

Universidad de Buenos Aires  
ARGENTINA



EXACTASi



**Título:** Evaluación, análisis y actualización del potencial de la Franja Metalogénica Maricunga (Chile, Argentina). Análisis de casos: proyectos la falda (Chile) y Proyecto Valle Ancho (Argentina).

**Autor:** Lic. Sebastián Maximiliano Via

**Director:** Dr. Carlos Herrmann

**Co-Director:** Luciano M. Bocanegra

2023



## Resumen

La franja Maricunga, de 200 km de largo, portadora de mineralización de metales preciosos, se extiende en el borde occidental del Altiplano de Copiapó (26-28°S) y representa el frente volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los Andes Centrales de Chile y Argentina. La actividad volcánica de la franja se desarrolló en cinco eventos: a) El más antiguo (26-21 Ma) dió origen al complejo de estratovolcanes de Cerros Bravos-Barros Negros, y a los grupos de domos múltiples con los que se asocia la mineralización de Esperanza y La Coipa (26°30'-27°S), y que hicieron erupción a través de una corteza de ~45 km de espesor. En la zona sur de la franja (27-28°S) la actividad fue más reducida y asociada a pequeños complejos de domos múltiples, con mineralización de oro y plata (Pantanillo, Refugio y La Pepa) emplazados a través de una corteza más delgada (~35-40 km). b) El segundo episodio (20-17 Ma) se asocia a un evento de deformación compresiva, engrosamiento cortical y disminución de la actividad volcánica. c) Entre los 16-12 Ma. Se reanuda un importante volcanismo. Los magmas asociados a los centros más antiguos del ciclo (Ojos de Maricunga, Santa Rosa, Jotabeche Norte; 16-15 Ma.) evolucionaron en niveles corticales profundos, en equilibrio con granate. d) Al final del periodo (13-12 Ma.) se emplazaron complejos volcánicos (Pastillos) y 'pórfidos auríferos' (Lobo y Marte) en régimen tectónico extensional; tal como entre los 26-21 Ma estos derivan de magmas hidratados que dejaron anfíboles como fase residual estable. Un retomo a condiciones de corteza más gruesa y régimen compresivo se detecta entre los 11 y 7 Ma, cuando la actividad se redujo al Complejo Volcánico Copiapó (27°15'S). e) El evento final (6-5 Ma.) ocurrió en la zona del Nevado de Jotabeche (27°40'S), una asociación bimodal de riodacitas (Caldera Jotabeche) y andesitas máficas vítreas (Pircas Negras) eruptadas a través de fallas en el extremo sur del Altiplano, donde la corteza alcanzaba más de 60 km de espesor. La franja Maricunga se sobre impone al corredor de fallas noroeste **Valle Ancho-Potrerrillos**, rasgo estructural que podría coincidir con el límite norte del terreno Chilena, acrecionado contra el margen de Gondwana en el Paleozoico.

## Abstract

The Maricunga Belt, 200 km long, bearing precious metal mineralization, extends along the western edge of the Altiplano de Copiapó (26-28°S) and represents the Oligocene-Miocene volcanic front of the southern Andes. Centrals of Chile and Argentina. The volcanic activity of the strip is organized into five events: a) The oldest (26-21 Ma.) gave rise to the complex of Cerros Bravos-Barros Negros stratovolcanoes, and to the groups of multiple domes associated

with the mineralization of Esperanza and La Coipa ( $26^{\circ}30'-27^{\circ}S$ ) that erupted through  $\sim 45$  km thick crust. In the southern zone of the strip ( $27-28^{\circ}S$ ) the activity was more reduced and associated with small complexes of multiple domes, with gold and silver mineralization (Pantanillo, Refugio and La Pepa) emplaced through a thinner crust ( $\sim 35-40$  km). b) The second episode (20-17 Ma.) is associated with an event of compressive deformation, crustal thickening and decreased volcanic activity. c) Between 16-12 Ma, volcanism resumed with vigor. The magmas associated with the oldest centers of the cycle (Ojos de Maricunga, Santa Rosa, Jotabeche Norte; 16-15 Ma.) evolved in deep crustal levels, in equilibrium with garnet. d) At the end of the period (13-12 Ma) volcanic complexes (Pastillos) and 'porphyry gold' (Lobo and Marte) were emplaced in an extensional tectonic regime, such as between 26-21 Ma., these derive from hydrated magmas that left amphiboles as a stable residual phase. A return to conditions of thicker crust and compressive regime is detected between 11 and 7 Ma, when the activity was reduced to the Copiapó Volcanic Complex ( $27^{\circ}15'S$ ). e) The final event (6-5 Ma.) occurred in the Nevado de Jotabeche area ( $27^{\circ}40'S$ ), a bimodal association of rhyodacites (Caldera Jotabeche) and glassy mafic andesites (Pircas Negras) erupted through faults in the southern end of the Altiplano, where the crust was more than 60 km thick. The Maricunga Strip overlaps the northwest Valle Ancho-Potreriillos fault corridor, a structural feature that could coincide with the northern limit of the Chilenia terrane, accreted against the Gondwana margin, in the Upper Paleozoic (Mpodozis et al, 1995).

