

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
**GEOLOGÍA DEL DISTRITO MINERO LA COIPA**  
**(COPIAPÓ-CHILE)**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR**  
**JOAN MANUEL ROJAS MUÑOZ**

**ASESOR**  
**DR. ING. EITEL ROLANDO CARRASCAL MIRANDA**

**LIMA-PERU**

**2021**

## DEDICATORIA

A mi madre por su gran esfuerzo en mis estudios, a mi padre por creer siempre en mí. A mi esposa “Judith” y a mis dos hijos “Santiago” y Renato” que son el motivo y motor de mi existencia.

## AGRADECIMIENTOS

A Claudio Ahumada Gerente de Exploraciones Kinross Minera Chile por haberme permitido realizar este trabajo y colaborar con el conocimiento geológico y búsqueda de nuevos blancos de exploración.

Al Team de exploraciones Brownfield La Coipa por haberme apoyado desde el primer momento que me conocieron: Cristian, Pelao, Poyoto, Mario, José, Feña y por todos sus consejos tanto en lo profesional como en lo personal.

A mis asesores y revisores del presente trabajo, por su apoyo en la elaboración del presente.

## ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICES

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I. GENERALIDADES	12
1.1. Objetivos	12
1.1.1. Objetivo General	12
1.1.2. Objetivo Especifico	12
1.2. Hipótesis	12
1.2.1. Hipótesis General	12
1.2.2. Hipótesis específicas	13
CAPITULO II. GEOLOGÍA REGIONAL	14
2.1. Ubicación y acceso	14
2.1.1. Historia de la Exploración	15
2.2. Propiedad Minera.	18
2.3. Geomorfología	19
2.3.1. La Cordillera de la Costa	19
2.3.2. Depresión Central	19
2.3.3. Cordillera Domeyko	19
2.3.4. Depresión de los Salares	19
2.3.5. Cordillera de Claudio Gay	20
2.3.6. Cordillera Andina	20
2.3.7. Clima y Vegetación	20
2.4. Criterios Regionales y Modelo de Exploración	23
2.5. Marco Geológico Regional	27
2.6. Marco Tectónico	32
2.7. Marco Estructural Regional	34

CAPITULO III. GEOLOGÍA LOCAL	37
3.1. Marco geológico local	37
3.1.1. Paleozoico y Mesozoico	41
3.1.2. Paleógeno-Eoceno	49
3.1.3. Oligoceno-Mioceno	53
3.2. Marco Tectónico Estructural	63
3.3. Alteración y Mineralización	67
3.4. Depósitos epitermales	72
CAPITULO IV. CRITERIOS DE EXPLORACIÓN	83
4.1. Perforación	83
4.2. Geofísica	87
4.3. Geoquímica	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nro.	Descripción	Pagina
2.1	Plano de Ubicación y Accesos – Distrito La Coipa. Fuente: Red Vial del Ministerio de Obras Publicas de Chile.	14
2.2	Concesiones Minera de Compañía Minera la Coipa.	18
2.3	Mapa muestra los dominios geomorfológicos del Distrito de La Coipa.	21
2.4	Familia de Guanacos.	22
2.5	Vista del acceso principal a Faena.	22
2.6	Mapa mostrando la ubicación de la Franja Metalogenica de Maricunga Belt y criterios geológicos regionales.	26
2.7	Mapa de Los Andes Centrales. Mostrando las principales franjas mineralizadas del Mioceno: Maricunga. El Indio y Teniente. Se observa además la ubicación de la zona de subducción. La profundidad en kilómetros de la zona de Benioff. La zona de subducción plana (“Flat Slab Región”) y centros volcánicos.	28
2.8	Sección Esquemática de la litosfera en la región de subducción Plana (30° Latitud Sur). Caso similar a lo ocurrido en FMM. Se observa los cambios en la geometría de subducción. engrosamiento cortical. área de Volcanismo activo y deformación antes, durante y posterior a la mineralización. El tamaño de los volcanes refleja la magnitud de erupción. Las zonas en achurado representan zonas de la corteza inferior dúctiles y engrosadas y fallas activas en rojo.	29
2.9	Mapa Regional-Distrital. Franja Metalogénica de Maricunga y Arco Magmático del Mioceno.	31
2.10	Nazca a Sud América. (Pardo-Casas and Molnar, 1987) “Posiciones de dos puntos sobre la Placa de Nazca, los cuales formaron en el tiempo la anomalía 30-31, ploteadas con respecto a Sud América en el tiempo de varias anomalías magnéticas. Se observa una convergencia relativamente estable desde el tiempo de la anomalía 21 (49.5 Ma).	36
3.11	Mapa Geológico del Distrito La Coipa.	38
3.12	Leyenda del mapa geologico del Distrito La Coipa	39

3.13	Columna Estratigráfica.	40
3.14	Granodiorita de Brecha Norte. Note la textura de la matriz.	41
3.15	Estratos del Mono (vista al norte) en el sector de botaderos al sur de Mina Coipa intensamente deformados (notar la presencia de pliegues y fallas de alto ángulo en la terminación de los pliegues).	42
3.16	CCN-012@60m. Lutita Negra Carbonosa.	43
3.17	Intercalaciones de areniscas con lutitas negras.	44
3.18	Vista de la Formación Montandon, afloramiento localizado al Oeste del Botadero de la planta.	45
3.19	Basalto Cretacico de Cerro amarillo.	48
3.20	Depósitos volcanoclásticos.	50
3.21	Toba de textura Eutaxítica y de fragmentos silicificados.	52
3.22	Secuencia Volcanoclástica de Catalina y de Puren. Se observa fuerte alteración de Kaolinita en la matriz intercalado con material carbonoso.	53
3.23	Domo Mina Vieja.	55
3.24	Muestra sondaje del Proyecto Pompeya. PMP- 160 @ 178m.	57
3.25	Brechas Freatomagmaticas de sondajes de Pompeya y Catalina Target.	59
3.26	Brecha freatomagmatica con fragmentos de Vuggy Silica.	60
3.27	Brecha hidrotermal rellena de sulfuros masivos Pirita+Enargita+Pirofilita.	61
3.28	Brecha Juvenil DPMP-023@140m sondaje de Pompeya.	62
3.29	Brecha juvenil cortando niveles de sedimentos volcánicos.	63
3.30	Modelo estructural. Círculos rojos corresponden a depósitos y proyectos conocidos.	67
3.31	Cerro La Coipa, se observa niveles de steam heated y sílice opalina que sellan el sistema hidrotermal.	69
3.32	Alteración Vuggy Silica: sondaje DPMP-091 tramo 231.4-231.5 m. La alteración afecta a clastos y matriz de una roca probablemente correspondiente a la Brecha Freatomagmatica con textura fragmental original. Las oquedades tienen forma irregular y algunas están rellenas con pirita.	70
3.33	Mapa de alteración del Distrito La Coipa. La alteración está basada en el mapeo de sondajes. terraspec y vuelo hyperspectral (Kinross 2007).	71
3.34	Mapa de ubicación de los depósitos epitermales de La Coipa.	72
3.35	Contacto de rocas volcánicas y sedimentarias intruidos por brechas freatomagmaticas.	74

3.36	Seccion muestra la distribución de alteración y mineralizacion en el deposito de Ladera Farellon.	74
3.37	Vista desde el mirador de Can Can.	76
3.38	Vista desde el Mirador de Coipa Norte.	77
3.39	Vista de Becha Norte	78
3.40	Vista del rajo de Puren	80
3.41	Vista al Sur en el centro el depósito de Pompeya.	82
3.42	Sección 400NW con interpretación de litología. Sector Pompeya.	82
4.43	Imagen aeromagnetica de La Coipa mostrando margenes de graben al oeste y al este. Aleneamiento NW son muy evidentes y corresponden a los domos postmineral.	89
4.44	ZTEM se correlaciona fuertemente con la topografia.	90
4.45	Planta muestra resultados geoquimicos de oro (izquierda) y plata (derecha).	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Nro.	Descripción	Pagina
5.1	Compañías de Sondaje y Equipos Utilizados.	84

## RESUMEN

El Yacimiento de La Coipa, propiedad de *Kinross Gold Corporation* (KGC) constituye uno de los cluster más importantes de depósitos de Au-Ag en Chile. Éste se ubica dentro de la franja metalogénica de Maricunga, comprendida en el Mioceno inferior a medio, extendiéndose entre las latitudes 26° y 28°S en la Cordillera de Los Andes, III Región de Atacama, Norte de Chile. En esta franja se reconocen numerosas zonas de alteración hidrotermal; al menos 15 de éstas albergan mineralización de Au, Ag y Cu en depósitos tipo pórfidos y epitermales, destacándose La Coipa y Refugio.

El presente trabajo compila la mayor parte de los mapeos de sondajes, terreno, búsqueda de información histórica, revisión y actualización de modelos geológicos de los diferentes depósitos en el distrito; para proponer un modelo que permita comprender la geología del Distrito con lo cual se permite proponer nuevas áreas de exploración.

## ABSTRACT

The La Coipa Field, owned by Kinross Gold Corporation (KGC), is one of the most important deposit clusters of Au-Ag in Chile. This is located within the Maricunga metallogenetic belt of Miocene age lower than medium that extends between latitudes 26 ° and 28 ° S in the Andes Mountains, III Region of Atacama, and Northern Chile. In this strip numerous zones of hydrothermal alteration are concentrated, at least 15 of these harbor mineralization of Au, Ag and Cu in porphyry and epithermal deposits, highlighting La Coipa and Refugio.

The present work summarizes years of geological mapping, terrain mapping, looking for historical information, review of geological models from the different deposits in the district to understand and understand the geology of the District and turn propose new exploration targets.

## INTRODUCCIÓN

Este estudio permitirá entender la geología del Distrito y los depósitos minerales existentes, con la finalidad de orientar a futuros programas de exploración en el Distrito. Se compila desde el año 2012; trabajos internos de Kinross La Coipa, trabajos de campo y gabinete no documentados.

El objetivo de la compañía en esta etapa fué extender la vida útil y se consideraron como las principales actividades las siguientes:

- Perforación en mina alrededor de los rajos. La cual se realizó con grandes dificultades como consecuencia del mantenimiento.
- Compilación de información geológica. Se organizó los datos de mapeo con protocolos actuales, debido a que años atrás no se mapeaba los bancos y toda la información de mapeo se encuentra impresa en papel.

Toda la información histórica compilada y las actualizaciones son registradas on-line por tanto disponible en tiempo real; por ello los mapeos y resultados de análisis de laboratorio nos permiten desarrollar nuevas ideas soportadas por data validada.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1. Objetivos

##### 1.1.1 Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es dar a conocer la geología, la alteración hidrotermal relacionada con la mineralización del distrito La Coipa.

##### 1.1.2 Objetivo Especifico

Con los múltiples trabajos internos en campañas de perforación, mapeos de sondajes DDH, mapeos en superficie y recopilación de información histórica pretendemos generar targets de exploración dentro del distrito.

#### 1.2. Hipótesis

##### 1.2.1. Hipótesis General

La Coipa es un cluster de yacimientos epitermales de Au-Ag.

### 1.2.2. Hipótesis específicas

La mineralización de Au-Ag está asociada a la alteración vuggy silica y argílica avanzada, que incluye cuarzo-alunita-dickita-pirofilita. Múltiples ledges silíceos (o alimentadores) infrayacen al horizonte de vuggy silica.

El reconocimiento geológico en terreno, caracterización de sondajes diamantinos y aire reverso, de las diversas unidades litológicas, asociaciones de alteración hidrotermal y mineralización del área de estudio nos proporcionan vectores de exploración.

Los depósitos de Ladera Farellon, Coipa Norte, Can-Can y Brecha Norte hospedados en rocas sedimentarias Triásicas con un volcánico Miocénico sobrepuesto fue una guía de exploración en la década pasada. Pompeya y Catalina hospedados en rocas volcánicas nos dan otra visión de la futura exploración en el distrito.

## CAPITULO II

### GEOLOGIA REGIONAL

#### 2.1. Ubicación y acceso

El distrito minero de La Coipa se ubica en la tercera región de Chile, Región de Atacama, ubicado a 140 Km NE de Copiapó (Figura 2.1) aproximadamente a 26°48' latitud S y 69°16' longitud W a 4 200 msnm.

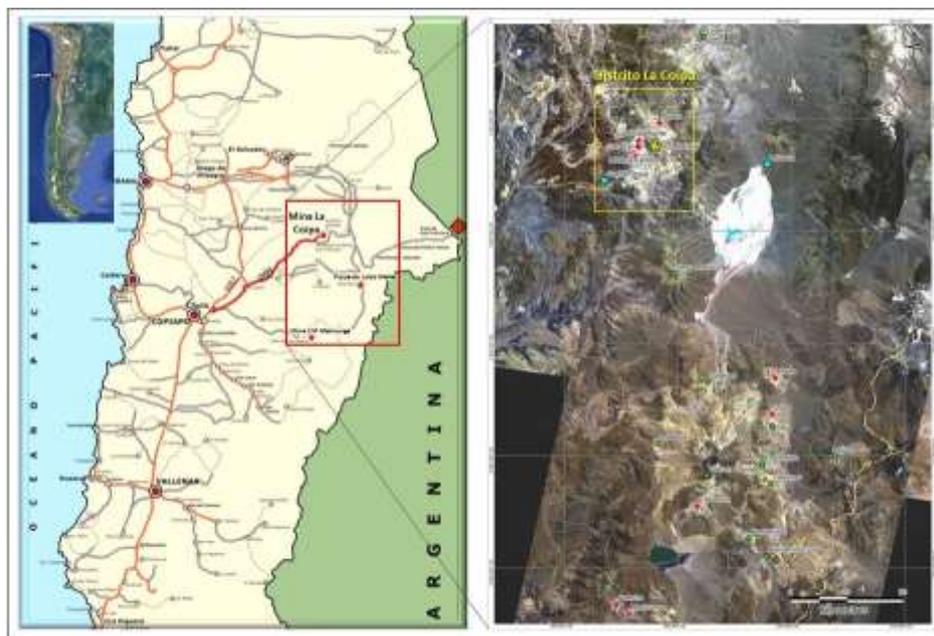


Figura 2.1 Plano de Ubicación y Accesos – Distrito La Coipa.  
Fuente: Red Vial del Ministerio de Obras Publicas de Chile.

El acceso principal a través del camino internacional CH-31, que une las ciudades de Copiapó con Tinogasta (Argentina), mediante una ruta de tierra en estado rural. Desde Copiapó hasta el campamento de La Coipa (3 200 msnm) hay aproximadamente 125 Km que se recorre en 2 horas.

#### 2.1.1. Historia de la Exploración

Las primeras actividades mineras en el distrito de La Coipa se remontan a 1876 (Zentilli, 1974), cuando se estableció una pequeña operación subterránea en lo que ahora se conoce como mina La Coipa Vieja, a 1.5 km al sureste del depósito de Ladera Farellón. El descubrimiento de la mina El Indio, de estilo bonanza, durante la década de 1970, ubicada a 300 km al sur de La Coipa, llevó a varias compañías a aumentar la exploración en los Andes del norte de Chile (Rivera, 1990).

El resultado de la identificación de varios objetivos de anomalías de color observados durante los vuelos de reconocimiento en la Cordillera de los Andes en la región de Atacama dio paso a una agresiva campaña de exploración llevada a cabo por empresas como Sierra Morena y Anglo American (Vila y Sillitoe, 1991). Sierra Morena fue el blanco del distrito de La Coipa durante 1980. Al año siguiente, se ejecutó una geoquímica de talus-fines, que condujo a la selección de tres objetivos: Ladera Farellón, Don Eduardo y Coipa Norte. Durante este año, Consolidated Goldfields adquirió Sierra Morena. En 1982, la construcción de carreteras y trincheras condujo a los primeros signos de

un nuevo descubrimiento, considerando los resultados atractivos de una zanja de 60 m de largo con 640 g / t de Ag sobre lo que ahora es el yacimiento de Ladera Farellón. Entre 1983 y 1986, la primera campaña de perforación delineó estos cuerpos minerales. Durante 1987, TVX Gold adquirió los derechos de la propiedad, creando la Compañía Minera Nacional, que dos años más tarde se convirtió en el futuro operador durante toda la vida de la mina: Compañía Minera Mantos de Oro (MDO). La Coipa comenzó su producción durante 1989, operando una planta piloto con una capacidad de lixiviación de cianuro de 1.000 toneladas por día. En este momento, la mina era propiedad de dos partes iguales: TVX y Placer Dome. Durante 1991, la planta comenzó a operar a plena capacidad, procesando 15.000 toneladas por día con una planta de lixiviación por agitación utilizando la metodología Merrill-Crowe (Oviedo et al., 1991). Dos depósitos iniciados en este momento: Ladera Farellón y Coipa Norte. Durante 1997, los precios más bajos de los metales preciosos obligaron a MDO a negociar los recursos descubiertos por Anglo American en el distrito de Esperanza, lo que cedió a MDO los derechos para extraer mineral de los depósitos Chimberos alojados en la brecha rica en plata (Vila, 1991). Este material fue enviado 25 km a La Coipa y fue la única fuente que alimentó la planta durante aproximadamente dos años.

El actual propietario de La Coipa, Kinross Gold, adquirió la parte de TVX en 2003. En el mismo año, el depósito de Brecha Norte inició su operación. Hasta ahora, los depósitos que operaban en La Coipa fueron descubiertos por la expresión superficial de mineralización. La exploración del dominio oriental del distrito, caracterizado por una topografía relativamente suave con coluviones y regolitos de aluviones que cubren el área, condujo al descubrimiento del depósito ciego de Purén, que comenzó a operar en 2006. Durante este año, Barrick adquirió Placer Dome, y decidió vender su porción de La Coipa a Goldcorp. Durante 2007, Kinross adquirió la porción propiedad de Goldcorp de La Coipa, convirtiéndose en el propietario exclusivo del distrito.

Considerando el potencial de exploración del área que rodea las concesiones mineras MDO, en 2009 Kinross firmó un acuerdo con Compañía Minera La Coipa (CMLC), para comenzar la exploración de su propiedad. Según este acuerdo, el descubrimiento del depósito de Pompeya durante 2011 abrió una nueva frontera en el distrito. Sin embargo, la mina se encuentra actualmente bajo cuidado y mantenimiento, a fines de 2013, principalmente debido al agotamiento de las reservas. La extracción del depósito > 1Moz AuEq Pompeya permitirá la reapertura de la operación de la mina, pero Kinross no ha tomado la decisión de comenzar la producción. Antes del cierre temporal, la producción de reservas de óxido de La Coipa entre 1991 y 2012 fue de aproximadamente 230 Moz Ag y 3.5 Moz Au.

## 2.2. Propiedad Minera

El distrito de La Coipa se encuentra localizado dentro de las concesiones de:

- Compañía Minera La Coipa (CMLC) la que se encuentra conformada por un 75% de Kinross y 25% de Minera Copiapó.
- Propiedades de 100% Kinross (Mantos de Oro).
- S.C.M Puren que está conformado por 65% Kinross y 35% Codelco Chile.

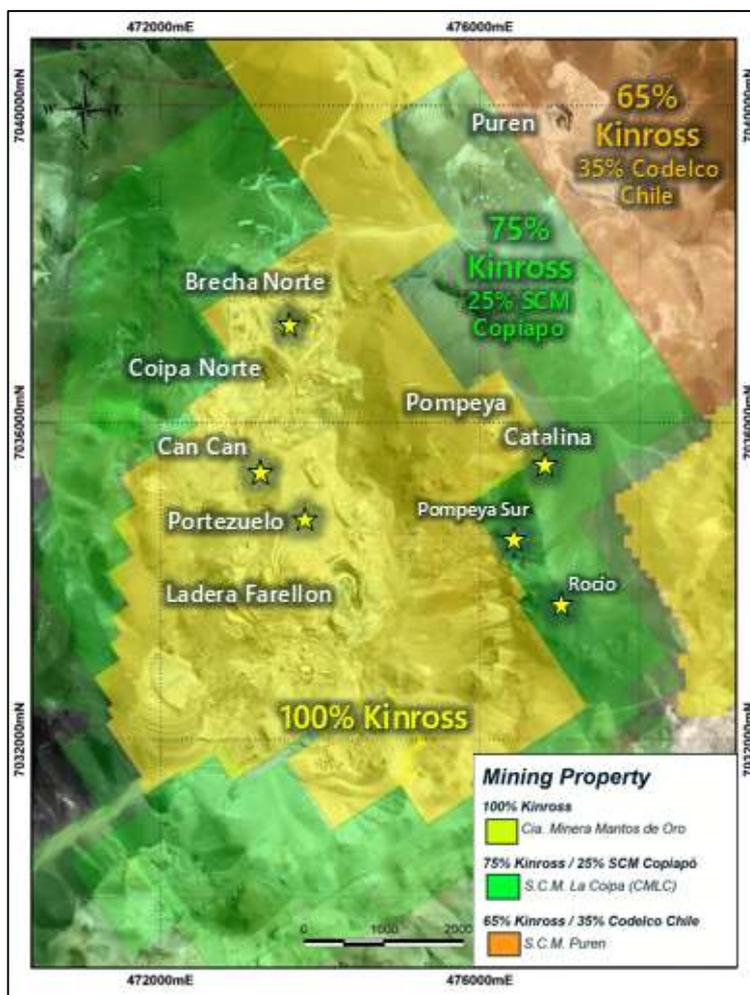


Figura 2.2. Concesiones Minera de Compañía Minera la Coipa.  
Fuente: Budget 2020, La Coipa Exploration.

### 2.3. Geomorfología

La Coipa se ubica en la Precordillera de Domeyko (Figura 2.3) entre los 4200 y 4800 m.s.n.m. Presenta numerosos portezuelos.

#### 2.3.1 La Cordillera de la Costa.

Corresponde a una franja de 50 Km de ancho máximo, que se interna hacia el E hasta los 70°15' long. Oeste, alcanzando una altitud de 2.376 m.n.n.m en el Cerro El Chivato. El límite occidental lo constituye el acantilado costero cuya altura varía entre los 400 y 800 m.s.n.m

#### 2.3.2 Depresión Central

Está representada por la cuenca intramontana que marca el borde oriental de la Cordillera y el Occidental de la Cordillera Domeyko.

#### 2.3.3 Cordillera Domeyko

Conforma un amplio cordón montañoso de dirección NS, ancho promedio de 75 Km y altitud máxima de 5.329 m.s.n.m (Cerros Bravos). Esta unidad morfológica se extiende desde los cerros Verde por el norte, hasta el cerro La Guanaca por el Sur.

#### 2.3.4 Depresión de los Salares.

Se compone de una serie de cuencas con drenajes internos, de características endorreicas, orientadas en dirección NS, donde se dispone un conjunto de salares, siendo el más austral el Salar de Maricunga. Algunos autores la denominan Puna o altiplano. Este nombre es correcto si se considera que esta planicie es la prolongación occidental de la Puna noroeste argentino y del suroeste boliviano.

### 2.3.5 Cordillera de Claudio Gay

Es una unidad morfológica restringida que corta a las planicies que rodean a los salares de Pedernales y Maricunga. Presenta dirección NNE-SSW y se extiende entre los 25°00' y 25°15' latitud sur. Su ancho varía de 3 a 10 Km y representa una unidad topografica anterior al desarrollo del volcanismo Terciario-Cuaternario.

### 2.3.6 Cordillera Andina

Unidad morfológica que presenta las mayores elevaciones, que normalmente sobrepasan los 6000 m.s.n.m. Sobresalen el Nevado Tres Cruces (6330m) y ojos del Salado (6885m). Hacia el sur, los cordones montañosos se unen para conformar una sola estructura principal denominado Cordillera Andina.

### 2.3.7 Clima y Vegetación

El clima es desértico de tipo árido, en la cual la evaporación e infiltración es mayor que el régimen de precipitaciones. Existe baja humedad relativa. Las temperaturas máximas se registran en los meses de diciembre a marzo, llegando a los 25°C, y las mínimas, entre abril y agosto, llegando a -20°C.

Las precipitaciones son principalmente nivosas y de régimen invernal, y son comúnmente las tormentas de verano durante el denominado invierno boliviano. Existen vientos frecuentes y fuertes, especialmente en otoño y primavera.

La vegetación se encuentra continua y solo perenne en los afloramientos de agua y en las laderas de los cerros tales como "Paja

Brava” o “pajonal”, el “coirón”, la “cortadera” y algunas gramíneas. Entre las aves se observan parinas, pisaca, tórtola, gallineta, aguiluchos y patos silvestres. Hay también lagartos y numerosas especies de insectos.

La fauna es relativamente escasa, sobresaliendo el guanaco y la vicuña. Ocasionalmente zorros y roedores como los “chululos” y vizcachas.



Figura 2.3: Mapa muestra los dominios geomorfológicos del Distrito de La Coipa.

Fuente: Base de datos interna. Modelo Digital de Elevación (DEM).



Figura: 2.4 Familia de Guanacos  
Fuente Propia-2015.



Figura 2.5: Vista del acceso principal a Faena.  
Fuente: Fuente Propia-2018.

#### 2.4. Criterios Regionales y Modelo de Exploración

El marco geológico regional para el cinturón mineralizado (o Franja Metalogénica) de Maricunga (FMM) en general, y el distrito la Coipa en particular es considerado como un “sitio anómalo” en varios sentidos. Desde una escala Regional a Distrital, se observa lo siguiente:

- El cinturón de Maricunga incluido el “Indio Belt”, son parte de un sólo arco magmático de edad Paleógena Superior – Neógena. Ciclo magmático que en el área comenzó aproximadamente a los 26-24 Ma (Figura 2.6).
- Anomalías estructurales son evidentes por facies compresivas a partir del Mioceno produciendo alzamiento de basamentos Paleozoicos-Triásicos, a través de una serie de importantes fallas inversas de dirección NS. Además, fallas NW preexistentes reactivadas en modo inverso permitió el emplazamiento de intrusivos (pórfidos y domos) y fluidos hidrotermales (actividad magmática intrusiva y efusiva en general, incluido rocas volcánicas y volcanoclásticas). Ambos sistemas estructurales forman parte de una arquitectura de deformación pre-Miocena, relacionada a una tectónica de escama gruesa (cortical) que en el Jurásico-Triásico tuvieron un comportamiento extensional, generando cuencas de depositación limitada por fallamientos normales, que se habrían reactivado en modos inversos a partir de la compresión en el Mioceno Inferior a Medio.
- Más de 200 Km de una faja de clase mundial con depósitos de pórfidos de Au-Cu y epitermales conteniendo más de 130Moz de Au y 20Mt de Cu.

Sólo la FMM tiene un contenido de oro (endowment) de 84Moz en dos eventos de mineralización principales: 24-20 Ma y 15-10 Ma.

- Tres eventos magmáticos de características calcoalcalinas (26-22; 16-11 & 11-5 Ma) involucran rocas principalmente intermedias (dioritas-andesíticas a dacíticas) y en menor grado a rocas ácidas.
- La FMM contiene depósitos de Pórfidos de Au-Cu-Mo (Cerro Casale, Caspiche), Pórfidos ricos en Au (Lobo Marte) y depósitos epitermales (El Volcán, Coipa, Pompeya); alguno de los cuales muestran claras evidencias de “telescopización” con mineralización económica en ambos estilos (La Pepa, Marte y Lobo).

A escala más distrital y/o de depósito criterios claves y específicos son:

- Alteración argílica avanzada (AAA) con un adecuado footprint (tamaño áreal/anomalía).
- Intersección de estructuras que actúan como control de emplazamiento de actividad hidrotermal, brechas y/o domos (pre, intra y post mineralización).
- Ocurrencia de brechas hidrotermales, especialmente brechas freatomagmáticas pre o intra mineralización las que muestran evidencias de actividad magmática e hidrotermal relacionadas (link con magma parental) y que además constituyen un volumen apropiado con porosidad

para permitir el desarrollo de AAA así como la depositación de Au-Ag-Cu.

