características de yacimientos tipo Kiruna a asociaciones magnetita-sulfuros típicos de depósitos de depósitos IOCG (Figura 28) (Espinoza et al., 1996; Knipping et al., 2015, Barra et al., 2017).

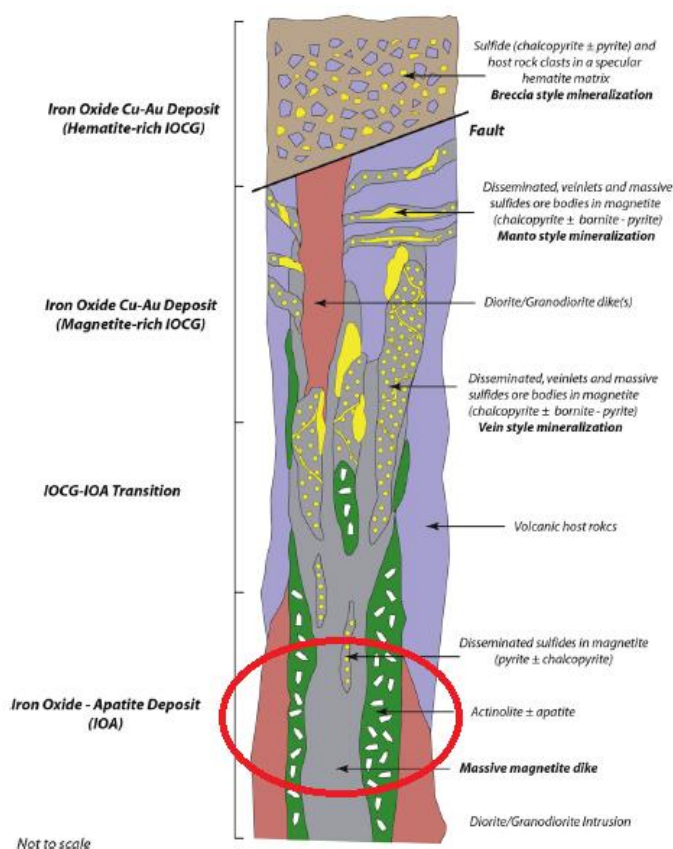


Figura 28: Modelo de zonación vertical entre yacimientos tipo IOA en profundidad a depósitos IOCG. El círculo rojo indica la posición del prospecto Verito Considerado como zona IOA a transicional IOA/IOCG (Modificado de Barra et al., 2017).

El evento II de mineralización corresponde a un evento hidrotermal que produce brechas con matriz de magnetita y clastos de andesitas actinolizadas y una amplia zona de stockwork de magnetita que abarca gran parte del prospecto. Las vetillas de magnetita, apatito y actinolita de este evento se encuentran cortando a la magnetita del evento I (Figura 29a, b) por lo que se considera como un segundo pulso de mineralización, en este caso de carácter más hidrotermal y que posiblemente removiliza hierro, calcio y fósforo de las vetas de la etapa anterior. Este punto también se ve sustentado en terreno debido a contactos netos entre la mineralización en vetas de magnetita masiva y el stockwork, además de zonas de stockwork que no están asociadas a ninguna veta cercana.

Asociadas a este evento ocurren vetillas de actinolita y apatito que generan en la parte sur una gran zona de “stockwork” de apatito sin mineralización de magnetita. Estas vetillas podrían ser también producto de una disolución y removilización de apatito del evento I (F-apatito?) que luego reprecipita probablemente como Cl-apatito y menor monazita (Palma et al., 2019).

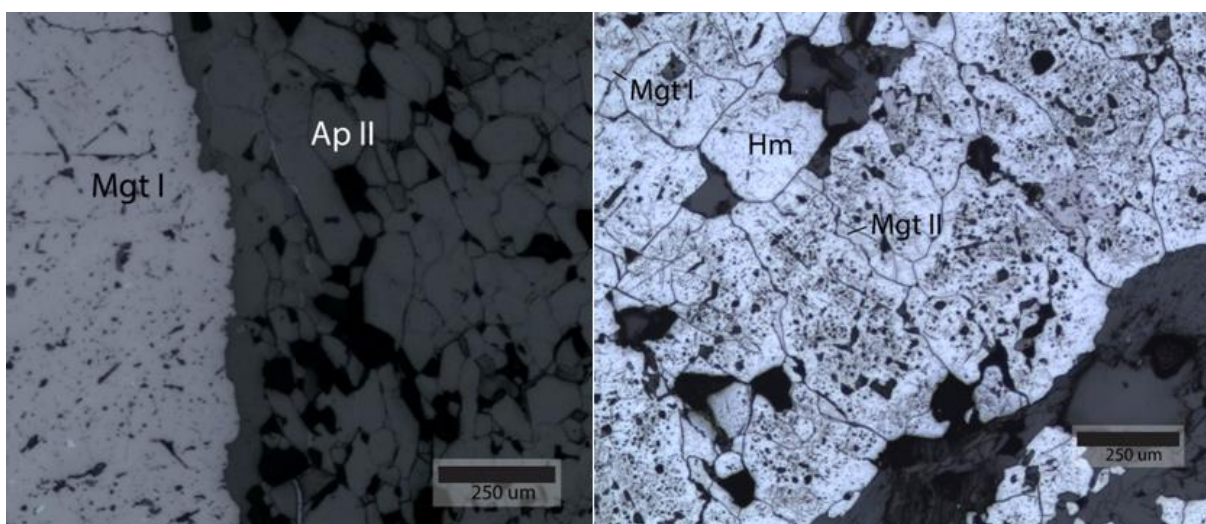


Figura 29: a) Vetilla de apatito del evento II cortando magnetita masiva del evento I. b) Vetilla de magnetita del evento II cortando magnetita masiva del evento I.

Las estructuras presentes en el área como la Zona de Falla El Romeral y fallas de transferencia de orientación NNE, pueden haber tenido un rol en la canalización y ascenso de los volátiles asociados a estas primeras etapas, además de permitir el gran evento de alteración cálcica (principalmente actinolita) que afecta a la Unidad Volcánica.

El evento III se separa en 2 subeventos, primero la alteración potásica, que se encuentra como halo de alteración de la Unidad Intrusiva Este, alterando a la roca de caja y reemplazando las actinolitas del evento I y II por biotita, además de feldespato potásico y magnetita diseminados. Luego ocurre una alteración sericítica, que podría deberse a un segundo pulso del enfriamiento progresivo de este intrusivo ya que se aprecia feldespato potásico de la alteración potásica alterados a sericita. No se descarta el aporte de otras fuentes de fluidos como stocks o diques debido a que es una alteración que afecta a gran parte del prospecto.

El último evento de mineralización corresponde a una alteración supérgena que se caracteriza por la presencia de minerales oxidados de Fe (hematita, jarosita,

goethita; Figura 30b), óxidos de Cu (Figura 30a) y arcillas. En terreno, la presencia de óxidos de Cu puede estar relacionada a la oxidación in situ de zonas más ricas en sulfuros de la parte superior del evento I. La martita es el principal producto de alteración en este evento lo cual indicaría la oxidación de magnetita por fluidos meteóricos oxidados en un ambiente supérgeno (muestras tomadas de la superficie).

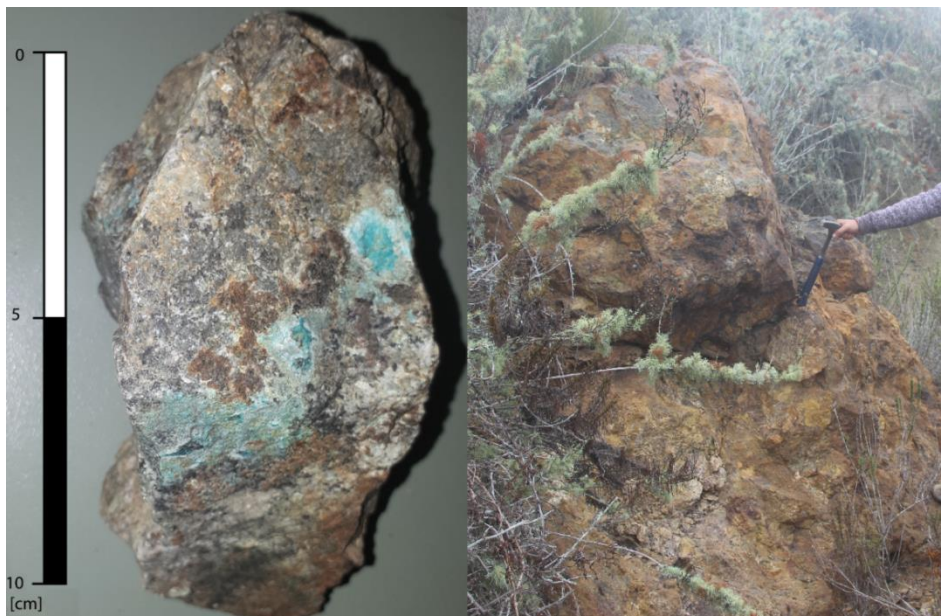


Figura 30: a) Muestra de magnetita masiva (con metamorfismo de contacto) y crisocola. b) Afloramiento de limonitas.

## 6.2. Modelo geológico y estructural

Durante la primera etapa del Ciclo Andino I en el Cretácico Temprano se reinicia la subducción lo cual genera un arco volcánico y una cuenca de trasarco hacia el este. Este periodo viene acompañado de volcanismo (Unidad Volcánica) y la intrusión subsecuente de intrusivos dioríticos de hornblenda (Unidad Intrusiva Oeste) que se cree pueden ser responsables de la mineralización de hierro en la Franja Ferrífera como ha sido documentado para El Romeral (Rojas et al., 2018a). Tanto en la zona de estudio (Emparan y Pineda, 2000) como en el área de El Romeral (Rojas et al., 2018a) estas dioritas están en contacto por falla con la Unidad Volcánica lo cual genera una franja de cataclasitas (Figura 31) producto de los movimientos de rumbo de la falla. Esta zona de cataclasitas no fue observada en terreno en Verito debido a que este sector está ampliamente cubierto por depósitos aluviales y coluviales.

Durante el periodo de mineralización de los depósitos IOA (~130 Ma) la cinemática de estas fallas es del tipo transtensional sinistral (Arabasz, 1971). Producto del movimiento relativo de bloques entre estas falla principales se generarían fallas de transferencia con orientación NNE (Figura 19) que se correlacionan con lineamientos formados durante el desarrollo del arco-trasarco y por los cuales se emplazaría la mineralización de magnetita-apatito (Bonson et al., 1996, Rojas et al. 2018b).

Finalmente, debido a un reacomodamiento de las placas tectónicas se pasa a un régimen transpresional dextral evidenciado por tensiones de gash en intrusivos post-mineral (Figura 17d).

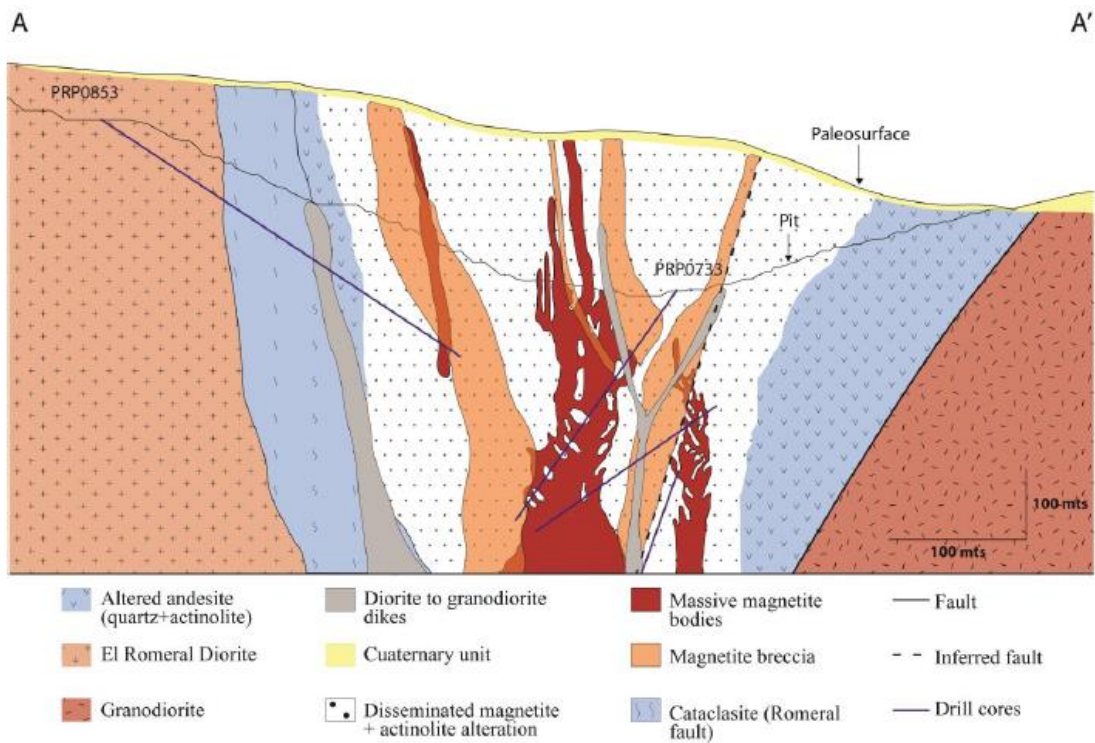


Figura 31: Perfil del yacimiento El Romeral (Rojas et al., 2018a).