## 1. INDICE

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>4. LA FRANJA METALOGENETICA MARICUNGA.....</b>	<b>7</b>
<b>5. DEPÓSITOS MINERALES EN LA FRANJA METALOGENETICA MARICUNGA (CHILE-ARGENTINA).....</b>	<b>11</b>
<b>6. GEOLOGÍA DE LOS PROYECTOS VALLE ANCHO Y LA FALDA .....</b>	<b>13</b>
<b>6.1 Proyecto La Falda.....</b>	<b>13</b>
<b>6.2 Proyecto Valle Ancho .....</b>	<b>17</b>
<b>7. MINERALIZACION Y ALTERACION HIDROTERMAL EN LOS PROYECTOS LA FALDA Y VALLE ANCHO. ....</b>	<b>30</b>
<b>7.1 Proyecto La Falda.....</b>	<b>30</b>
<b>7.2 Proyecto Valle Ancho .....</b>	<b>36</b>
<b>8. GEOQUÍMICA DE LOS PROYECTOS LA FALDA Y VALLE ANCHO .....</b>	<b>41</b>
<b>8.1 Proyecto La Falda.....</b>	<b>41</b>
<b>8.2 Proyecto Valle Ancho .....</b>	<b>44</b>
<b>9. GEOFÍSICA DE LOS PROYECTOS DE LOS PROYECTOS LA FALDA Y VALLE ANCHO .....</b>	<b>48</b>
<b>9.1 Proyecto La Falda.....</b>	<b>48</b>
<b>9.2 Proyecto Valle Ancho .....</b>	<b>50</b>
<b>10. MODELO GEOLOGICO PROPUESTO.....</b>	<b>50</b>
<b>11. PLAN DE EXPLORACIÓN DE LOS PROYECTOS.....</b>	<b>52</b>
<b>12. ASPECTOS LEGALES DE LOS PROYECTOS.....</b>	<b>53</b>
<b>13. IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS .....</b>	<b>54</b>
<b>14. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>15. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUCCION

La franja Maricunga representa un cinturón metalogenético de edad correspondiente al Eoceno-Oligoceno que contiene prospectos con dos tipos de mineralización principales. El más conocido corresponde a los depósitos de tipo pórfido de Au (Lobo, Marte y Maricunga, Valle Ancho y La Falda) con mineralización asociada a *stockwork* de vetillas de cuarzo. El segundo corresponde a depósitos epitermales de Au-Ag de altas leyes, con control estructural y asociados a vetas, donde destacan los proyectos La Coipa y Esperanza.

El cinturón metalogenético tiene un potencial de recursos minerales que alcanza 70 MOz de Au, considerando minas y proyectos en evaluación (Bocanegra et al., 2015). Estos depósitos suelen tener lithocaps de alteración argílica avanzada parcialmente “telescopeados” sobre los sistemas porfídicos (Vila y Sillitoe, 1991; Mpodozis et al, 1995).

La franja Maricunga se sobre imponer al corredor de fallas noroeste Valle Ancho-Potreros, rasgo estructural que podría coincidir con el límite norte del terreno Chilenia, acrecionado contra el margen de Gondwana en el Paleozoico superior (Mpodozis, 1995).

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este TFI es analizar la geología y metalogenia de la franja Maricunga para reconocer el potencial real de albergar mineralizaciones de tipo pórfido, trabajando con datos e información de proyectos mineros recientes tanto en Chile como en Argentina, que cuentan con grandes posibilidades de desarrollar campañas de exploración avanzadas.

Además de analizar la génesis de este tipo de depósitos, se propone un plan de exploración adaptado a las características metalogenéticas de la franja y se evalúa el posible impacto socio/económico que generaría el desarrollo de proyectos binacionales entre Chile y Argentina, considerando el marco legal de este tipo de emprendimientos.

Se tratan también los aspectos técnicos de una eventual explotación de proyectos en la zona, evaluando además la conveniencia de los sitios posibles de emplazamiento para las actividades industriales relacionadas (transporte de mineral, procesamiento, residuos).

También se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Definir, en cada proyecto en estudio, nuevas zonas o targets que presenten un potencial real y puedan ser áreas de exploración futura.

- Determinar asociaciones de alteración-mineralización y su distribución espacial en base al análisis estructural, geoquímico y espectral.
- Definir en cada target el origen y la génesis que generó la alteración hidrotermal.
- Establecer posibles métodos de explotación y tratamiento en función de las características de la mineralización de los sistemas.
- Analizar la situación actual de los commodities de interés en el mercado.
- Establecer y analizar la situación legal y ambiental de los proyectos.
- Evaluar el impacto socioeconómico a escala del desarrollo de un proyecto minero metalífero en el área de influencia.

### 3. METODOLOGIA

Recopilación bibliográfica: antecedentes de actividad minera, publicaciones científicas, e informes de empresas mineras (*NI-43101*, reportes internos).

Revisión y análisis de informes internos autorizados por la empresa concesionaria (Pampa Exploración S. A., NGEX Minerals), entre ellos: informes de terceros, informes parciales y finales.

Revisiones de la información, reportes y análisis geoquímicos de la empresa propietaria del proyecto La Falda.

Revisión y análisis de los antecedentes de recuperación metalúrgica asociados a las anomalías de estudio.

Revisión de información actual de los commodities Au-Ag y su situación en Argentina, y análisis del impacto de una posible nueva explotación

Revisión y análisis del marco legal nacional y provincial, asociados al impacto ambiental en proyectos de frontera (ley de Glaciares, Ley de Humedales, áreas protegidas).

Revisión y análisis de bibliografía e información secundaria sobre las características socio económicas y demográficas del área de estudio. Evaluación de la situación socioeconómica de áreas de influencia.

Revisión y análisis de antecedentes históricos y recientes de sucesos/eventos sociales en el área relacionados con la actividad minera. Análisis de posibles mejoras vinculadas con un nuevo proyecto.

Revisión y análisis de diferentes estudios geofísicos de los proyectos.

Elaboración de mapas y secciones geológicas.

A lo largo de los años, el autor ha visitado y trabajado en terreno en varios proyectos de la franja Metalogénica Maricunga en proyectos de Chile y Argentina.

#### 4. LA FRANJA METALOGENETICA MARICUNGA

El volcanismo y magmatismo de la franja Maricunga se extiende por 200 km desde la latitud 26° S hacia el sur entre los límites de los dominios de Puna Austral y Cordillera Frontal, y representa el arco volcánico desarrollado durante el Oligoceno-Mioceno en el extremo septentrional de los Andes Centrales. Esta franja deja rastro de magmatismo fértil con la aparición de depósitos de pórfidos de Au, Au-Cu y epitermales de alta sulfuración de Au – Au/Cu (Vila y Sillitoe, 1991). Algunos de estos centros volcánicos y magmáticos asociados a esta franja se encuentran cercanos a los proyectos La Falda / Valle Ancho.