- Adecuado marco de rocas de caja favorables: principalmente dacíticas a riolíticas que se comportan como rocas no reactivas y que permiten la generación de grandes volúmenes de AAA.
- Ocurrencia de Estructuras/Domos pre o intra-mineralización que pueden generar trampas para el emplazamiento de alteración/mineralización, incluido el horizonte de steam heated.
- Sistemas estructurales NW a WNW cortados por estructuras NS a NE son los arreglos estructurales más favorables y reconocidos en el distrito asociado a mineralización.
- Horizontes de steam heated son marcadores claves para la zona “vadosa” (no saturada) de la parte superior del sistema, por encima del paleo nivel freático. Horizontes de silicificación masiva (“silica cap”, por lo general opalina) marca el techo del sistema hidrotermal y por lo tanto es un indicador de un sistema epitermal del tipo HS preservado.
- Ocurrencia de depósitos volcánicos sedimentarios (“maar sediment”) incluyendo rocas epiclásticas (retrabajadas), volcanogénicas y piroclásticas, relacionadas a un “tuff ring”, son indicativas también de paleo superficies preservadas y por lo general constituyen el techo de una brecha freatomagmática, más aún si contiene fragmentos mineralizados

se convierte en una clave para un potencial de mineralización en o alrededor de la brecha.

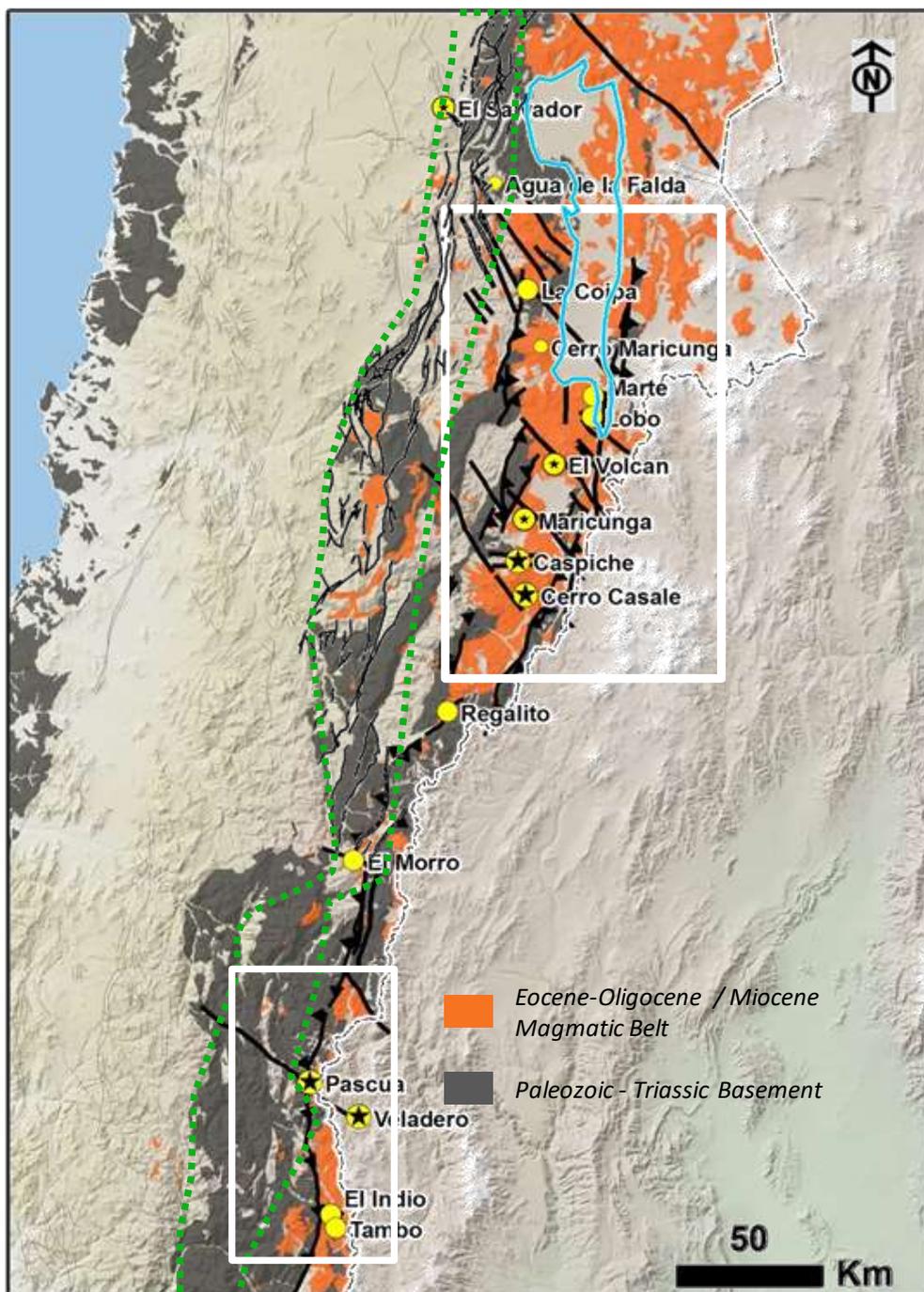


Figura 2.6. Mapa mostrando la ubicación de la Franja Metalogénica de Maricunga Belt y criterios geológicos regionales.  
Fuente: Reporte interno Kinross.

## 2.5. Marco Geológico Regional

El Distrito de La Coipa se ubica en los Andes Centrales de Chile en la franja Metalogénica de Maricunga (FMM) de edad Oligoceno Superior a Mioceno Superior-Plioceno, la cual presenta una longitud de aproximadamente 200 Km de largo, y se ubica en el borde oeste de la Puna Plateau, entre los 26° a 28° Latitud Sur. La parte norte de FMM se ubica a 50-60 Km al oeste del actual frente de actividad volcánica, extendiéndose hasta los 27° Latitud sur, encontrándose delimitado por centros volcánicos como Ojo del Salado (6.800 m s.n.m.), y donde dominan los complejos volcánicos de Doña Inés, Cerros Bravos, La Coipa y Maricunga. La parte sur y principal, se ubica a 75 - 85 Km de la actual zona sísmica de la placa de Nazca, y está dominada por los centros volcánicos del Complejo volcánico Copiapó y Jotabeche. Tres grandes cuencas salinas cerradas están presentes al este y al interior de la FMM, como son: Salar de Maricunga, Salar de Pedernales y Laguna del Negro Francisco.

Una característica distintiva de los Andes Centrales desde el Oligoceno Superior ha sido un ángulo de subducción relativamente bajo a moderado (<30° inclinación) en sus inicios, pero bastante más plano hacia fines de la actividad magmática en la Región (~6 Ma, Kay et al., 1999, Figura 2.7). La zona ubicada entre los 28°-33° de Latitud sur, es conocida como la "Zona de Subducción Plana (Flat-Slab)", siendo ésta donde se ubican los grandes depósitos Miocenos de los Andes Centrales. El ángulo de subducción pareciera controlar periodos de compresión, Volcanismo, intrusiones hipabisales y la mineralización existente (magmatismo e hidrotermalismo). En específico, y observando la

geometría actual de subducción, la zona de FMM se encuentra ubicada en la parte norte donde la pendiente del ángulo de subducción es relativamente suave (sin Volcanismo) a diferencia del segmento sur más abrupto y donde existe presencia de Volcanismo activo. (Región de El Teniente).

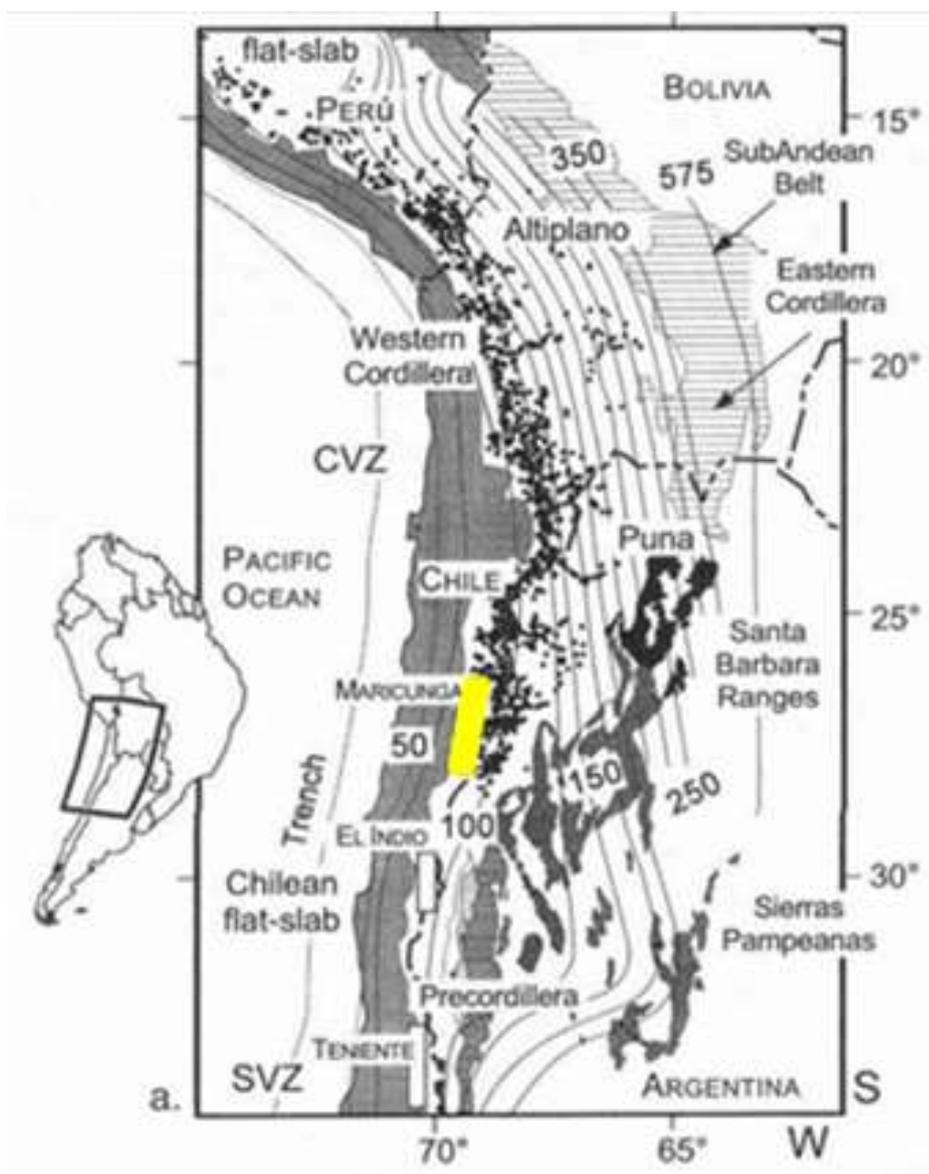


Figura 2.7 Mapa de Los Andes Centrales, mostrando las principales franjas mineralizadas del Mioceno: Maricunga, El Indio y Teniente. Se observa además la ubicación de la zona de subducción, la profundidad en kilómetros de la zona de Benioff, la zona de subducción plana ("Flat Slab Region"), y centros volcánicos.

Fuente: Neogene Magmatism, Tectonism and Mineral Deposit of the Central Andes, Kay et al., 1999.

Durante el periodo de 16-10 Ma en la zona de subducción plana aun el ángulo fue lo suficientemente inclinado, ayudando al emplazamiento y generación del volcanismo y mineralización existente (Kay et al., 2001, Figura 2.8).

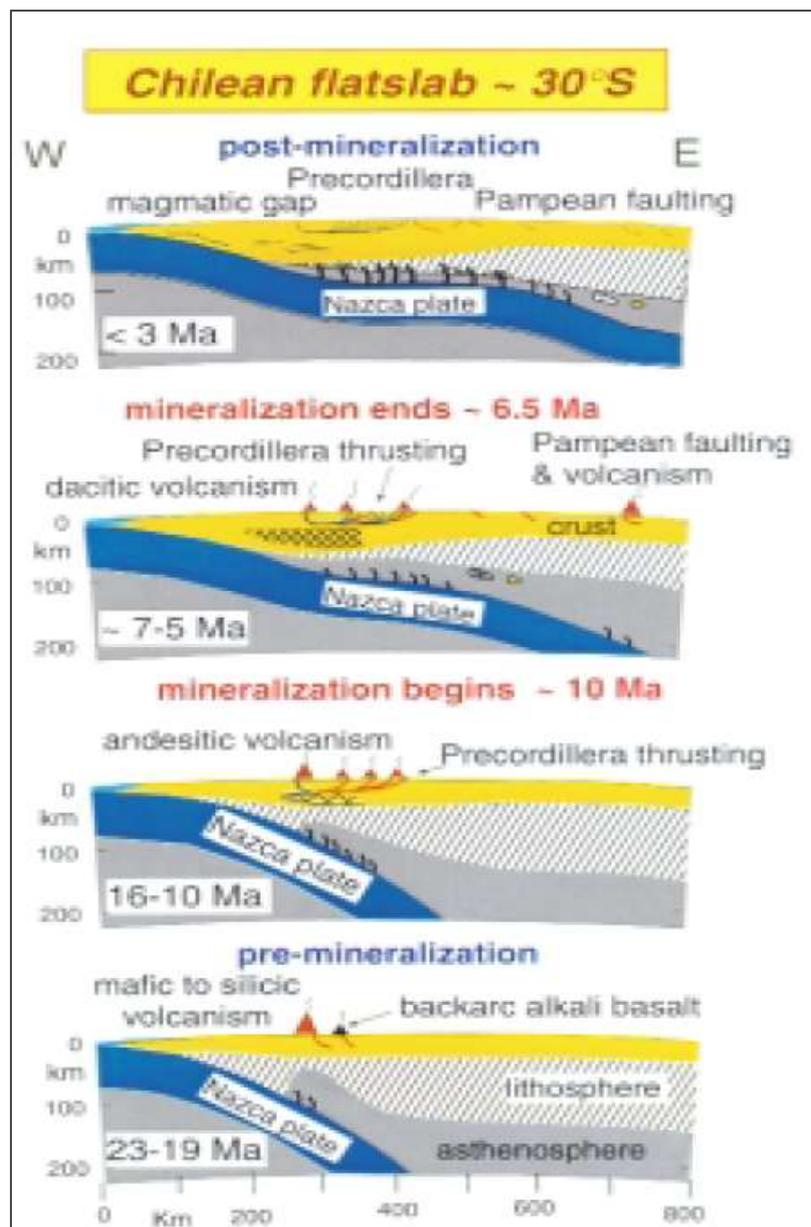


Figura 2.8. Sección Esquemática de la litosfera, en la región de subducción Plana (30° Latitud Sur), caso similar a lo ocurrido en FMM. Se observa los cambios en la geometría de subducción, engrosamiento cortical, área de Volcanismo activo y deformación antes, durante y posterior a la mineralización. El tamaño de los volcanes refleja la magnitud de erupción, y las zonas en achurado representan zonas de la corteza inferior dúctiles y engrosadas, y fallas activas en rojo.

Fuente: Central Andean Ore Deposit Linked to Envolving Shallow Subduction System an Thickening Crust. Kay et al., 2001

En general las características presentes en la región de FMM son similares a las ocurridas hacia el sur en la Franja del Indio, principalmente en el magmatismo y los eventos deformacionales, pero la mineralización es más antigua en FMM. Así en FMM se puede reconocer en el arco volcánico Neógeno 4 distintos periodos: El más antiguo, de edad Oligoceno Superior. Mioceno Inferior (24-20 Ma) incluye La Coipa-Refugio primer periodo de mineralización de oro, asociado a depósitos tipo epitermal. Este periodo se caracteriza por la presencia de complejos de domos y estrato volcanes en el arco volcánico y volcanismo máfico tras-arco. El final de este periodo de magmatismo, es seguido por un eventual cese de la actividad volcánica entre 20 a 17 Ma, coincidiendo con la deformación compresional, que está mejor definida inmediatamente al sur del área. El siguiente periodo denominado Maricunga-Cardillal (17-11Ma.) se caracteriza por una línea de estrato volcanes de composición andesítica a dacítica concentrados al sur de los 27° de Latitud sur. El Grupo Pastillos-Cardillal más joven de este periodo es el que hospeda el segundo evento de mineralización del área, cuya edad es de 13 a 11 Ma. (Ejemplo Lobo, Marte, Valy). La disposición de este grupo Pastillos-Cardillal, claramente corresponde a un control estructural. Evidencias de deformación por compresión, se pueden observar en las unidades del Mioceno Medio plegadas en el margen este de FMM. El final de esta marca el último periodo con actividad de estrato volcanes en el área de FMM. El siguiente periodo de edad Mioceno Superior, está caracterizado por una reorganización mayor del volcanismo, siendo casi toda la actividad concentrada en las ignimbritas de composición dacítica del Volcán Copiapo, las que presentan 2

edades o periodos de erupción 11 a 10 Ma y 8 a 7 Ma. El término de la actividad volcánica en la FMM corresponde a la actividad volcánica asociada al Volcán Jotabeche, de edad Mioceno-Plioceno (7-5 Ma.). Esta última actividad se concentró al sureste del Volcán Copiapo, caracterizándose por la presencia de ignimbritas de composición dacítica y pequeños flujos andesíticos. El final de este periodo coincide con el comienzo de la migración del frente del arco volcánico hacia el este. (Figura 2.9).

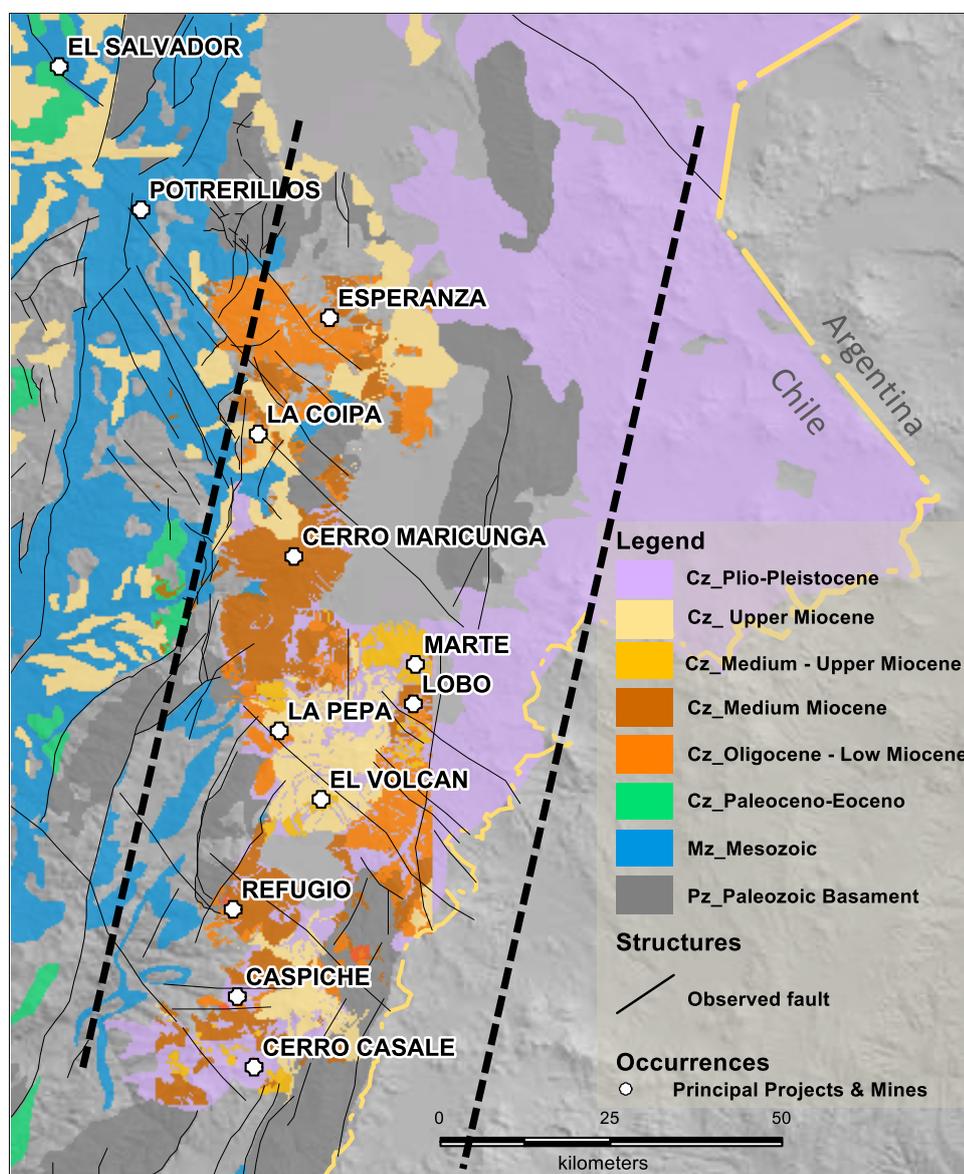


Figura 2.9 Mapa Regional-Distrital. Franja Metalogénica de Maricunga y Arco Magmático del Mioceno.

Fuente: Base de datos Kinross.

## 2.6. Marco Tectónico

Durante el fanerozoico, el margen occidental del continente sudamericano se caracterizó por la subducción de las placas oceánicas precursoras y de Nazca debajo de la placa continental sudamericana, generando un magmatismo de arco que, desde el Jurásico, construyó uno de los paisajes orogénicos más prominentes en la tierra: la Cordillera de los Andes. La orogenia andina activa es muy compleja y ha evolucionado a lo largo de su vida con múltiples variaciones de configuraciones tectónicas (Ramos, 2009).

La colisión y la acumulación de terrenos alóctonos y / o para-autóctonos caracterizaron el margen occidental de América del Sur durante el Paleozoico tardío Proterozoico-tardío (Alvarez et al., 2013). El margen occidental del supercontinente de Gondwana se activó a 530 Ma (Cawood, 2005), iniciando su magmatismo relacionado con la subducción asociada. Desde entonces, el magmatismo a lo largo del margen activo ha sido continuo. Después de la etapa de acreción, se desarrolló un arco magmático Pérmico tardío-Carbonífero tardío en los terrenos acrecidos (Mpodozis y Cornejo, 2012). A finales del Triásico Pérmico temprano, un episodio de volcanismo félsico y plutonismo granitoide cambió del magmatismo de arco relacionado con la subducción a un volcanismo extensional extenso que dio lugar a la extensa provincia física Choiyoi Magmatic, desarrollado entre Salar de Atacama (Lat. 23 ° 30'S) y norte de la Patagonia (Lat. 42 ° S). A fines del Triásico-Jurásico temprano, se desarrollaron cuencas de grietas extensionales de tendencia NW con volcanismo bimodal en respuesta a la ruptura del supercontinente Pangea (Charrier et al., 2007). Estas cuencas de grietas regionalmente extensas y las

fallas asociadas de tendencia NW se desarrollan a lo largo de la cordillera de los Andes e influyeron en la distribución del magmatismo y los depósitos de mineral más adelante en la evolución andina (Richards, 2000).

Un restablecimiento de la subducción durante el Jurásico temprano inició la configuración actual del margen andino. Charrier y col. (2007) dividió la orogénesis andina a lo largo del margen del norte y centro de Chile en tres etapas. La primera etapa (Jurásico temprano tardío a Cretácico temprano tardío) consistió en una actividad volcánica ampliamente distribuida a lo largo del arco (cuyo eje central se encuentra en la Cordillera Costera actual) y la deposición de abundantes depósitos sedimentarios marinos y terrestres en la cuenca contemporánea de arco posterior a él. La ausencia actual de la cuenca del antebrazo para este arco magmático temprano, considerando la migración relativa del continente sudamericano hacia el oeste, se explica por la progresiva subducción-erosión del margen continental (Charrier et al., 2007).

La segunda etapa (Cretácico temprano tardío a Paleógeno temprano) se caracteriza por la migración del magmatismo de arco hacia el este, y la creación de una cuenca frontal en lugar de una cuenca posterior. Abundantes depósitos volcánicos de composiciones andesíticas y dacíticas a riolíticas se asociaron en la mayoría de los casos con estructuras de caldera (Charrier et al., 2007). Este período se define por la subducción oblicua acompañada de una extensa falla sinistral transtensional paralela al arco desarrollada en la actual depresión central y precordillera del antebrazo. Esta configuración es parte del Sistema

de fallas de Domeyko (DFS; Figura 2.3; Charrier et al., 2007; Niemeyer y Urrutia, 2009; Abels y Bischoff, 2009).

La tercera y última etapa (Paleógeno-Presente tardío) está representada por la configuración actual del margen andino. Este período se caracteriza por una elevación y acortamiento intensos asociados con una subducción general casi ortogonal (Charrier et al., 2007). Durante esta tercera etapa, la mayoría de los depósitos de cobre, oro y plata encontrados en el margen occidental del continente fueron emplazados. La intensidad del acortamiento y engrosamiento de la corteza produjo la segunda meseta más alta de la tierra: el Altiplano-Puna, que también alberga los estratovolcanes más altos de la tierra (Ojos del Salado, Monte Pissis y Cerro Bonete Chico), y una de las mayores concentraciones de ignimbritas felsicas (Trumbull et al., 2006).

## 2.7. Marco Estructural Regional

La Coipa se encuentra en un arreglo estructural complejo. Las fallas NW y NE, son los principales controles para el emplazamiento del volcanismo (domos) y actividad hidrotermal en el distrito. Las fallas NS, son aparentemente las más antiguas y principalmente se encuentran limitando la cuenca Neógena, alzando y exponiendo por inversión de cuencas el basamento Triásico en el distrito.

La historia de convergencia de placas de Nazca y Sud Americana, al sur de Perú, muestra períodos de rápida convergencia entre los 49.5 Ma y los 18 Ma y desde los 26 Ma. Así también se demuestra una convergencia casi ortogonal a partir de los 49.5 Ma (Figura 2, 10), coincidente con dos fases de actividad

tectónica relativamente intensa pertenecientes a las fases Eocena Incaica Tardía y Mio-Pliocena Quechua (Pardo-Casas and Molnar, 1987).

Este arreglo de convergencia y subducción se asocia a la distribución y emplazamiento de pórfidos de cobre-molibdeno, cobre-oro y de oro. Específicamente la Faja de Maricunga se formó después de la migración del arco magmático hacia el Este, desde el Eoceno-Oligoceno hasta su posición actual, en respuesta a estos los ciclos tectónicos Incaico y Quechua (Camus, F., 2005).

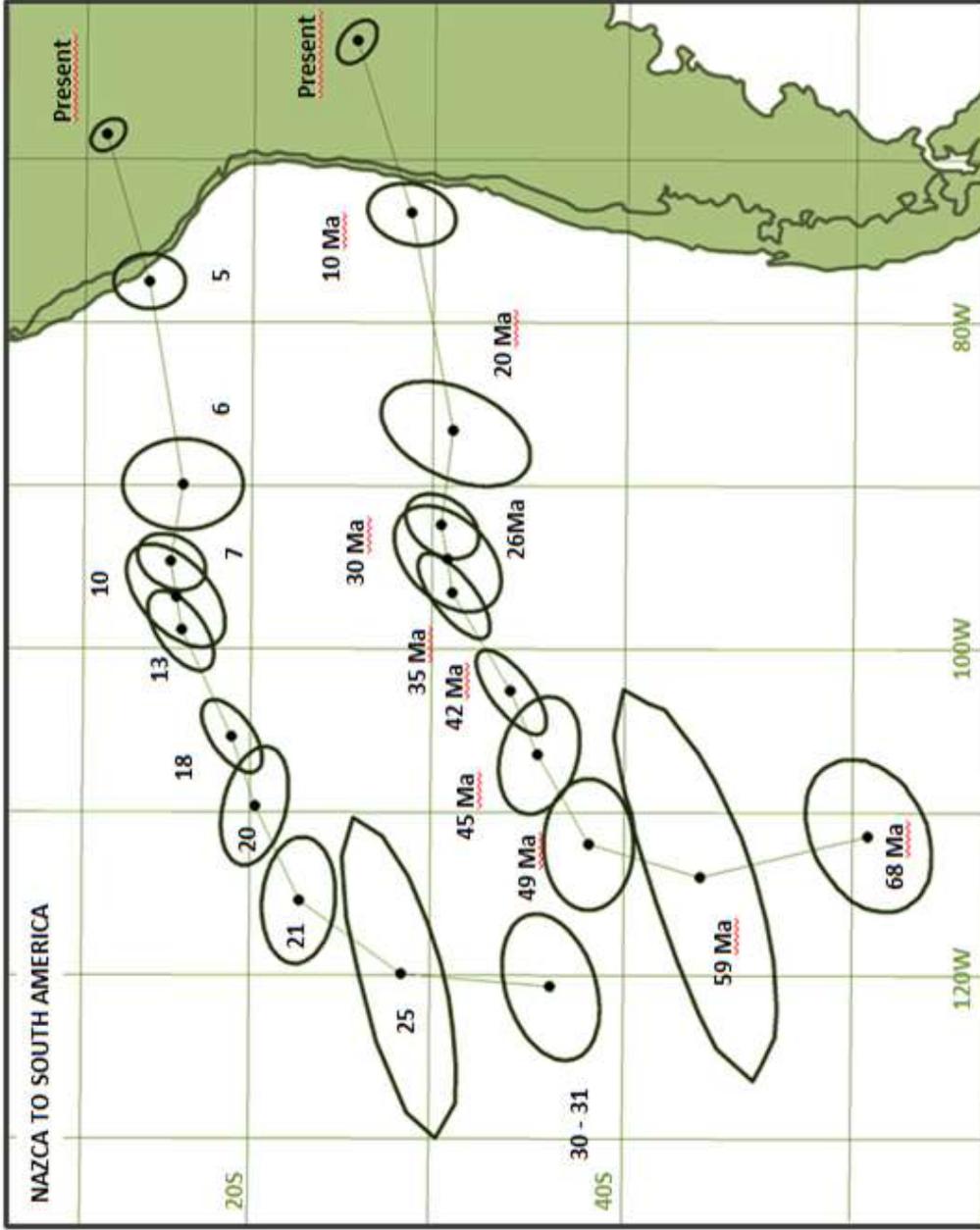


Figura 2.10. Nazca a Sud América. (Pardo-Casas and Molnar, 1987) "Posiciones de dos puntos sobre la Placa de Nazca, los cuales formaron en el tiempo la anomalía 30-31, pteadas con respecto a Sud América en el tiempo de varias anomalías magnéticas. Se observa una convergencia relativamente estable desde el tiempo de la anomalía 21 (49.5 Ma).