### 6.3. Sondajes y magnetometría

La Figura 32 corresponde al mapa de magnetometría reducida al polo del área de estudio junto al mapa geológico. En esta comparación puede apreciarse una clara correlación entre las zonas mineralizadas con magnetita con aquellas zonas con anomalías magnéticas más altas (colores violetas). Se puede distinguir tanto la dirección de las vetas como su alcance. Adicionalmente, puede visualizarse las zonas de stockwork con intensidades magnéticas moderadas (colores naranjos). En ciertos sectores las intensidades disminuyen debido a la existencia de intrusivos o diques post-mineral, información que también es corroborada con el sondaje IND0204, que si bien, según el mapa de superficie debería interceptar una veta, el sondaje corta un intrusivo post-mineral (bajas leyes).

Zonas de color verde y azul en el mapa de magnetometría representarían rocas no mineralizadas o débilmente mineralizadas. Existe una zona que muestra altas anomalías magnéticas (encerrada en un círculo negro en la Figura 32) y que no está mapeada debido a la escasez de afloramientos en este sector.

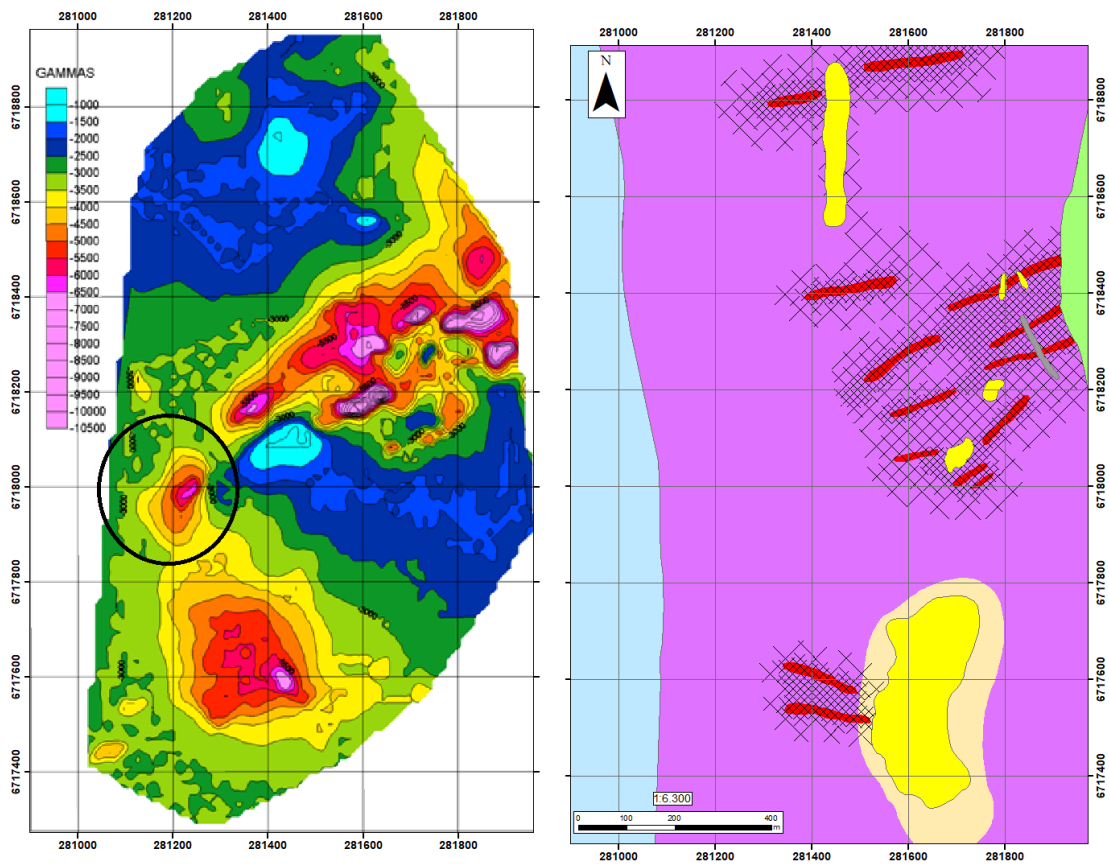


Figura 32: Comparación entre mapa de magnetometría reducida al polo y unidades mapeadas. Magnetometría proporcionada por CAP Minería.

#### 6.4. Tonelaje y ley

Para el cálculo de tonelaje se ha extrapolado la información de superficie debido a que los sondajes muestran que las vetas presentan una geometría regular y con inclinación subvertical. Se consideraron dos situaciones: (1) tomando como referencia la cota 230 m que es donde los sondajes confirman la continuidad de las vetas y (2) tomando como referencia la cota 130 m donde se observa la mineralización en stockwork. No es descartable que estas vetas sean las manifestaciones más superficiales de un cuerpo de magnetita mayor en profundidad, como se observa en El Romeral (Rojas et al., 2018a), Bronce Sur, distrito Pleito (Aguirre, 2000), o Los Colorados (Munizaga y Lagos, 2015).

Aunque las vetas de magnetita en Verito presentan una ley 30% mayor que el stockwork de alta ley y 70% mayor que stockwork de baja ley, el gran tonelaje de estos 2 últimos (en promedio 75% superior) permite que esta zona tenga un mayor volumen de mineral. El problema de los stockwork es que bajan la ley de 45%-50% a 28%-32% en promedio lo que podría generar problemas y mayores costos en el tratamiento del material para producir granzas. Considerando solo el tonelaje de las vetas, se tienen leyes cercanas al 50% con 6.665.421 ton para la cota 230 m y 9.822.920 ton para la cota 130 m. Por esto se recomienda tener una mayor densidad de muestreo, para conocer mejor el comportamiento de leyes del stockwork así como también realizar un estudio de mayor detalle de los sondajes realizados por CAP Minería para relacionar las leyes a la mineralogía de una manera más precisa. En este trabajo solo se contó con la información de leyes de los sondajes.



Teniendo en consideración las diferentes ventajas y desventajas de la mineralización en veta y en stockwork es necesario realizar un plan minero para estudiar las posibilidades de explotación. La explotación mediante rajo puede aprovechar un gran tonelaje pero con una ley disminuida (Tabla 7) mientras que una explotación selectiva por medio de minería subterránea siguiendo las vetas permite mantener una ley superior a 40%

Comparando con otros depósitos IOA como el cuerpo principal de El Romeral que está en explotación, Verito representaría un depósito menor (cuerpo principal tiene 89.5 millones de toneladas de recursos medidos con una ley media de 45,2% de Fe) (Jorquera et al., 2011) pero similar a Bronce Sur en el distrito Pleito (10 millones de toneladas con ley media de 43% de Fe) (Aguirre, 2000) próximo a explotarse.

Estudios anteriores realizados por CAP Minería en base a sondajes identificaron 6 cuerpos (Figura 33) con un total de 3.640.595 ton con una ley media de 33,26% de Fe. Estos corresponderían a las 3 vetas ubicadas en el sector NE (Figura 26) en donde las vetas han sido diluidas con stockworks de los alrededores (Fe >20%). Es necesario complementar esta información con los datos de superficie realizados en este trabajo, así como también complementarla con datos de leyes de superficie para poder extrapolar estos cuerpos y luego realizar nuevos sondajes que permitan verificar o no, vetas de hierro en profundidad y stockworks de alta ley en el sector oeste (Figura 19).

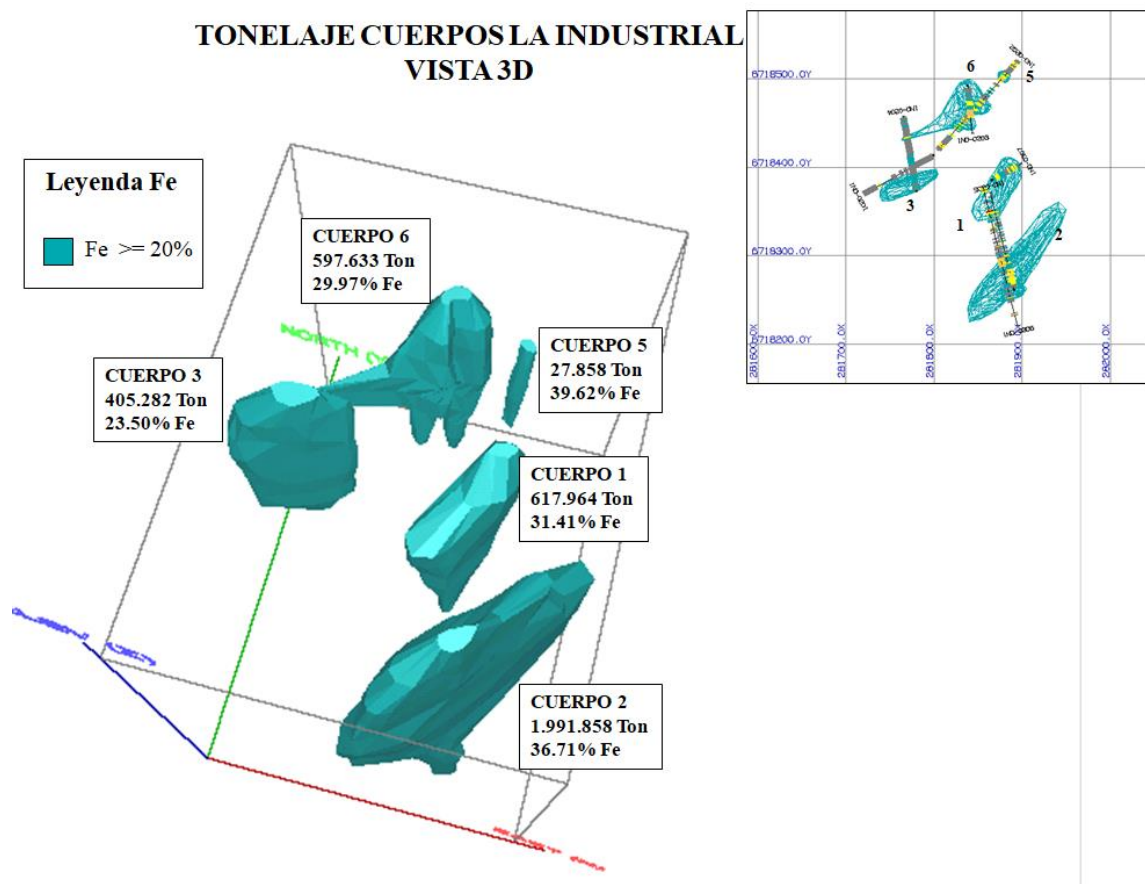


Figura 33: Estimación de recursos realizado por CAP Minería.

## 7. CONCLUSIONES

El prospecto Verito es un yacimiento tipo IOA o Kiruna correspondiente a la zona profunda a transicional en el modelo de zonación vertical IOA-IOCG (Figura 28). Esto debido principalmente a la asociación magnetita-actinolita-apatito y escasa mineralización de sulfuros observada en solo algunos sectores del prospecto. La mineralización esta hospedada en rocas andesíticas del Cretácico Superior y está flanqueada por un conjunto de intrusivos dioríticos por el oeste (posiblemente responsable de la mineralización) y rocas graníticas por el este (que marcan el fin de la actividad magmático-hidrotermal del área). La mineralización de hierro tiene principalmente un control estructural asociado al Sistema de Falla El Romeral y fallas de transferencia con rumbo aproximado NNE. Los fluidos mineralizadores circulan por estas fallas y precipitan el hierro formando vetas de magnetita en un primer evento. Posteriormente, estas mismas fallas permiten la circulación de fluidos más tardíos correspondiente al evento II que fractura las rocas encajantes y deposita magnetita en vetillas y de manera diseminada.

Las vetas se desarrollan principalmente en Verito 1 observándose la mayor concentración de vetas entre las coordenadas UTM (wgs84) 6.717.600N y 6.718.000N (Figura 19), área sobre la cual se realizó la evaluación económica. Los datos de sondajes entregan pisos mínimos para la mineralización tanto de stockwork como de vetas, pero estas profundidades podrían ser mayores. Considerando una profundidad de 230 m se obtienen 32.5 Mt de hierro mientras que con una profundidad de 130 m se tienen 47,9 Mt de hierro, ambas con una ley promedio de 28%.

Debido a la baja en la ley que se obtiene al realizar una explotación a cielo abierto se debe estudiar la posibilidad de realizar minería subterránea que pueda extraer solo el mineral en veta y de brechas/stockworks que tengan leyes superiores a 40% para obtener un mayor beneficio económico.

Es necesario generar un modelo integrado utilizando el mapeo de superficie efectuado en este trabajo y la información de los sondajes realizados en la zona. Además se recomienda realizar zanjas con excavadoras en ciertos puntos de más fácil acceso para evaluar si el ancho de las vetas se mantiene en el rumbo calculado y también para efectuar mejores canaletas para la obtención de datos de leyes más representativos para el proyecto minero. Con esta información se podría delimitar las mejores zonas de prospección para realizar una nueva campaña de sondajes o comenzar labores de extracción selectiva de mineral.