El proyecto La Falda se encuentra en el límite Norte de la franja metalogénica de Maricunga. Este cinturón o *belt* está conformado por la alineación en sentido NNE-SSO de complejos volcánicos y *stocks* subvolcánicos del Oligoceno-Mioceno con los cuales se asocian pórfidos de Au-Cu y sistemas epitermales Au-Ag de alta sulfuración (Vila and Sillitoe, 1991; Mpodozis et al., 1995). Se destacan dentro de esta franja, de Sur a Norte, los depósitos Caserones, Cerro Casale, Caspiche y Lobo-Marte (**Figura 1 y Figura 2**). El magmatismo de arco comenzó en la franja de Maricunga en el Oligoceno tardío-Mioceno temprano, aproximadamente hace 26 Ma (Lonsdale, 2005). El emplazamiento de los pórfidos y de los depósitos epitermales de alta sulfuración, basado en dataciones K-Ar y <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar (Sillitoe et al., 1991; Mpodozis et al., 1995), tuvieron lugar durante dos épocas metalogénicas distintas: Oligoceno tardío a Mioceno temprano (26-21 Ma), y Mioceno medio (14-10 Ma).

El evento mineralizador del Oligoceno tardío a Mioceno temprano se habría producido en un ambiente tectónico neutro a levemente extensional, que dió paso a un ambiente compresivo asociado a un periodo de horizontalización de la losa oceánica subducida (Mpodozis et al., 1991, 1995; Kay et al., 1994, 2008; Kay and Mpodozis, 2001).

El segundo evento mineralizador, del Mioceno Medio, tuvo lugar en un ambiente tectónico mucho más extensional y con mayor actividad volcánica, asociado con un empinamiento de la losa oceánica.

Estratigráficamente, el sector está caracterizado por secuencias volcánicas andesíticas y dacíticas del Mioceno Medio, que sobreyacen en discordancia a las secuencias metamórficas del basamento Paleozoico (Vila et al., 1991). Sobre estas secuencias se desarrollan sistemas de alteración hidrotermal que dieron lugar a los depósitos epitermales actuales (Marte, La Coipa, y otros). Finalmente, hacia el Mioceno Tardío (7 Ma), la extrusión de grandes volúmenes de ignimbritas cobre y trunca estos sectores de alteración hidrotermal. (**Figura 3**)

En la **Figura 1** se muestra la disminución en la edad de las rocas volcánicas de Oeste a Este, como consecuencia de la migración hacia el Este del arco magmático debido a una progresiva horizontalización de la losa oceánica a partir del Oligoceno tardío (Davidson, 1988; Mpodozis and Ramos, 1990; Davidson and Mpodozis, 1991).

Estructuralmente, los centros volcánicos y la mineralización asociada de la franja Maricunga se encuentran controlados por fallas con rumbos NO (normales, asociadas a período extensional), NE (inversas, asociadas a períodos de compresión) y E-O (de segundo o tercer orden, fallas de rumbo), siendo la primera de estas predominante (Davidson and Mpodozis, 1991; Vila and Sillitoe, 1991; Vila et al., 1991; Oviedo et al., 1991; Kay et al., 1994; Mpodozis et al, 1995).

Durante el Plio-Pleistoceno los sectores más altos de la franja Maricunga sufrieron glaciaciones, dando lugar a las fases finales de exhumación de las zonas de alteración y mineralizaciones asociadas (Sillitoe et al., 2013).