Fuente: Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since Late Cretaceous time. F.Pardo-Casas, P. Molnar, 1987.

## CAPITULO III

### GEOLOGIA LOCAL

#### 3.1. Marco geológico local

En el presente capítulo se describe el marco geológico del distrito de La Coipa, incluida la caracterización litológica de rocas ígneas y sedimentarias, el entorno estructural, la alteración hidrotermal y mineralización. En la Figura 3.11 se ilustra un mapa que muestra las características geográficas, ubicaciones y áreas clave. En este trabajo se presenta un mapa geológico a escala 1: 10.000 del distrito de La Coipa que cubre una superficie de 196 km<sup>2</sup>. Las unidades estratigráficas se describen a continuación y en la Figura 3.13 se presenta una columna estratigráfica esquemática.

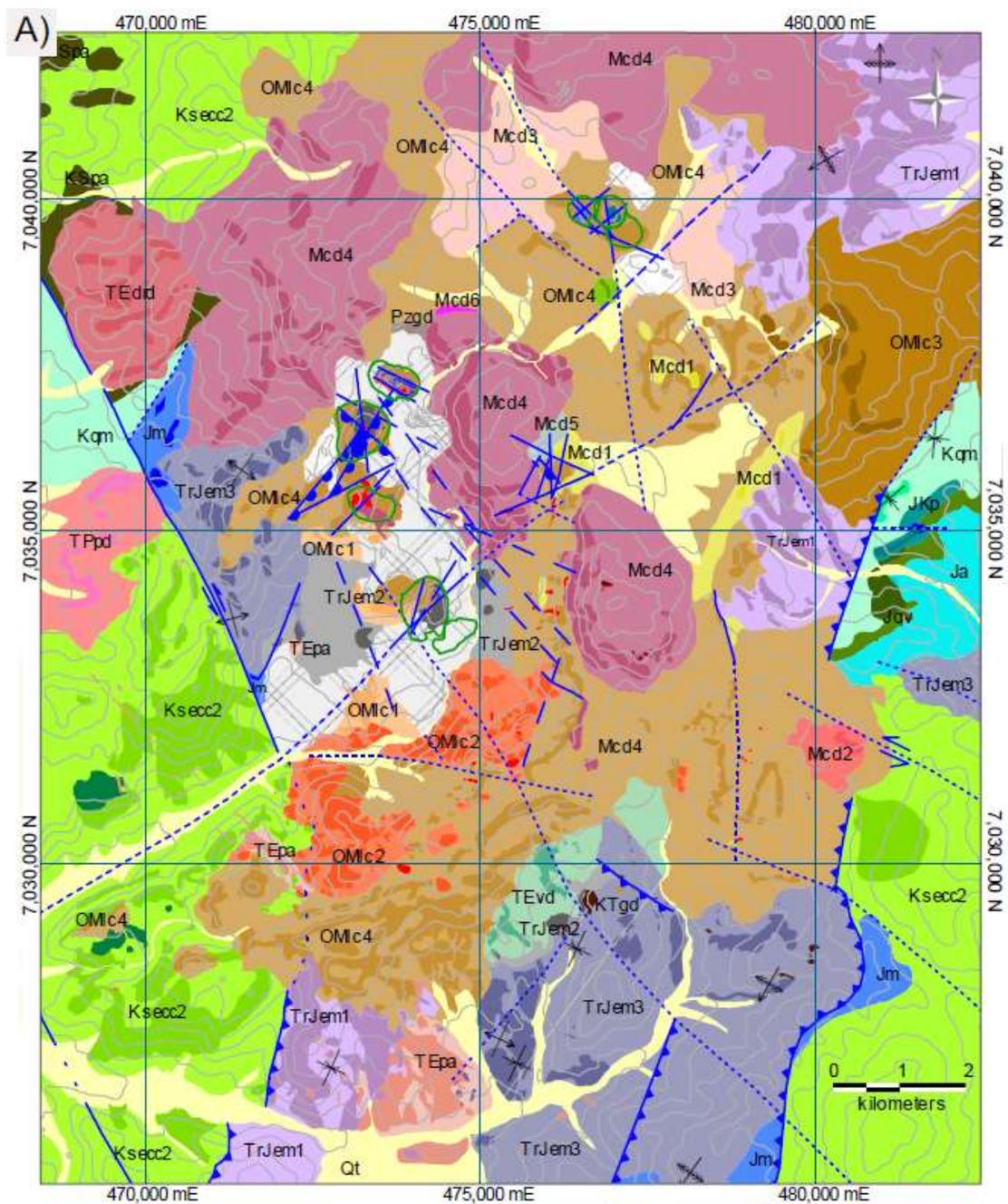


Figura 3.11 Mapa Geológico del Distrito La Coipa.

Fuente: Información interna de Kinross modificada por S. Gamonal, 2015

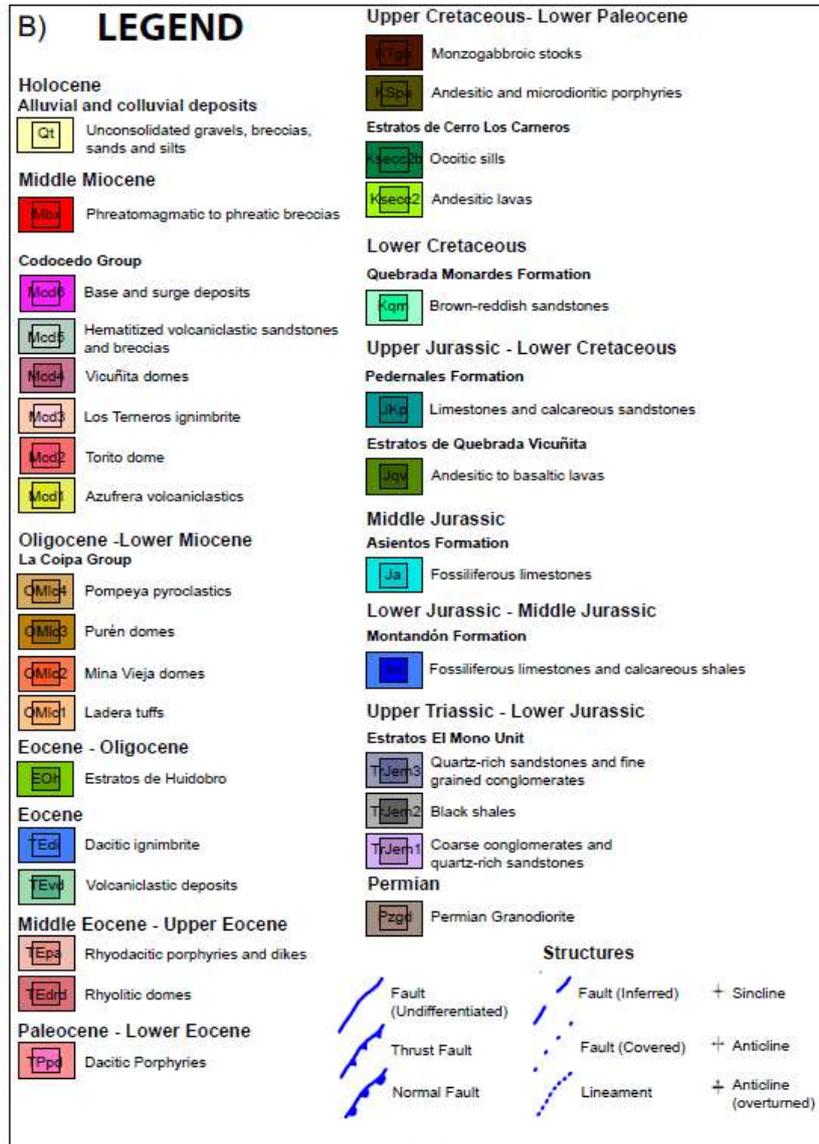


Figura 3.12 Leyenda del mapa geológico del Distrito La Coipa.  
 Fuente: Información interna de Kinross modificada por S. Gamonal, 2015.

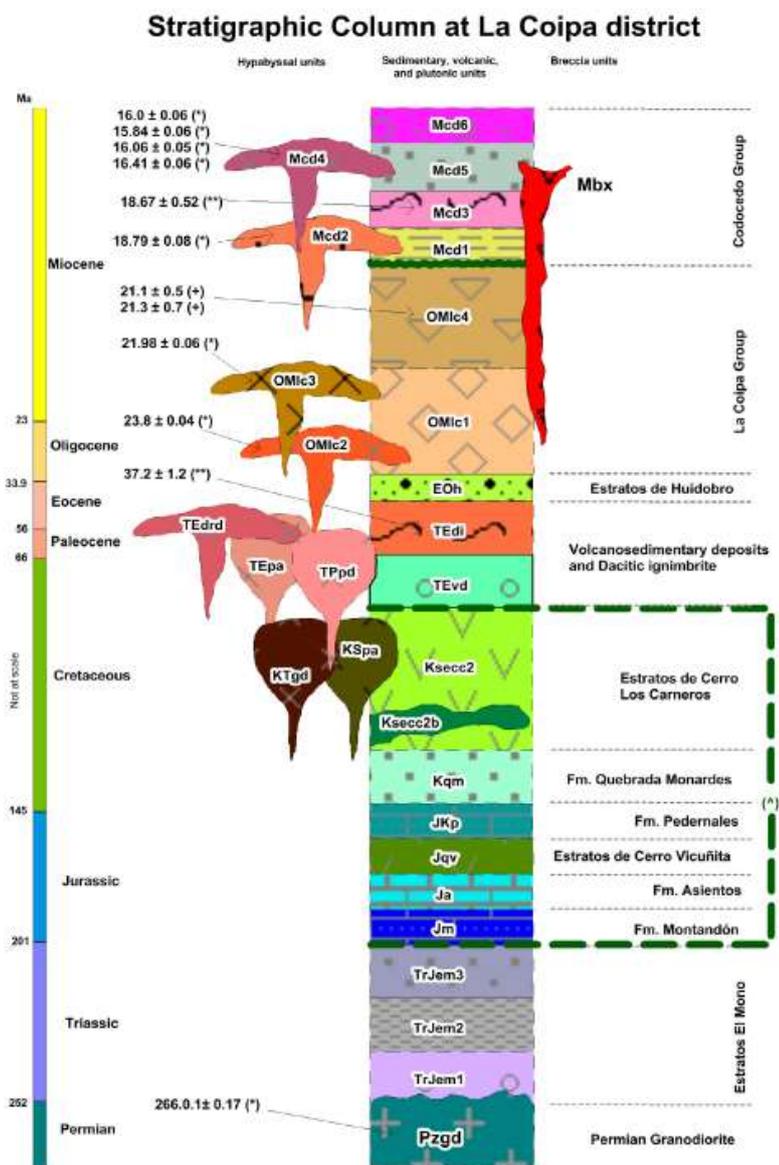


Figura 3.13 Columna Estratigráfica  
 Fuente: Volcanic Stratigraphy and Epithermal Mineralization of the La Coipa district, S. Gamonal 2015.

### 3.1.1. Paleozoico y Mesozoico

#### 3.1.1.1. Granodiorita [Pzgd]

Edad: Pérmico

La Granodiorita Pérmica (Pzgd) es una unidad intrusiva que aflora al norte del rajo de Brecha Norte (afloramiento de 200x200 m). Esta unidad también ha sido expuesta en los rajos de Brecha Norte y Coipa Norte. El mapeo histórico de sondajes indica que se trata de un stock único, cubierto por unidades más jóvenes y desplazado por fallas normales. Una no conformidad separa esta unidad intrusiva de la arenisca rica en cuarzo que sobreyace a las lutitas negras de la Unidad de Estratos El Mono (Fig. 3.15). La base de la unidad de Granodiorita Pérmica no se ha observado. La Granodiorita Pérmica es la unidad más antigua descrita en el distrito de La Coipa. Cornejo et al (1993) le asignaron una edad Paleozoica.



Figura 3.14 Granodiorita de Brecha Norte. Note la textura de la matriz.  
Fuente Propia-2016

### 3.1.1.2. Estratos El Mono

Edad: Triásico Superior- Jurásico Inferior

La secuencia de Estratos El Mono, definida por Mercado (1982) como miembro de la Formación La Ternera, comprende una secuencia sedimentaria de depósitos lacustres, fluviales y aluviales. Esta unidad consta de tres miembros, que de abajo hacia arriba corresponden a: conglomerados gruesos y areniscas ricas en cuarzo (TrJem1), lutitas negras (TrJem2) y areniscas ricas en cuarzo con intercalación de conglomerados de grano fino (TrJem3). Estos miembros se describen a continuación.



Figura 3.15 Estratos del Mono (vista al norte) en el sector de botaderos al sur de Mina Coipa, intensamente deformados (notar la presencia de pliegues y fallas de alto ángulo en la terminación de los pliegues).

Fuente Propia-2017.

- Conglomerados gruesos y areniscas ricas en cuarzo [TrJem1]

Consiste en conglomerados gruesos intercalados con areniscas de grano grueso. Este miembro basal se caracteriza por estratos de hasta 2 m de espesor de conglomerados polimícticos bien clasificados (clastos de rocas volcánicas andesíticas, rocas intrusivas, metasedimentos y calizas), clastos con matriz, de clastos redondeados de hasta 80 cm de diámetro. La roca está cementada por calcita. Los conglomerados están intercalados con areniscas de grano grueso ricas en cuarzo. La alteración más característica de esta unidad es propilítica, es decir, clorita-epidota-calcita.

- Lutitas Negras [TrJem2]

Está constituido por lutitas negras carbonosas intercaladas con niveles menores de lutitas y areniscas. Esta unidad se puede encontrar en el área central entre la Quebrada La Coipa y el área de relaves, y también es reconocida en los sondajes de Brecha Norte, Coipa Norte, Can-Can y Ladera Farellón (Figura 3.16). Cuando este miembro no está en contacto con el miembro superior de areniscas ricas en cuarzo, las lutitas negras están superpuestas de forma inexpugnable por depósitos volcánicos Terciarios.



Figura 3.16 CCN-012@60m, Lutita Negra Carbonosa.  
Fuente Propia-2018.

- Areniscas ricas en cuarzo y conglomerados de grano fino [TrJem3]

El miembro superior de la unidad Estratos El Mono está formado por areniscas de grano grueso ricas en cuarzo intercaladas con conglomerados de grano fino.

Los afloramientos de esta unidad se definen por areniscas de grano grueso a mediano con cuarzo y granos de feldespato menores intercalados con conglomerados de grano fino, que tienen clastos heterolíticos sub-redondeados a sub-angulares (que provienen de areniscas de grano fino, riolitas y de rocas intrusivas).



Figura 3.17 Intercalaciones de areniscas con lutitas negras.  
Fuente Propia-2019.

### 3.1.1.3. Formación Montandón [Jm]

Edad: Jurásico Inferior-Jurásico Medio.

Se caracteriza por ser una secuencia sedimentaria de calizas y lutitas fosilíferas carbonosas. Los marcadores de fósiles dan una edad de deposición para la Formación Montandón entre el Pliensbachiano y el Bajociano medio (Cornejo et al., 1993). El carácter marino de esta formación indica la profundización de las cuencas de la grieta continental del Triásico desarrolladas en esta región, marcando un

período definido por las transgresiones marinas que afectaron la región del arco posterior del norte de Chile (Charrier et al., 2007).



Figura 3.18 Vista de la Formación Montandon, afloramiento localizado al Oeste del Botadero de la planta.  
Fuente Propia-2012.

#### 3.1.1.4. Formación Asientos [Ja]

Edad: Jurásico Medio. Referencia: Harrington, (1961).

Corresponde a una secuencia fosilífera de calizas marinas observadas en el margen oriental del Distrito. La Quebrada Asientos se definió como una unidad de caliza fosilífera de lecho grueso intercalada con areniscas calcáreas y areniscas volcánicas (Müller y Perelló, 1982).

Las rocas de esta unidad se caracterizan por ser calizas de color marrón claro con un alto contenido de varias especies de fósiles marinos (univalvos, bivalvos y cefalópodos). Esta unidad presenta estratos homogéneos gruesos ( $> 1$  m). Ninguna alteración hidrotermal ha afectado a esta unidad. Basado en edades de fósiles

de Reineckeia y Macrocephalites, García (1967) estableció una edad de Caloviano para la Formación Asientos.

#### 3.1.1.5. Estratos Quebrada Vicuña [Jqv]

Edad: Jurásico Superior. Referencia: Cornejo et al., (1993).

Está compuesta de lavas andesíticas a basálticas. Esta unidad fue propuesta por un Curso de Geología de Campo de la Universidad de Chile (1990).

Estos estratos pueden describirse como lavas de color verde oscuro a marrón andesítico a porfirítico basáltico con abundantes vesículas. Las lavas se caracterizan por fenocristales de plagioclasa y piroxeno sumergidos en una masa marrón afanítica. Las vesículas están llenas de clorita, calcita y cuarzo. Los fenocristales se alteran completamente a clorita, epidota y montmorillonita.

Debido a su posición stratigráfica entre las secuencias de piedra caliza de las Formaciones Asientos y Pedernales, la edad de la unidad de Estratos Quebrada Vicuña está limitada entre el Caloviano y el Titoniano.

#### 3.1.1.6. Formación Pedernales [JKp]

Edad: Jurásico Superior-Cretáceo Inferior

Corresponde a una secuencia sedimentaria marina de calizas y areniscas carbonáceas. Esta unidad incluye una secuencia de areniscas verdes de 150-300 m de espesor y calizas oólicas y bioclásticas (Müller y Perelló, 1982). Esta unidad ha sido identificada

en el límite oriental del distrito, al norte de la Quebrada Caballo Muerto.

Según los marcadores fósiles, que incluyen varios tipos de Trigonía (Cornejo et al., 1993), la edad de la Formación Pedernales se asigna al Titoniano-Valanginiano. No se identificó ninguna alteración dentro de esta unidad.

La Formación Pedernales representa un entorno costero de alta energía, comenzando la transición de secuencias marinas desarrolladas durante el Jurásico a secuencias sedimentarias continentales desarrolladas desde el Cretácico.

#### 3.1.1.7 Formación Quebrada Monardes [Kqm]

Edad: Cretáceo Inferior

Secuencia sedimentaria clástica, principalmente arenosa, de color pardo rojizo, dispuesta en forma concordante sobre la Formación Pedernales y cubierta en discordancia de erosión por los Estratos de Cerro Los Carneros. Generalmente se reconocen estructuras sedimentarias como: estratificación cruzada y gradada, ondulitas, laminación paralela y grietas de secamiento. Hacia el techo de la formación se observan niveles evaporíticos.

### 3.1.1.8 Estratos de Cerro Los Carneros

Edad: Cretáceo Superior- Paleoceno Inferior

Secuencia volcánica de hasta 2000 m de espesor, descrita en el sector de Mina La Coipa y Quebrada Codocedo. La unidad se apoya en discordancia angular sobre la Formación Quebrada Monardes y es la secuencia más antigua además de estar cubierta por los Estratos de Cerro Valientes. Se pueden reconocer los siguientes miembros: (1) andesitas porfídicas medias a gruesas (Ksecc1), (2) andesitas porfídicas finas a medias (Ksecc2), (3) sills ocoíticos (Ksecc3) y (4) brechas y conglomerados andesíticos (Ksecc4).



Figura 3.19 Basalto Cretacico de Cerro amarillo.  
Fuente Propia-2013.

### 3.1.1.9 Complejos Intrusivos [KSpa]

Edad: Cretáceo Superior

Representada por pórfidos andesíticos y microdioríticos (KSpa), la unidad de Complejos Intrusivos aflora en el margen noroeste del distrito (Figura 3.11). Esta unidad corta a la secuencia volcánica de

los Estratos de Cerro Los Carneros (Ksecc2), y es, a su vez, intruido por cúpulas riolíticas (TEdrd) de la edad del Eoceno.

### 3.1.2. Paleogeno-Eoceno

La actividad magmática desarrollada durante el período Paleoceno-Eoceno está representada por pórfidos, diques hipabisales, secuencias piroclásticas y volcanoclásticas.

#### 3.1.2.1. Pórfidos dacíticos [TPpd]

Edad: Paleoceno

Referencia: Cornejo, 1998.

Pequeños “stocks” (0.5- 2 km) que ocurren en las zonas de Cerro Colorado y Cerro Vicuña. Afectados, localmente, por alteración cuarzo-sericita, presentan en parte “stockwork” de cuarzo y aureolas de rocas argilizadas.

#### 3.1.2.2. Pórfidos riodacíticos, diques riodacíticos y Pórfidos dacíticos (TPpd).

Edad: Eoceno

Cuerpos extrusivos riolíticos de notable relieve, emplazados en el dominio de fallas sinistralas NW (Quebrada Indagua, Vicuña, Cerros Bravos y Sierra San Emilio), donde intruyen a secuencias. Presentan secciones subcirculares de 1 a 3 km de diámetro, bandeamiento de flujo, diaclasamiento columnar radial, zonas superiores y marginales con láminas de foliación. Muestran alteración hidrotermal fílica (sericita-illita) y silicificación.

### 3.1.2.3. Depósitos volcanoclasticos [TEvd] e Ignimbritas Dacíticas [TEdi]

Edad: Eoceno

Esta unidad comprende una secuencia que consiste en un miembro inferior de brechas volcanosedimentarias, areniscas y un miembro superior de una ignimbrita dacítica soldada. Los depósitos volcánicos (TEvd) se observan entre el Cerro La Coipa y la Quebrada Codocedo, y también en los rajos de Purén y Ladera Farellón. (Figura 3.20).

Al sur del Cerro La Coipa, la unidad TEvd puede describirse como una secuencia semi-consolidada de brechas subhorizontales grises entrelazadas con capas de areniscas de grano grueso. Las brechas están formadas por clastos angulares heterolíticos de hasta 10 cm (derivados de rocas sedimentarias, cúpulas porfiríticas y rocas intrusivas). Los fragmentos sedimentarios son más abundantes en la parte inferior de la unidad. Estas rocas están moderadamente argilizadas a minerales esmectíticos (montmorillonita y nontronita).



Figura 3.20 Depósitos volcanoclasticos.  
Fuente Propia-2011.

La Ignimbrita Dacítica (TEdi) solo se ha observado en el núcleo de perforación entre Purén, Pompeya, Pompeya Sur y en la vertiente occidental del Cerro La Coipa. Se estima un grosor aproximadamente constante de 200 a 250 m para esta unidad. En el área de Purén, la unidad TEdi se adapta a la unidad TEvd. En Pompeya y en el Cerro La Coipa, la ignimbrita Dacítica se superpone al miembro TrJem2 de la unidad Estratos El Mono. En el área de Pompeya Sur, esta unidad se superpone a una cúpula porfirítica dacítica de edad desconocida.

Esta unidad (TEdi) se caracteriza por una textura eutaxítica con fragmentos líticos y juveniles (20% del volumen de la roca) y cristales (60% del volumen de la roca) sumergidos en una masa afanítica. Los fragmentos están representados por piedra pómez juvenil y accesorios (rocas de unidades Cretáceas). Los cristales están en su mayoría rotos e incluyen plagioclasa, biotita y cuarzo. Los cristales de plagioclasa y biotita se reemplazan parcialmente por sericita.



Figura 3.21 Toba de textura eutaxítica y de fragmentos silicificados.

Fuente: Internal Report, Comments on District Geology, Exploration and Criteria for Target Generation, F. Gaboury.

#### 3.1.2.4. Estratos de Huidobro [EOh]

Edad: Eoceno

Esta unidad comprende una secuencia sedimentaria y volcanosedimentaria de lutitas y lutitas carbonáceas finamente agrupadas entrelazadas con tobas, brechas volcánicas y areniscas.

Esta unidad surge en las perspectivas de Purén West y Atenas y también se observa en el núcleo de perforación entre Purén Fase II y Purén West. En el área de Purén, esta unidad se superpone a la Dacítica Ignimbrita.



Figura 3.22 Secuencia Volcanoclastica de Catalina y de Puren. Se observa fuerte alteración de Kaolinita en la matriz intercalado con material carbonoso.

Fuente: Internal Report, Comments on District Geology, Exploration and Criteria for Target Generation, F. Gaboury.

### 3.1.3. Oligoceno-Mioceno

La estratigrafía volcánica Oligoceno-Mioceno en La Coipa se agrupa en el Grupo La Coipa (24-21 Ma) y una serie de diferentes tipos de brechas hidrotermales y freatomagmáticas cortan estas unidades y juegan un papel importante en los procesos de mineralización.

#### 3.1.3.1 Grupo La Coipa

El Grupo La Coipa comprende una secuencia de tobas piroclásticas volcánicas y cúpulas hipabisales que constituyen la principal unidad de roca huésped para la mineralización en el distrito de La Coipa. Este grupo se ha dividido en las siguientes unidades:

### 3.1.3.2 Tobas de Ladera [OMlc1]

Comprende una secuencia piroclástica que se considera el miembro basal del Grupo La Coipa. Consiste en tobas de cristal y tobas finas de lapilli de grano. Este miembro ha sido reconocido en la parte sur del rajo Can Can, en el rajo de Ladera Farellón, en el lado occidental del rajo de Ladera Farellón y al este del área de relaves. Las tobas de Ladera están superpuestas de manera inconforme a los miembros TrJem2 y TrJem3 de la unidad Estratos El Mono. Los estratos de Tobas de Ladera, llamativos del WNW, están moderadamente inclinados, con una inclinación de 15 ° a 30 ° hacia el SW. Se estima un espesor de 150 m a partir de la exposición del afloramiento al suroeste del rajo de Ladera Farellón, así como a partir de las intersecciones con el núcleo de perforación en el área de Sofía.

### 3.1.3.3 Domos de Mina Vieja [OMlc2]

Esta unidad se ha definido como un grupo de varias cúpulas dacíticas subvolcánicas a extrusivas que se distribuyen al sur del rajo de Ladera-Farellón con ocurrencias locales en el rajo de Brecha Norte. Los afloramientos de estas cúpulas se caracterizan por una textura porfirítica con plagioclasa, hornblenda, biotita y fenocristales de cuarzo redondeado, inmerso en una masa molida gris afanita desvitrificada. Los fenocristales están constituidos por plagioclasa (20 a 50% del volumen de roca, hasta 7 mm), biotita (4 a 8% del volumen de roca), hornblenda (5% a 10% del volumen de roca) y cuarzo

redondeado (2% a 8% del volumen de roca). La masa fundamental se caracteriza por microlitos de plagioclasa + hornblenda y vidrio volcánico que en algunas muestras se ve afectado por la desvitrificación.

De acuerdo con Cornejo (1993), el emplazamiento de estas cúpulas fue favorecido por la debilidad de la corteza producida por la intersección de la Falla indagua sinestral y la Falla inversa Vega La Junta.



Figura 3.23 Domo Mina Vieja.  
Fuente Propia-2015

#### 3.1.3.4 Domos Purén [OMlc3]

Esta unidad, incluye cúpulas dacíticas que están aflorando en el margen este del distrito; al noreste del área de Purén Sur, debajo de la unidad de piroclásticos de Pompeya y en el área de Purén Sur). En el área oriental (al norte del prospecto Maritza), las Cúpulas de Purén están cortando al miembro TrJem1 de la unidad Estratos El Mono.