Finalmente, se recomienda efectuar estudios de pre-factibilidad del proyecto considerando las altas leyes de las vetas de magnetita y las proyecciones actuales de alza del precio del hierro.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, H. 2000. Recopilación de antecedentes, interpretación geológica y evaluación del yacimiento de hierro Bronce Sur. Compañía Minera del Pacífico.
- Arabasz, W. 1971. Geological and geophysical studies of Atacama fault zone in northern Chile. Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, Pasadena.
- Barra, F., Reich, M., Selby, D., Rojas, P., Simon, A., Salazar, E., & Palma, G. (2017). Unraveling the origin of the Andean IOCG clan: A Re-Os isotope approach. *Ore Geology Reviews*, 81, 62-78.
- Barton, M.D. 2014. Iron oxide (-Cu-Au-REE-P-Ag-U-Co) systems. *Treatise on Geochemistry*, 13, 515-541.
- Bonson C. G., Grocott J. and Rankin A. H. (1996) A structural model for the development of Fe-Cu mineralization within the Atacama fault system (25° 00' S-27° 15' S), northern Chile. Third ISAG, St Malo (France), 17-19/9/1996.
- Bookstrom, A. 1977. Magnetite deposits of El Romeral, Chile. *Economic Geology*, 72, 1101-1130.
- Charrier, R., Pinto, L. y Rodríguez, M. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En T. Moreno, W. In: Gibbons, W. y Moreno, T. G. (eds) *The Geology of Chile*. The Geological Society of London, London, 21-114.
- Emparan, C. y Pineda, G. 2000. Área La Serena-La Higuera, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Mapas Geológicos no. 18, 1:100.000.
- Espinoza, S., Véliz, H., Esquivel, J., Arias, J., Moraga, A. (1996). The cupriferous province of the Coastal Range, northern Chile. En: Camus F., Sillitoe R.H., Petersen R. (eds) *Andean copper deposits: New discoveries, mineralization styles and metallogeny*. Society of Economic Geologist, Special Publication 5: 19-32.
- Gana, P. 1991. Mapa geológico de la Cordillera de la Costa entre La Serena y Quebrada El Teniente. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Documentos de Trabajo no. 3, 1:100.000.
- Groves DIP, Bierlein FP, Meinert LD, and Hitzman MW (2010) Iron oxide copper-gold (IOCG) deposits through Earth history; implications for origin, lithospheric setting, and distinction from other epigenetic iron oxide deposits. *Economic Geology* 105: 641-654.
- Jorquera, R., Pizarro, N., Vogel, S., Díaz, A., W. 2011. Yacimientos Metalíferos del Área La Serena-La Higuera, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Recursos Minerales y Energéticos no. 32, 1:100.000.

- Knipping, J., Bilenker, L., Simon, A., Reich, M., Barra, F., Deditius, A. y Munizaga, R. 2015. Giant Kiruna-type deposits form by efficient flotation of magmatic magnetite suspensions. *Geology*, 43(7), 591-594.
- Maksaev, V., Townley, B., Palacios, C., y Camus, F. 2007. Metallic ore deposits. En T. Moreno, W. In: Gibbons, W. y Moreno, T. G. (eds) *The Geology of Chile*. The Geological Society of London, London, 179-200.
- Morata, D., & Aguirre, L. (2003). Extensional Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range (29°20'–30° S), Chile: geochemistry and petrogenesis. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(6), 459-476.
- Moyano, V. 1992. Geología y geoquímica de las rocas andesíticas y brechas asociadas del Cordón de La Liga, Distrito Minero El Romeral, IV Región. Informe de avance del Taller de Título I, Universidad de Chile, Departamento de Geología, Santiago.
- Munizaga, R.; Lagos, M. 2015. Antecedentes geológicos del yacimiento de magnetita – apatito Los Colorados, Provincia del Huasco, Tercera Región de Atacama, Chile. En XIV Congreso Geológico Chileno.
- Nyström, J.O. y Henriquez, F. 1994. Magmatic features of iron ores of the Kiruna type in Chile and Sweden: ore textures and magnetite geochemistry. *Economic Geology*, 89, 820–839.
- Palacios, D., 1913. Informe general sobre los yacimientos de fierro de la Compañía Minera Fierros de Coquimbo.
- Palma, G., Barra, F., Reich, M., Valencia, V., Simon, A., Vervoort, J., Leisen, M. & Romero, R. Halogens, trace element concentrations, and Sr-Nd isotopes in apatite from iron oxide-apatite (IOA) deposits in the Chilean iron belt: Evidence for magmatic and hydrothermal stages of mineralization. *Science Direct, Acta 246* (2019) 515–540.
- Parada, M. A., López-Escobar, L., Oliveros, V., Fuentes, F., Morata, D., Calderón, M. & Figueroa, O. (2007). Andean magmatism. En T. Moreno, W. In: Gibbons, W. y Moreno, T. G. (eds) *The Geology of Chile*. The Geological Society of London, London, 115-147.
- Reich, M., Simon, A.C., Deditius, A., Barra, F., Chryssoulis, S., Lagos, G., Tardani, D., Knipping, J., Bilenker, L., Sánchez-Alfaro, P., Roberts, M.P. and Munizaga, R. 2016. Trace element signature of pyrite from the Los Colorados Iron oxide-apatite (IOA) deposit, Chile: A missing link between Andean IOA and iron oxide copper-gold systems? *Econ. Geol.*, 111, 743-761.
- Rivano, S., & Sepúlveda, P. (1986). Mapa de la Hoja Illapel, Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, (69), 1.
- Rojas P., Barra F., Reich M., Deditius A., Simon A., Uribe F., Romero R. & Rojo M. (2018a) A genetic link between magnetite mineralization and diorite intrusion at the El Romeral iron oxide-apatite deposit, northern Chile. *Miner. Deposita*, 1–20.

- Rojas P., Barra F., Deditius A., Reich M., Simon A., Roberts M. & Rojo M. (2018b) New contributions to the understanding of Kiruna-type iron oxide-apatite deposits revealed by magnetite ore and gangue mineral geochemistry at the El Romeral deposit, Chile. *Ore Geol Rev* 93, 413–435.
- Ruiz, C., Ortiz, F., Moraga, A. y Aguilar, A. 1968. Genesis of the Chilean iron ore deposits of Mesozoic Age. *International Geological Congress, 23rd, Prague, 7*, 323–338.
- Scheuber, E. y Andriessen, P. 1990. The kinematic and geodynamic significance of the Atacama fault zona, northern Chile. *Journal of Structural Geology*, 12, 243-257.
- Sillitoe, R.H. y Burrows, D.R. 2002. New field evidence bearing on the origin of the El Laco magnetite deposit, northern Chile. *Economic Geology*, 97, 1101–1109.
- Sillitoe, R.H. 2003. Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view. *Mineralium Deposita*, 38, no.7, 787-812.
- Vivallo, J.; y Donoso, C. (2013). Magnetometría del área La Serena-La Higuera, Región de Coquimbo. *Carta Geológica de Chile. Serie Geofísica* 69, escala 1:100.000.

## 9. ANEXOS

### 9.1. ANEXO A: Descripción de muestras

Muestra	019
Ubicación (UTM)	280839/6717190
Tipo de Roca	Volcánica (plutónica)
Textura	Fanerítica
Estructura	Homogénea
Fábrica	Isótropa
Índice de Color	Mesocrática
Mineralogía	
Primeria: Plagioclasa (30%), magnetita (5%), feldespato potásico (10%), hornblenda (20%), cuarzo (8%), Secundaria: magnetita (20%) arcillas (7%), turmalina (<1%), pirita (<1%) y calcopirita (<1%).	
Observaciones	
Vetillas rellenas con arcillas, turmalina, pirita y escasa calcopirita.	
Nombre	Diorita de Hornblenda



Muestra	039
Ubicación (UTM)	281774/6717925
Tipo de Roca	Volcánica (plutónica)
Textura	Fanerítica
Estructura	Homogénea
Fábrica	Isótropa
Índice de Color	Leucocrática
<b>Mineralogía</b>	
Primería: Cuarzo (40%), feldespato potásico (20%), plagioclasa (20%), biotita (15%) y hornblenda (15%).	
<b>Observaciones</b>	
Presenta enclaves maficos.	
Nombre	Granodiorita de Biotita

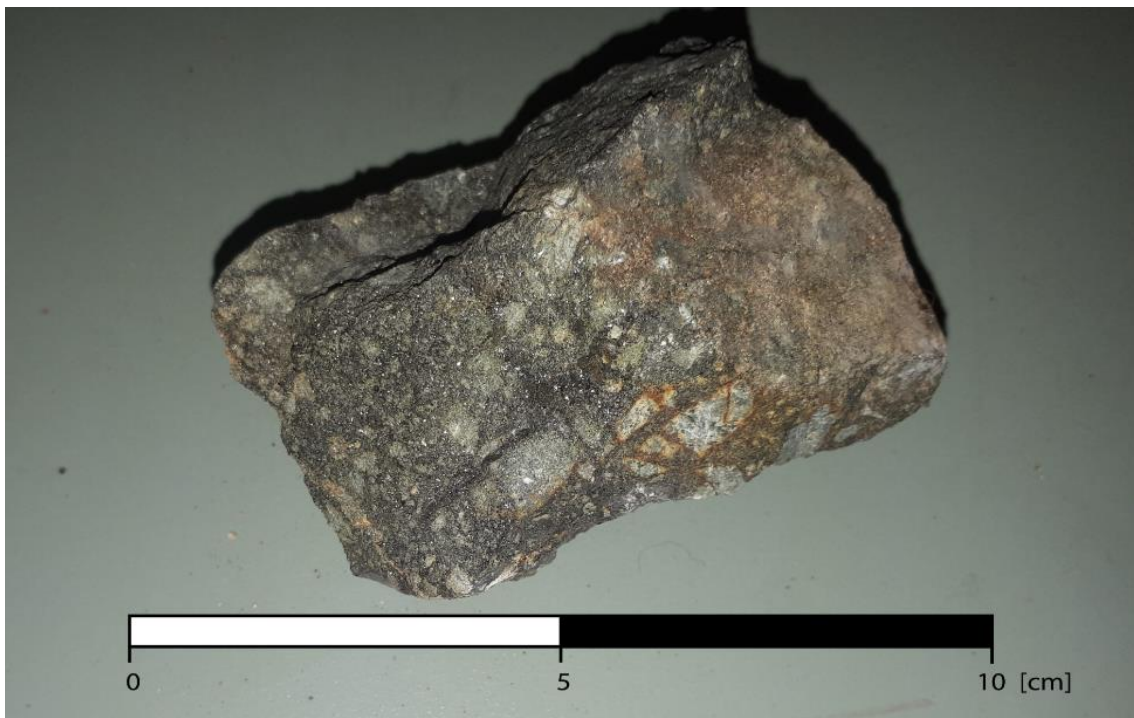


Muestra	075
Ubicación (UTM)	281600/6717777
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	
<b>Mineralogía</b>	
Magnetita (40%), actinolita (30%), apatito (20%) y hematita (10%).	
<b>Observaciones</b>	
Relaciones de contacto entre magnetita, actinolita y apatito.	
Nombre	Intercrecimiento magnetita/actinolita/apatito





Muestra	198B
Ubicación (UTM)	281419/6717784
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	Levemente hematítica
<b>Mineralogía</b>	
Magnetita (65%), actinolita (35%) y Hematita (5%).	
<b>Observaciones</b>	
Clastos de magnetita actinolitizada en matriz de magnetita.	
Nombre	Brecha de Magnetita



Muestra	198C
Ubicación (UTM)	281419/6717784
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	Hematítica
Mineralogía	
Magnetita (40%), apatito (25%), actinolita (25%) y hematita (10%).	
Observaciones	
Parte del apatito puede ser escapolita debido a su baja dureza.	
Nombre	Magnetita/Actinolita/Apatito



Muestra	198A
Ubicación (UTM)	281419/6717784
Tipo de Roca	Volcánica (mineralizada)
Alteración	Actinolitizada/Hematítica
Mineralogía	
Magnetita (15%) y roca de caja andesítica actinolitizada (85%).	
Observaciones	
Vetillas de magnetita de hasta 2mm de ancho.	
Nombre	Stockwork



Muestra	162
Ubicación (UTM)	281597/6717882
Tipo de Roca	Hipabisal
Textura	Porfírica
Estructura	Homogénea
Fábrica	Isótropa
Índice de Color	
<b>Mineralogía</b>	
Plagioclasa (25%) y masa fundamental microgranular (75%).	
<b>Observaciones</b>	
Nombre	Dique andesítico



Muestra	194
Ubicación (UTM)	281521/6717480
Tipo de Roca	Volcanica/mineralizada
Alteración	Actinolitizada
<b>Mineralogía</b>	
Apatito (25%), actinolita (10%) y plagioclasa (10%) y masa fundamental (55%).	
<b>Observaciones</b>	
Vetillas de apatito sin presencia de magnetita.	
Nombre	Vetillas de apatito.