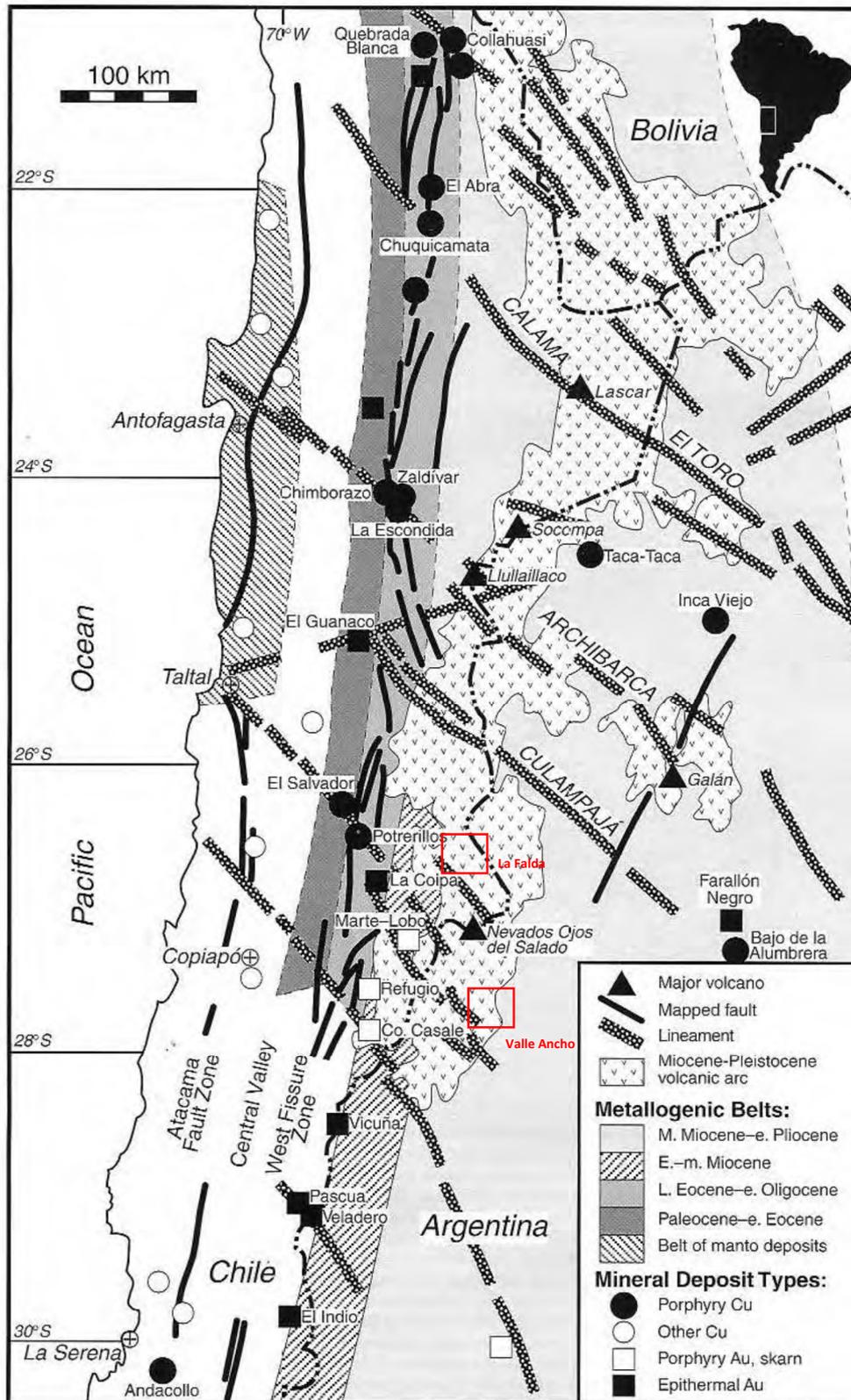
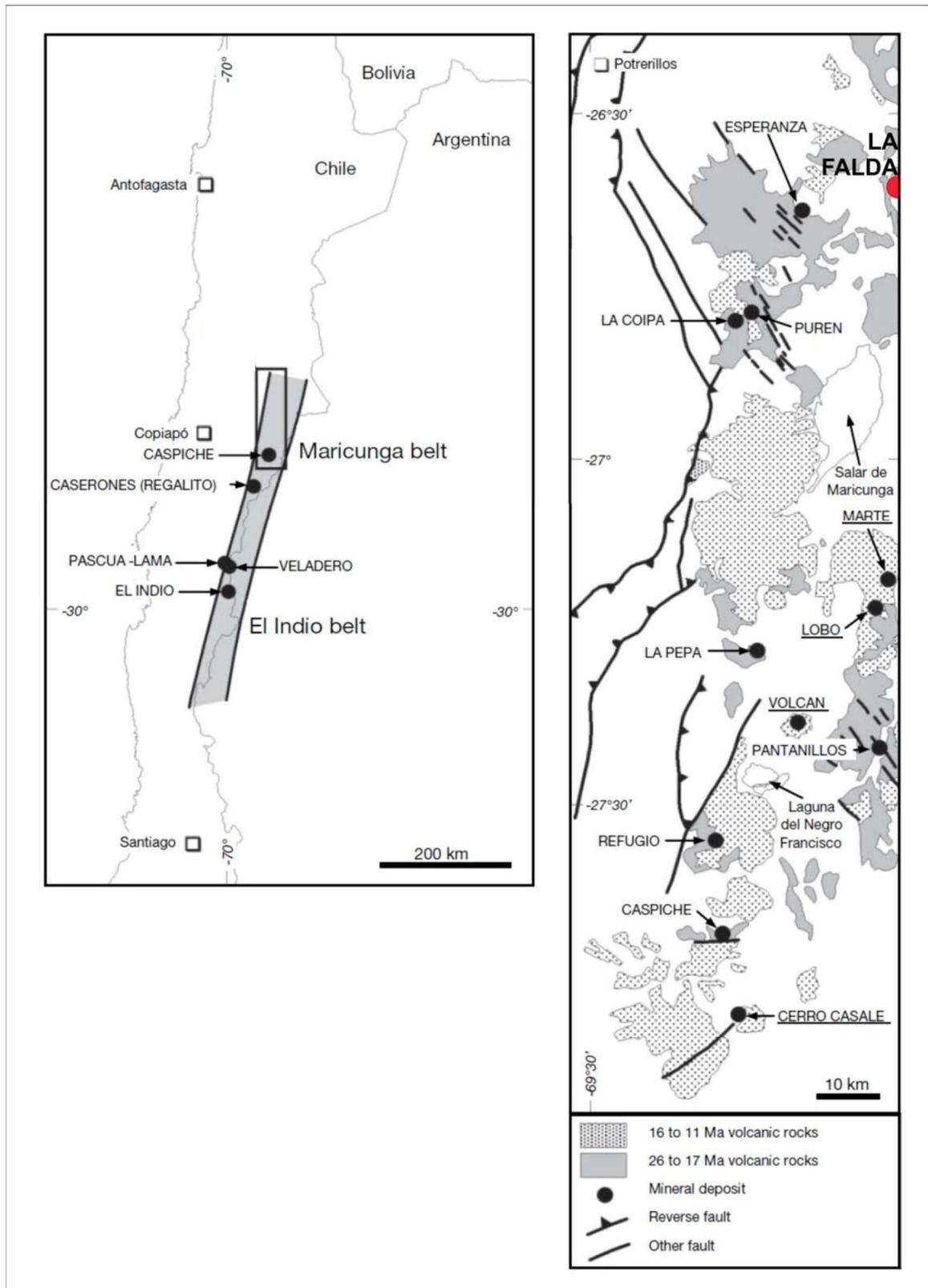


Figura 1. Modificado de Tosdal & Richards (2001). Distribución de las franjas metalogénicas de los Andes centrales desde el Paleoceno hasta el Plioceno, y principales lineamientos. En rojo, zona Valle Ancho.