Los afloramientos de esta unidad se caracterizan por rocas porfiríticas de color gris claro con fenocristales de plagioclasa, hornblenda, biotita y cuarzo englobados en una masa de grano fino.

#### 3.1.3.5 Piroclastos de Pompeya [OMlc4]

Los piroclásticos de Pompeya, definidos por tobas de lapilli de grano grueso y tobas menores de ceniza y cristal, están ampliamente distribuidos por el distrito, especialmente en la parte oriental y central del distrito (Figura 3. 24). Esta unidad se caracteriza por ser una secuencia gruesa (hasta 200 m en el margen este del Cerro Amarillo) de depósitos piroclásticos débilmente soldados formados por tobas líticas intercaladas con tobas de cristal. Las tobas líticas contienen fragmentos heterolíticos (20 a 60% del volumen de la roca) de cúpulas dacíticas, unidades sedimentarias de grano fino, rocas intrusivas granodioríticas y rocas penetrantemente silicificadas. Se observan fragmentos juveniles del tamaño de cenizas con banda de flujo en el prospecto del área de Sofía. Los clastos líticos tienen tamaños promedio entre 3 y 6 cm, alcanzando en el área de Pompeya tamaños de hasta 60 cm; están sub-redondeados a sub-angulares, y generalmente mal ordenados. En el área de Purén Sur, una distintiva secuencia ignimbrítica monomictica de 3 a 4 m de espesor con un conglomerado basal de 2 m de espesor separa dos paquetes de unidades de toba lapilli.



Figura 3.24 Muestra sondaje del Proyecto Pompeya, PMP- 160 @ 178m.  
Fuente Propia-2017.

#### 3.1.3.6 Ignimbrita Los Terneros [Mcd3]

La ignimbrita de Los Terneros (Mcd3) corresponde a una unidad piroclástica que crece en la parte norte del distrito. Los afloramientos de esta unidad se caracterizan por depósitos piroclásticos rosados no soldados con líticos y cristales. Rodeados de fragmentos subangulares (40 a 60% del volumen de la roca) están representados en gran parte por clastos juveniles de piedra pómez y clastos subordinados de granodiorita, rocas subvolcánicas porfíricas, rocas piroclásticas y rocas sedimentarias de grano fino.

#### 3.1.3.7 Domos Vicuña [Mcd4]

La unidad de Domos de Vicuña cubre la región norte y central del distrito de La Coipa. Esta unidad está formada por domos extrusivos dacíticos y sus respectivos flujos de lava laterales. Estas cúpulas y flujos interfieren y cubren respectivamente el Grupo La Coipa, las rocas estratigráficamente más antiguas del Grupo Codochedo y las rocas del sótano de la unidad Estratos El Mono. En el Cerro Los

Ternereros, un afloramiento masivo de ~ 200 m en la extensión vertical sugiere un conducto vertical que alimentó un flujo lateral más extenso, que según la evidencia geológica y geofísica incluye el Cerro La Coipa.

Los afloramientos de las cúpulas de Vicuña se caracterizan por cúpulas porfíricas grises, rojas o negras con fenocristales de plagioclasa, biotita y hornblenda, inmersos en una masa de vitrea fina afanítica y localmente desvitrificada.

Estas cúpulas se pueden describir como rocas porfíricas con fenocristales de plagioclasa, hornblende y biotita, con cuarzo subordinado, que se sumergen en una masa molida vítrea y microcristalina, que en algunas muestras presenta una textura en bandas.

#### 3.1.3.8 Brechas

Se observan múltiples estilos de unidades de brecha relacionadas con procesos hidrotermales, magmáticos y freáticos en el distrito de La Coipa. Se han reconocido 3 tipos de brechas descritas a continuación:

- Brechas Freatomagmáticas

Estas brechas se caracterizan por una matriz de toba. Los fragmentos incluyen material juvenil y material de roca de caja. Los fragmentos juveniles se caracterizan por bordes irregulares, que muestran en algunos casos texturas de reabsorción. Los fragmentos

de roca de pared, que varían en tamaño entre 2 cm y 1 m, incluyen rocas dacíticas porfiríticas, roca silicificada de grano fino, fragmentos mineralizados de cuarzo vuggy y fragmentos de esquisto negro. Estas brechas tienen soporte de matriz a clasto, contienen fragmentos angulares a redondeados y generalmente están mal clasificadas y caóticas. Los contactos entre estas brechas y las rocas de la pared son comúnmente afilados.

Este tipo de brecha se observa en el rajo Can Can, en el rajo de Brecha Norte y en Pompeya. En el rajo Can Can, una brecha en forma de embudo alcanzó un diámetro máximo de 250 m en la superficie previa a la extracción. En el rajo de Can Can, la mineralización de Au y Ag se aloja principalmente en esta brecha. Según la textura de la brecha y la composición de la matriz y los fragmentos, estas brechas se interpretan como brechas freatomagmáticas. Este tipo de brecha ocurrió antes de los eventos de mineralización, actuando como una unidad favorable de roca huésped.



Figura 3.25 Brechas Freatomagmáticas de sondajes de Pompeya y Catalina Target.  
Fuente: Internal Report, Comments on District Geology, Exploration and Criteria for Target Generation, F. Gaboury.



Figura 3.26 Brecha freatomagmatica con fragmentos de Vuggy Silica.  
Fuente Propia-2011.

- Brechas de Cuarzo + sulfuro + cemento de alunita con fragmentos heterolíticos:

Estas brechas se caracterizan por piritita  $\pm$  cemento que contiene enargita que también incluye cuarzo criptocristalino  $\pm$  alunita  $\pm$  dickita  $\pm$  barita  $\pm$  pirofilita. Los niveles oxidados de estas brechas están dominados por jarosita  $\pm$  escorodita. Los fragmentos heterolíticos, que varían en tamaño entre unos pocos centímetros y hasta 2 m, son angulares, mal ordenados y con soporte de matriz a clasto.

Estas brechas se observan en diferentes depósitos, como Coipa Norte, Can Can, Pompeya, Brecha Norte, Purén Fase I, II y III. Cortan los niveles inferiores y a las rocas volcánicas del Grupo La Coipa. La mayoría de estas brechas están alojadas por brechas freatomagmaticas.

Con base en la composición de la matriz, los fragmentos, y su relación espacial y temporal con la mineralización, estas brechas se interpretan como brechas magmático-hidrotermales.



Figura 3.27 Brecha hidrotermal rellena de sulfuros masivos Pirita+Enargita+Pirofilita. Fuente: Foto supervisor de Testigoteca.

- Brecha tardía (Brecha Juvenil)

Comprende fragmentos heterolíticos que se sumergen en una matriz de polvo de roca caracterizada por finos fragmentos líticos angulares de arena fina y cuarzo, plagioclasa y cristales de biotita menores. Los fragmentos varían en tamaño entre 0.1 mm y 2 m. Están rodeados de granos subangulares, mal ordenados, caóticos y con soporte matricial. Estos fragmentos comprenden rocas alteradas hidrotérmicamente (agregados de cuarzo, rocas alteradas de sericita-cuarzo, rocas alteradas de cuarzo-alunita, tobas soldadas, cúpulas porfiríticas y metasedimentos). Los cristales están dominados por cuarzo angular (hasta 1,5 mm). Este tipo de brecha solo se ha observado en la superficie, en la parte superior del Cerro La Coipa y en un corte de camino entre los pozos abiertos de Puren

y Brecha Norte (Figura 3.29). El diámetro de estas brechas oscila entre 100 y 200m.



Figura 3.28 Brecha Juvenil DPMP-023@140m sondaje de Pompeya.  
Fuente Propia-2018.

En ambos sitios, las rocas brechadas se alteran a minerales argílicos (esmectita, nontronita, illita, caolinita). Fragmentos alterados a minerales argílicos avanzados se observan localmente. Estas brechas, al menos en el Cerro La Coipa, contienen localmente Au elevado debido a la presencia de clastos alterados hidrotermalmente. Esta brecha se considera el evento de brecha más joven y, según las relaciones transversales, se estima una edad máxima de 16 Ma para esta unidad.



Figura 3.29 Brecha juvenil cortando niveles de sedimentos volcánicos.  
Fuente Propia

### 3.2. Marco Tectónico Estructural

Las estructuras observadas en el distrito de La Coipa comprenden fallas regionales importantes y fallas locales. Las fallas locales se dividen en paralelas subsidiarias a fallas mayores y fallas de transferencia ortogonal. El plegamiento se observa en rocas de la Unidad Triásica Estratos El Mono.

Los grupos volcánicos Oligoceno-Mioceno La Coipa y Codocedo, que albergan la mayor parte de la mineralización en el distrito de La Coipa, están en su mayoría sustentados por rocas sedimentarias de la Unidad Estratos El Mono. La unidad Estratos El Mono, así como las rocas volcánicas Oligoceno-Mioceno, está limitada por fallas importantes que, en la parte central y norte del distrito, en una vista en planta, muestran una geometría en forma de V,

limitada al oeste por la falla de Indagua, y al este por la falla de Portezuelo Codocedo (Figura 3.30). En la parte sur del distrito, una orientación más NS a NNE de estas fallas (en el margen occidental la falla Indagua se fusiona con la falla Vega La Junta) coincide con la orientación regional de fallas inversas de alto ángulo que controlan la distribución de afloramientos de sótano Paleozoico a lo largo del cinturón de Maricunga (Mercado, 1982).

La Falla de Indagua, ubicada en el margen occidental del distrito, es parte de un sistema de fallas de ángulo inverso izquierdo-lateral y alto ángulo que se activó en el NW y que estuvo activo entre 42 y 39 Ma (Cornejo et al., 1993). La traza de la falla de Indagua tiene una longitud de 30 km, con su cola sur que termina en la Quebrada La Coipa. De acuerdo con Cornejo et al. (1993), el desplazamiento lateral fue mayor que el movimiento vertical (el desplazamiento vertical máximo fue de alrededor de 500 m, en comparación con un desplazamiento lateral izquierdo máximo de 3.5 km). Abels y Bischoff (1999) determinaron que el desplazamiento vertical era más joven que el desplazamiento lateral izquierdo. La Falla de Indagua buza al oeste pone al miembro de TrJem3 de la unidad Estratos El Mono en el dominio de la pared colgante en contacto con rocas Mesozoicas más jóvenes de la Formación Montandón y la unidad Estratos de Cerro Los Carneros en la pared del pie dominio. Abels y Bischoff (1999) sugirieron que estas fallas orientadas al NW utilizaban zonas de debilidad estructural pre-andina de nivel cortical medio a profundo, que según la reconstrucción paleotectónica del continente

sudamericano, corresponden a la misma orientación de la grieta marina y continental. Las cuencas desarrolladas durante el Triásico (Charrier, 1979).

La falla de Indagua se fusiona hacia el sur con la falla de empuje de ángulo alto vergente al oeste de la vega NNE Vega La Junta. La zona de transición entre estas fallas está cubierta por rocas sin deformar de la unidad de piroclásticos de Pompeya. La relación temporal con los piroclásticos de Pompeya, junto con la aparición de diques de Eoceno orientados al NW limitado por la falla Vega La Junta, sugiere que la deformación a lo largo de esta falla tuvo lugar entre 39 y 21 Ma (Abels y Bischoff, 1999). Esta falla pone al miembro superior del Jurásico inferior del Triásico inferior del TrJem1 de la unidad Estratos El Mono en la pared colgante en contacto con las lavas Cretáceas de la unidad Estratos de Cerro Los Carneros en la pared del pie. Prolongada hacia el sur durante aproximadamente 27 km (Mercado, 1982), la falla Vega La Junta corresponde a un sistema regional de fallas de empuje de ángulo alto de impacto NNE que elevaron los bloques de sótanos Paleozoicos a lo largo del cinturón de Maricunga (Abels y Bischoff, 1999; Cornejo et al., 1993).

La falla de empuje Portezuelo Codocedo, de alto ángulo y sorprendente ángulo NNE, pone rocas de la unidad Estratos El Mono en el muro colgante en contacto con rocas Mesozoicas más jóvenes en la pared del pie. Esta falla, expuesta de forma discontinua a más de 27 km del norte al sur está cubierta por rocas Terciarias de la unidad de piroclásticos de Pompeya. Las fallas de deslizamiento lateral izquierdo orientadas al NW observadas en esta área

sugieren un desplazamiento lateral izquierdo de la falla de Portezuelo Codocedo (Cornejo et al., 1998).

Las estructuras locales están representadas por fallas orientadas a NW, NNW, NE y NS. La mayoría de estas estructuras se mapean como fallas de ángulo alto con desplazamientos verticales con movimiento normal o inverso, presentando en algunos casos evidencia que sugiere ambos tipos de movimientos durante los períodos de reactivación. El conjunto de fallas más ampliamente distribuido corresponde a las estructuras orientadas al NW. Estas fallas están asociadas con el sistema lateral izquierdo de deslizamiento del Eoceno, que fue reactivado como fallas conjugadas durante el emplazamiento del Grupo La Coipa (Oligoceno superior-Mioceno inferior). En este segundo período, predominaban los movimientos verticales

El plegamiento mayor se observa solo en las secuencias sedimentarias Mesozoicas. Un evento de contracción de probable edad del Cretácico inferior afectó a estas rocas sedimentarias, especialmente a los miembros menos competentes TrJem2 y TrJem3 de la unidad Estratos El Mono. Los anticlinales y sinclinales orientados a NE a escala de distrito marcan la deformación principal de estas rocas. De acuerdo con Arriagada et al. (2013), pliegues asimétricos que terminan en fallas inversas de ángulo alto; que se observaron en el miembro TrJem2, son indicadores de la inversión temprana del Cretácico de las cuencas Jurásico-Triásico.

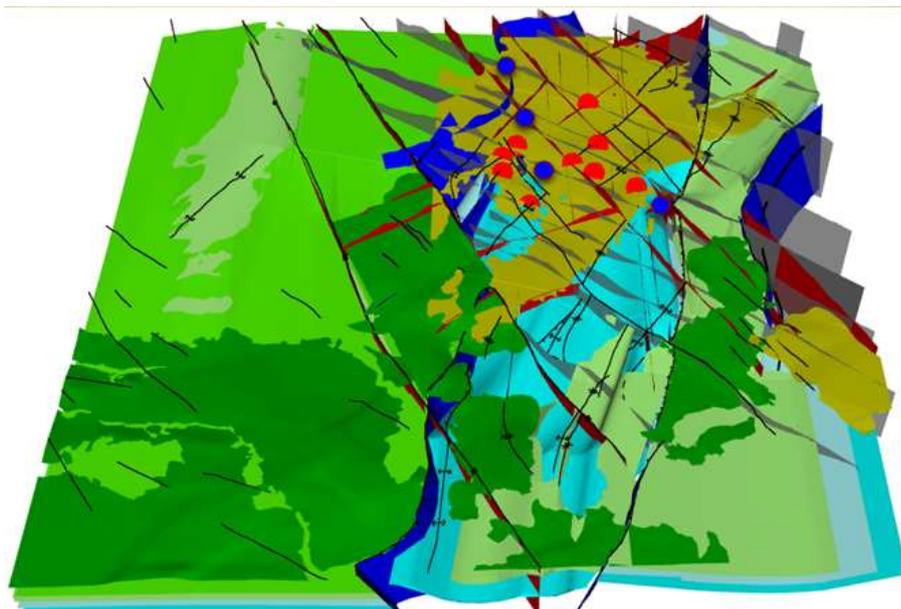


Figura 3.30 Modelo estructural, círculos rojos corresponden a depósitos y proyectos conocidos.  
Fuente: Reporte Interno, Estudio Geológico-Estructural 3D Distrito La Coipa, C. Arriagada, 2013.

### 3.3. Alteración y Mineralización

El distrito La Coipa tiene una extensión areal de 15 x 10 km y contiene mineralización epitermal de Au-Ag en vetas profundas controladas estructuralmente en lutitas competentes y en forma diseminada en la secuencia superior de rocas volcánicas.

Actualmente el distrito La Coipa está dividido en tres bloques con orientación NNW. Se acepta que estos tres bloques están separados por fallas NW, implicando que niveles de erosión pueden ser diferentes entre los bloques.

El bloque oeste está disectado por la erosión y expone una porción de cuarzo oqueroso mineralizada bajo la capa de alteración “steam-heated”. El bloque este, con una menor erosión, expone los límites de la cubierta de alteración

“steam-heated”. El bloque central, poco alterado, comprende mayoritariamente domos dacíticos (Corbett, 2009).

El bloque occidental, comprende los depósitos Brecha Norte, Coipa Norte, Can Can, Portezuelo y Farellón. Todos estos depósitos se caracterizan por presentar asociaciones típicas de ambiente epitermal de alta sulfuración con un fuerte control estructural en la mineralización. Oviedo et al. (1991) y Cecioni et al. (1992) estudiaron los depósitos Coipa Norte, Ladera-Farellón y Can Can, coincidiendo en los siguientes puntos: (1) la mineralización en profundidad esta canalizada (lutitas Triásicas), y se disemina cerca de la superficie (en rocas volcánicas), (2) las alteraciones dominantes son silicificación, alteración argílica avanzada (alunita - caolinita  $\pm$  dickita - cuarzo), argílica intermedia (illita - esmectita  $\pm$  sericita), encontrándose la clásica zonación de ambiente epitermal y (3) la existencia de una zonación anormal en la razón Au/Ag que disminuye hacia la superficie. Respecto a la mineralogía de mena, destacan el oro nativo y la cerargita (AgCl), encontrándose plata nativa, embolita (Ag(ClBr)), iodargirita (AgI), electrum (Au, Ag), argentita (Ag<sub>2</sub>S) y argentojarosita (Ag<sub>3</sub>Fe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>). Bornita, calcopirita, calcosina, covelina, enargita, tetrahedrita, galena y esfalerita son encontrados en los sondajes profundos en zonas no oxidadas de Ladera-Farellón y Coipa Norte.



Figura 3.31 Cerro La Coipa, se observa niveles de steam heated y sílice opalina que sellan el sistema hidrotermal.  
Fuente Propia

En el bloque oriental están las azufreras de Codocedo y Purén (representando la paleosuperficie) lo que indica que la erosión ha sido mínima. Además, se encuentra la mina Purén y los prospectos Purén West, Pompeya, Maritza. Corbett (2009) indica que Purén presenta alteración del tipo alta sulfuración y mineralización de Au-Ag, la que evoluciona a características de baja sulfuración, con presencia predominante de pirita, esfalerita, tenantita y menor cantidad de galena junto con carbonatos (rodocrosita), lo que corresponde a las características de un depósito epitermal de sulfuración intermedia (o de metales base-carbonatos según la clasificación de Corbett (2002)). Pompeya por otra parte presenta características de un depósito epitermal de alta sulfuración con ledges de cuarzo-alunita, incluyendo intervalos de cuarzo oqueroso, bajo una zona de alteración steam-heated con horizonte de ópalo que representa el paleonivel freático.



Figura 3.32 Alteración Vuggy Silica: sondaje DPMP-091 tramo 231,4-231,5 m. La alteración afecta a clastos y matriz de una roca probablemente correspondiente a la Brecha Freatomagmatica con textura fragmental original. Las oquedades tienen forma irregular y algunas están rellenas con pirita.

Fuente Propia

Recientemente en Purén West se ha observado la existencia de un pórfido dacítico de grano grueso o relativamente fino y una brecha tobácea polimíctica. Tanto el pórfido dacítico como la brecha tobácea presentan alteración argílica avanzada pervasiva. En Purén Sur, existe una presencia importante de “ledges” con cuarzo-alunita con valores bajos de oro y plata, los cuales contienen abundante marcasita y pirita, junto con estados tardíos de baja temperatura con azufre nativo y oropimente. La alteración grada hacia fuera a la asociación cuarzo - pirofilita - caolinita con menor cantidad de sulfuros de hierro, azufre nativo y oropimente. En contraste un poco más al sur, en Pompeya, los “ledges” están compuestos de cuarzo oqueroso con valores altos de oro y plata y un ensamblaje rico en sulfuros incluyendo enargita.

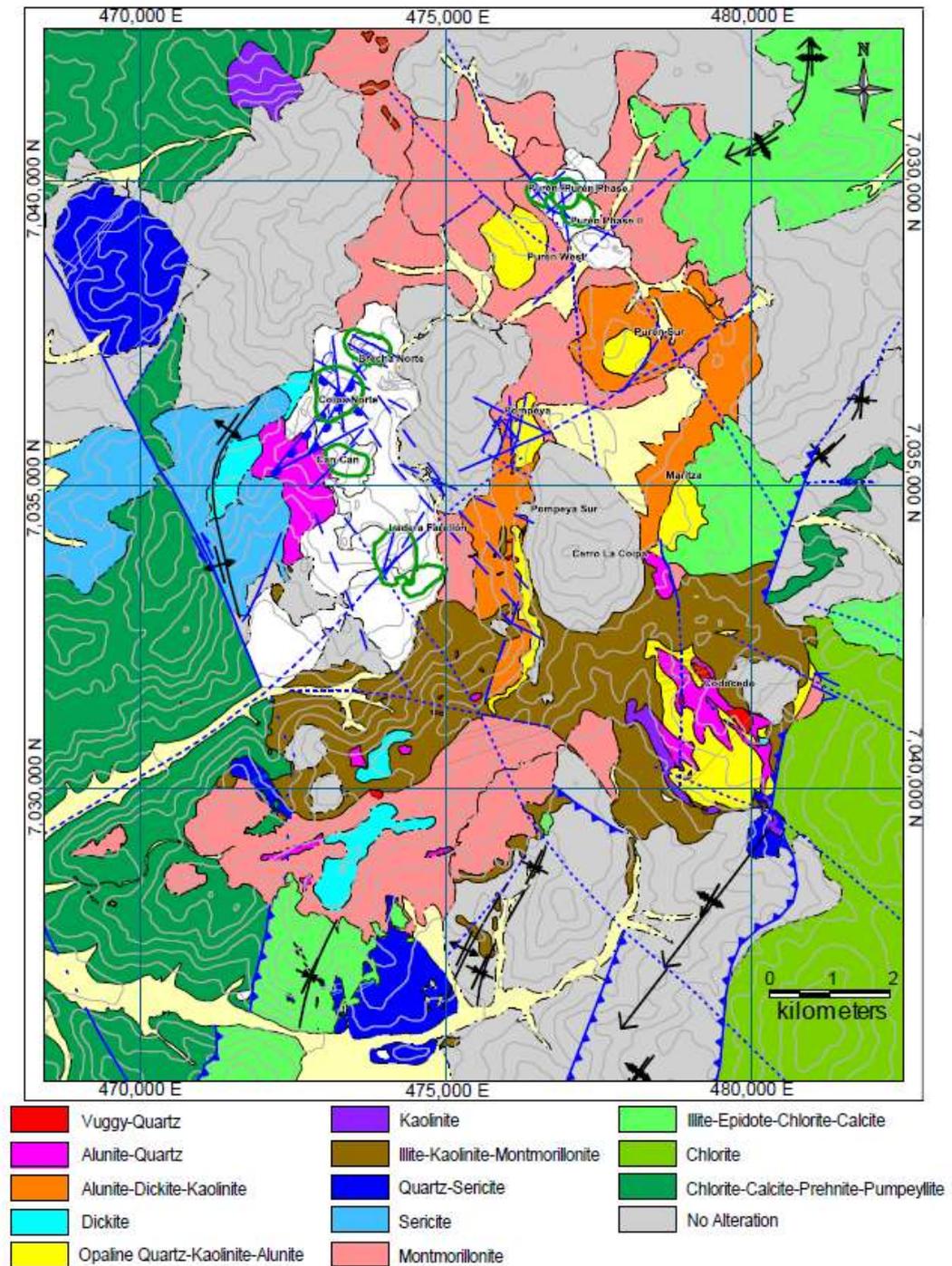


Figura 3.33 Mapa de alteración del Distrito La Coipa. La alteración esta basado en el mapeo de sondajes, terraspec y vuelo hyperspectral (Kinross 2007).

Fuente: Información interna de Kinross modificada por S. Gamonal, 2015

### 3.1. Depósitos Epitermales.

Actualmente en el Distrito de La Coipa se han descubierto 7 depósitos: Ladera Farellon, Coipa Norte, CanCan, Portezuelo, Brecha Norte, Puren y Pompeya.

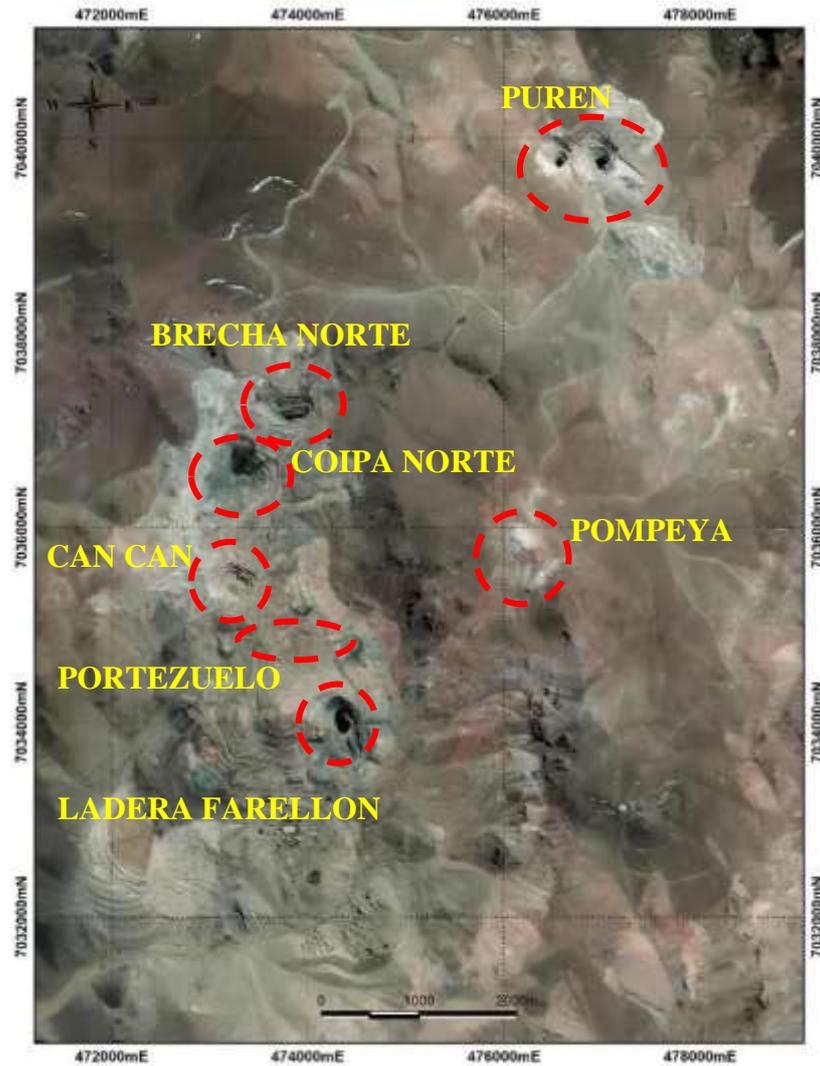


Figura 3.34 Mapa de ubicación de los depósitos epitermales de La Coipa. Fuente: Información interna de Kinross.

### 3.4.1. Ladera Farellón

El depósito Ladera Farellón corresponde al primer rajo abierto desarrollado en el distrito de La Coipa. Las unidades litológicas observadas en este depósito consisten en un dominio masivo del miembro de la unidad Estratos El Mono, que está cubierto por las tobas Ladera y los miembros piroclásticos de Pompeya del grupo La Coipa. Las estructuras principales observadas en el tajo abierto incluyen fallas normales de alto ángulo con impacto de NNE a NE. Estas fallas controlan la mineralización de Au-Ag, que ocurre como dos cuerpos de mineral N-strike desarrollados en el dominio volcánico superior y más permeable. En el miembro inferior de lutitas negras, la mineralización económica está restringida a alimentadores subverticales, vetas y almacenes locales, mientras que una vez que estos mismos alimentadores alcanzan las unidades volcánicas Terciarias suprayacentes, se convierten en mineralización diseminada controlada litológicamente. Los grados económicos de plata están restringidos a la secuencia volcánica superior, mientras que los grados económicos de oro se distribuyen en ambos dominios. Cabe señalar que, aunque la mineralización en el miembro de lutitas negras está controlada por estructuras subverticales, es común observar vetas de enargita + pirita + cuarzo paralelas a la estratificación. Los cuerpos minerales muestran una zonificación concéntrica de alteración con cuarzo vuggy y cuarzo + alunita  $\pm$  pirofilita en las rocas mineralizadas centralmente y caolinita distal + illita en la secuencia superior de rocas volcánicas. El nivel de

oxidación, que coincide aproximadamente con el contacto entre rocas volcánicas y sedimentarias, marca el fondo del mineral extraído en este depósito.