Muestra	217C
Ubicación (UTM)	281636/6718053
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	Hematítica
Mineralogía	
Magnetita (65%), hematita (25%) y actinolita (10%).	
Observaciones	
Nombre	Magnetita masiva



Muestra	217E
Ubicación (UTM)	281636/6718053
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	Hematítica
Mineralogía	
Magnetita (65%), hematita (25%) y actinolita (10%).	
Observaciones	
Actinolitas centimétricas alteradas de habito fibroso.	
Nombre	Intercrecimiento de magnetita/actinolita



Muestra	207
Ubicación (UTM)	281466/6717138
Tipo de Roca	Volcanica (plutónica)
Textura	Fanerítica
Estructura	Homogénea
Fábrica	Isótropa
Índice de Color	Leucocrática
<b>Mineralogía</b>	
Cuarzo (40%), plagioclasa (25%), hornblenda (25%) y feldespato potásico (10%).	
<b>Observaciones</b>	
Intrusivo poco alterado.	
Nombre	Granito de Hornblenda





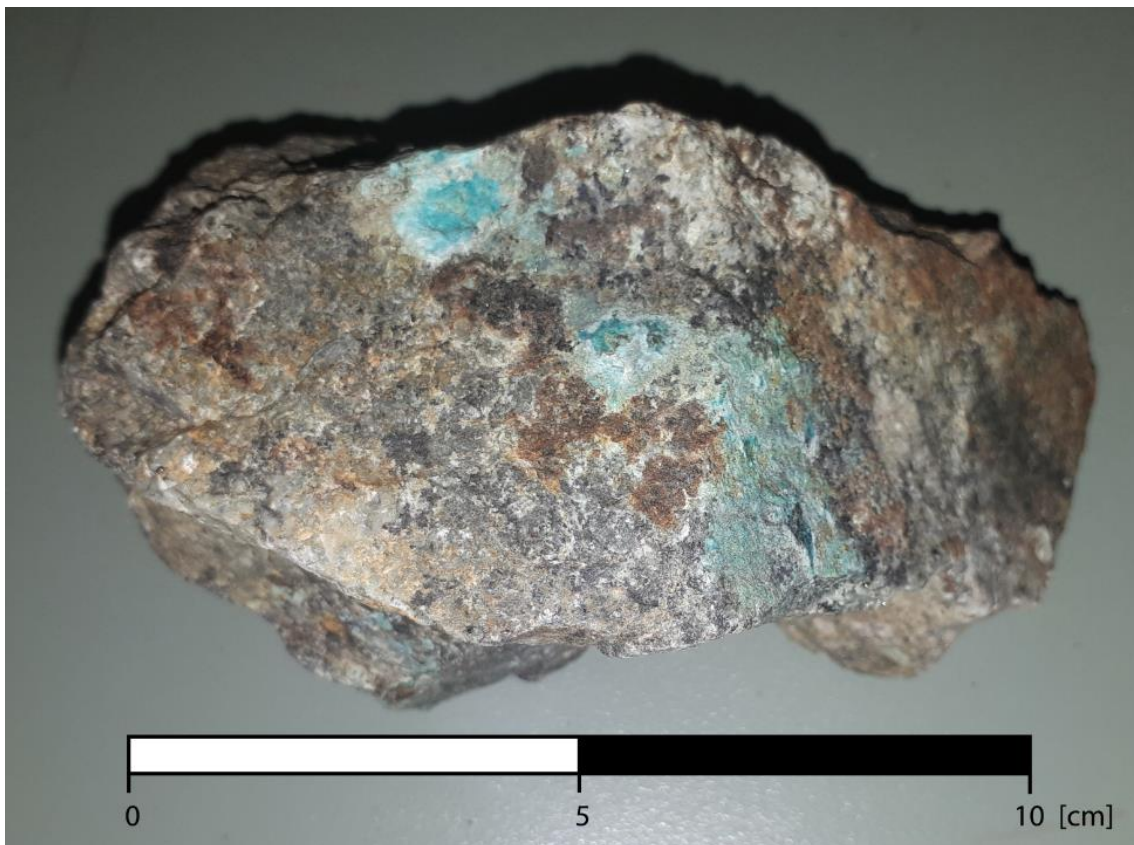
Muestra	021A
Ubicación (UTM)	281132/6717244
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	Hematítica/Potásica
Mineralogía	
Hematita (50%), magnetita (35%), actinolita (10%) y biotita (5%).	
Observaciones	
Muestra de magnetita muy alterada.	
Nombre	Magnetita masiva



Muestra	218
Ubicación (UTM)	281644/6718105
Tipo de Roca	Volcánica/mineralizada
Alteración	Potásica
Mineralogía	
Magnetita (30%), actinolita (10%), apatito (10%), hematita (10%), biotita (10%) y masa fundamental (20%).	
Observaciones	
Roca fragmentada.	
Nombre	Stockwork de magnetita/alteración potásica



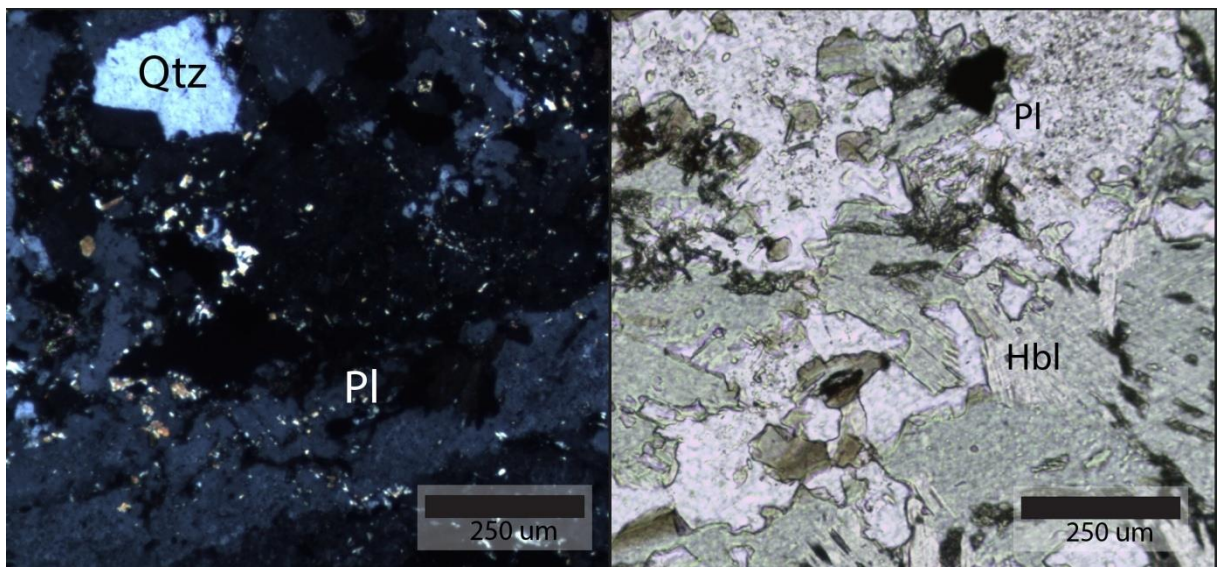
Muestra	204
Ubicación (UTM)	281310/6717134
Tipo de Roca	Mineralizada
Alteración	Hematítica
<b>Mineralogía</b>	
Magnetita (35%), cuarzo (15%), apatito (10%), hematita, (15%) actinolita (15%), crisocola (8) y atacamita (2%)	
<b>Observaciones</b>	
Cuarzo producto de metamorfismo de contacto (hornfels)	
Nombre	Magnetita masiva/hornfels



## 9.2. ANEXO B: Descripción de Cortes Transparente-Pulido

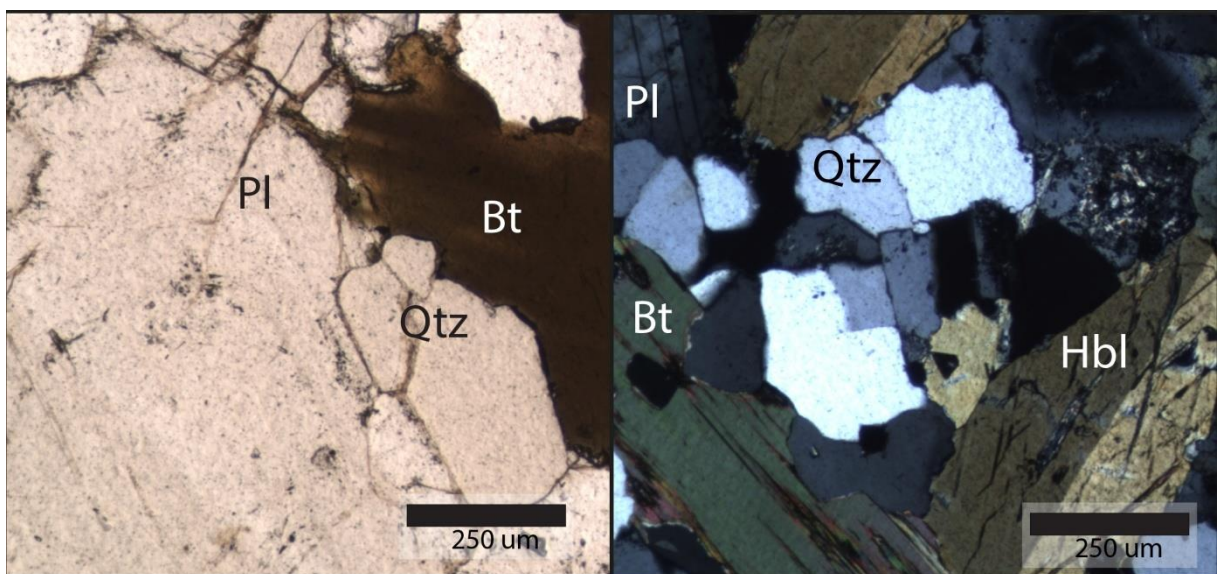
Muestra	019
Coordenadas	280839/6717190
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Diorita de Hornblenda

Minerales	%	Ocurrencia
Plagioclasas	55%	Cristales subhedrales tabulares de hasta 3mm
Hornblenda	20%	Cristales anhedrales de hasta 3mm
Cuarzo	10%	Cristales anhedrales diseminados de hasta 1mm
Feldespato K	5%	Cristales subhedrales de hasta 2mm
Biotita	5%	Cristales subhedrales de hasta 1mm
Sericita	5%	Reemplazo de feldespatos



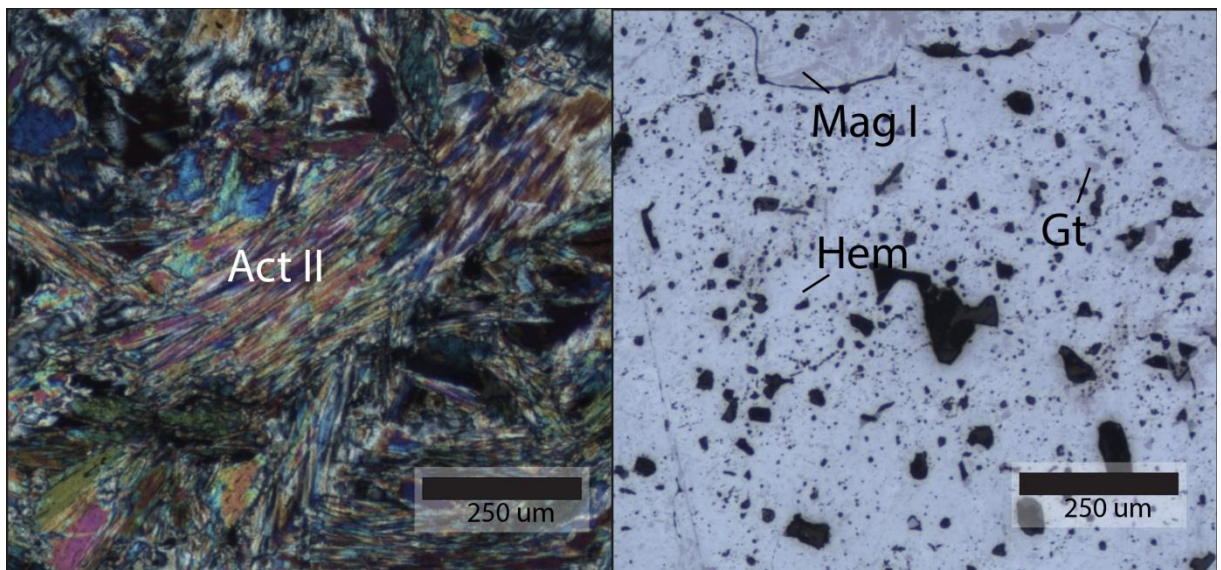
Muestra	039
Coordenadas	281774/6717925
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Granodiorita de biotita

Minerales	%	Ocurrencia
Plagioclasas	30%	Cristales subhedrales tabulares de hasta 3mm
Cuarzo	30%	Cristales anhedrales diseminados de hasta 1mm
Biotita	20%	Cristales subhedrales micaceos de hasta 2mm
Hornblenda	10%	Cristales subhedrales de hasta 2mm
Feldespato K	5%	Cristales subhedrales de hasta 2mm
Sericita	5%	Reemplazo de feldespatos



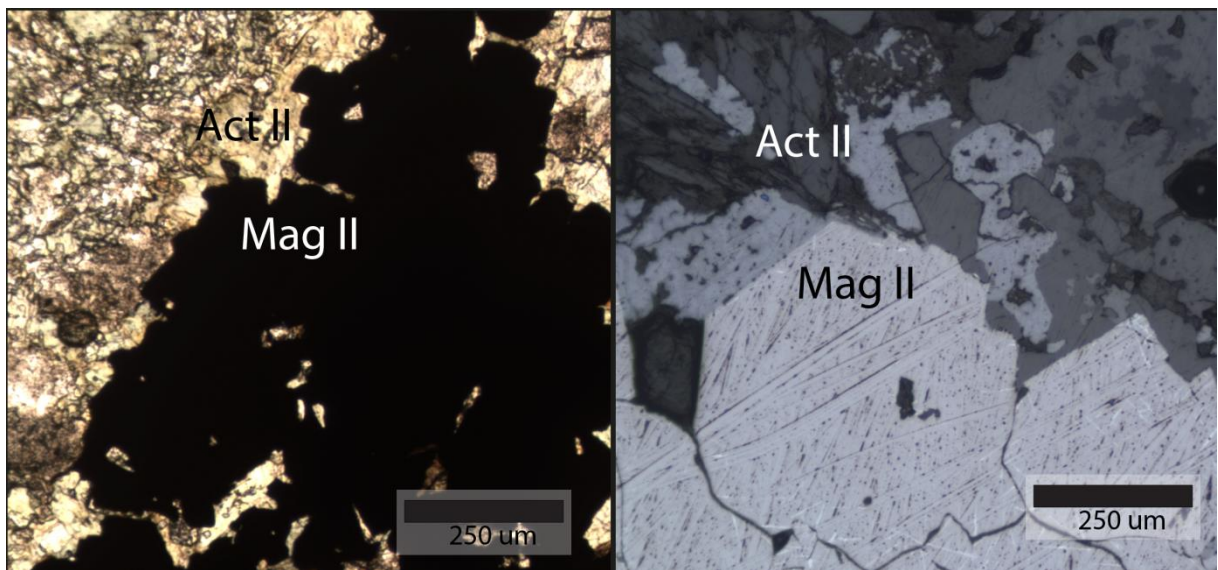
Muestra	075
Coordenadas	281600/6717777
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Intercrecimiento Mgt/Act/Ap