**Figura 2.** Ubicación regional de la Franja Maricunga (izquierda) y distribución del volcanismo 26 – 17 Ma y volcanismo 16 – 11 Ma en la Franja Maricunga (derecha), según Sillitoe et al. (2013)

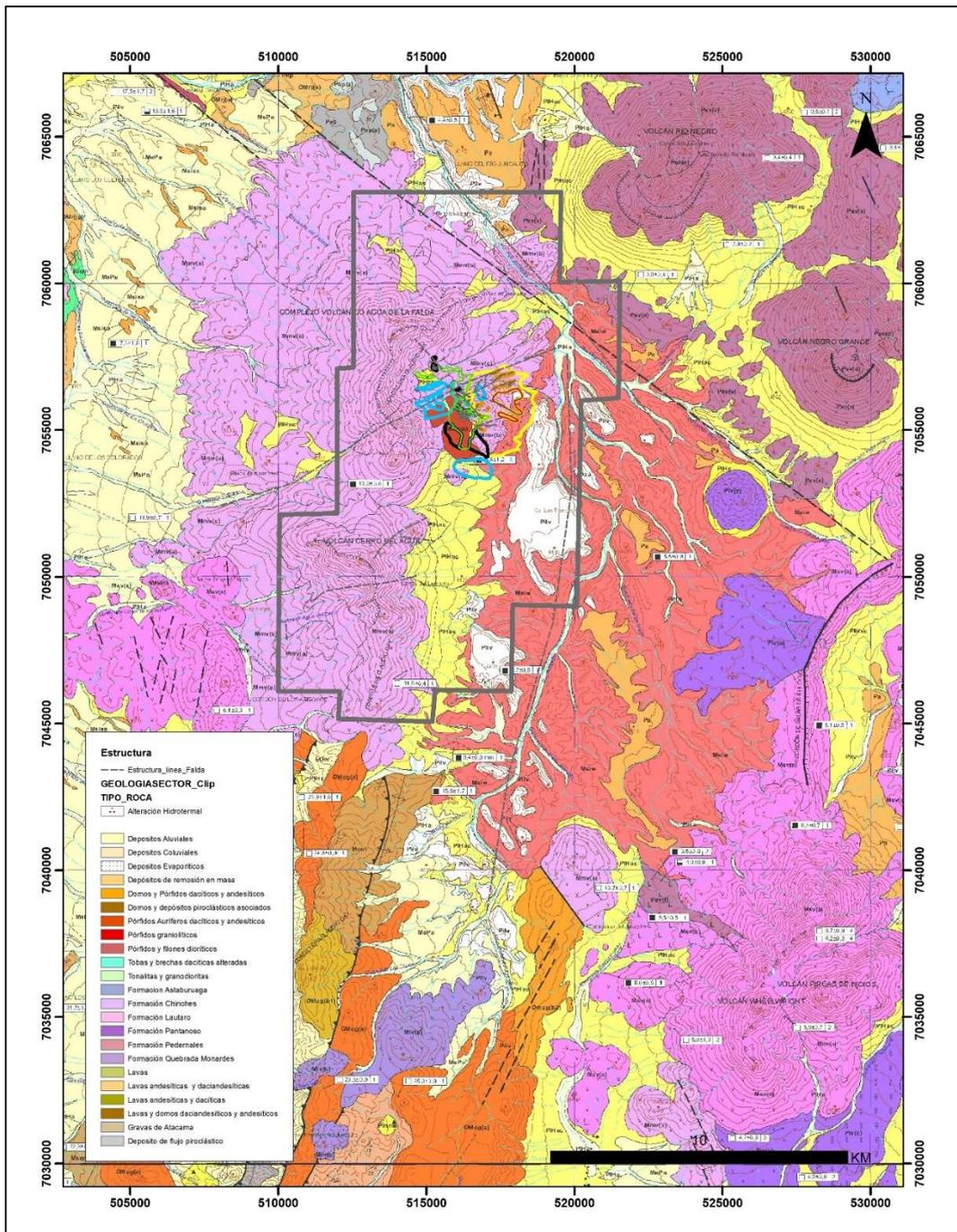


Figura 3. Marco geológico regional del Proyecto La Falda, Chile (Hoja Geológica Salar de Wheelwright, Sernageomin 2003).

## 5. DEPÓSITOS MINERALES EN LA FRANJA METALOGENETICA MARICUNGA (CHILE-ARGENTINA).

Entre los eventos terciarios formadores de la Franja Maricunga se reconocen dos episodios relacionados con alteración hidrotermal y mineralización, denominados sub-franja oeste y sub-franja este (Vila y Sillitoe, 1991).

El primero representa un ambiente epitermal de alta sulfuración (sub-franja oeste 24 - 20 Ma, Vila y Sillitoe, 1991) y está caracterizado por estructuras o “*ledges*” típicas de un ambiente de “*lithocap*” desarrolladas en las raíces volcánicas de los sistema de pórfidos (Callan, 2006).

La composición de estas estructuras está constituida principalmente por un pulso de cuarzo-alunita y tienden a concentrarse en los márgenes y en las cúpulas de los pórfidos. En general muestran tendencias y orientaciones ONO – NO, largos que no superan 600 metros y espesores desde centímetros hasta 15 o 20 metros.

El pulso de cuarzo-alunita suele estar acompañado por cuarzo residual con típicas texturas de lixiviación o *vuggy*. En algunos proyectos la alunita se observa bien cristalizada, con colores rosados, blancos o castaño claro, mostrando su naturaleza hipógena. La mineralización de estas estructuras se compone fundamentalmente de pirita, arsenopirita, enargita y tenantita. Los ensambles de alteración son característicos de argílica avanzada (alunita Na-alunita K-dickita-caolinita-pirofilita).

En general los valores de Au pueden alcanzar 15 a 25 g/t, más de 1 % Cu y 1 % de As si contiene enargita, lo que complica la metalúrgica del proyecto.