Figura 3.35 Contacto de rocas volcánicas y sedimentarias intruidos por brechas freatomagmaticas. Fuente Propia-2010.

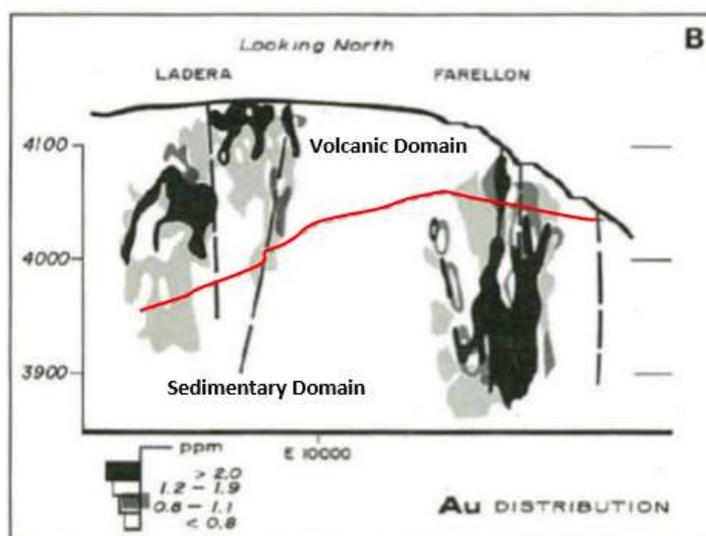


Figura 3.36 Sección muestra la distribución de alteración y mineralización en el depósito de Ladera Farellon. Fuente: General Geology of La Coipa Precious Metal Deposit, Atacama, Chile, Luis Oviedo.

### 3.4.2. Can Can

Can Can se extrajo durante su primera etapa como una operación subterránea a lo largo de estructuras de alimentación de alto grado alojadas en las unidades sedimentarias del Triásico subyacentes, y hubo una fase posterior a cielo abierto desarrollada en mineralización diseminada alojada en la secuencia volcánica Terciaria suprayacente. El depósito Can Can consiste en un cuerpo mineral vertical que se inclina abruptamente hacia el este, que está espacialmente asociado con una brecha freatomagmática que actuó como una roca huésped favorable para brechas hidrotermales y fracturas posteriores que transportaron fluidos mineralizados. Este segundo episodio se caracteriza por un stock de sílice negra + alunita y vetas (Ceccioni y Dick, 1992). La brecha freatomagmática, controlada por dos fallas normales que afectan al NE, aumenta de diámetro una vez que alcanza el nivel superior de las unidades de Tobas de Ladera y Piroclastos de Pompeya. La falla occidental de golpe NE presenta también un movimiento lateral izquierdo de deslizamiento. Las estructuras secundarias con orientación NS también se observan en este depósito (Ceccioni y Dick, 1992). La alteración hidrotermal exhibe un dominio de cuarzo vuggy en la brecha freatomagmática más permeable, que concentra una alta proporción de la mineralización. En el nivel inferior de la unidad de piroclásticos de Pompeya, existe un dominio de tipo lente subhorizontal con mineralización de oro y plata que se desarrolló

en una unidad fragmentaria más permeable. La alteración hidrotermal se desarrolla ampliamente en el dominio volcánico superior, con variaciones subhorizontales de alunita, dickita o caolinita-illita como la especie dominante para cada nivel de esta intensa alteración argílica avanzada.



Figura 3.37 Vista desde el mirador de Can Can.  
Fuente Propia-2018.

### 3.4.3. Coipa Norte

El depósito de Coipa Norte se caracteriza por un yacimiento subvertical alojado en brecha controlado por dos fallas normales de NE que chocan al NE de manera abrupta. En este hoyo también se observan abruptamente fallas normales que se buzan NW y NNW. Con una litología similar al depósito Can Can, en el depósito Coipa Norte una brecha freatomagmática actuó como un conducto favorable para fluidos mineralizadores posteriores que precipitaron oro y plata en brechas

hidrotermales múltiples y estrechas (escala de centímetros) cementadas por cuarzo + sulfuros + alunita. La brecha freatomagmática, que introdujo el miembro TrJem2 de la unidad Estratos El Mono y el miembro Piroclastos Pompeya del Grupo La Coipa, se ve afectada por la penetrante alteración del cuarzo vuggy y la alunita + cuarzo. Las rocas proximales al mineral del sótano sedimentario se alteran a alunita + pirofilita en el dominio occidental, mientras que la caolinita + ilita son más abundantes en el dominio oriental. Las rocas volcánicas en el nivel superior se alteran a montmorillonita. La mineralización de alto grado muestra una forma cilíndrica subvertical con plata concentrada en el nivel superior y oro distribuido homogéneamente a lo largo del yacimiento. Brechas freatomagmáticas más pequeñas (diámetro <10m) observadas en la parte oriental no están mineralizadas.



Figura 3.38 Vista desde el Mirador de Coipa Norte.  
Fuente Propia-2018.

### 3.4.4. Brecha Norte

El depósito Brecha Norte muestra una distribución compleja de unidades de roca, que muestran deformación y desplazamiento a lo largo de dos fallas normales sub-paralelas que bajan abruptamente el NW. La parte inferior del rajo de Brecha Norte está ocupada por la granodiorita Pérmica, que está cubierta por los miembros TrJem2 y TrJem3 de la unidad Estratos El Mono. Las cúpulas dacíticas con abundantes fenocristales de cuarzo se asignan a la unidad Mina Vieja. Las fallas orientadas al NW originaron un graben que controlaba el emplazamiento de una brecha freatomagmática que, como se ha observado en los otros depósitos, actuó como una roca huésped favorable para los fluidos mineralizados posteriores. La brecha freatomagmática alberga la mineralización de Au y Ag, las partes inferiores de la Granodiorita Pérmica se alteran selectivamente a illita + caolinita.



Figura 3.39 Vista de Becha Norte.  
Fuente Propia-2018.

#### 3.4.5. Purén

El depósito de Purén comprende tres fases, de las cuales dos (Fase I y Fase III) han sido explotadas hasta la fecha. Las estructuras observadas en estos depósitos consisten en fallas de impacto pronunciado NW, NS y NE, desde las cuales los movimientos normales parecen controlar el emplazamiento de rocas de la unidad Eoceno Estratos de Huidobro y unidades subsecuentemente más jóvenes. Las rocas del depósito de Purén están representadas por una secuencia subhorizontal que, de abajo hacia arriba, consiste en depósitos volcánicos, una ignimbrita dacítica de 200 m de espesor, rocas sedimentarias de grano fino, brecha volcánica, sedimentos de grano fino y una unidad de lapilli-toba superior.

Esta secuencia es intruida por brechas hidrotermales que se desarrollaron mejor en la fase III a cielo abierto. Aquí, la alteración dominante es cuarzo vuggy + dickita. Alrededor de estos cuerpos de brecha, el cuarzo y el cuarzo + illita son la alteración característica de las unidades volcánicas. Un nivel más reactivo que se interpreta para los sedimentos inferiores de grano fino de la unidad de Estratos de Huidobro permitió el desarrollo de lentes con mineralización estratiforme (principalmente zinc y plomo, pero con una extensa mineralización de plata) caracterizada por una sílice negra y sulfuros de grano fino principalmente pirita (marcasita) además de esfalerita y galena. Las rocas huésped distales se alteran a caolinita en la parte

superior y montmorillonita en la parte inferior. La parte superior de estos depósitos está cubierta por una alteración calentada por vapor asociada espacialmente con las tobas de lapilli. Este horizonte ácido es interpretado por la geocronología y las relaciones transversales como producto del flujo de fluido lateral pre-mineral que probablemente se originó en el área de Purén Sur, y que actuó como una trampa para los fluidos hidrotermales posteriores. El nivel calentado por vapor se caracteriza por sílice opalina + alunita + caolinita.

La mineralización en los depósitos de Purén indica dos estilos diferentes: un dominio hospedado en brechas estructuralmente controlado en el pit de Fase III, y un estilo más diseminado y controlado litológicamente en los sectores de Fase I y II. En el primer caso, los sulfuros son pirita y ocurrencias locales de enargita. En el segundo caso, la pirita acompañada de esfalerita y galena son dominantes.

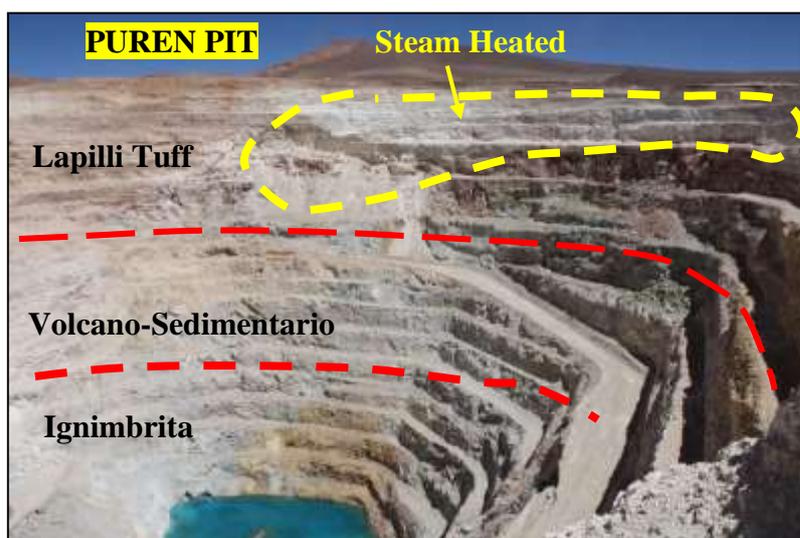


Figura 3.40 Vista del rajo de Purén, Fase I  
Fuente: Presentación Corbett La Coipa 2009

#### 3.4.6. Pompeya

Pompeya es un clásico yacimiento del tipo epitermal de alta sulfidización emplazado en un ducto relleno por múltiples brechas freatomagmáticas y posiblemente por rocas piroclásticas moderadamente soldadas. La mineralización de Au-Ag está asociada con la alteración vuggy silica y alteración argílica avanzada, que incluye cuarzo-alunita-dickita-pirofilita. Múltiples ledges silíceos (o alimentadores) infrayacen al horizonte de vuggy silica. La mineralización muestra tres zonas: de base a techo presenta mineralización de sulfuros con piritita - enargita (- famatinita – covelina ± oropimente), en secuencia paragenética, una zona mixta y una zona de oxidación en la que destaca jarosita (- hematita y goethita).

Pompeya es el primer depósito del tipo HS descubierto en el distrito que se desarrolla en un sistema de diatrema – maar - borde domo.

Las reservas de Pompeya alcanzan los 4 Moz de oro equivalente. 1.5 Moz se encuentran oxidadas y el resto en sulfuros. El potencial al sur del cuerpo principal, se estima en otros 4 Moz en sulfuros.

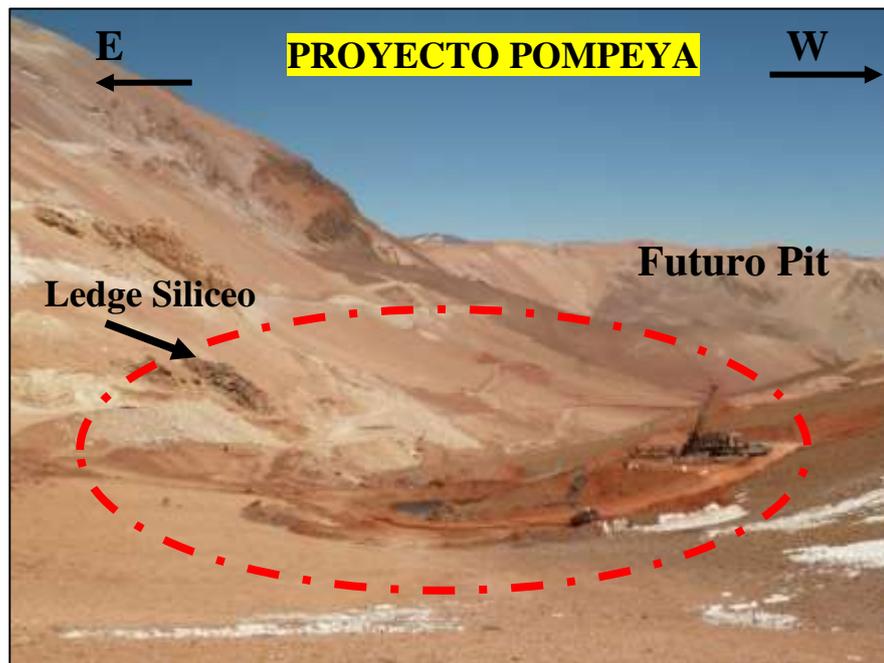


Figura 3.41 Vista al Sur en el centro el depósito de Pompeya.  
Fuente Propia-2011.

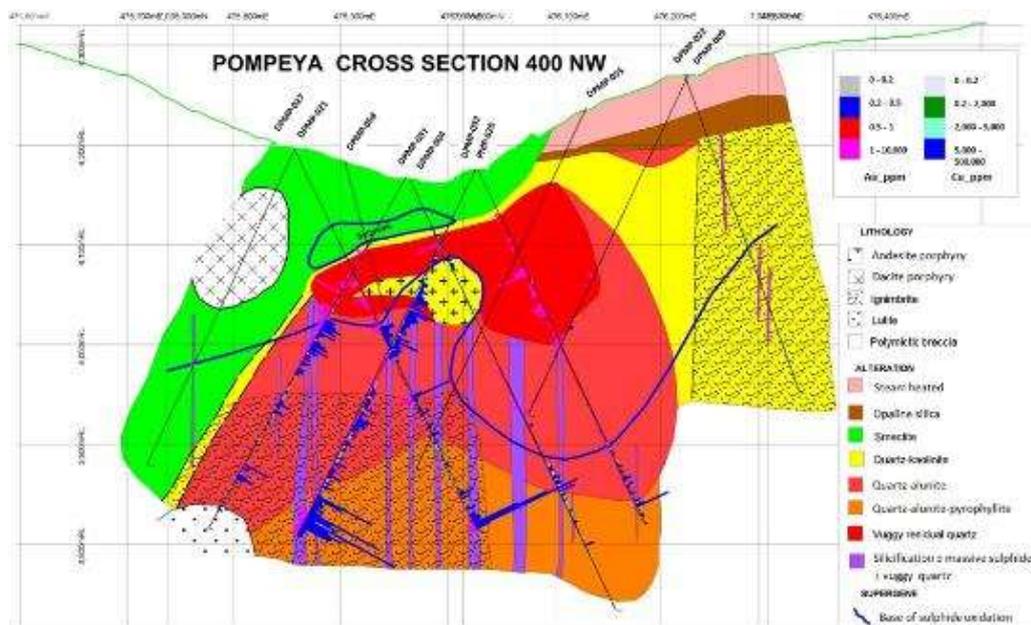


Figura 3.42 Sección 400NW con interpretación de litología, sector Pompeya.  
Fuente: Comments on the Pompeya Geological Model and Vally and Soledad Exploration.  
Richard Sillitoe, 2012. A report prepared for Minera Kinross Chile Ltda.

## CAPITULO IV

### CRITERIOS DE EXPLORACIÓN

#### 4.1. Perforación

En la década pasada se privilegió la perforación RC método más económico, pero sin mucha captura de información. Durante los años 2010-2019 se desarrolló un fuerte avance con perforación diamantina totalizando alrededor de 162,135m durante estos años en todo el distrito. Los pozos DDH nos permitieron ayudar a entender mejor la geología del distrito así mismo buscar guías de exploración o patrones de búsqueda. Durante la ejecución de los pozos antes mencionados han participado muchas empresas de sondajes en tiempos distintos, concurrentemente con un máximo de tres empresas. La descripción de las sondas utilizadas está resumida en la Tabla 5.1. En los pozos diamantinos en general se privilegió la perforación en diámetro HQ (63,5 mm), aunque algunos pozos debieron ser reducidos a diámetro NQ (47,6 mm) para asegurar la profundización de los sondajes cuando se encontró con problemas de terreno.

Los pozos de aire reverso se perforaron con martillo y tricono, en diámetros de 5<sup>3</sup>/<sub>4</sub>”, 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>”, 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub>”, 5<sup>3</sup>/<sub>8</sub>”y 5<sup>5</sup>/<sub>8</sub>”.

La gran mayoría de los sondajes perforados en el distrito alcanzó profundidades en torno a los 400 m.

Compañía	Máquina	Tipo Perforación	Capacidad	Herramientas Perforación
Foraco	Boart Longyear LF-90	Diamantina	600 m	Corona HQ
			950 m	Corona NQ
Foraco	Schramm T-685WS	Aire Reverso	750 m	Tricono
				Martillo
Geotec	Ingersoll Rand TH75E	Aire Reverso	750 m	Tricono
				Martillo
Terraservice	Drilltech S40 KX	Aire Reverso	500 m	Tricono
				Martillo
Wolf Drilling	Boyles 56A	Diamantina	700 m	Corona HQ
			1000 m	Corona NQ

Tabla 5.1 Compañías de Sondaje y equipos Utilizados. Fuente: Base de datos Kinross.

#### 4.1.1. Mapeo Geológico

Las cajas de testigos se trasladan a la muestrera donde el testigo es fotografiado digitalmente; se marca la unidad de soporte cada dos metros, se registra la recuperación asociada y se efectuó el mapeo geotécnico y geológico de detalle, a través de geólogos y técnicos de empresas contratistas especializadas.

El mapeo geológico fue registrado posteriormente con una descripción detallada de litología, estructuras, alteración y mineralización, identificando minerales de mena y estado de oxidación, según protocolo (Anexo 1).

Cada sondaje fue integrado en una carpeta donde además de los registros de mapeo mencionados, se incluye una ficha de

recomendación de perforación, certificado de coordenadas finales, registro de medición de trayectoria del pozo, reportes de control en la sonda y los reportes de perforación de la empresa de sondajes. Toda la información con escritura manual de cada pozo fue escaneada y almacenada en el servidor de exploraciones.

#### 4.1.2. Recuperaciones de Diamantina y Aire Reverso

Las recuperaciones de los pozos diamantinos fueron registradas de dos maneras:

- Taco a Taco, registrado por el controlador junto con el RQD en el report interno, al momento de la perforación, Esta recuperación es posteriormente revisada por el supervisor en la muestrera, elaborándose una nueva hoja de recuperaciones y RQD, que para cada pozo diamantino o mixto, fue almacenada en la carpeta del sondaje. Estos datos no fueron ingresados en una base de datos acQuire.
- Por soporte analítico. Durante el mapeo geotécnico del sondaje, una vez finalizada la regularización al soporte analítico, el geólogo geotécnico nuevamente media la recuperación y RQD ajustada al soporte. Este dato fue ingresado a una base de datos junto con el mapeo geotécnico del pozo.

Los pesos de cada uno de los rechazos de aire reverso seco, y muestras húmedas segregadas por el ciclón hidráulico, fueron registrados por el controlador en el reporte de perforación interno de los pozos de aire

reverso. Los diámetros y herramientas de perforación fueron registrados en el reporte del contratista y eventualmente en el reporte interno. Una base de datos de pesos y tipo de muestra (seca v/s húmeda) es almacenada en una base de datos (acquire). Al finalizar esta y estando disponibles los resultados de peso específico de las probetas, se calculó la densidad de cada muestra según la combinación de litología y alteración de esta, respecto a las densidades aparentes medias de las probetas, también segregadas según la combinación de litologías y alteración.

#### 4.1.3. Levantamiento de Collares

Para establecer los puntos de perforación, ubicar las sondas y registrar coordenadas finales de sondajes, se contó para la mayoría de los pozos con un equipo de Topografía externo (Tiffi Ltda.) y para el resto con equipo del departamento de Exploraciones o de Topografía Mina La Coipa. Una vez determinados los puntos de sondeo por el equipo de Geología Exploraciones, se realizó el replanteo en terreno mediante el uso de equipo GPS Magellan 500 (Tiffi Ltda.), GPS Trimble Yuma (Geología Exploraciones) o GPS Trimble R48 (Topografía Mina La Coipa), se estableció marca de azimuth en la plataforma mediante uso de los mismos equipos y según eso se fueron instalando las sondas en las diferentes posturas. También lo habitual fue chequear la disposición del sondaje a una decena de metros de perforación mediante Estación Total Leica TS02 (Tiffi Ltda.). Finalmente, una vez terminada la

perforación, se tomó coordenadas definitivas de collar con los equipos GPS de Tiffi Ltda. o de Topografía Mina La Coipa. Las bocas de pozo quedaron monumentadas con tubería de PVC en una base de yeso.

#### 4.1.4. Levantamiento de Inclinación

Las mediciones son realizadas mediante giroscopio, midiendo hasta el final de pozo o una decena de metros antes. Las estaciones de medición se fijaron cada 10 m, con una secuencia de verificación a la salida del pozo cada 50 m. Las empresas involucradas fueron Comprobe (para la mayoría de los pozos), Wellfield Services (televiwer) y Core Mining.

Los instrumentos de medición son calibrados regularmente, mediante procedimientos internos de cada empresa. Los resultados fueron recepcionados tanto en versión digital, la que fue alimentada directamente en la base de datos, como en certificado final papel para documentación.

## 4.2. Geofísica

El levantamiento aeromagnético (MAG) y un levantamiento (ZTEM) se realizaron sobre La Propiedad de La Coipa entre los meses de junio a septiembre de 2010.

Los datos aeromagnéticos se recogieron a una distancia entre líneas de 100 metros y se realizó una inversión de MVI utilizando celdas de 100 metros en los dos tercios del sur de la cobertura aeromagnética (Ellis, 2013).

Se identificaron bajos de amplitud de susceptibilidad relativa sobre algunos depósitos como Brecha Norte, Coipa Norte, Can Can, Portezuelo y Ladera Farellón que se atribuyen en parte a la alteración, pero esta firma no fue identificada en Pompeya y Catalina.

ZTEM se voló a una distancia entre líneas de 300 metros (mayor altitud que el magnetismo para obtener una adecuada penetración, pero requiere un espacio de vuelo más amplio). Se realizó una inversión 2D de los datos ZTEM (Geotech) en 2010 y una inversión 3D realizada (Condor Consulting) en 2012/2013. Los depósitos en La Coipa son pequeños, por lo que los datos ZTEM de líneas de 300 metros pueden no ser adecuados resolver anomalías de silicificación (alta resistividad) asociadas con alteraciones hidrotermales y mineralización. Por ejemplo, Pompeya tiene una silicificación extensa e intensiva, pero produjo una anomalía ZTEM muy pequeña y relativamente débil. Además, Ladera Farellón comprende un gran cuerpo silicificado, pero no se registra en los datos ZTEM.

#### 4.3. Geoquímica

Durante las últimas décadas se han realizado diversas campañas de muestreo geoquímico con diversos métodos de muestreo y diversos tipos de análisis.

Una breve compilación y análisis describe cerca de la superficie resultados débiles en oro y altos valores en arsénico y plata.

Debido a la baja información de datos geoquímicos y por no ser representativo no se incluye en este trabajo.

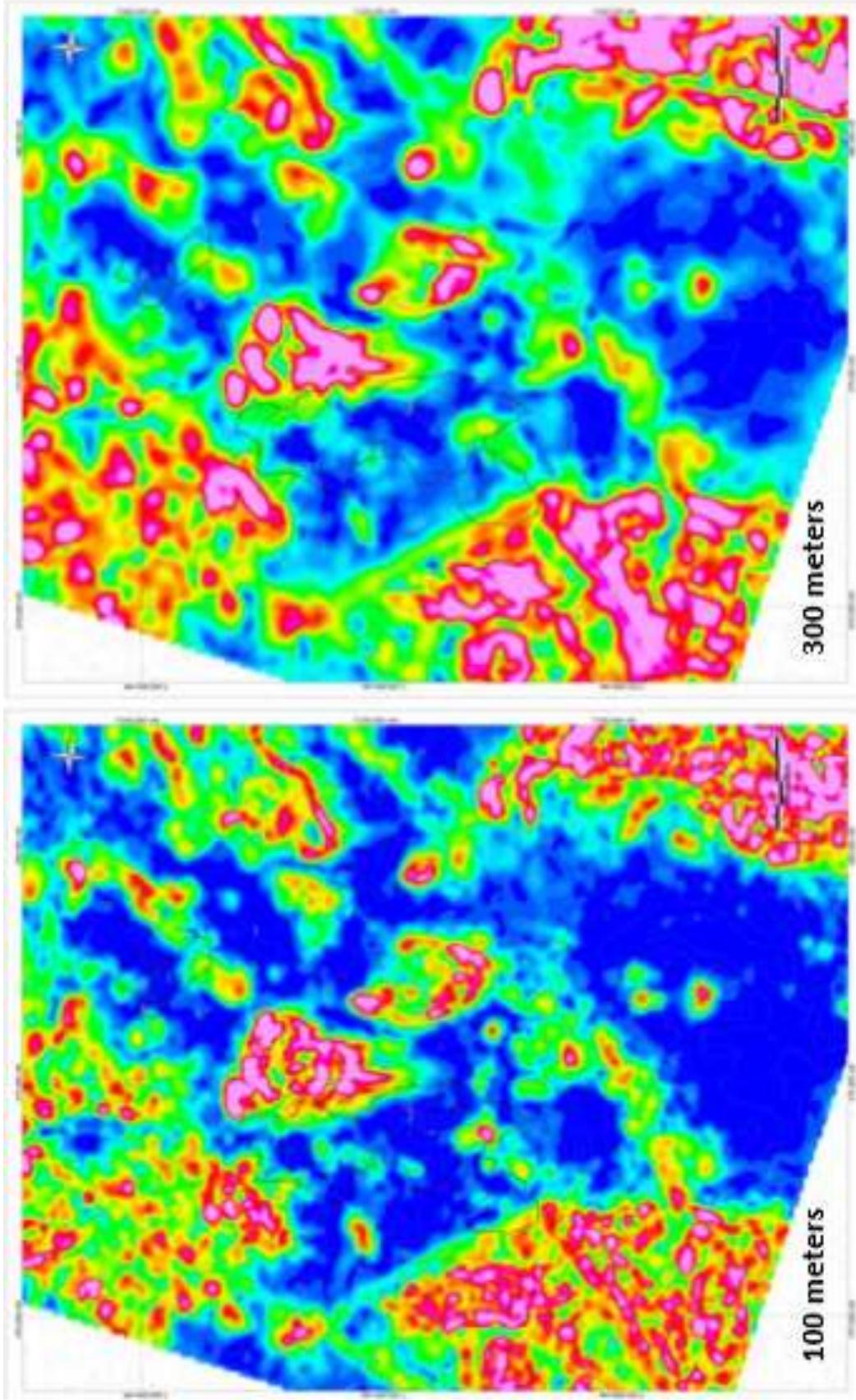


Figura 4.43 Imagen aeromagnetica de La Coipa mostrando margenes de graben al oeste y al este. Alencamiento NW son muy evidentes y corresponden a los domos postmineral. Fuente: Reporte Interno. Review of Geophysical data for the La Coipa Project, B. Ellis.