Minerales	%	Ocurrencia
Hematita	45%	Reemplazo casi total de magnetita debido a oxidación
Actinolita	35%	Cristales fibrosos diseminados en la magnetita y en vetillas
Magnetita	10%	Masiva
Oxidos de Fe	5%	Reemplazo y en bordes de grano de magnetita
Apatito	5%	Cristales pequeños diseminados



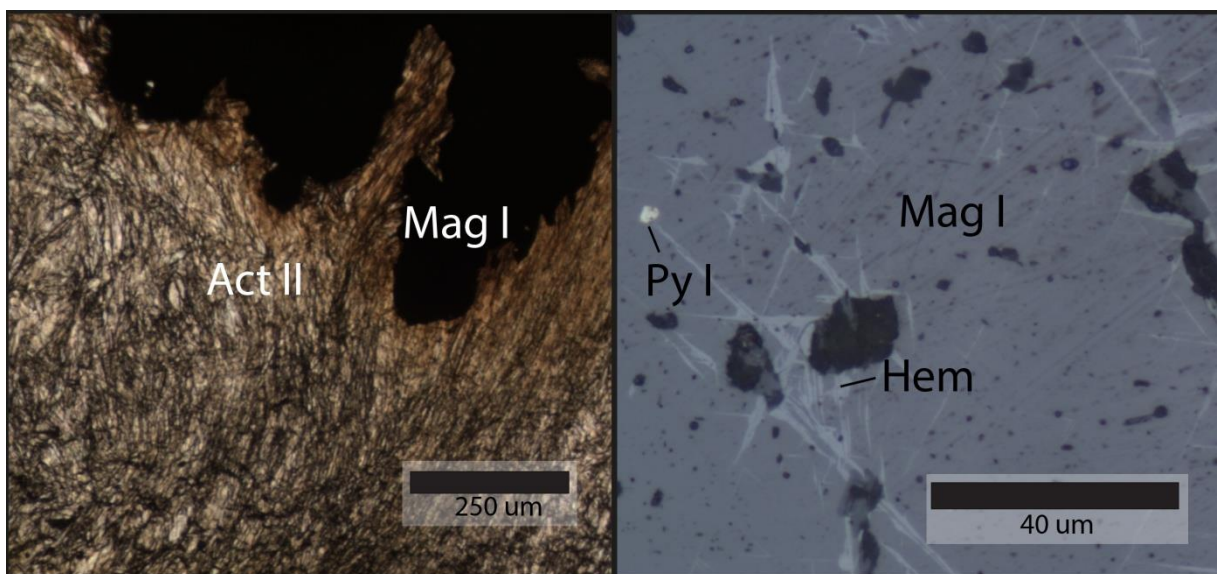
Muestra	198B
Coordenadas	281419/6717784
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Brecha de magnetita

Minerales	%	Ocurrencia
Magnetita	40%	Como matriz de brecha hidrotermal
Actinolita	25%	Diseminado y alterando a los clastos de la brecha (roca de caja)
Hematita	15%	Reemplazo en planos cristalográficos de magnetita
Sericita	15%	Reemplazo por alteración de plagioclasas
Plagioclasas	5%	Cristales de la roca caja andesítica



Muestra	198C
Coordenadas	281419/6717784
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Intercrecimiento Mgt/Act/Ap

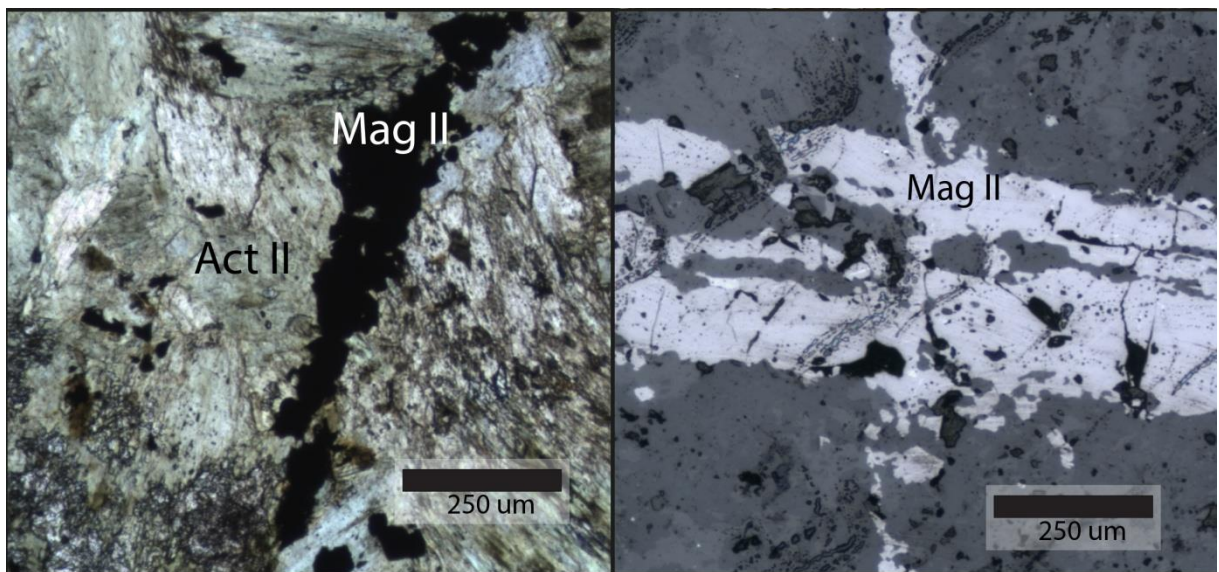
Minerales	%	Ocurrencia
Magnetita	40%	Masiva
Actinolita	25%	Cristales fibrosos diseminados en la magnetita
Hematita	20%	Reemplazo en planos cristalográficos de magnetita
Apatito	10%	Cristales pequeños diseminados y en vetillas
Oxidos de Fe	5%	Reemplazo y en bordes de grano de magnetita
Pirita	<1%	Pequeños cristales diseminados en la magnetita





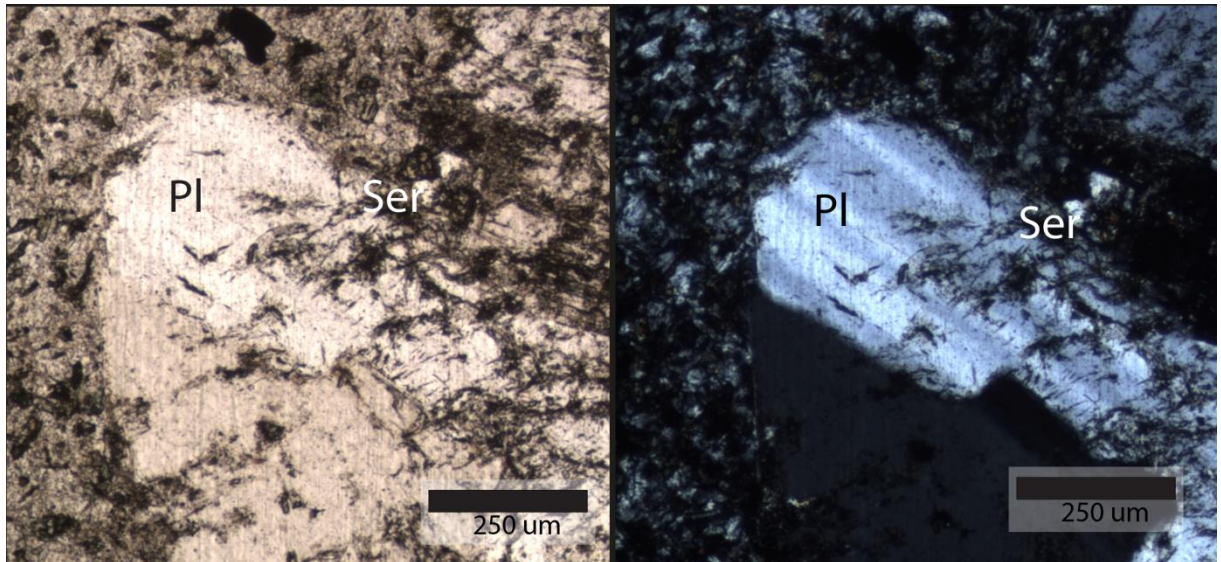
Muestra	198A
Coordenadas	281419/6717784
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Stockwork de alta ley de magnetita

Minerales	%	Ocurrencia
Actinolita	40%	Diseminada, alterando a la roca de caja andesitica y en vetillas
Plagioclasa	20%	Alterando a feldespatos
Sercita	20%	Cristales de la roca de caja andesitica
Magnetita	15%	Vetillas y diseminado
Hematita	5%	Reemplazo en planos cristalograficos de magnetita



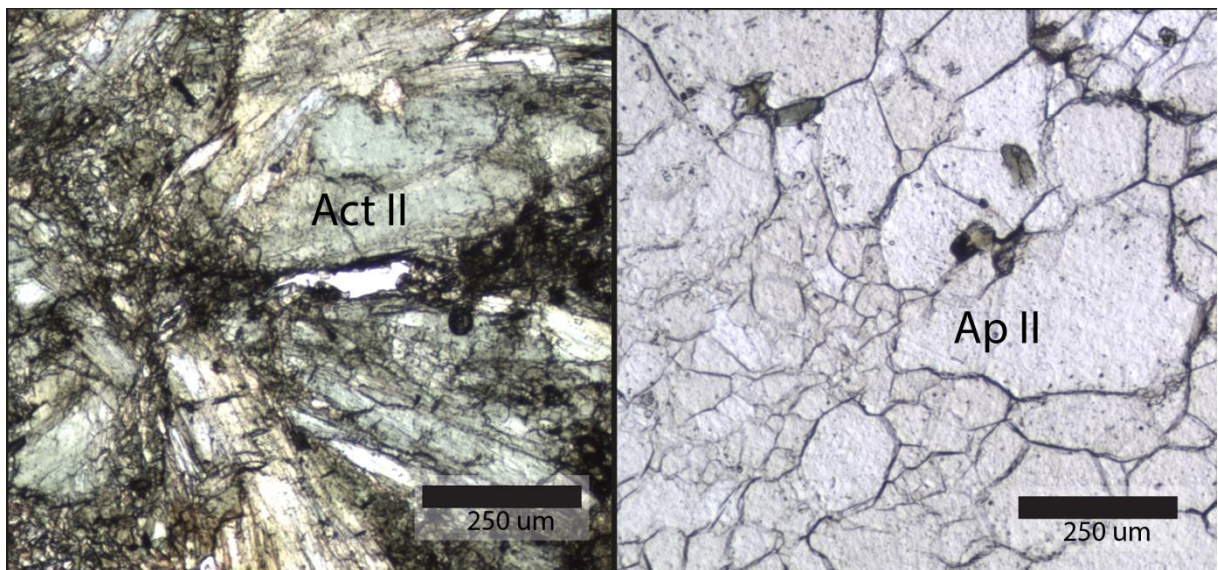
Muestra	162
Coordenadas	281597/6717882
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Dique andesítico

Minerales	%	Ocurrencia
Plagioclasas	10%	Cristales subhedrales tabulares de hasta 2mm inmersos en la masa fundamental
Sericita	10%	Alterando a las plagioclasas



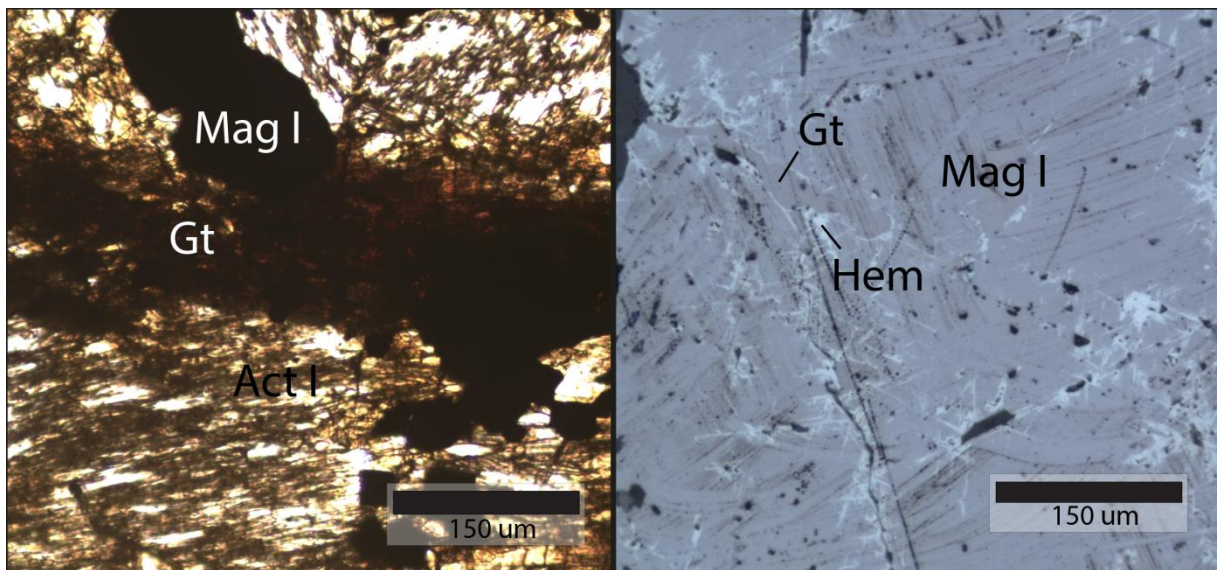
Muestra	194
Coordenadas	281521/6717480
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Vetillas de Apatito