El segundo episodio (sub-franja este, 14 -13 Ma, Vila y Sillitoe, 1991) está representado por sistemas hidrotermales tipo pórfidos auríferos, de composición andesítico-dacítica. Contienen típicas vetillas de cuarzo bandeadas “tipo Maricunga” que generalmente presentan un ensamble tipo “*sheeted vein*”, generando grandes franjas de orientación NO u ONO. Las vetillas presentan texturas bandeadas con bandas blancas y bandas grises. Las bandas oscuras contienen abundantes inclusiones fluidas y mineralización de pirita, magnetita y menos bornita y calcopirita. La mineralización aurífera asociada a estos sistemas porfíricos se encuentra como oro nativo libre, como inclusiones en pirita y magnetita, diseminado o en vetillas de cuarzo. La alteración en estos intrusivos es principalmente potásica y argílica, con sectores periféricos con débil alteración propilítica.

En general, en las zonas cercanas a los silica *ledges*, las vetillas bandeadas muestran fuerte lixiviación ácida, lo que evidencia las relaciones temporales de un ambiente epitermal de alteración argílica avanzada sobre imponiéndose a un sistema hidrotermal tipo pórfido.

Los depósitos identificados en la franja Maricunga comprenden edades del Mioceno temprano al Mioceno medio. Son depósitos auríferos, predominantemente de tipo epitermal de alta sulfuración, con mineralización en vetas, *ledges* controlados por fallas, mineralización en brechas y diseminada. También se han localizados yacimientos de tipo pórfido ricos en oro, pero no se han

explotado de manera continua porque se trata debido a que si bien son yacimientos de alto tonelaje tienen baja ley (**Figura 1**).

Los depósitos epitermales más importantes son La Coipa y Esperanza, mientras que los sistemas hidrotermales tipo pórfido más importantes son Cerro Casale, Caspiche, Refugio, Pantanillo, Lobo-Marte y Cerro Maricunga.

Es importante marcar que la franja Maricunga presenta proyectos hasta el momento poco explorados en Argentina, los cuales muestran rasgos y características idénticas con los depósitos tipo Maricunga de Chile, con franjas tipo *sheeted vein* típicas de cuarzo con texturas bandeadas (BQV).

## 6. GEOLOGÍA DE LOS PROYECTOS VALLE ANCHO Y LA FALDA

### 6.1 Proyecto La Falda

Las unidades aflorantes en La Falda corresponden a los restos de un estratovolcán del Mioceno, con un sistema de intrusivos andesíticos/dacíticos que conforman el cuello del estratovolcán y que subyacen a las secuencias extrusivas volcánicas y volcanoclásticas en las que se desarrolla el *lithocap* producto de la alteración hidrotermal (**Figura 4**).



**Figura 4.** Vista al SE de la zona central del proyecto La Falda, con la demarcación del estratovolcán mioceno y la indicación de las unidades intrusivas, secuencias extrusivas y lithocaps. VBX Brechas volcánicas andesíticas, PF pórfido feldespático andesítico, PFq pórfido feldespático crowded, IBX Brecha intrusiva, PFq pórfido Qtz-feldespático

A continuación se detallan las litologías que conforman la columna estratigráfica en el área del proyecto, en orden de extrusión (**Figuras 5 y 6**):

- Brechas Volcánicas Andesíticas (VBX): Afloran en el sector central de la propiedad, formando un anillo alrededor de la zona de intrusivos centrales. De colores blanco/amarillo/anaranjado, son brechas polimícticas, de composición andesítica, variando en sectores de matriz a clasto-sostén. La secuencia presenta inclinaciones hacia el NE y hacia el SO, marcando la paleotopografía del estratovolcán Mioceno. Afectada por la actividad hidrotermal que dio lugar al *lithocap*, presenta alteración argílica avanzada moderada a intensa con desarrollo de jarosita, hematita, alunita, caolinita y pirofilita. Dentro de esta secuencia se reconocen afloramientos por lo general de

orientación E-O, con alteración *vuggy silica* intensa, de hasta 750 m de largo, 40 m de ancho y 15-20 m de altura, que probablemente corresponden a los antiguos conductos por los que circularon las soluciones hidrotermales (Qtz Ledge).