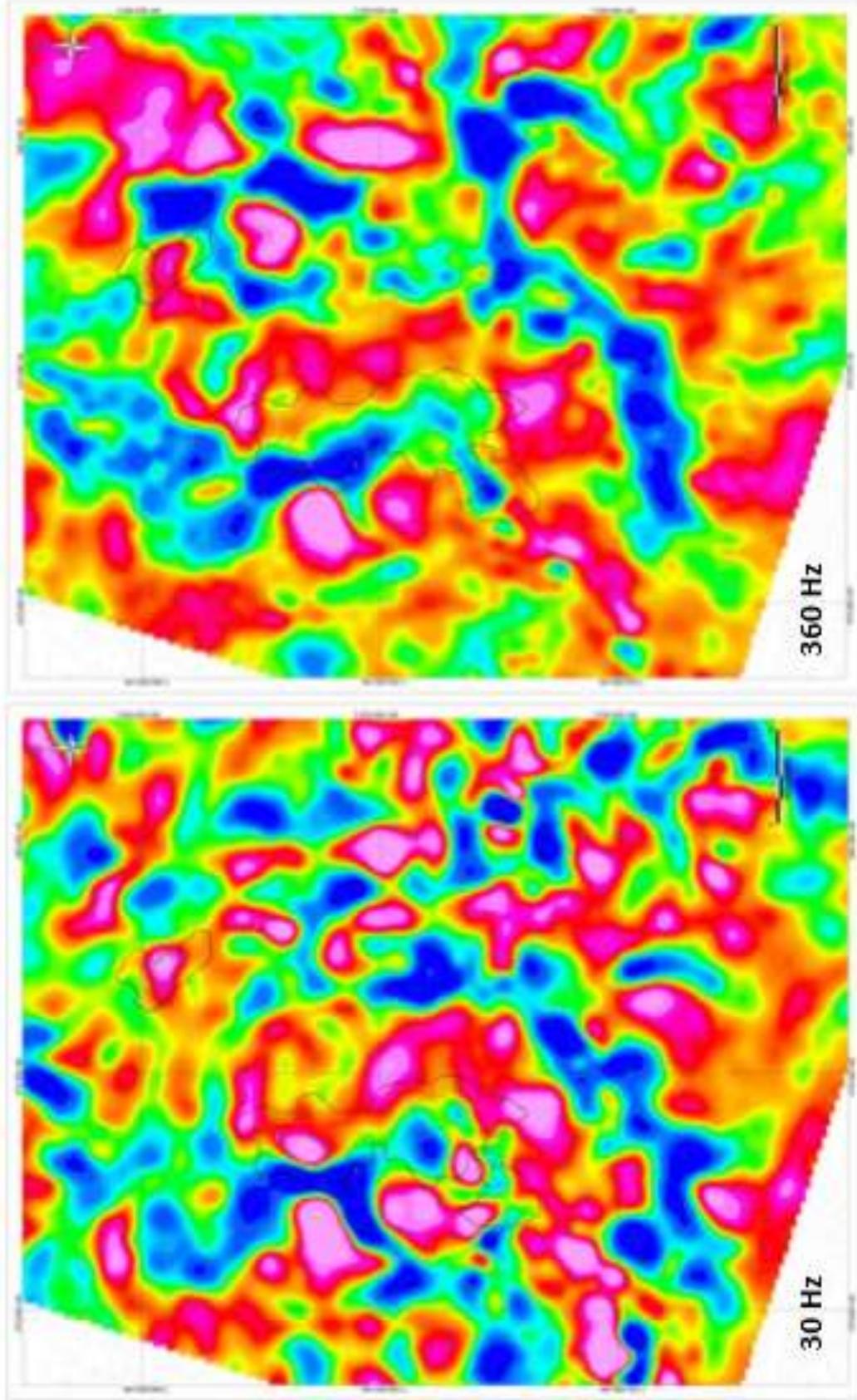


Figura 4.44 ZTEM se correlaciona fuertemente con la topografía. Fuente: Reporte Interno. Review of Geophysical data for the La Coipa Project, B. Ellis.

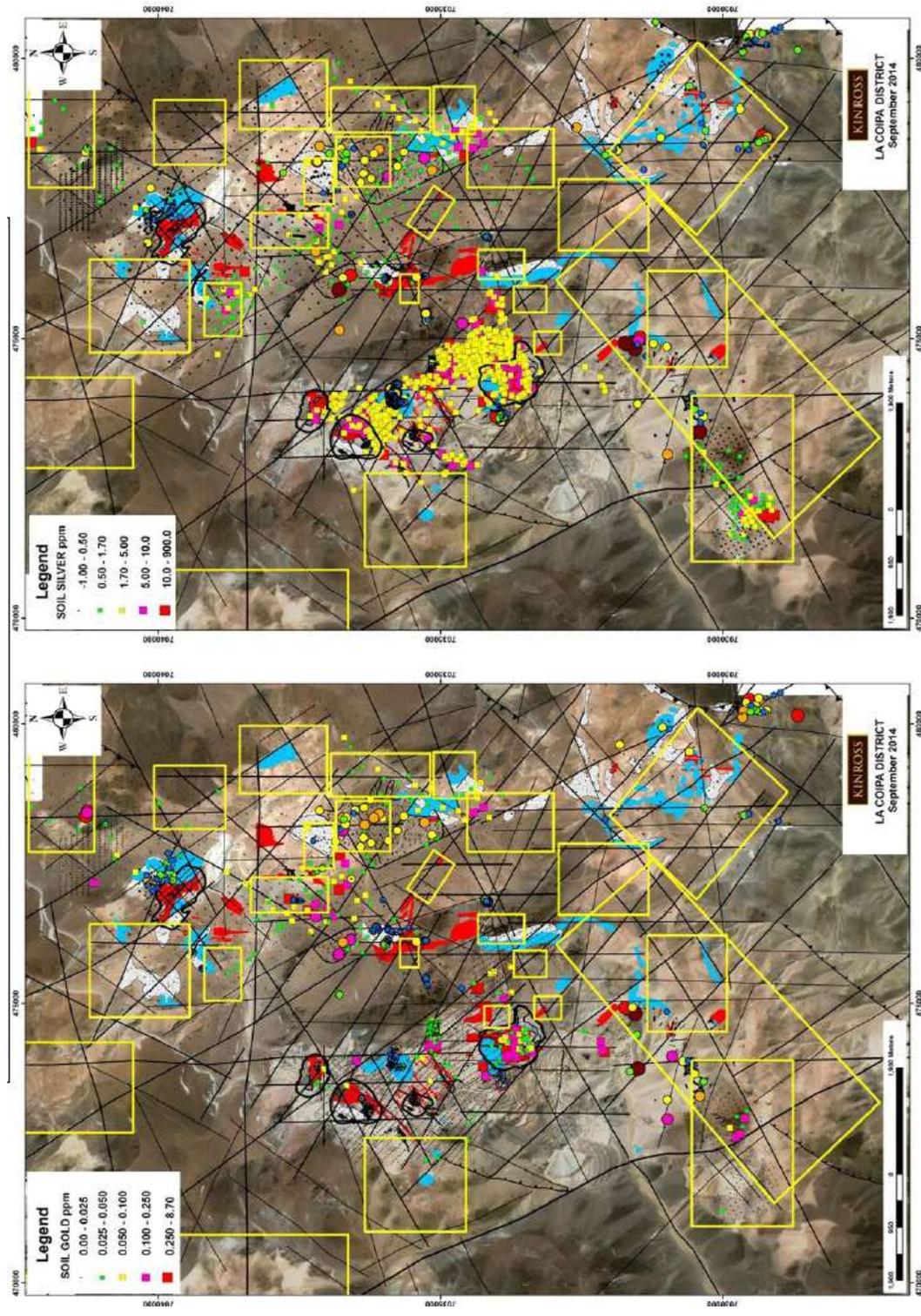


Figura 4.45 Planta muestra resultados geoquímicos de suelo y Rock Chip de Au (izquierda) y Ag (derecha). Fuente: Reporte Interno. Review of exploration and Targeting at La Coipa. R. Jamielita.

## CONCLUSIONES

- El Distrito Minero de La Coipa alberga en la franja Oeste depósitos epitermales de alta sulfuración, hospedados en el basamento sedimentario (lutitas y areniscas) y sobreimpuestos por unidades volcánicas, en función de lo expuesto se confirma que La Coipa es un clúster de yacimientos epitermales de Au-Ag.
- Descubrimientos en la Franja Este (Deposito de Pompeya descubierto en el 2011 y Catalina en el 2012), hospedados principalmente en rocas volcánicas y brechas freatomagmáticas Miocénicas justifican su exploración.
- El entendimiento de la geología distrital y el correcto mapeo de sondajes diamantinos apoyan la vectorización de los cuerpos mineralizados.
- Las bases de datos geológicas son herramientas de consulta permanente en todas las etapas de los procesos de exploración geológica, por ello su existencia y actualización son de vital importancia.
- La revisión de data histórica es un proceso necesario para la validación de los modelos geológicos, las cuales son actualizadas con data obtenida en el presente.

- La geofísica y el empleo de instrumentos basados en el análisis de firmas espectrales son soporte importante en la exploración de depósitos minerales.
- En base a la búsqueda de archivos históricos en papel se encuentran certificados de leyes, informes históricos y reportes de Minera Chevron de un target llamado Cerro El Toro en la Concesion Minera de Astroy Rey (Compañía Minera Maricunga activo de Kinross) ubicado a 12Km al SE de La Coipa; dicha información se digitaliza y se realizan visitas exploratorias al sector no siendo de interés por parte de la compañía en ese momento y por no contar con los recursos disponibles.

## RECOMENDACIONES

- Revisión de información histórica de sondajes de las zonas mineralizadas (correlación de leyes, litología, alteración y mineralización).
- Actualización de los modelos geológicos de los depósitos con la nueva información, desde campañas de relageo de los diferentes targets.
- Validar los mapeos con el protocolo de muestreo vigente empleando tecnologías basadas en análisis de firmas espectrales, prestando atención especial en el mapeo de brechas freatomagmáticas.
- Elaborar el protocolo para el empleo de X-REF.
- Revisar los mapeos de los Pits, para validar y obtener mayor información estructural, alteración y mineralización.
- Revisar y correlacionar las dataciones en rocas intrusivas, volcánicas y fluidos hidrotermales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cecioni, A. y Dick, L. (1991). Geología del Yacimiento Can Can, Distrito de Maricunga, Región de Atacama, Chile. En Ernesto Perez d'A (Ed.), *6to Congreso Geológico Chileno* (pp 697-699). Santiago de Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería.
2. Cornejo, P. y Mpodozis, C. (1994). Estratovolcanes y domos coalescentes del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior en la Franja de Marcunga: los sistemas Cerros Bravos-Esperanza y La Coipa. *7º Congreso Geológico Chileno* (pp 13-17). Concepción: Universidad de Concepción. Recuperado de [https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/7166pp13\\_17.pdf](https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/7166pp13_17.pdf)
3. Cedeño Landaeta, I.L. (2000). *Petrografía, Mineralización, Alteración y Microtermometría en Domos de los Complejos Volcánicos La Coipa y*

4. *Vicuñita, Copiapó, III Región, Chile.* (Memoria para optar al título de Geólogo). Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción.
5. Gamonal Martínez, S.E. (2015). *Volcanic Stratigraphy and Epithermal Mineralization of the La Coipa district, Maricunga belt, Chile.* (A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the faculty of graduate and postdoctoral studies). The University of British Columbia.
6. Mpodozis, C., Cornejo, P., Kay, S. y Tittler, A., (1995). La Franja de Maricunga: síntesis de la evolución del Frente Volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los andes Centrales. *Revista Geológica de Chile*, 21, 273-313. Recuperado de <http://www.andangeology.cl/index.php/revista1/article/download/1489/1741>
7. Oviedo, L., Fuster, N., Tschischow, N., Ribba, L., Zuccone, A., Grez, E., y Aguilar, A. (1991). General Geology of La Coipa Precious Metal Deposit, Atacama, Chile. *Economic Geology*, 86,1287 -1300. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.959.822&rep=rep1&type=pdf>
8. Rivera, O. y Mpodozis, C. (1991). Volcanismo explosivo del Terciario inferior en la Precordillera de Copiapó, Región de Atacama, Chile. Las calderas Lomas Bayas y El Durazno. *Congreso Geológico Chileno* N° 6 (pp

- 213-216) Viña del Mar. Recuperado de <http://sigeo.sernageomin.cl/website/sigeo/Documentos/Productos/resumenes/BSN005918.pdf>.
9. Sillitoe, R., Edwin M. y Vila, T. (1991). Reconnaissance K-Ar Geochronology of the Maricunga Gold-Silver Belt, Northern Chile. *Economic Geology*; 86, 1261-1270. Recuperado de <https://pubs.geoscienceworld.org/segweb/economicgeology/article-abstract/86/6/1261/20953/Reconnaissance-K-Ar-geochronology-of-the-Maricunga?redirectedFrom=fulltext>
10. Sillitoe, R. (2004). Review of Geological Model for the Purén Epithermal Gold-Silver Deposit, northern Chile. Copiapó. A report prepared for Codelco Chile.
11. Sillitoe, R. (2010). Comments on La Coipa and Lobo-Marte Brownfield Exploration and the Lobo Marte Geological Model. Copiapó. An internal report prepared for Minera Kinross Chile Ltda.
12. Sillitoe, R. (2011). Comments on Quebrada Valiente, La Coipa, Vally and Escondido Exploration programmes and The Lobo-Marte Geological Model. Copiaó. An internal report prepared for Minera Kinross Chile Ltda.

13. Sillitoe, R. (2012). Comments on the Pompeya Geological Model and Vally and Soledad Exploration. Copiapó. An internal report prepared for Minera Kinross Chile Ltda.
14. Sillitoe, R. (2014). Comments on Geology and Exploration of the Catalina and Pompeya Sur Gold-Silver Prospects, La Coipa District, Chile. Copiapó. An internal report prepared for Minera Kinross Chile Ltda.

ANEXOS

## ANEXO N°1

### PROTOCOLO DE MAPEO DETALLADO DE SONDAJES DE DIAMANTINA Y AIRE REVERSO

#### 1. OBJETIVO

El propósito del siguiente documento es establecer un método sistemático de recolección de datos geológicos requeridos para el mapeo o logeo de sondajes de diamantina y aire reverso, de manera de caracterizar las distintas unidades geológicas a través de planillas definidas para cada tipo litológico. Estas planillas han sido diseñadas para la obtención de parámetros aptos para ser modelados de manera independiente y eficiente. Para el mapeo de detalle se utilizarán tablas definidas para rocas coherentes, rocas clásticas, y cuerpos de mineralización masiva. El mapeo de sondajes incluye distintas capas de información tales como litología, alteración, mineralización y estructuras.

## 2. SOPORTE DE MAPEO

El mapeo geológico de sondajes se realizará mediante el módulo DH-Logger del programa Fusion. Cada geólogo responsable del mapeo de sondajes se encargará de habilitar, editar y devolver cada pozo mapeado, utilizando los módulos Fusion Client y DH-Logger.

## 3. MAPEO TIPO QUICK-LOG, SONDAJES DE DIAMANTINA

Previo al mapeo de detalle de cada sondaje de diamantina, se realizará un mapeo simplificado (quick-log) cuyo principal objetivo será la definición de las unidades litológicas mayores o principales (codificadas en la tabla HOLE\_INTERVAL), además de una caracterización simple de los tipos de alteración y mineralización. Para el caso de la litología, el propósito del quick-log es establecer los contactos de las unidades litológicas para luego ser descritas, dependiendo de su textura, en las planillas de rocas coherentes, rocas clásticas o en la planilla de mineralización masiva (ver Capítulo 4). Como este paso se realiza previo al corte del testigo, y en caso que el testigo se encuentre orientado, se deben medir los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  de planos geológicos tales como contactos, estratificación, vetillas principales, etc. En el anexo 1 se adjunta planilla para quick-log.

## 4. MAPEO DE SONDAJES DE AIRE REVERSO

Para el mapeo de sondajes o intervalos de sondajes de tipo aire reverso se obtendrá una sub-muestra representativa constituida por chips de roca

almacenados en una caja de chips y/o en una bolsa de aproximadamente 50 gramos. Ambos tipos de muestras se colectarán durante el último cuarteo realizado en la plataforma de perforación. Para este tipo de muestra se utilizarán las mismas tablas o planillas consideradas para el mapeo de sondajes de diamantina, llenando solo los campos posibles dada la naturaleza fragmentada de la muestra de aire reverso.

## 5. MAPEO LITOLÓGICO

Una vez definidos durante el quick-log los tramos de cada unidad litológica, se debe realizar la descripción detallada en las planillas correspondientes de acuerdo a la textura y/o naturaleza de la unidad, agrupándose en rocas coherentes, rocas clásticas y cuerpos de mineralización masiva. Es importante mantener y chequear la duplicidad de los tramos definidos en la tabla HOLE\_INTERVAL. En las planillas de mapeo de detalle, el nombre descriptivo de cada litología debe ser ingresado en la columna Descriptive Name, y debe ser el mismo a la litología ingresada en la tabla HOLE\_INTERVAL. Para incorporar en esta nueva estructura de mapeo los datos históricos de pozos perforados anteriormente, se incluye la columna Historic Name para códigos litológicos utilizados en esos datos, siendo homologados aquellos códigos afines a la nueva lista de litologías (ver anexo x). Una vez realizado el mapeo y el modelamiento del pozo, existe un campo opcional para ingresar la unidad o formación a la cual se asigna cada litología (columna Formation).

## 5.1 Rocas Coherentes

Se definen como rocas coherentes aquellas litologías caracterizadas por una textura holocristalina, hipocristalina u holohialina constituida por cristales y/o vidrio abarcando de manera homogénea la totalidad de la superficie rocosa. Esta clasificación se utiliza para rocas ígneas intrusivas, hipabisales e ígneas extrusivas lávicas.

La tabla de rocas coherentes incluye campos texturales, relaciones de contacto, y parámetros descriptivos para los cuatro minerales principales. A continuación, se detalla la estructura de la tabla de rocas coherentes:

Color: Corresponde al color principal de la unidad.

Base Texture: Corresponde a la textura de la roca basada en el tamaño real y relativo de los cristales y/o vidrio. Presenta las siguientes opciones:

Equigranular	EQ
Porphyritic	PORPH
Aphanitic	APHAN
Altered	ALT
Unknown	UNK

Lithofacie: Corresponde a la textura o fábrica de la roca originada por el proceso ígneo de formación de cada roca. Incluye las siguientes opciones:

Flow Banded	FB
Glassy	GLS
Vesicular	VES
Amygdaloidal	AMYG
Massive	MS
Eutaxitic	EUTX

Matrix grain size: Este campo describe el tamaño dominante de la matriz y/o cristales. Incluye las siguientes opciones:

Aphanitic_<0.1mm	aphan
Fine-grained_0.1-1mm	f
Medium-grained_1-5mm	m
Coarse-grained_5-30mm	c
Very coarse-grained_>30mm	vc

Mineral (1 a 4): En estos campos se ingresan los minerales formadores de roca, disminuyendo la abundancia desde el Mineral 1 hasta el Mineral 4 dependiendo de los minerales presentes. Para el distrito La Coipa, se consideran los siguientes minerales: Cuarzo, Plagioclasa, Hornblenda y Biotita.

Mineral (1 a 4) %: Corresponde al porcentaje en superficie/volumen total de roca.

Mineral (1 a 4) Size: Corresponde al tamaño máximo en mm de cada especie mineral.

Mineral (1 a 4) Shape: En este campo se describe la forma de los cristales. Incluye las siguientes opciones:

Anhedral	ANH
Euhedral	EUH
Subhedral	SBH
Rounded	RNDD
Acicular	ACI

Contacts: Este campo se utiliza para describir el contacto basal de cada unidad. Incluye las siguientes opciones:

Sharp	SP
Sharp - grainsize change (chilled)	SPC
Gradational	GR
Diffuse - Indistinct	DF
Brecciated	BR
Structural	ST
Irregular	IR
Broken	BKN
Unknown	UNKN
Altered	ALT

Lithogroup: El objetivo de este campo es restringir el nombre descriptivo de la unidad, diferenciando entre un nombre extrusivo (ej. Andesita) de uno intrusivo (ej. Diorita). Consta de las siguientes opciones:

Phaneritic	PHAN
Aphanitic	APHAN

Base Code: Corresponde al nombre composicional de unidades ígneas.

Presenta las siguientes opciones:

Gabbro	GBR
Granodiorite	GRD
Monzodiorite	GMD
Rhyolite	RHY
Rhyodacite	RDAC
Dacite	DAC
Andesite	AND
Basalt	BAS
Altered	ALT

Descriptive Name: Corresponde al nombre final de cada unidad, y combina el código basal (composición) con el tamaño de los cristales. Incluye las siguientes opciones:

Equigranular Gabbro	IEGB
Equigranular Granodiorite	IEGR
Porphyritic Monzodiorite	IPMZ
Coarse-grained porphyritic Dacite	CGPD
Medium-grained porphyritic Dacite	MGPD
Fine-grained porphyritic Dacite	FGPD
Coarse-grained quartz- porphyritic Dacite	CGQD
Porphyritic Andesite	EPAN
Porphyritic Basalt	EPBS
Porphyritic Rhyodacite	IPRD
Porphyritic Rhyolite	IPRH

Historic Name: Este campo es exclusivo para los datos históricos de pozos realizados antes del año 2016.

Formation: Corresponde a la unidad o formación a la cual se asigna cada unidad litológica. Las formaciones o unidades para rocas coherentes, definidas en Gamonal (2015), pueden ser:

Permian Granodiorite	Pzgd
Estratos Quebrada Vicuña	Jqv
Estratos de Cerro Los Carneros	Ksecc
Complejos Intrusivos	KSpa
Codocedo Gabbro	KTgd
Monzodioritic porphyritic dykes and stocks	KTgd
Dacitic Porphyries	TPpd
Rhyodacitic Porphyries	TEpa
Rhyolitic Dome	TEdrd
Dacitic Ignimbrite	TEdi
Mina Vieja Domes	OMlc2
Purén Domes	OMlc3
Torito Dome	Mcd2
Vicuña Domes	Mcd4

Comments: Este campo se dispone para incluir observaciones que no encajan en los campos descritos anteriormente.

## 5.2 Rocas clásticas

Se definen como rocas clásticas aquellas litologías conformadas por fragmentos o clastos de origen distinto o similar a la matriz y/o cemento en la cual están inmersos. En este grupo se incluyen rocas sedimentarias, ígneas, metamórficas y brechas de origen magmático, hidrotermal y freático.

La tabla de rocas clásticas incluye campos para descripción de texturas y dominios tales como clastos, matriz y cemento. A continuación, se detalla la estructura de la tabla de rocas clásticas:

Color: Corresponde al color principal de la unidad.

Fragment Size: Este campo se utiliza para indicar el tamaño promedio mayoritario de los fragmentos de cada unidad. Se divide en las siguientes opciones:

Gravel (>4mm)	GRVL
Sand (0.062-4mm)	SAND
Silt and Clay (<0.062 mm)	SC

Composition: Corresponde a la variabilidad de composición de los clastos, incluyendo las siguientes opciones:

Monomictic	M
Polymictic	P
Bimictic	B

Fragments %: Corresponde al porcentaje de los fragmentos en el volumen/superficie total de la roca.

Fragment (1 a 2) Shape: Este campo se utiliza para definir la forma de los clastos o fragmentos. Incluye las siguientes opciones:

Tabular	TAB
Blocky	BLKY
Equant	EQNT
Splintery	SPL
Wispy	WSP
Irregular	IRR
Ameboid	AMB
Altered	ALT
Unknown	UNK

Fragment (1 a 2) Angularity: Corresponde a la angularidad de los fragmentos.

Incluye las siguientes opciones:

Rounded	R
Sub-Rounded	SR
Sub-Angular	SA
Angular	A
Rounded to Sub-Rounded	RSR
Rounded to Sub-Angular	RSA
Rounded to Angular	RA
Sub-Rounded to Sub-Angular	SRSA
Sub-Rounded to Angular	SRA
Sub-Angular to Angular	SAA

Fragment (1 a 4) Composition: Este campo se utiliza para caracterizar la composición de cada tipo de fragmentos o clastos. Las opciones son:

Medium grained PlgBtHb porphyritic dacite	MGD
Coarse grained PlgBtHb porphyritic dacite	CGPBHD
Coarse grained PlgQtzBt porphyritic dacite	CGPQBD
Fine grained PlgBtHb porphyritic dacite	FGD
Granodiorite	GRD
Volcanic Breccia	VBX
Aphanitic or phaneritic volcanic fragment	VLC
Tuff	TUFF
Crystal	XTAL
Mudstone to sandstone basement unit	MUDSAND
Metasedimentary basement rocks	METSED
Pyrite	PY
Siliceous alteration	SILALT
Quartz Veins	QTZV
Fragment with veins	VNFRAG
Hydrothermal Breccia	HYBX
Altered	ALT
Unknown	UNKN

Matrix %: Corresponde al % de la matriz en el volumen/superficie total de la roca.

Matrix Grain Size: Este campo se utiliza para indicar el tamaño de los granos de la matriz. Incluye las siguientes opciones:

Mud (<0.062 mm)	MUD
Sand (0.062-4 mm)	SAND
Granule (2-4 mm)	GRAN
Pebble (4-64 mm)	PEB
Mud-Sand	MUDSAND
Sand-Granule	SANDGRAN
Sand-Pebble	SANDPEB
Mud-Granule	MUDGRAN
Mud-Pebble	MUDPEB

**Matrix Texture:** Corresponde a la textura o fábrica de la matriz. Incluye las siguientes opciones:

Massive	MASS
Graded-bedding	GRDD
Laminated	LAM
Massive to graded	MASSGR
Massive to laminated	MASSLAM
Graded to laminated	GRLAM
Foliated	FL
Sheared	SH

**Cement %:** Corresponde al % del cemento en el volumen/superficie total de la roca.

**Cement Grain Size:** Este campo indica un valor relativo del grano del cemento.

Considera las siguientes opciones:

Very fine-grained	vf
Fine-grained	f
Medium-grained	m
Coarse-grained	c
Very coarse-grained	vc

**Cement Texture:** Corresponde a la textura del cemento. Incluye las siguientes opciones:

Colloform	COL
Crustiform	CRU
Massive	MASS
Acicular	ACI
Equigranular	EQ
Porphyritic	PORPH

Cement Composition: Este campo está destinado para indicar los minerales que conforman el cemento. Considera las siguientes opciones:

Quartz	QZ
Kaolinite/Dickite	KAODICK
Pyrite	PY
Enargite	EN
Black-sulfide	BLKSULF
Jarosite	JAR
Goethite	GO
Hematite	HEM
Alunite	AL

Open Space %: Corresponde al % de espacio vacío en el volumen/superficie total de la roca.

Framework: Este campo indica el tipo de soporte entre los clastos. Incluye las siguientes opciones:

Clast supported	CSP
Matrix supported	MXSP
Cement supported	CMTSP
Clast-Matrix	CLM
Clast/Cement supported	CCMTSP
Matrix/Cement supported	MXCMTSP
Matrix/Clast supported	MXCSP

Clast Organization: Corresponde a la configuración y grado de organización entre los clastos. Considera las siguientes opciones:

Jigsaw-fit	JF
Jigsaw-fit to Mosaic	JFMO
Mosaic	MO
Mosaic to Chaotic	MOCH
Jigsaw-fit to Chaotic	JFCH
Chaotic	CH

Fabric: Corresponde a la fábrica o textura de la roca incluyendo clastos, matriz y/o cemento. Incluye las siguientes opciones:

Massive	MA
Stratified	STRAT
Sheared	SH
Graded	GRDD
Foliated	FO
Eutaxitic	EUTX

Sorting: Este campo considera el grado de selección entre los clastos de la roca.

Incluye las siguientes opciones:

Very poorly sorted	VPoor
Poorly sorted	Poor
Moderately sorted	Mod
Well sorted	Well
Very well sorted	VWell
Very poorly to poorly sorted	VPP
Poorly to moderately sorted	PM
Moderately to well sorted	MW

Contact Bottom: Este campo se utiliza para describir el contacto basal de cada unidad. Incluye las siguientes opciones:

Sharp	SP
Sharp - grainsize change (chilled)	SPC
Gradational	GR
Diffuse - Indistinct	DF
Brecciated	BR
Structural	ST
Irregular	IR
Broken	BKN
Unknown	UNKN
Altered	ALT

Genetic Group: En este campo se indica el grupo genético de cada unidad clástica. En caso de no tener claridad del origen de cada roca, permite tener una aproximación del tipo de roca. Incluye las siguientes opciones:

Volcanic Extrusive	EXV
Sedimentary	SED
Intrusive	INT
Hydrothermal	HYD
Overburden	OVB
Tectonic	TEC
Unknown	UNKN

Descriptive Name: Corresponde al nombre final de cada unidad. En casos de no tener claro el origen de la unidad, se incluyen opciones que consideran aspectos texturales de la roca. Considera las siguientes litologías:

Siltstone	SSLT
Calcareous Siltstone	SCSL
Sandstone	SSND
Quartz-rich sandstone	SQSN
Mudstone	SMUD
Shale	SSHL
Black Shales	SBSH
Conglomerate	SCGL
Limestone	SLMS
Sandstone w interbedded Shale	SSAS
Shale w interbedded Sandstones	SSHS
Evaporite	SEVP
Tuff (<2mm)	VTUF
Lapilli Tuff (2-64 mm)	VLPT
Tuff Breccia (>64 mm)	VTUB
Crystal Tuff	VCRT
Fiamme Tuff	VFIT
Volcanic Breccia	VVBC
Monomictic Matrix-Supported Breccia	BMMS
Monomictic Clast/Cement-Supported Breccia	BMCC
Polymictic Matrix-Supported Breccia	BPMS

Polymictic Clast-Supported Breccia	BPCS
Polymictic Clast/Cement-Supported Breccia	BPCC
Bimictic Matrix-Supported Breccia	BBMS
Bimictic Clast-Supported Breccia	BBCS
Hydrothermal Cemented Polymictic Breccia	BPCH
Hydrothermal Cemented Monomictic Breccia	BMCH
Igneous Cemented Breccia	BICB
Coluvium/Alluvium	SCLA
Altered	ALTE
Unknown	UNKN
Fault	FLT

Historic Name: Este campo es exclusivo para los datos históricos de pozos realizados antes del año 2016.