Minerales	%	Ocurrencia
Apatito	40%	Vetillas y diseminado
Actinolita	30%	Diseminado y alterando a minerales máficos
Plagioclasa	10%	Cristales de la roca caja andesítica
Sericita	10%	Reemplazo por alteración de plagioclasas
Magnetita	5%	Diseminado
Hematita	5%	Reemplazo en planos cristalográficos de magnetita



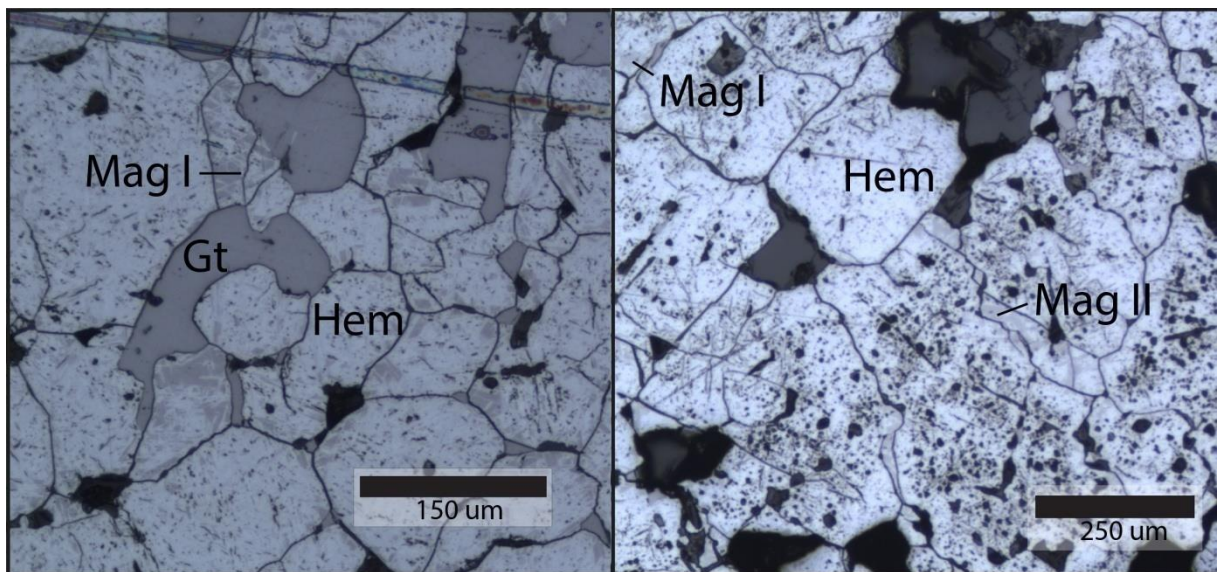
Muestra	217C
Coordenadas	281636/6718053
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Magnetita Masiva

Minerales	%	Ocurrencia
Magnetita	45%	Masiva
Hematita	20%	Reemplazo en planos cristalograficos de magnetita
Actinolita	20%	Diseminada
Oxidos de Fe	10%	Reemplazo, bordes de grano de magnetita y vetillas de goethita
Apatito	5%	Cristales pequeños diseminados



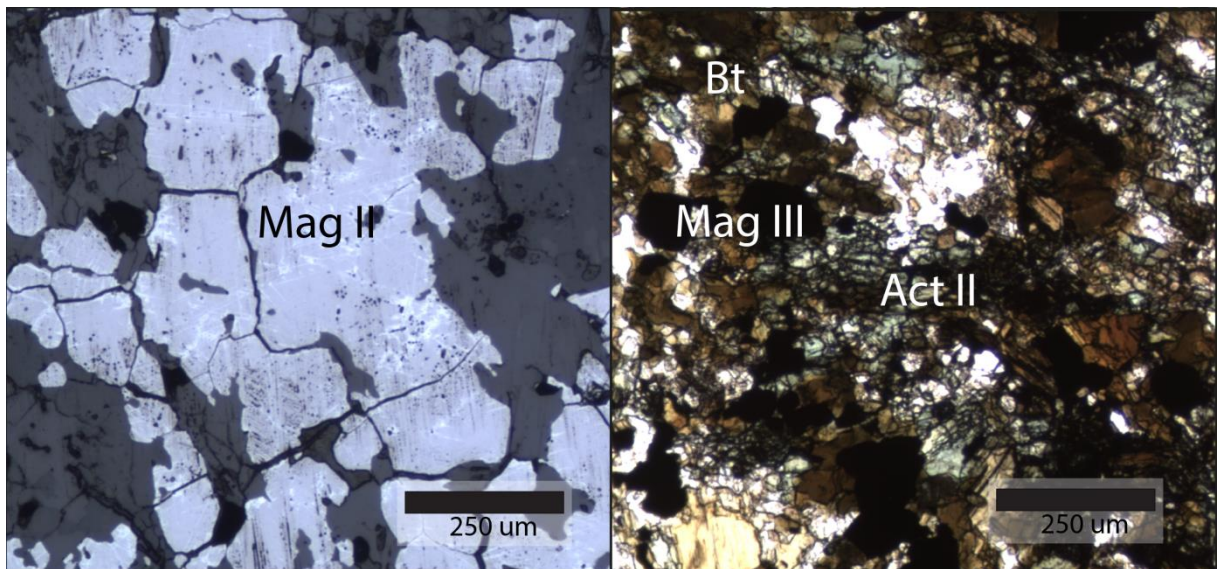
Muestra	217E
Coordenadas	281636/6718053
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Intercrecimiento Mgt/Act/Ap

Minerales	%	Ocurrencia
Hematita	45%	Reemplazo casi total de magnetita debido a oxidación.
Actinolita	30%	Cristales fibrosos diseminados en la magnetita
Magnetita	15%	Masiva y vetillas
Oxidos de Fe	5%	Reemplazo y en bordes de grano de magnetita
Apatito	5%	Cristales pequeños diseminados



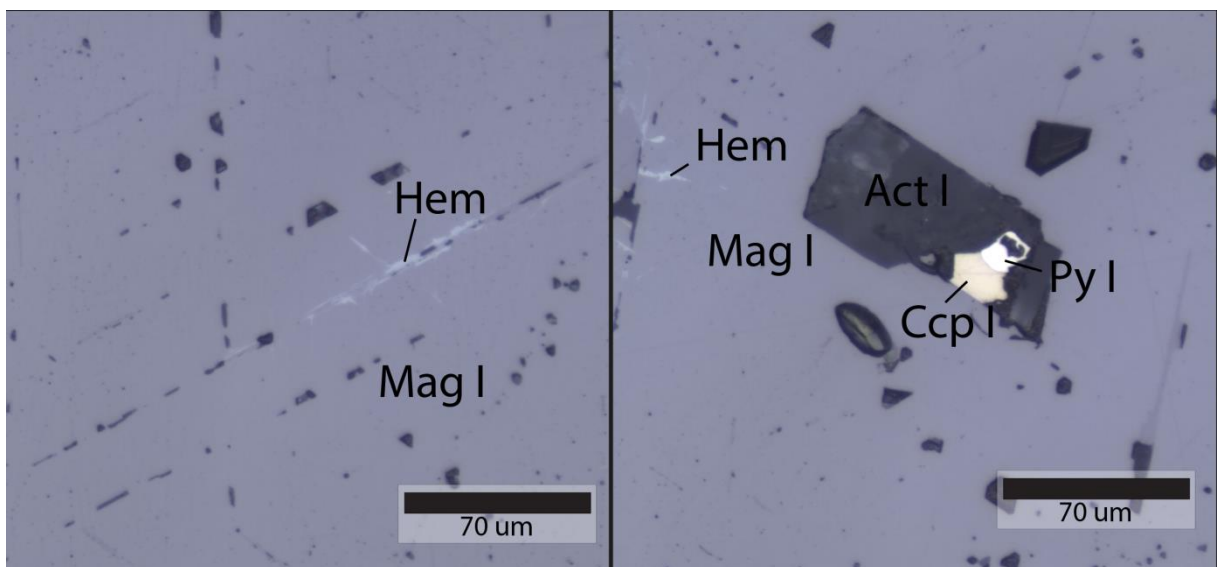
Muestra	218
Coordenadas	281644/6718105
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (30um)
Nombre	Stockwork con alteración potásica

Minerales	%	Ocurrencia
Biotita	35%	Reemplazo de actinolita, diseminado y en vetillas por alteración potásica
Magnetita	20%	En vetillas y diseminado
Actinolita	15%	Diseminado en la roca caja andesítica
Sericita	10%	Alterando a feldespatos
Plagioclasa	10%	Cristales de la roca de caja andesítica
Feldespato K	5%	Diseminados por alteración potásica
Hematita	5%	Reemplazo en planos cristalográficos de magnetita



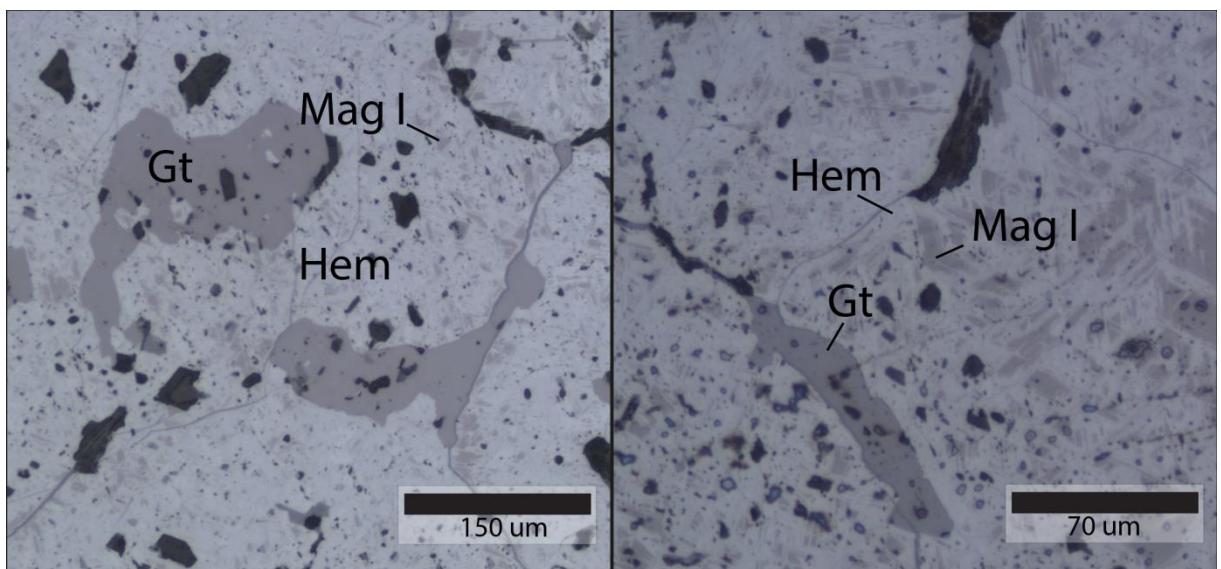
Muestra	001
Coordenadas	281419/6717784
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (100um)
Nombre	Magnetita masiva

Minerales	%	Ocurrencia
Magnetita	65%	Masiva
Hematita	20%	Reemplazo en planos cristalográficos de magnetita
Actinolita	15%	Diseminada
Óxidos de Fe	<1%	Reemplazo y en bordes de grano de magnetita
Pirita	<1%	Pequeños cristales diseminados en la matriz y en paragénesis con actinolita
Calcopirita	<1%	Pequeños cristales diseminados en la matriz y en paragénesis con actinolita



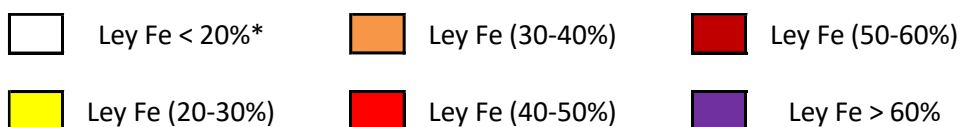
Muestra	002
Coordenadas	281636/6718053
Tipo de Corte	Corte Transparente-Pulido (100um)
Nombre	Magnetita masiva

Minerales	%	Ocurrencia
Magnetita	50%	Masiva
Hematita	30%	Reemplazo en planos cristalográficos de magnetita
Actinolita	15%	Diseminada
Óxidos de Fe	5%	Reemplazo y en bordes de grano de magnetita
Pirita	<1%	Pequeños cristales diseminados en la magnetita y en paragénesis con actinolita
Calcopirita	<1%	Pequeños cristales diseminados en la magnetita y en paragénesis con actinolita