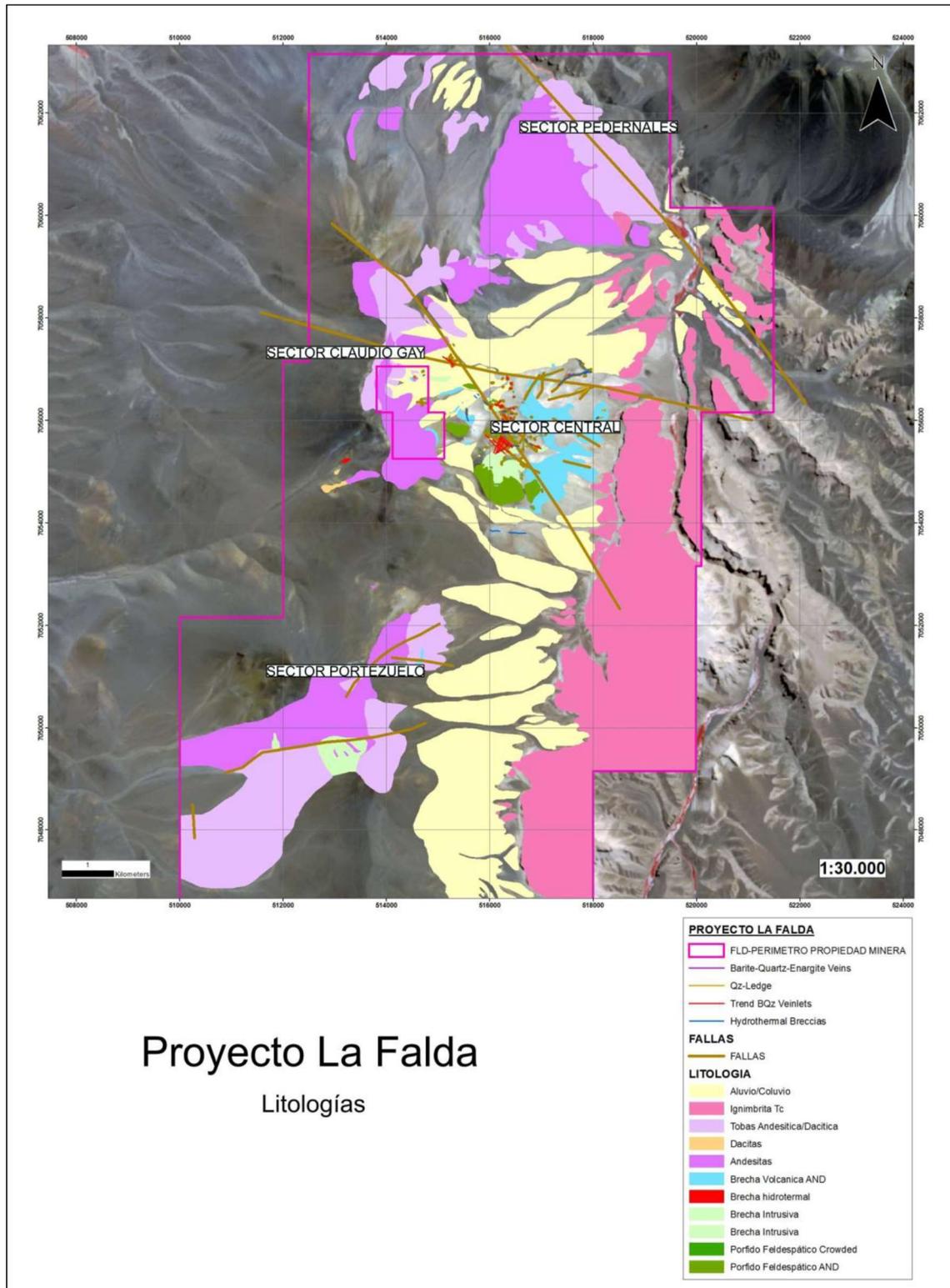
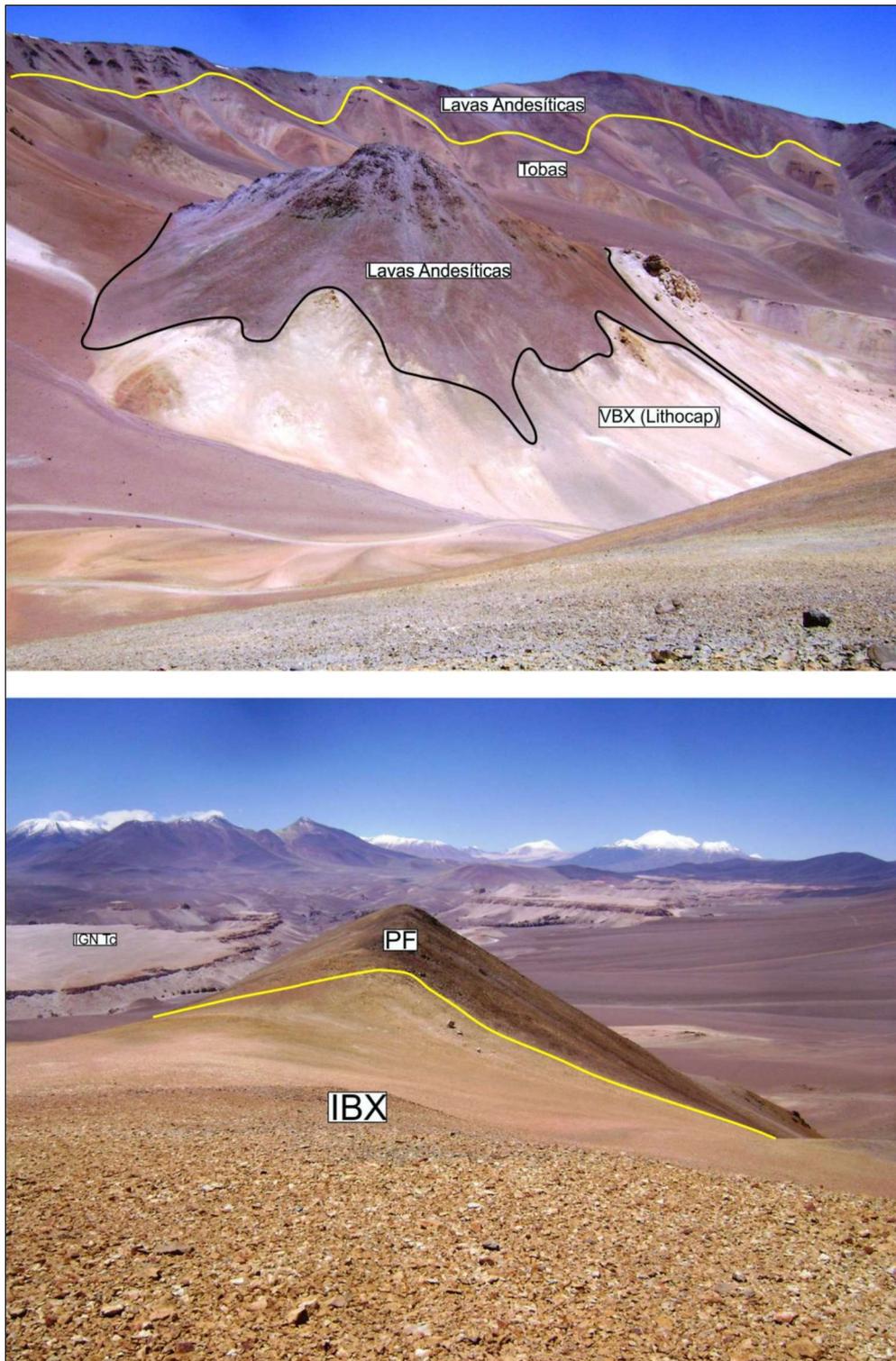


Figura 5. Mapa geológico del proyecto La Falda.