Formation: Corresponde a la unidad o formación a la cual se asigna cada unidad litológica. Las formaciones o unidades para rocas coherentes, definidas en Gamonal (2015), pueden ser:

Coarse conglomerates and quartz-rich sandstones	TrJem1
Black Shales	TrJem2
Quartz-rich sandstones and fine-grained conglomerates	TrJem3
Montandón Formation	Jm
Asientos Formation	Ja
Pedernales Formation	JKp
Quebrada Monardes Formation	Kqm
Volcaniclastic Deposits	TEvd
Dacitic Ignimbrite	TEdi
Estratos de Huidobro	EOh
Ladera Tuffs	OMlc1
Pompeya Pyroclastics	OMlc4
Azufrera Volcaniclastics	Mcd1
Los Terneros Ignimbrite	Mcd3
Hematitized Sandstones and fine-grained conglomerates	Mcd5
Diatreme related base and surge deposits	Mcd6

Comments: Este campo se dispone para incluir observaciones que no encajan en los campos descritos anteriormente.

### 5.3 Cuerpos de mineralización masiva y vetas.

La tabla de cuerpos de mineralización masiva y vetas está considerada para aquellos niveles de sulfuro masivo y vetas cuyo ancho sea mayor a 10 centímetros. Esta tabla considera los siguientes campos:

Type: Este campo se utiliza para especificar el tipo de cuerpo o estructura.

Considera las siguientes opciones:

Vein	VEIN
Massive Sulfide	MASU

Filling (1, 2, o 3): Corresponde a los minerales que forman el cuerpo mineralizado o la veta. Se han considerado los siguientes minerales:

Quartz	QZ
Quartz-Alunite	QZAL
Alunite	AL
Pyrite	PY
Enargite	EN
Pyrite-Enargite	PYEM
Arsenopyrite	ASPY
Covellite	CV
Tetrahedrite-Tennantite	TTH
Bornite	BORN
Chalcocite	CHLC
Scorodite	SCR
Jarosite	JAR
Goethite	GO
Hematite	HEM
Rhodocrosite	HC
Barite	BARITE
Melanterite	MLT
Anhydrite	ANH

Digenite	DIG
Marcasite	MARC
Molibdenite	MO
Sphalerite	SPH
Galena	GLN
Orpiment	OM
Realjar	RE
Cinnabar	CIN
Sulfur	S

Texture: Este campo se utiliza para indicar la textura de los minerales que conforman el cuerpo de sulfuro masivo o la veta. Considera las siguientes opciones:

Crystalline	XLINE
Powdery	POWD
Amorphous	AMPH
Banded	BN
Colloform	COL
Botroydal	BTRD
Massive	MA

Comments: Este campo se dispone para incluir observaciones que no encajan en los campos descritos anteriormente.

Descriptive Name: En este campo se ingresa el nombre asignado al cuerpo de sulfuro masivo o veta. Existen las siguientes opciones:

Quartz Vein	QTVE
Sulfide Vein	SFVE
Massive Sulfide	MSSF

#### 5.4 Otros

En la tabla HOLE\_INTERVAL existen códigos para aquellos tramos en los que no se recupera material y en aquellos casos en los que no se pueda reconocer el tipo o textura de la roca. Para estos casos se aplican los siguientes códigos:

No Core	NC
Unknown	UNKN

## 6. MAPEO DE ALTERACIÓN

El mapeo de alteración considera diversos parámetros o campos que describen los principales minerales de alteración, agrupando asociaciones minerales y asignándolas a sus respectivas clases o tipos. La estructura de la tabla de alteración considera tres eventos o estilos de alteración presentes en una roca: una alteración principal (Main), una alteración de menor abundancia (Secondary), y una alteración relictas (Relict). Para la alteración principal, se incluyen campos para describir los dos minerales más importantes, mientras que para la alteración secundaria se incluyen campos para la descripción de un mineral. Para una posible alteración relictas solo se describe la clase y la intensidad. A continuación, se detalla la estructura de la tabla de alteración:

Destroyed Texture: Este campo se utiliza para cuantificar el grado de destrucción de la textura primaria de cada roca. Se divide en los siguientes rangos porcentuales:

0-25
25-50
50-75
75-100

Alteration Type: En este campo se describe el mineral o la asociación de minerales que constituyen la alteración principal. Considera las siguientes opciones:

Vuggy Quartz	VUGSIL
Silicification	SILIC
Steam-Heated	SH
Quartz-Alunite	QZAL
Quartz-Dickite	QZDIC

Quartz-Kaolinite	QZKAO
Quartz-Pyrophyllite	QZPL
Quartz-Illite/Sericite	QZSER
Illite	IL
Kaolinite	KAL
Illite/Kaolinite	ILKAO
Illite/Smectite	ILSMC
Smectite	SMC
Chlorite	CHL
Epidote	EP
Carbonates	CO3
Fresh Rock	FRESH
Unknown	UNK

Main Alteration Mineral (1 a 3): En estos campos se selecciona el mineral más abundante (Min1) y el mineral minoritario (Min2) de la alteración principal.

Main Alteration Mineral (1 a 3) Abundance: Corresponde a la abundancia relativa de cada mineral. Incluye las siguientes categorías:

Trace	TRACE
Low	LOW
Medium	MED
High	HIGH

Main Alteration Mineral (1 a 3) Texture 1 y Main Alteration Mineral (1 a 2)

Texture 2: Estos campos se utilizan para describir la textura de los dos minerales más abundantes de la alteración principal. Considera las siguientes opciones:

Crystalline	XLINE
Powdery	POWD
Amorphous	AMPH
Banded	BAND
Colloform	COL
Botrydal	BTRD
Bladed	BL
Earthy	ET
Sacaroidal	SAC

Main Alteration Mineral (1 a 3) Occurrence 1 y Main Alteration Mineral (1 a 2) Occurrence 2: Estos campos se utilizan para describir la ocurrencia de los dos minerales más abundantes de la alteración principal. Considera las siguientes opciones:

Breccia	BX
Breccia Matrix, cement	BXMXC
Cavity filling	CAVFILL
Cummulous	CUMUL
Disseminated	DSM
Haloes	HALO
Interground	INTERGR
Massive	MASS
Veinlets	VNLET
Replacement	RP
Fiamme	FM
Pumice	PUM
Amygdaloidal	AMYG

Main Alteration Mineral (1 a 3) Color: En estos campos se describe el color de los dos minerales diagnósticos de la alteración principal.

Main Alteration Class: En este campo se asigna la clase o tipo de la alteración principal. Considera las siguientes opciones:

Propylitic	PROP
Vuggy Silica	VUGSIL
Vuggy Alunite	VUGAL
Supergene	SUPERG
Phyllic	PHYLIC
Silicification	SILIC
Argillic Silica	ARGSIL
Advanced Argillic	ADARG
Argillic	ARG
Steam Heated	STMHEAT
Steam Heated Opal	STHO
Fresh Rock	FRESH

Para incorporar datos históricos de mapeos realizados antes del 2016, se incorporan las siguientes opciones para homologar estos tipos de alteración:

Capping Siliceous	CAPSIL
Adv Argillic of High Silica	ADARGHSIL

Main Alteration Intensity: Corresponde a la intensidad relativa de la alteración principal. Las opciones son:

Trace	T
Weak	W
Moderate	M
Strong	S
Very Strong	VS

Secondary Alteration Type: En este campo se describe el mineral o la asociación de minerales que constituyen la alteración secundaria. Considera las mismas opciones que la alteración principal.

Secondary Alteration Mineral 1: En este campos se selecciona el mineral más abundante (Min1) de la alteración secundaria.

Secondary Alteration Mineral 1 Abundance: Corresponde a la abundancia relativa del mineral principal de la alteración secundaria. Considera las mismas opciones definidas para la abundancia de los minerales de la alteración principal.

Secondary Alteration Mineral 1 Texture: Este campo describe la textura del mineral más abundante de la alteración secundaria. Considera las opciones definidas para los minerales de la alteración principal.

Secondary Alteration Mineral 1 Occurrence: Este campo describe la ocurrencia del mineral principal de la alteración secundaria. Considera las siguientes opciones disponibles para los minerales de la alteración principal.

Secondary Alteration Mineral 1Color: Se describe el color del mineral diagnóstico de la alteración secundaria.

Secondary Alteration Class: En este campo se asigna la clase o tipo de la alteración secundaria. Considera las mismas opciones desplegables para la alteración principal.

Secondary Alteration Intensity: Corresponde a la intensidad relativa de la alteración secundaria. Considera las mismas opciones de la intensidad de la alteración principal.

Relict Alteration Class: En este campo se asigna la clase o tipo de la alteración relict. Considera las mismas opciones desplegables para las alteraciones principal y secundaria.

Relict Alteration Intensity: Corresponde a la intensidad relativa de la alteración relict. Considera las mismas opciones de las intensidades de las alteraciones principal y secundaria.

Comments: Este campo se dispone para incluir observaciones que no encajan en los campos descritos anteriormente.

## 6. MAPEO DE MINERALIZACIÓN

La tabla de mineralización está orientada a la descripción de los minerales primarios o secundarios asociados a la mena de Au-Ag-Cu. Además se describe el estado de oxidación/reducción de la unidad rocosa. Esta tabla considera los siguientes campos:

Mineral (1 a 4): Corresponde a los minerales de mena presentes en cada unidad, siendo el de mayor importancia el Mineral 1 y disminuyendo en abundancia hasta el Mineral 4. En el anexo x se adjunta un listado de los minerales disponibles para estos campos.

Mineral (1 a 4) Style 1(2): En estos campos se describe el estilo o dominio en el cual cada mineral está presente en la unidad rocosa. Para el caso del Mineral 1 existe la posibilidad de describir un segundo estilo. Considera las siguientes opciones:

Veinlets	VNLET
Disseminated	DSM
Patches	PATCH
Coating	COAT
Breccia Matrix	BXMX
Breccia Fragment	BXFRG
Cavity Filling	CAVFILL
Massive	MASS
Fracture Filling	FF

Mineral (1 a 4) Intensity: Estos campos describen la abundancia relativa o intensidad de cada mineral. Incluye las siguientes opciones:

Trace	TRACE
Weak	WEAK
Moderate	MOD
Strong	STNG
Very Strong	VSTRNG

Comments: Este campo se dispone para incluir observaciones que no encajan en los campos descritos anteriormente.

## 7. MAPEO DE ESTRUCTURAS

Dependiendo de si un testigo se encuentra o no orientado, existen dos tablas para el mapeo de estructuras.

### 8.1 Estructuras no orientadas

Para las estructuras identificadas en sondajes no orientados, la tabla NonOriented Struc Zone contiene los siguientes campos:

Structure Type: Este campo permite describir el tipo de estructura. Considera las siguientes opciones:

Fault	100
Fault Zone	101
Fracturing	102
Fault Scarp	103
Veinlets	104
Feed	105
"Roca Triturada"	106
Dike	107
Fiammes	108
Bedding	109
Imbrication	110

Filling (1, 2 o 3): Corresponde al mineral que rellena la estructura mapeada. El listado de minerales se adjunta en el anexo x.

Angle: Este campo se utiliza para indicar el ángulo menor entre el plano de la estructura y el eje del testigo.

Width: Corresponde al ancho de la estructura. Se expresa en mm.

Intensity: Este campo se utiliza cuando existe un conjunto de estructuras del mismo origen y que mantienen una orientación preferencial. Considera las siguientes opciones:

Trace	T
Weak	W
Moderate	M
Strong	S

Very Strong	VS
-------------	----

Structure %: Corresponde a un campo numérico (0-100) que expresa el porcentaje en volumen ocupado por una o un conjunto de estructuras de un tipo específico.

## 8.2 Estructuras Orientadas

En caso de presentar estructuras orientadas, la tabla para estos eventos considera los siguientes campos:

Structure Type: Este campo se utiliza para indicar el tipo de estructura.

Considera las siguientes opciones:

Fault	100
Veinlet	104
Feed	105
Dike	107
Bedding	109
Imbrication	110
Fiamme	108
Banding	BAND
Flow Banding	FB
Fracture	FRAC
Shear	SH
Unconformity	UNC
Slickensides	SLK

Alpha Angle: Corresponde al ángulo entre

Beta Angle: Corresponde al ángulo entre

Infill Type: Este campo se utiliza para indicar los minerales que rellenan la estructura mapeada.

Width: Corresponde al ancho de la estructura. Se expresa en milímetros.

Comments: Este campo se incluye para agregar observaciones complementarias de la estructura.

## ANEXO N°2

### PROTOCOLO DE PROCEDIMIENTOS, MUESTREO, INTERPRETACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS DEL ESPECTRÓMETRO TERRASPEC

#### OBJETIVOS

Establecer el procedimiento y las medidas de trabajo para medir reflectancia que permiten identificar determinadas especies minerales que conforman la muestra en dependencias de MDO.

#### ALCANCE

A todos los supervisores y personal de apoyo que interviene en la medición con el equipo “Espectrómetro Terraspec” en MDO.

#### DEFINICIONES

##### 3.1. Espectrómetro Terraspec

Sensor que mide la reflectancia (inducida) producida por la vibración de los enlaces de ciertos átomos y moléculas, los cuales se manifiestan en rangos

espectrales definidos que permiten identificar determinadas especies minerales que conforman la muestra

#### 4. REQUERIMIENTOS LEGALES

Reglamento de Seguridad Minera D.S 132, Ex D.S. N° 72

#### 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

##### 5.1. Aspectos generales

El espectrómetro Terraspec puede definirse como un sensor que mide la reflectancia (inducida) producida por la vibración de los enlaces de ciertos átomos y moléculas, los cuales se manifiestan en rangos espectrales definidos que permiten identificar determinadas especies minerales que conforman la muestra.

El espectrómetro Terraspec utiliza un rango de radiación electromagnética que varía entre 350 y 2500 nanómetros, pasando desde la región del espectro visible (VNIR) al infrarrojo de onda corta (SWIR).

El resultado de la emisión de un haz de radiación por el instrumento, reflexión del haz en la muestra, y captación de la radiación reflejada por los sensores del instrumento se traducirá en una curva o espectro con características específicas que serán útiles para la determinación de parámetros cualitativos como la ocurrencia de ciertas especies mineralógicas o parámetros cuantitativos como el grado de cristalinidad o la variabilidad química en una especie mineral.

Las características de cada espectro o curva dependen de diversos rasgos como la longitud de onda en la que ocurren las absorciones o máximos, forma de la envolvente, ancho y profundidad de las absorciones (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La aplicación del sensor Terraspec permite la identificación de diversas clases de minerales tales como filosilicatos, sulfatos, silicatos hidratados, carbonatos, óxidos de hierro, etc., los cuales constituyen gran parte de los distintos tipos de alteración hidrotermal representativos de depósitos tales como pórfidos y epitermales.

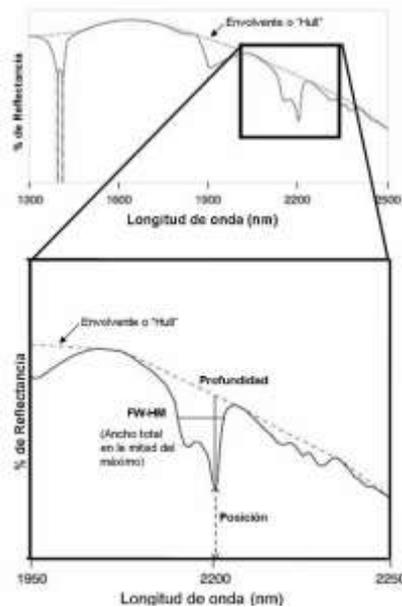


Figura 1 Reflectancia y Longitud de Onda.

## 6. MANTENCIÓN DEL EQUIPO

### 6.1. Asignación de personal responsable

Para evitar inconvenientes en la manipulación y cuidado del espectrómetro Terraspec, cada equipo será asignado a un grupo de trabajo, el cual se encargará de asegurar los máximos cuidados del instrumento, ya sea mientras esté en uso o durante los periodos de inactividad. Por otra parte, el hecho de conformar un equipo de personas asignadas permitirá crear un grupo de trabajo especializado que seguirá manteniendo un alto estándar en la medición e interpretación de las distintas muestras, buscando la mejor manera de aprovechar los resultados obtenidos con Terraspec.

No obstante, lo anterior se designará un coordinador entre los distintos equipos de trabajo que esté a cargo de programar las mantenciones, mantener al día los procedimientos e implementar mejoras continuas en el uso de los equipos y los datos generados.

### 6.2. Transporte

Con el objetivo de evitar una posible descalibración o daño del instrumento, se deben tener muchas precauciones durante el traslado del espectrómetro.

En caso de traslados terrestres, el espectrómetro Terraspec debe ser transportado solamente en la cabina posterior de un vehículo liviano, apoyado sobre el asiento y en lo posible ajustado con alguna sujeción del vehículo.

Chapter 1: En los casos en que se requiera transportar el instrumento por medio aéreo, se recomienda indicar mediante señales que el equipo se debe mantener acostado con la tapa de la maleta protectora hacia arriba y que se trata de una carga frágil.

Chapter 2: Para los casos en que sea necesario transportar el instrumento hacia otro país, se debe tener en cuenta los requerimientos de cada país para la importación temporal de instrumentos de alto valor económico, además de los requerimientos para la declaración de ingreso y salida del espectrómetro. Es necesario por lo tanto contar con toda la documentación de pertenencia del equipo. Se aconseja en caso de viajar hacia otro país averiguar con antelación los requerimientos solicitados por las agencias aduaneras o de policía.

### 6.3. Condiciones ambientales

Chapter 3: El espectrómetro Terraspec está diseñado para trabajar óptimamente al aire libre y en espacios cerrados. El rango de temperatura puede variar hasta los 45° C. Se debe evitar la ocurrencia de viento que genere polvo en suspensión, ya que este material fino puede alterar el funcionamiento correcto del espectrómetro. En lugares cerrados, se recomienda evitar el uso de luces fluorescentes, ya que estas pueden alterar el espectro de cada muestra. En lugares abiertos se recomienda trabajar a la sombra para evitar la incidencia de luz solar directa que pueda afectar la medición.

#### 6.4. Toma de poder

Chapter 4: Debido a la alta sensibilidad del instrumento, se recomienda utilizar un alargador con control de golpes de corriente y entrada de tipo americana, para así evitar el uso de adaptadores que puedan generar una pérdida de energía por algún movimiento.

#### 6.5. Instalación y desinstalación

Chapter 5: Para mantener el control del uso y evitar la pérdida de piezas se utilizará una pauta de chequeo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), la cual tendrá como principal objetivo indicar la persona que lleva a cabo las mediciones, fecha, proyecto y un listado de las distintas piezas utilizadas durante la medición y así ser revisado al momento de sacar y guardar las piezas desde y hacia la maleta respectivamente.

Chapter 6: Se debe tener en cuenta que se debe encender primero el espectrómetro y luego el computador portátil. Al final de la sesión de trabajo no importa el orden de apagado de ambos instrumentos.

Chapter 7: Antes de iniciar la toma de lecturas se debe encender el espectrómetro unos 15 a 20 minutos antes para que adquiera una temperatura uniforme para la recolección de datos. A su vez, se recomienda encender la lámpara móvil o fija unos 5 a 10 minutos para seguir el mismo requerimiento.

Chapter 8: Es importante destacar que la pieza más delicada del espectrómetro Terraspec es el cable de fibra óptica, por lo que al momento de instalar el

equipo debe ser la última pieza en ser colocada y la primera pieza al momento de guardar los implementos en la maleta respectiva.

#### 6.6. Colección de muestras

El espectrómetro Terraspec cuenta con 2 opciones para la recolección de muestras: una lámpara de contacto (probe) y una lámpara fija (mug light) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La lámpara de contacto o probe es utilizada para la medición de muestras de mano o de sondajes de diamantina, ya que permite una mayor flexibilidad en la ubicación del haz de luz. Por otra parte, la lámpara fija o mug Light se utiliza para la medición de muestras de suelo o de muestras de rock-chip menores a 5 cms. Para utilizar muestras de suelo o de material fino se usa una cápsula de vidrio “de petri” que no interfiere en la medición del espectro.



Figura 2 (a) lámpara de contacto; (b) lámpara fija.

## 6.7. Configuración de equipo y uso de programa RS3

Chapter 9: El programa diseñado para la lectura de las mediciones se denomina RS<sup>3</sup>. Uno de los parámetros importantes de configurar en RS<sup>3</sup> previo a la realización de las lecturas es la configuración del número de muestras que tomará cada medición realizada por el instrumento. El primer paso es elegir la opción *Control* desde el menú principal (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y seleccionar la opción *Adjust Configuration*, mediante la cual aparecerá la ventana mostrada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Chapter 10: Se recomienda una vez iniciado el trabajo en RS<sup>3</sup> configurar estos valores siguiendo los siguientes parámetros:

- Spectrum: 30
- Dark Current: 60
- White Reference: 30

Estos valores influyen en el tiempo que tomará el espectrómetro para cada lectura, por lo que en caso de necesitar mediciones más exactas (por ejemplo, en muestras levemente alteradas u oscuras) y que requieren de una captura de mayor duración se deben aumentar los valores de las opciones Spectrum, Dark Current y White Reference a 50, 100 y 50 respectivamente.

Este procedimiento se debe realizar una vez que se comienza a utilizar el software, quedando configurado para las siguientes ocasiones en las que se use.



Figura 3 Menú de opciones para seleccionar la configuración de la lectura de datos, RS3

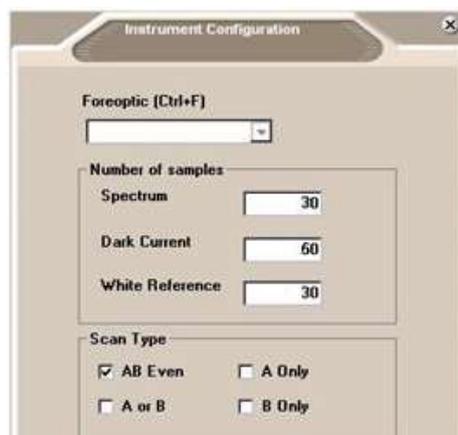


Figura 4 Ventana de configuración de parámetros de lectura de datos, RS3

Cada vez que se inicie una sesión de trabajo, esto es, encendiendo el espectrómetro y el computador, se debe hacer en el menú de RS<sup>3</sup> un proceso de optimización (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y

calibración de blanco (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), para lo cual se necesita que el haz de luz de la lámpara, ya sea móvil o fija, esté en contacto con la placa de spectralon. El proceso de calibración de blanco se debe realizar cada 1 hora como máximo.

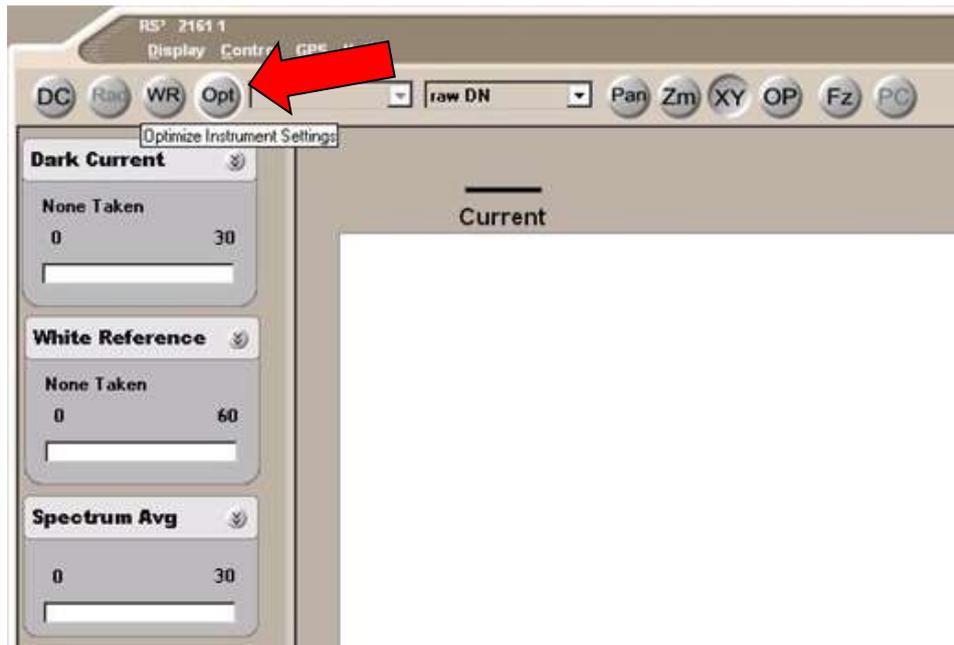
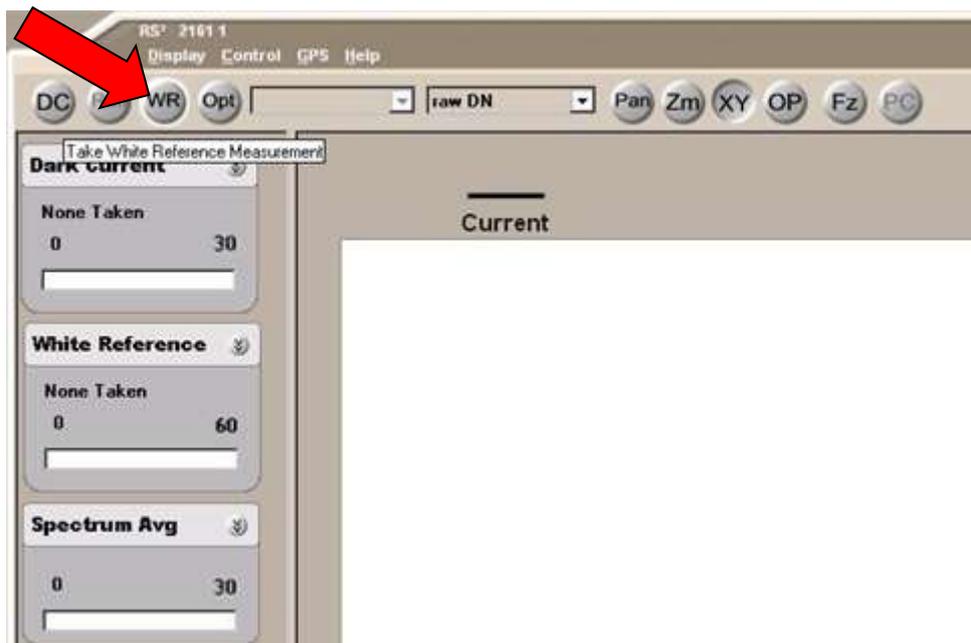


Figura 5 Comando de activación del proceso de optimización.



Desde el menú principal de RS<sup>3</sup> (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se selecciona la opción Control, para luego elegir la opción Spectrum Save, con lo cual se desplegará la pantalla de la **¡Error! No se**

Figura 6 Comando de activación del proceso de White Reference.

**encuentra el origen de la referencia.** Dentro de esta pantalla se determina la carpeta en la cual se guardará el archivo, el número de base la muestra y el número de lectura o de secuencia correlativa (indicando el número inicial de la secuencia). Se debe tener en cuenta que la opción Save as New File Format debe estar seleccionada para que el archivo posea la extensión adecuada para ser visualizada con la configuración por defecto de SpecMin y ViewSpecPro.