### 9.3. ANEXO C: Información de leyes de sondajes



SONDAJE	DESDE	HASTA	TRAMO	LEY Fe (%)
IND0201	0,00	1,60	1,60	0
IND0201	1,60	2,44	0,84	52,94
IND0201	2,44	3,20	0,76	16,94
IND0201	3,20	35,65	32,45	12,81
IND0201	35,65	36,54	0,89	27,39
IND0201	36,54	37,10	0,56	10,75
IND0201	37,10	53,15	16,05	0
IND0201	53,15	56,80	3,65	10,31
IND0201	56,80	57,22	0,42	0,57
IND0201	57,22	62,12	4,90	0
IND0201	62,12	64,25	2,13	7,51
IND0201	64,25	66,58	2,33	0,28
IND0201	66,58	66,81	0,23	24,30
IND0201	66,81	67,42	0,61	5,08
IND0201	67,42	74,70	7,28	0
IND0201	74,70	76,59	1,89	7,22
IND0201	76,59	77,50	0,91	15,76
IND0201	77,50	79,50	2,00	9,87
IND0201	79,50	82,67	3,17	7,51
IND0201	82,67	107,95	25,28	0
IND0201	107,95	109,90	1,95	30,19
IND0201	109,90	114,59	4,69	0
IND0201	114,59	116,90	2,31	3,31
IND0201	116,90	118,01	1,11	3,24
IND0201	118,01	118,72	0,71	4,71
IND0201	118,72	120,04	1,32	5,30
IND0201	120,04	121,60	1,56	11,63
IND0201	121,60	123,87	2,27	5,89
IND0201	123,87	125,31	1,44	12,67
IND0201	125,31	126,25	0,94	8,25
IND0201	126,25	127,10	0,85	2,80
IND0201	127,10	129,92	2,82	4,12
IND0201	129,92	130,95	1,03	5,60
IND0201	130,95	134,00	3,05	4,12
IND0201	134,00	135,55	1,55	1,18
IND0201	135,55	137,95	2,40	11,78
IND0201	137,95	140,00	2,05	8,98
IND0202	0,00	6,95	6,95	3,00
IND0202	6,95	8,50	1,55	44,51
IND0202	8,50	9,50	1,00	0
IND0202	9,50	10,45	0,95	52,48

IND0202	10,45	12,50	2,05	32,60
IND0202	12,50	13,35	0,85	0
IND0202	13,35	14,10	0,75	46,42
IND0202	14,10	30,30	16,20	2,63
IND0202	30,30	30,70	0,40	29,71
IND0202	30,70	33,80	3,10	0
IND0202	33,80	36,50	2,70	41,40
IND0202	36,50	38,70	2,20	0,00
IND0202	38,70	39,50	0,80	40,06
IND0202	39,50	43,80	4,30	0
IND0202	43,80	47,65	3,85	0,00
IND0202	47,65	48,20	0,55	6,07
IND0202	48,20	49,80	1,60	43,02
IND0202	49,80	52,50	2,70	0
IND0202	52,50	53,36	0,86	20,49
IND0202	53,36	54,40	1,04	30,22
IND0202	54,40	54,95	0,55	12,59
IND0202	54,95	55,80	0,85	0
IND0202	55,80	56,82	1,02	24,37
IND0202	56,82	57,65	0,83	33,15
IND0202	57,65	58,00	0,35	0,00
IND0202	58,00	58,60	0,60	28,39
IND0202	58,60	59,10	0,50	0
IND0202	59,10	61,70	2,60	43,62
IND0202	61,70	64,70	3,00	0
IND0202	64,70	68,20	3,50	45,02
IND0202	68,20	69,60	1,40	7,39
IND0202	69,60	70,70	1,10	34,59
IND0202	70,70	71,00	0,30	0
IND0202	71,00	73,30	2,30	35,18
IND0202	73,30	81,50	8,20	4,76
IND0202	81,50	84,25	2,75	41,39
IND0202	84,25	87,68	3,43	0
IND0202	87,68	88,20	0,52	33,00
IND0202	88,20	89,00	0,80	0
IND0202	89,00	91,60	2,60	23,71
IND0202	91,60	92,40	0,80	0
IND0202	92,40	93,45	1,05	20,46
IND0202	93,45	94,60	1,15	0
IND0202	94,60	95,60	1,00	31,46
IND0202	95,60	96,38	0,78	39,73
IND0202	96,38	98,00	1,62	31,32
IND0202	98,00	98,60	0,60	0
IND0202	98,60	100,20	1,60	32,93
IND0202	100,20	102,35	2,15	21,66
IND0202	102,35	104,60	2,25	23,57
IND0202	104,60	105,30	0,70	0
IND0202	105,30	106,50	1,20	30,15

IND0202	106,50	106,90	0,40	0
IND0202	106,90	108,51	1,61	32,63
IND0202	108,51	109,83	1,32	39,88
IND0202	109,83	114,75	4,92	5,93
IND0202	114,75	116,60	1,85	38,78
IND0202	116,60	118,00	1,40	45,22
IND0202	118,00	120,50	2,50	0
IND0202	120,50	122,30	1,80	19,98
IND0202	122,30	123,80	1,50	19,90
IND0202	123,80	124,25	0,45	19,97
IND0202	124,25	125,30	1,05	0
IND0202	125,30	128,47	3,17	10,46
IND0202	128,47	129,52	1,05	24,29
IND0202	129,52	131,17	1,65	22,65
IND0202	131,17	133,59	2,42	0
IND0202	133,59	135,35	1,76	40,39
IND0202	135,35	135,55	0,20	26,19
IND0202	135,55	135,80	0,25	34,61
IND0202	135,80	136,63	0,83	0
IND0202	136,63	137,90	1,27	27,80
IND0202	137,90	141,22	3,32	0
IND0202	141,22	142,15	0,93	29,92
IND0202	142,15	143,24	1,09	23,76
IND0202	143,24	150,93	7,69	0
IND0202	150,93	152,25	1,32	38,57
IND0202	152,25	152,75	0,50	13,64
IND0202	152,75	153,11	0,36	36,67
IND0202	153,11	154,03	0,92	9,39
IND0202	154,03	154,45	0,42	30,80
IND0202	154,45	155,05	0,60	12,47
IND0202	155,05	162,13	7,08	0
IND0202	162,13	162,75	0,62	35,05
IND0202	162,75	163,75	1,00	32,56
IND0202	163,75	165,40	1,65	0
IND0202	165,40	166,15	0,75	41,80
IND0202	166,15	167,35	1,20	47,37
IND0202	167,35	167,51	0,16	39,75
IND0202	167,51	168,25	0,74	0
IND0202	168,25	171,02	2,77	47,31
IND0202	171,02	171,90	0,88	8,21
IND0202	171,90	175,14	3,24	36,22
IND0202	175,14	175,78	0,64	0
IND0202	175,78	176,27	0,49	20,39
IND0202	176,27	177,74	1,47	0
IND0202	177,74	179,45	1,71	39,82
IND0202	179,45	180,23	0,78	0
IND0202	180,23	180,75	0,52	52,36
IND0202	180,75	184,64	3,89	7,19

IND0202	184,64	185,90	1,26	15,99
IND0202	185,90	187,45	1,55	14,52
IND0202	187,45	195,38	7,93	7,19
IND0202	195,38	196,44	1,06	35,42
IND0202	196,44	200,24	3,80	4,40
IND0202	200,24	202,30	2,06	30,80
IND0202	202,30	202,64	0,34	0
IND0202	202,64	202,98	0,34	23,76
IND0202	202,98	204,20	1,22	0
IND0202	204,20	205,81	1,61	44,88
IND0202	205,81	206,80	0,99	41,65
IND0202	206,80	210,55	3,75	5,28
IND0203	0,00	5,35	5,35	0
IND0203	5,35	7,25	1,90	17,33
IND0203	7,25	12,90	5,65	18,65
IND0203	12,90	16,60	3,70	17,35
IND0203	16,60	18,90	2,30	21,14
IND0203	18,90	21,30	2,40	21,58
IND0203	21,30	24,25	2,95	22,76
IND0203	24,25	29,65	5,40	19,09
IND0203	29,65	33,45	3,80	23,05
IND0203	33,45	35,50	2,05	26,43
IND0203	35,50	39,95	4,45	32,30
IND0203	39,95	41,80	1,85	35,24
IND0203	41,80	45,10	3,30	39,35
IND0203	45,10	54,00	8,90	22,91
IND0203	54,00	68,15	14,15	46,40
IND0203	68,15	69,80	1,65	48,31
IND0203	69,80	72,80	3,00	36,12
IND0204	3,10	4,80	1,70	22,78
IND0204	4,80	7,70	2,90	12,94
IND0204	7,70	9,55	1,85	23,30
IND0204	9,55	10,10	0,55	15,78
IND0204	10,10	13,30	3,20	21,39
IND0204	13,30	15,45	2,15	17,99
IND0204	15,45	18,00	2,55	15,93
IND0204	18,00	19,65	1,65	21,53
IND0204	19,65	20,45	0,80	0
IND0204	20,45	20,95	0,50	22,27
IND0204	20,95	23,45	2,50	0
IND0204	23,45	26,10	2,65	23,89
IND0204	26,10	30,20	4,10	0
IND0204	30,20	31,50	1,30	28,76
IND0204	31,50	35,70	4,20	0
IND0204	35,70	37,70	2,00	26,55
IND0204	37,70	38,05	0,35	0
IND0204	38,05	39,95	1,90	18,88

IND0204	39,95	43,05	3,10	19,03
IND0204	43,05	59,45	16,40	0
IND0204	59,45	60,60	1,15	19,62
IND0204	60,60	77,25	16,65	0
IND0204	77,25	78,70	1,45	20,80
IND0204	78,70	79,20	0,50	0
IND0204	79,20	80,20	1,00	14,60
IND0204	80,20	81,55	1,35	0
IND0204	81,55	83,25	1,70	14,31
IND0204	83,25	84,50	1,25	0
IND0204	84,50	85,70	1,20	21,98
IND0204	85,70	112,35	26,65	0
IND0204	112,35	113,45	1,10	11,95
IND0204	113,45	116,10	2,65	0
IND0204	116,10	118,80	2,70	7,96
IND0204	118,80	119,90	1,10	0
IND0204	119,90	121,50	1,60	22,27
IND0204	121,50	125,25	3,75	0
IND0204	125,25	125,65	0,40	33,92
IND0204	125,65	144,95	19,30	0
IND0204	144,95	146,55	1,60	16,37
IND0204	146,55	149,80	3,25	0
IND0204	149,80	151,60	1,80	21,53
IND0204	151,60	157,30	5,70	0
IND0204	157,30	160,45	3,15	14,16
IND0204	160,45	162,85	2,40	28,76
IND0204	162,85	163,30	0,45	0
IND0204	163,30	165,35	2,05	18,44
IND0204	165,35	165,95	0,60	0
IND0204	165,95	168,50	2,55	18,29
IND0205	0,00	5,50	5,50	0
IND0205	5,50	7,20	1,70	13,95
IND0205	7,20	10,10	2,90	12,04
IND0205	10,10	10,40	0,30	0
IND0205	10,40	12,30	1,90	17,42
IND0205	12,30	13,15	0,85	0
IND0205	13,15	15,60	2,45	31,90
IND0205	15,60	16,80	1,20	22,05
IND0205	16,80	29,20	12,40	36,75
IND0205	29,20	30,90	1,70	51,15
IND0205	30,90	33,25	2,35	30,13
IND0205	33,25	35,50	2,25	57,77
IND0205	35,50	39,05	3,55	41,89
IND0205	39,05	41,40	2,35	0
IND0205	41,40	42,65	1,25	55,20
IND0205	42,65	47,25	4,60	41,75
IND0205	47,25	49,05	1,80	58,87
IND0205	49,05	59,00	9,95	23,37

IND0205	59,00	60,95	1,95	12,35
IND0205	60,95	64,20	3,25	32,85
IND0205	64,20	73,60	9,40	0
IND0205	73,60	77,60	4,00	10,01
IND0205	77,60	81,85	4,25	34,25
IND0205	81,85	83,10	1,25	21,02
IND0205	83,10	84,90	1,80	0
IND0205	84,90	87,45	2,55	13,67
IND0205	87,45	90,80	3,35	5,88
IND0205	90,80	93,40	2,60	0
IND0205	93,40	96,80	3,40	7,35
IND0205	96,80	97,60	0,80	29,84
IND0205	97,60	100,10	2,50	0
IND0205	100,10	101,20	1,10	15,58
IND0205	101,20	108,25	7,05	0
IND0205	108,25	109,60	1,35	29,25
IND0205	109,60	110,10	0,50	0
IND0205	110,10	112,60	2,50	40,86
IND0205	112,60	113,10	0,50	0
IND0205	113,10	113,80	0,70	26,31
IND0205	113,80	118,00	4,20	0
IND0205	118,00	120,10	2,10	15,73
IND0205	120,10	123,55	3,45	0
IND0205	123,55	125,00	1,45	9,11
IND0205	125,00	128,05	3,05	16,90
IND0205	128,05	129,40	1,35	26,09
IND0205	129,40	132,40	3,00	0
IND0205	132,40	133,05	0,65	19,55
IND0205	133,05	134,95	1,90	13,52
IND0205	134,95	139,45	4,50	0
IND0205	139,45	140,80	1,35	27,05
IND0205	140,80	145,70	4,90	0
IND0205	145,70	147,20	1,50	10,58
IND0205	147,20	149,20	2,00	20,14
IND0205	149,20	149,60	0,40	0
IND0205	149,60	150,35	0,75	21,31
IND0205	150,35	154,10	3,75	19,70
IND0205	154,10	155,60	1,50	0
IND0205	155,60	156,75	1,15	38,73
IND0205	156,75	157,75	1,00	19,99
IND0205	157,75	161,00	3,25	0
IND0205	161,00	162,30	1,30	27,41
IND0205	162,30	166,40	4,10	0
IND0205	166,40	167,50	1,10	37,48
IND0205	167,50	168,90	1,40	0
IND0205	168,90	170,40	1,50	51,60
IND0205	170,40	172,30	1,90	23,89
IND0205	172,30	174,80	2,50	47,77

IND0205	174,80	179,35	4,55	0
IND0205	179,35	181,05	1,70	40,72
IND0205	181,05	182,70	1,65	32,93
IND0205	182,70	184,60	1,90	22,20
IND0205	184,60	191,25	6,65	0
IND0205	191,25	192,00	0,75	29,40
IND0205	192,00	204,50	12,50	0
IND0205	204,50	205,05	0,55	17,64
IND0205	205,05	206,40	1,35	0
IND0205	206,40	207,15	0,75	15,14
IND0205	207,15	216,30	9,15	0
IND0205	216,30	218,40	2,10	11,61
IND0205	218,40	223,15	4,75	0
IND0205	223,15	223,65	0,50	41,89
IND0206	2,75	3,50	0,75	39,20
IND0206	3,50	4,45	0,95	0
IND0206	4,45	6,50	2,05	25,77
IND0206	6,50	6,85	0,35	0
IND0206	6,85	8,70	1,85	16,15
IND0206	8,70	9,90	1,20	33,99
IND0206	9,90	11,95	2,05	0
IND0206	11,95	12,20	0,25	47,06
IND0206	12,20	27,95	15,75	0
IND0206	27,95	29,35	1,40	26,14
IND0206	29,35	29,70	0,35	0
IND0206	29,70	30,95	1,25	22,83
IND0206	30,95	32,35	1,40	19,03
IND0206	32,35	40,25	7,90	0
IND0206	40,25	42,15	1,90	29,66
IND0206	42,15	46,90	4,75	0
IND0206	46,90	48,35	1,45	54,62
IND0206	48,35	50,40	2,05	60,05
IND0206	50,40	53,50	3,10	43,17
IND0206	53,50	61,50	8,00	0
IND0206	61,50	63,20	1,70	28,19
IND0206	63,20	64,40	1,20	0
IND0206	64,40	64,90	0,50	46,77
IND0206	64,90	66,80	1,90	20,85
IND0206	66,80	69,60	2,80	27,02
IND0206	69,60	81,80	12,20	0
IND0206	81,80	83,05	1,25	34,95
IND0206	83,05	84,95	1,90	0
IND0206	84,95	86,90	1,95	15,42
IND0206	86,90	90,60	3,70	0
IND0206	90,60	92,65	2,05	14,24
IND0206	92,65	102,45	9,80	0
IND0206	102,45	104,15	1,70	18,93
IND0206	104,15	109,25	5,10	0

IND0206	109,25	111,30	2,05	14,98
IND0206	111,30	113,45	2,15	15,86
IND0206	113,45	118,05	4,60	0
IND0206	118,05	119,25	1,20	16,96
IND0206	119,25	119,70	0,45	0
IND0206	119,70	120,50	0,80	42,21
IND0206	120,50	120,90	0,40	0
IND0206	120,90	123,60	2,70	18,98
IND0206	123,60	123,90	0,30	0
IND0206	123,90	127,50	3,60	14,54
IND0206	127,50	129,85	2,35	0
IND0206	129,85	130,60	0,75	7,78
IND0206	130,60	131,55	0,95	11,60
IND0206	131,55	134,05	2,50	16,74
IND0206	134,05	137,40	3,35	24,67
IND0206	137,40	138,75	1,35	0
IND0206	138,75	139,10	0,35	23,20
IND0206	139,10	141,25	2,15	13,51
IND0206	141,25	144,60	3,35	17,03
IND0206	144,60	146,15	1,55	31,42
IND0206	146,15	150,00	3,85	56,97
IND0206	150,00	152,40	2,40	0
IND0206	152,40	153,00	0,60	43,02
IND0206	153,00	155,25	2,25	0
IND0206	155,25	157,50	2,25	52,12
IND0206	157,50	161,65	4,15	50,66
IND0206	161,65	171,25	9,60	0
IND0206	171,25	174,45	3,20	13,80
IND0206	174,45	182,10	7,65	0
IND0206	182,10	183,35	1,25	24,37
IND0206	183,35	191,00	7,65	0
IND0206	191,00	192,00	1,00	22,32
IND0206	192,00	194,90	2,90	0
IND0206	194,90	196,35	1,45	11,01
IND0206	196,35	199,90	3,55	25,70
IND0206	199,90	200,25	0,35	0
IND0206	200,25	202,45	2,20	25,84
IND0206	202,45	202,90	0,45	0
IND0206	202,90	205,25	2,35	11,45
IND0206	205,25	212,85	7,60	0
IND0206	212,85	214,20	1,35	8,66
IND0206	214,20	219,15	4,95	15,12
IND0206	219,15	219,85	0,70	0
IND0206	219,85	220,10	0,25	0
IND0206	220,10	220,60	0,50	25,55
IND0206	220,60	221,00	0,40	0
IND0206	221,00	222,95	1,95	21,88
IND0206	222,95	224,20	1,25	43,17



IND0206	224,20	225,20	1,00	0
IND0206	225,20	228,25	3,05	15,56
IND0206	228,25	228,65	0,40	0
IND0206	228,65	229,15	0,50	21,44
IND0206	229,15	230,05	0,90	0
IND0206	230,05	232,15	2,10	13,07
IND0206	232,15	242,25	10,10	0
IND0206	242,25	242,80	0,55	33,04
IND0206	242,80	254,95	12,15	0
IND0206	254,95	257,10	2,15	13,07
IND0206	257,10	259,25	2,15	48,45
IND0206	259,25	260,05	0,80	14,68
IND0307	0,00	2,50	2,50	
IND0307	2,50	3,95	1,45	26,87
IND0307	3,95	6,15	2,20	29,51
IND0307	6,15	9,65	3,50	29,95
IND0307	9,65	10,40	0,75	43,02
IND0307	10,40	15,50	5,10	30,69
IND0307	15,50	19,60	4,10	37,44
IND0307	19,60	21,85	2,25	20,56
IND0307	21,85	28,00	6,15	25,11
IND0307	28,00	32,20	4,20	27,75
IND0307	32,20	33,15	0,95	25,84
IND0307	33,15	41,10	7,95	19,23
IND0307	41,10	43,65	2,55	38,62
IND0307	43,65	45,00	1,35	33,48
IND0307	45,00	46,70	1,70	21,00
IND0307	46,70	51,00	4,30	13,95
IND0307	51,00	52,15	1,15	30,98
IND0307	52,15	53,05	0,90	53,01
IND0307	53,05	55,40	2,35	39,50
IND0307	55,40	58,00	2,60	30,25
IND0307	58,00	59,25	1,25	17,18
IND0307	59,25	63,60	4,35	37,15
IND0307	63,60	66,35	2,75	21,73
IND0307	66,35	68,60	2,25	19,97
IND0310	65,20	66,80	1,60	13,57
IND0310	66,80	67,05	0,25	25,58
IND0310	67,05	68,65	1,60	0
IND0310	68,65	70,10	1,45	18,79
IND0310	70,10	74,20	4,10	0
IND0310	74,20	74,70	0,50	15,21
IND0310	74,70	79,70	5,00	0
IND0310	79,70	81,65	1,95	13,95
IND0310	81,65	84,15	2,50	16,89
IND0310	84,15	85,75	1,60	21,88
IND0310	85,75	87,75	2,00	16,22

IND0310	87,75	90,60	2,85	13,43
IND0310	90,60	91,80	1,20	0
IND0310	91,80	93,40	1,60	14,17
IND0310	93,40	100,45	7,05	0
IND0310	100,45	101,75	1,30	13,21
IND0310	101,75	105,65	3,90	0
IND0310	105,65	107,15	1,50	30,47
IND0310	107,15	108,30	1,15	11,82
IND0310	108,30	111,70	3,40	17,03
IND0310	111,70	114,20	2,50	0
IND0310	114,20	116,80	2,60	14,61
IND0310	116,80	118,40	1,60	0
IND0310	118,40	119,25	0,85	14,83
IND0310	119,25	122,00	2,75	12,11
IND0310	122,00	122,40	0,40	0
IND0310	122,40	122,95	0,55	14,32
IND0310	122,95	128,00	5,05	0
IND0310	128,00	129,70	1,70	8,81
IND0310	129,70	134,40	4,70	0
IND0310	134,40	136,15	1,75	18,79
IND0310	136,15	145,15	9,00	0
IND0310	145,15	145,90	0,75	11,09
IND0310	145,90	146,90	1,00	0
IND0310	146,90	148,70	1,80	10,42
IND0310	148,70	152,55	3,85	0
IND0310	152,55	153,60	1,05	18,28
IND0310	153,60	166,80	13,20	0
IND0310	166,80	168,40	1,60	13,43
IND0310	168,40	170,20	1,80	0
IND0310	170,20	171,65	1,45	13,66
IND0310	171,65	173,45	1,80	13,43
IND0310	173,45	182,50	9,05	0
IND0310	182,50	183,20	0,70	11,01
IND0310	183,20	183,95	0,75	0
IND0310	183,95	184,50	0,55	9,03
IND0310	184,50	198,00	13,50	0
IND0310	198,00	198,95	0,95	24,37
IND0310	198,95	212,35	13,40	0
IND0310	212,35	214,20	1,85	22,76
IND0310	214,20	216,35	2,15	0
IND0310	216,35	217,55	1,20	10,06
IND0310	217,55	220,30	2,75	13,95
IND0310	220,30	221,50	1,20	22,32
IND0310	221,50	222,20	0,70	11,60
IND0310	222,20	233,65	11,45	0
IND0310	233,65	234,40	0,75	9,91
IND0310	234,40	292,95	58,55	0
IND0310	292,95	294,10	1,15	21,88

#### 9.4. ANEXO D: Pautas de descripción de sondajes

	PROSPECTO INDUSTRIAL
	IND - 0206
TRAMOS	DESCRIPCION
0.00-2.75	RELLENO
2.75-3.80	Fe baja ley (brecha) clastos andesíticos 20%
3.80-4.50	Dique
4.50-9.20	Andesita guías gruesas magnéticas 10-15%
9.20-9.98	Fe diseminado brechosa
9.98-11.95	Dique afanítico
11.95-12.10	Fe diseminado
12.10-15.70	Andesita porfídica (lava)
15.70-21.00	Roca anfibolítica
21.00-27.90	Andesita porfídica (lava) guías epidota.
27.90-32.30	Metandesita (Act./Feld) guías Fe Magnético 18% Baja ley
32.30-33.50	Dique porfídico
33.50-40.00	Roca Anfibolitizada (dique)
40.00-41.35	Fe baja ley - Metandesita guías de Fe magnético.
41.35-42.00	Fe brechoso
42.00-43.00	Roca anfibolítica, esquistocidad
43.00-46.05	Andesita porfídica
46.05-46.80	Roca anfibolitizada Py/Cpy/Fe Mag.
46.80-50.80	Fe macizo
50.80-53.45	Baja ley a diseminado
53.45-61.40	Andesita porfídica (dique) Py guías/chl/act.
61.40-63.30	Fe diseminado 30-35%
63.30-64.40	Andesita porfídica. (dique)
64.40-64.90	Fe macizo
64.90-69.50	Baja ley 15-20% Py/Apt/Act.
69.50-80.80	Interdigitación de diques afanítico-porf. grano grueso
80.80-83.20	Fe brechoso /Act./Py/Apat.
83.20-84.40	Dique afanítico.
84.40-85.00	Dique porfídico
85.00-86.00	Metandesita 10-15% Baja ley
86.00-90.60	Andesita (lava) Act./Fe Mag/Py.
90.60-92.80	Fe baja ley "METANDESITA"/guías magnetita.
92.80-103.20	Interdigitación diques afanítico/porfídico
103.20-104.15	Tramos brechos.
104.15-108.90	Dique grano grueso
108.90-114.95	Metandesita/guías magnetita con tramos diques porf. cortos 18%
114.95-119.60	Metandesita 10% actinolita/Fe Mg.

119.60-120.60	Fe brechoso 35-40%
120.60-124.20	Baja ley /guías gruesas magnéticas 15-20%

PROSPECTO INDUSTRIAL	
IND - 0307	
TRAMOS	DESCRIPCION
0.00-6.15	Magnetita en guías (fracturada) Actinolita-Apatito.
6.15-6.90	Andesitas porfídicas
6.90-9.65	Fe diseminado con guías actinolita/Apatita.
9.65-13.80	Andesitas.
13.80-15.50	Fe baja ley (Py+/Act.+(guías de Mg.)
15.50-17.50	Andesita.
17.50-19.60	Fe brechoso.
19.60-21.85	Fe diseminado a baja ley/Actinolita/Apatito.
21.85-31.15	Andesitas porfídica.
31.15-33.15	Magnetita en guías/Py +-.
33.15-38.05	Andesitas porfídica.
38.05-43.65	Baja ley Py/Act/Apat.
43.65-45.00	Fe diseminado
45.00-45.36	Granodiorita.
45.35-46.70	Fe diseminado a baja ley.
46.70-49.75	Andesita porfídica grano grueso /Magnetita siseminada
49.75-51.00	Baja ley (guías mag/Py/Apat.).
51.00-51.50	Andesitas porfídica.
51.50-52.15	Mag en guías/Py
52.15-52.40	Andesitas porfídica.
52.40-53.05	Magnetita en guías/Py
53.05-53.30	Granodiorita.
53.30-59.25	Mag/Act/Py/Apatito.
59.25-62.80	Andesita/Granodiorita.
62.80-63.80	Guías Mag/diseminada/Andesita.
63.80-75.30	Granodiorita.