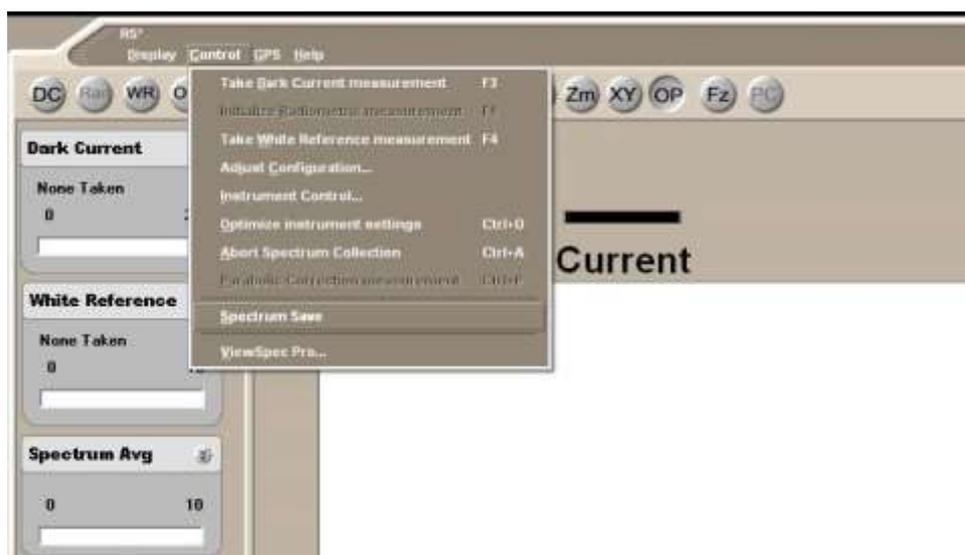


Figura 6 Comando para archivar una medición.

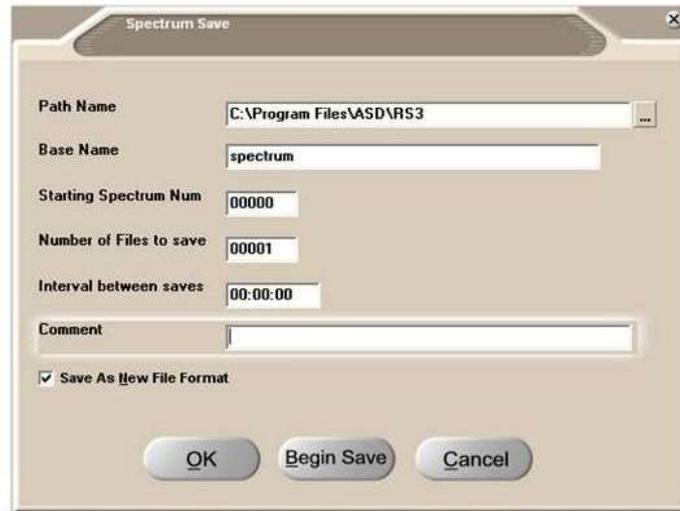


Figura 7 Ventana para la configuración del almacenamiento de cada muestra.

RS3 permite crear un nombre de base de hasta 14 dígitos. La nomenclatura que registrará para el almacenamiento de muestras obtenidas con Terraspec constará de los siguientes requerimientos:

- Muestras de mano, rock chip o suelo: Debe indicar el nombre de la muestra.
- Muestras de sondaje o trincheras: Debe indicar el nombre del sondaje y el metraje al que corresponde, separados por algún símbolo.

Por ejemplo, si se desea crear un archivo con el espectro medido en el metro 124 del sondaje LBD01 del proyecto Lobo, el nombre de base puede ser “LBD01.124” o “LBD01-124”.

El espaciamiento entre muestras en sondajes dependerá de las características del tipo de yacimiento y los objetivos del estudio a realizar. Para modelos geológicos se recomienda tomar lecturas cada 4 metros. Esta distancia permite caracterizar bien la variación de la alteración y complementar fácilmente la información de alteración con la de geoquímica.

Se recomienda mantener el computador portátil que viene con el espectrómetro sólo para la recolección de datos, los cuales deben ser copiados a otro computador para su interpretación y almacenamiento. Como el medio de comunicación entre el espectrómetro y el computador portátil es un cable de red Ethernet, es importante tratar de mantener el computador libre de virus, por lo que se implementará el uso de un pendrive determinado para copiar los datos, el cual deber ser usado en lo posible en la menor cantidad de computadores.

No se debe usar el computador portátil para conexiones de Internet.

## 6.8. Almacenamiento de archivos y tabla de datos.

### 6.8.1. Sistema de almacenamiento

Chapter 11: El sistema implementado para el almacenamiento de los datos obtenidos con el espectrómetro Terraspec seguirá la estructura utilizada por el departamento de Exploraciones de Kinross para la organización de la base de datos.

Chapter 12: Una vez seleccionada la carpeta en la cual se guardarán los archivos de cada proyecto (La cual debe ser denominada con el nombre del proyecto), se debe crear una subcarpeta con el tipo de muestra y a su vez en ella dos nuevas carpetas, una con los archivos creados directamente desde RS<sup>3</sup> (Datos Crudos) y otra carpeta con los archivos modificados según la corrección de ViewSpec Pro denominada “Splice Correction” (Datos Corregidos; **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Dentro de las carpetas “Datos

Crudos” y “Datos Corregidos” se almacenarán todos los archivos registrados con Terraspec.

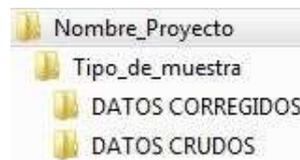


Figura 8 Sistema de almacenamiento de datos.

El procedimiento de *Splice Correction* se realiza en el software ViewSpecPro (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y tiene como objetivo eliminar las distorsiones que se producen en el espectro en las longitudes de onda que separan a los distintos sensores del espectrómetro (1100 y 1800 nanómetros). Estos archivos presentan la extensión \*.sco. Antes de realizar el proceso de *Splice Correction* se debe configurar en el menú *Setup* el origen y el destino de los archivos seleccionados (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

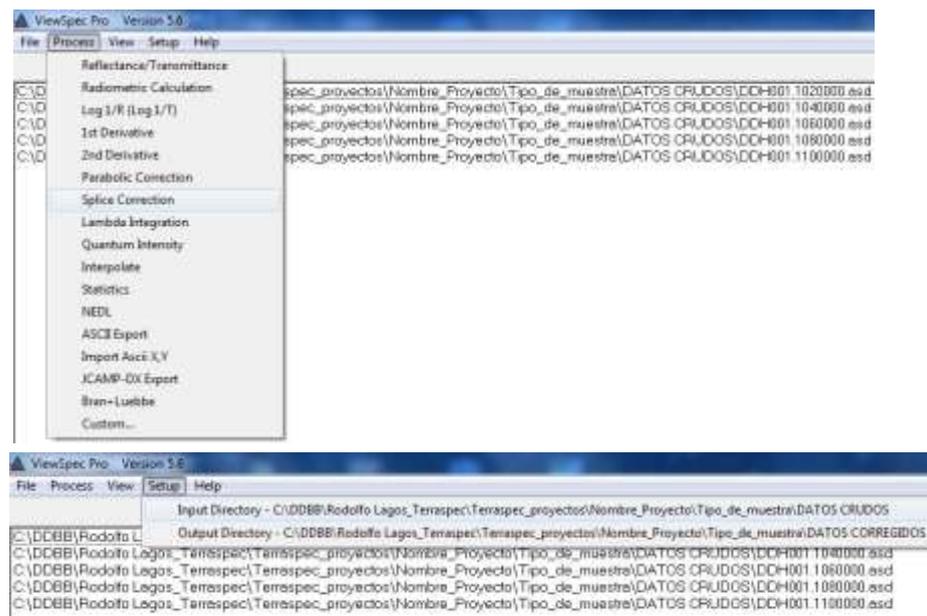


Figura 9 Comando de direccionamiento de archivos para el proceso de Splice Correction, ViewSpecPro.

Una vez copiados los archivos en sus respectivas carpetas, ya sea como datos crudos o como datos corregidos, se deberá realizar una copia de todos los espectros en una carpeta que puede ser denominada “Todos los archivos hasta fecha x”, en la cual se formará una base de datos completa de todos los espectros analizados. Esta carpeta puede ir cambiando su nombre de acuerdo a la última fecha en la cual se ingresan datos corregidos de cada sesión de trabajo.

#### 6.8.2. Tabla de datos

Luego de realizar las mediciones, se procederá a la etapa de interpretación de los datos. Los resultados de la interpretación se almacenarán en una tabla de compilación de interpretaciones que registra distintos aspectos de cada muestra, tales como identificación de la muestra, metadatos, mineralogía interpretada, absorciones más importantes, etc. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Esta tabla será utilizada luego para cargar los datos al sistema de almacenamiento de datos Fusion.

Dentro de esta tabla existen 4 columnas para la clasificación de los minerales presentes en cada muestra (USERMIN1 a USERMIN4) siendo la especie de la columna USERMIN1 relativamente más intensa en el espectro que la especie de la columna USERMIN2 y así sucesivamente. No es necesario llenar todas las columnas.

## 6.9. Interpretación de resultados

Existe un grupo de programas diseñados para la interpretación de las mediciones realizadas con Terraspec. A continuación, se detallan las principales características de los programas utilizados:

**SpecMin:** Mediante este programa se puede buscar en una biblioteca de espectros para determinar la mineralogía de las muestras analizadas, realizando una comparación visual de los espectros de referencia y generando una curva hipotética entre varios minerales seleccionados, la cual en gran parte de las veces estará conformada por una mezcla de 2 o más minerales.

**SpecWin:** Mediante este programa se puede comparar distintos espectros en forma simultánea o como gráficos apilados, los cuales son muy útiles para observar tendencias en la variabilidad de los espectros. También permite calcular un espectro promedio entre varios minerales de acuerdo a porcentajes asignados por el usuario.

**TSG (The Spectral Geologist):** Este programa permite una interpretación automática de cada espectro, realizando por si solo la comparación con espectros de referencia. La ventaja de TSG, a diferencia de SpecMin, es que permite calcular y exportar en una tabla de datos de diversos parámetros cuantitativos y cualitativos, especialmente útil en el caso de trabajar una base de gran cantidad de datos. Dado que la exactitud de la interpretación automática es baja, se debe realizar una revisión de los espectros uno a uno por un geólogo capacitado para ello.

#### 6.10. Procedimiento de interpretación de espectros mediante TSG

El proceso de interpretación utilizando TSG consiste en la revisión de cada espectro por parte de un geólogo especializado en interpretación de espectros que identificará los minerales de alteración que expliquen el espectro observado. Luego comparará los minerales que haya identificado con la interpretación automática que realiza TSG y corregirá esta última realizando un comentario ad-hoc.

Para la creación de un proyecto en TSG deberá seguir los pasos indicados en el documento “Interpreting ASD data with TSG\_2014 Julio”. Una vez creado el proyecto y aplicado el template correspondiente debe ir a la pestaña Spectrum donde se muestra el espectro en un gráfico de reflectancia versus longitud de onda. Luego debe activar las opciones Edit y Feats. Edit activa un cuadro de texto en el que se pueden realizar comentarios sobre cada espectro, por ejemplo, correcciones, texto que queda incorporado en la exportación de datos desde TSG. La opción Feats activa pestañas sobre el espectro que indican la longitud de onda de las absorciones más profundas. Además, sobre el gráfico podrá ver líneas segmentadas verticales las cuales son parte del formato importado desde el template e indicar longitudes de onda características de los minerales más comunes facilitando el proceso de interpretación. La lista de espectros del proyecto se muestra a la izquierda de la ventana del programa. En la parte inferior derecha se muestran los dos minerales que el algoritmo del programa interpretó automáticamente para cada espectro (Figura 11).

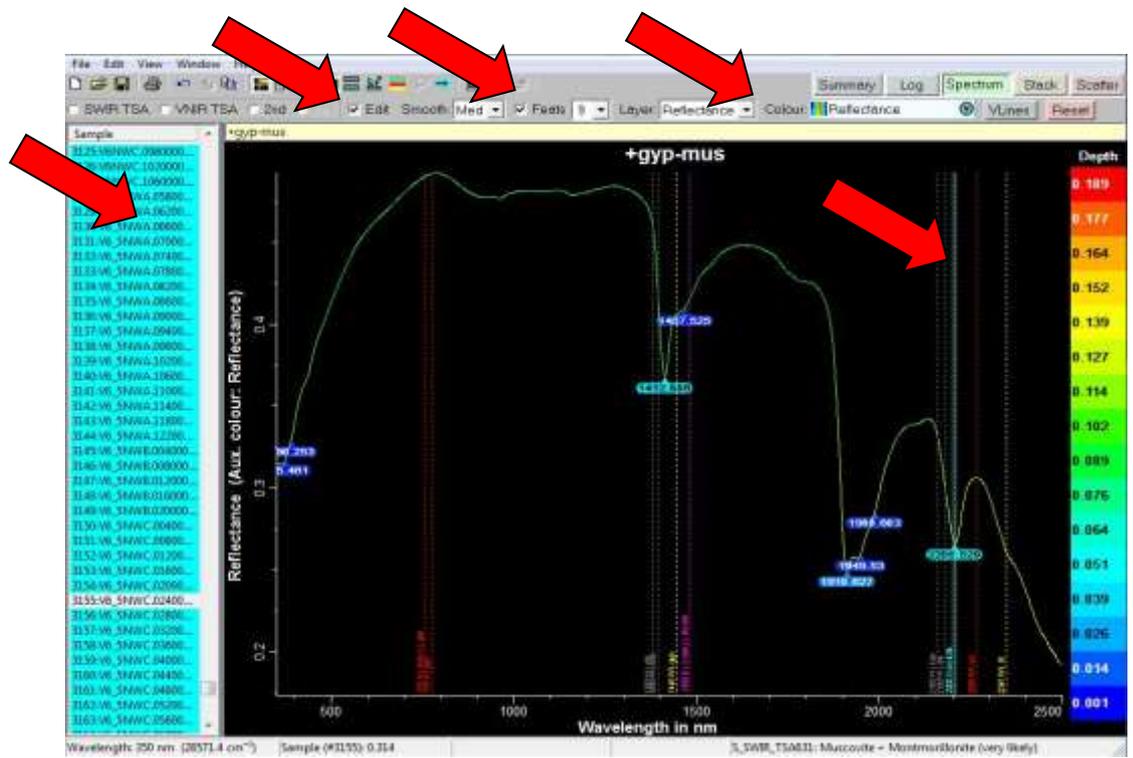


Figura 10 Opciones Edit, Feats y líneas verticales. Edit permite activar una sección para editar comentarios sobre el espectro. Feats activa pestañas sobre el espectro que indican la longitud de onda de las absorciones principales. Las líneas verticales son parte del formato importado desde el template y marcan algunas absorciones características de los minerales más comunes. A la izquierda de la ventana se muestra la lista de espectros del proyecto. En la esquina inferior derecha se muestra la interpretación automática que genera el algoritmo de TSG.

### 6.10.1. Reglas de edición en TSG.

Chapter 13: Para agilizar el proceso de generación de datos, el comentario de corrección a la interpretación automática de TSG deberá seguir las siguientes reglas:

- Debe listar todos los minerales observados separados por un signo "+".

Incluso si estos minerales ya han sido reconocidos por el algoritmo de TSG.

- Ejemplo 1:

TSG: montmorillonita.

Usuario: goetita.

Comentario debe ser: mon+goe.

- Ejemplo 2:

TSG: montmorillonita+illita.

Usuario: illita+hematita.

Comentario debe ser: ill+hem.

- Los minerales deben estar ordenados según su abundancia espectral relativa. Es decir, el primer mineral de la lista debe ser el que domina el espectro y así hasta el último observado.
  - Ejemplo 2: TSG: alunite, dickite.
  - Usuario: kaolinite
  - Comentario: alu+kao+dik. Esto indica que alunite es el mineral que domina el espectro y que dickite es el que menor incidencia tiene en la forma del espectro.

El cambio respecto a las reglas indicadas en agosto de 2014 se debe a que TSG presenta un error. En la ventana "Spectrum" el programa puede reportar minerales distintos a los que finalmente son exportados en formato csv desde la ventana "Log". Este error fue notificado y se espera una solución en la siguiente versión del programa. Este problema solo se ha detectado una vez en más de 30 mil espectros. No obstante, con estas nuevas reglas se evitará completamente. Además, permitirá una menor intervención posterior de las columnas en Excel. Esto porque se deberá usar la separación de los datos en columnas delimitadas por el signo "+" para poblar las columnas USERMIN.

En el Anexo III se adjunta el listado de minerales con las abreviaciones que deben ser utilizadas para la interpretación en TSG.

#### 6.10.2. Exportación de datos desde TSG.

Una vez que todos los espectros han sido revisados los datos deben ser exportados, para ello debe ir a la pestaña *Log*. En esta pestaña se muestran cada espectro del proyecto con las columnas por defecto de TSG más todas las columnas importadas desde el *template*. Una vez en la pestaña *Log* vaya al menú *File, Export* y haga clic en *To Csv (Scalars)*.

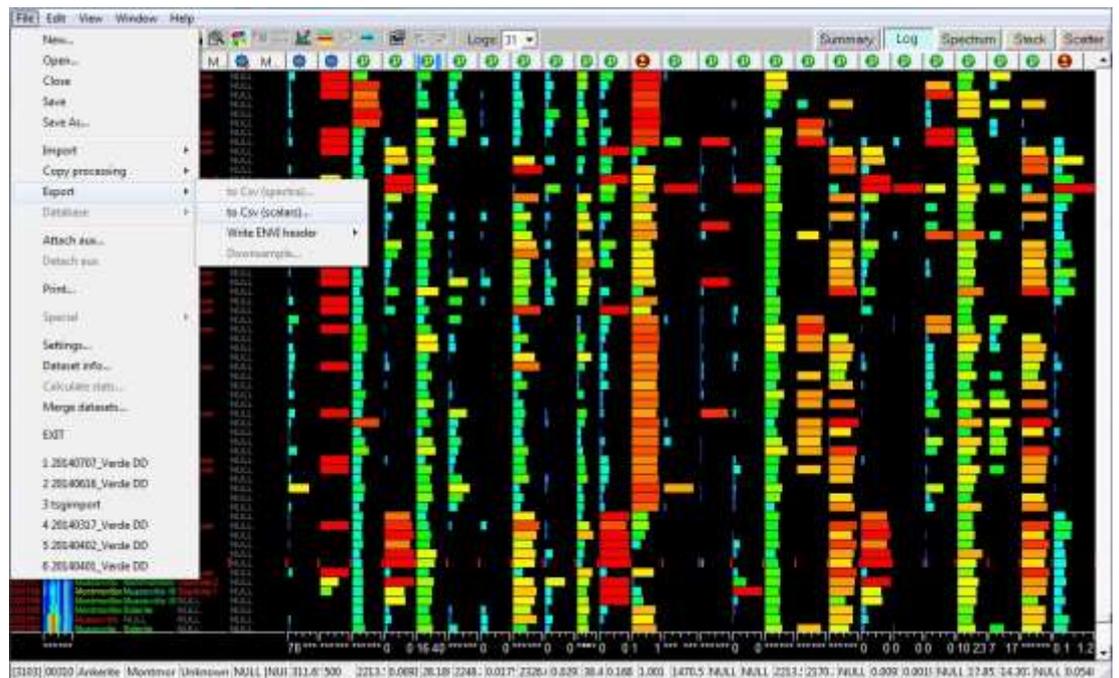


Figura 12 Pestaña Log de TSG, muestra todos los espectros del proyecto con las columnas de TSG por defecto más todas las columnas importadas desde el template. Para exportar los datos a un archivo CSV debe abrir el menú File, Export y hacer clic en to Csv (Scalars).

## 6.11. Procedimiento de almacenamiento de datos Terraspec en Fusion

Después de haber exportado los datos desde TSG a un archivo CSV se deben agregar a la tabla de compilación que será usada para cargar los datos en Fusion (sistema de base de datos de Kinross).

### 6.11.1. Compilación de datos exportados desde TSG

Las columnas del archivo CSV corresponden a las de la tabla de compilación (columnas 15 a la 23 y 30 a la 54 en como se muestra en la Tabla 1.

<b>Csv exportado desde TSG</b>	<b>Tabla de compilación para cargar en Fusion</b>	<b>Csv exportado desde TSG</b>	<b>Tabla de compilación para cargar en Fusion</b>
sample	Sample_Number	hqd2350	HQD2350
sample name	CORRECTIONS_TO_TSG	width2350	WIDTH 2350
min1 stsas	TSA_SMINERAL01	hqd1900	HQD1900
wt1 stsas	TSA_SWEIGHT01	kaol xtal	KAOL_XTAL
min2 stsas	TSA_SWEIGHT02	alunite wavelenght	ALUNITE_WAVELENGTH
wt2 stsas	TSA_SWEIGHT02	w530	W530
min1 stsav	TSAB_MIN01	hqd530	HQD 530
wt1 stsav	TSAB_WEIGHT01	2_w2200	W2200_2
min2 stsav	TSAB_MIN02	2_w2180	W2180_2
wt2 stsav	TSAB_WEIGHT02	2_w1765	W1765_2
error stsas	TSA_ERROR	2_hqd2200	HQD2200_2
error stsav	TSAB_ERROR	2_hqd2180	HQD2180_2
w2200	W2200	2_hqd1765	HQD1765_2
hqd2200	HQD2200	2_width2200	WIDTH2200_2
width2200	WIDTH 2200	2_width2180	WIDTH2180_2
w2250	W2250	2_width1765	WIDTH1765_2
hqd2250	HQD2250	3_sericite xtal	SERICITE_XTAL_3
w2350	W2350		

Tabla 1 Correspondencia entre columnas de archivo CSV exportado desde TSG y tabla de compilación para carga en Fusión.

Las columnas del archivo que caracterizan la muestra tomada o registran los metadatos de la muestra (columnas 1 a 14) deben ser rellenas por la misma persona que está importando los datos desde TSG.

#### 6.11.2. Correcciones de la interpretación, composición y cristalinidad en tabla de compilación

El proceso de corrección consiste en dos etapas. En la primera se corrigen los minerales interpretados incorrectamente por TSG. En la segunda se corrigen características de los minerales interpretados como cristalinidad y composición.

En la primera etapa en la tabla de compilación debe copiar los datos brutos de TSG de las columnas *TSAS\_MIN1* y *TSAS\_MIN2* (columnas 15 y 17 de Anexo II) a las columnas *USERMIN1* y *USERMIN2* (columnas 24 y 25 en Anexo II). Luego debe poblar las columnas *USERMIN1*, *USERMIN2*, *USERMIN3* y *USERMIN4* aplicando la función “Texto en columnas” de Excel a los datos contenidos en la columna TSG *CORRECTIONS\_TO\_TSG* (Columnas 26 y 27 en Anexo II). Para esto deberá seguir las reglas de edición mencionadas en el punto a) del capítulo 7. Los nombres de los minerales usados deben ser los contenidos en la tabla de Fusion llamada *CODE\_ALT\_TYPE* (2). Si el mineral que debe registrar no está en la tabla de referencia mencionada debe informar de ello al encargado de la base de datos y al encargado de Terraspec para que el nuevo mineral sea incorporado a la tabla de referencia.

ACTINOLITE	DIASPORE	KAOLINITE_PX	PREHNITE
ALLOPHANE	DICKITE	KAOLINITE_WX	PYROPHYLLITE
ALUNITE_CA	DOLOMITE	MAGNESITE	QUARTZ
ALUNITE_INT	EPIDOTE	MAGNESIUM_CLAYS	RIEBECKITE
ALUNITE_K	FECHLORITE	MELANTERITE	SAPONITE
ALUNITE_NA	FERRYHIDRITE	MGCHLORITE	SCORODITE
ALUNITE_NH	GIBBSITE	MONTHORILLONITE	SERPENTINE
ALUNOGEN	GLAUBERITE	MUSCOVITE	SIDERITE
ANDALUSITE	GOETHITE	NACRITE	SILICA
ANHYDRITE	GYP SUM	NH4	SULFATES
ANKERITE	HALLOYSITE	NONTRONITE	SZOMOLNOKITE
ARAGONITE	HEMATITE	OPAL	TALC
ASFE OX	HORNBL ENDE	OPALINE	TOPAZ
BEIDELLITE	ILLITE	OTHER	TOURMALINE
BIOTITE	ILLITE_SMECTITE	OXIDES	TREMOLITE
BRUCITE	INTCHLORITE	PALYGORSKITE	ZEOLITE
CALCITE	JAROSITE	PARAGONITE	ZOISITE
CHLORITE	KAOLINITE	PHENGITE	ZUNYITE
COPIAPITE	KAOLINITE_LC	PHLOGOPITE	

Tabla 2 Minerales en tabla de referencia de Fusion CODE ALT TYPE.

En la segunda etapa se usarán los datos cuantitativos exportados desde TSG para especificar aspectos de los minerales interpretados como composición o cristalinidad. Aquí solo se mencionarán los casos de la cristalinidad de la kaolinita y la composición de la alunita, pero lo mismo puede aplicarse a la cristalinidad de las sericitas o la composición de las cloritas o esmectitas. Para elegir correctamente los parámetros a utilizar y su aplicación puede revisar el documento “Interpreting ASD data with TSG\_2014 Julio” o a modo de referencia los libros de GMEX almacenados en la carpeta *03\_TECHNICAL\_REFERENCES* del servidor de exploraciones.

La columna *KAOL\_XTAL* es un valor calculado para todos los espectros, independientemente si tiene o no kaolinita. En aquellas muestras con kaolinita, si el valor de *KAOL\_XTAL* es menor o igual a 1, entonces la kaolinita tiene una cristalinidad pobre o baja, mientras que, si el valor es mayor a 1, entonces tiene una buena o alta cristalinidad. Para indicar estas características se agregarán antes del nombre del mineral los términos PX (*poor crystallinity* o pobre cristalinidad) o WX (*well crystallized* o buena cristalinidad).

Al igual que en el caso anterior, la columna *ALUNITE\_WAVELENGTH* es un valor calculado para todos los espectros independientemente si tiene o no alunita. En aquellas muestras con alunita, si el valor de *ALUNITE\_WAVELENGTH* es menor o igual que 1480 nm, entonces la alunita es potásica (alunite\_K), mientras que si el valor es mayor que 1480 nm, entonces la alunita es sódica (alunite\_Na). En raros casos el valor es menor a 1461 nm (alunite\_NH4) o mayor que 1510 (alunite\_Ca).

### 6.11.3. Llenado de columnas auxiliares

Las columnas auxiliares contienen datos para ser usados en otros programas, en mapas o secciones.

Primero se procederá a llenar las columnas de minerales (columnas 55 a la 106). Estas columnas están diseñadas para ser usadas en otros programas, como Mapinfo en mapas o ioGAS para análisis individual de minerales. Para cada

muestra las celdas de estas columnas deben ser llenadas de la siguiente manera: Si un mineral determinado fue interpretado en la columna USERMIN1, la celda de la columna auxiliar para ese mineral será rellena con un 1. De igual manera, si el mineral fue interpretado en la columna USERMIN2, la columna auxiliar será llenada con un 2. Si fue interpretado en la columna USERMIN3, se llenará la columna auxiliar con un 3, y si fue interpretado en la columna USERMIN4 o no está presente, la columna auxiliar será llenada con un 4.

Finalmente se completarán las columnas resúmenes (columnas 28 y 29). La columna *USERMIN\_CODE* consiste en la concatenación de las abreviaciones de los minerales interpretados según la tabla de referencia de Fusion *CODE\_REF\_ALTYPE*. La columna *IOGAS\_CODE* se llenará con las asociaciones interpretadas a partir del análisis de ocurrencia realizado en el programa ioGAS. El proceso del análisis será descrito en un procedimiento distinto a este documento.

#### 6.12. Entrega de tabla de compilación para cargar datos en Fusión

Una vez realizadas todas las correcciones y estando todas las columnas llenadas la tabla de compilación está lista para ser entregada al encargado de Fusión para ser cargada en la base de datos

#### 6.13. Control de calidad

Para llevar a cabo un control de la calidad de las mediciones se recomienda tener un grupo de muestras de mano representativas y distintivas para cada

mineral para ser medidas cada vez que se tenga dudas con respecto a las lecturas.

Además, se cuenta con una lámina de Milord, la cual presenta un espectro de absorciones conocidas (indicados en la lámina), la cual permitirá chequear algún problema de deriva de las lecturas.

## 7. RESPONSABILIDAD

### 7.1. Supervisión

- Asegurar que se cumpla las especificaciones del presente procedimiento
- Cuidado y mantenimiento del equipo.

### 7.2. Colaboradores

- Los colaboradores deben estar entrenados para realizar esta actividad sin que geólogo supervisando a cada momento.
- Deben realizar chequeo de equipo antes de ser utilizado.
- Cuidado del equipo.