**Figura 6.** Arriba: Cordillera Claudio Gay (vista hacia NO desde sector Central). Abajo: Vista hacia el SE desde el sector Central. IBX (Brecha Intrusiva), PF (Pórfido feldespático)

- Tobas Lítico-Cristalinas Andesíticas/Dacíticas: afloran en todo el límite occidental de la propiedad, sobre la cordillera Claudio Gay (sectores Portezuelo y Claudio Gay) y en el extremo NE de esta dentro de una quebrada de rumbo NO (sector Pedernales). Son tobas lítico-cristalinas, de

composición en general andesítica (en sectores puntuales dacítica), de textura fina y generalmente fresca. Sólo en un área particular dentro del sector Pedernales se la encontró con alteración argílica/oxidación fuerte.

- Lavas Andesíticas: Sobreyacen en concordancia a las tobas y de igual manera afloran principalmente sobre la cordillera Claudio Gay y en el sector Pedernales. Generalmente frescas y de textura fina a gruesa. Se observa orientación de las plagioclasas y los máficos, indicando fluidalidad.

- Ignimbritas Tc: Último episodio extrusivo. Afloran principalmente sobre todo el límite oriental de la propiedad, rellenando las quebradas en los sectores más bajos. En algunas zonas se apoya en contacto directo sobre las VBX con alteración hidrotermal. Presenta fragmentos pumíceos y líticos volcánicos.

Cuatro tipos de intrusivos afloran solo en el sector central de la propiedad, uno de ellos con mayor relación con la mineralización (**Figuras 5 y 6**):

- Pórfido Feldespático Andesítico (PF): De textura fina a media, en general se lo encuentra con alteración Magnetita – Clorita  $\pm$  Pirita (MCP) moderada a fuerte. Cristales de Plagioclasa (hasta 5 mm)>Anfibol>Biotita. En sectores donde el sistema se encuentra telescopeado, se lo observa con alteración argílica avanzada sobreimpuesta (relictos de Mt martitizada). Si bien está asociado con un evento de vetillas de cuarzo bandeado (BQZ), la densidad de vetillas observada en este cuerpo es relativamente baja.

-Pórfido Feldespático Crowded (PFg): De igual composición que PF, pero de textura gruesa y con menor porcentaje de matriz. La característica principal, es que los fenocristales son de mayor tamaño y se encuentran más juntos que en PF. Aflora en el extremo NO del sector Central (Blanco Pomelo). Alta densidad de vetillas BQZ cortan a este cuerpo y posee las anomalías de Au más altas en este tipo de mineralización. Solo aflora como bloques dentro de una brecha intrusiva.

- Brecha Intrusiva (IBX): Corresponde a la litología con mayor distribución areal de afloramientos. De composición andesítica, intruye de forma irregular a PF/PFg y contiene fragmentos de estos. Los fenocristales se presentan generalmente fracturados e inmersos en una matriz de sílice + roca molida, de color verde claro. La alteración característica de esta roca es del tipo illita-esmectita (illita-esmectita), de color verde claro y textura arcillosa. Es distintivo de esta unidad el hecho de estar cortada por Tufisitas. Alta densidad de vetillas BQZ cortan a este cuerpo, pero posee valores intermedios de Au.

-Pórfido Qtz-Feldespático (PFq): Este cuerpo no aflora. Solo se observa en los primeros metros del sondaje LF10-05 perforado por IRL/CATALINA en 2010. Su característica es la presencia de fenocristales de Qtz (<5%) y se lo considera post-mineral, ya que no presenta ningún tipo de vetillas ni valores anómalos de Au.

Las estructuras principales del proyecto La Falda corresponden a lineamientos regionales con rumbos NO, NE y E-O, siendo los primeros los más representativos del sector (**Figura 5**). Este tipo de lineamientos son característicos de la franja Maricunga, los cuales han constituido el control estructural del emplazamiento de los volcanes y *stocks* asociados del Oligoceno-Mioceno (Mpodozis et. al., 2009).

En el sector central de la propiedad se observa la influencia de dichos controles estructurales afectando el emplazamiento tanto de los cuerpos epitermales (Qtz Ledges) como de las vetillas de cuarzo bandeado. Los primeros presentan un control mayormente E-O, con leves inflexiones ENE. En lo que respecta a las vetillas BQZ, se observan 3 trenes principales de rumbos NO, NE y NNE respectivamente. Los sectores donde se produce el cruce de dos o más de estos trenes de vetillas BQZ corresponden a las áreas más prospectivas del proyecto La Falda.

## 6.2 Proyecto Valle Ancho

El proyecto Valle Ancho se ubica en la provincia geológica Cordillera Frontal, y comprende secuencias volcano-sedimentarias del Paleozoico superior, unidades intrusivas triásicas e intrusivos y depósitos volcano-sedimentarios terciarios (**Figura 1**).

A continuación, se detallan las principales unidades que afloran en el área del proyecto y sus proximidades, **Figura 7**:

La Formación El Cuerno (Pérmico) conforma un extenso bloque en el corredor estructural Valle Ancho-Potrerrillos y la falla Tres Quebradas. Se compone de secuencias volcano-sedimentarias y vulcanitas ácidas a mesosilícicas. Koukharsky (1969) describió secuencias de rocas volcánicas ácidas y mesosilícicas en el área Tres Quebradas, y González Díaz (1971) las denominó Formación El Cuerno. Dataciones por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en biotita sobre muestras en territorio chileno, al oeste del volcán Tres Quebradas, indican edades pérmicas  $264 \pm 5$  Ma y  $267 \pm 5$  Ma (Mpodozis et al., 1998).

A partir del Cisuraliano (Pérmico Temprano) se desarrolló en el sector chileno el Complejo volcánico-sedimentario Grupo Peine, cuya edad se extiende hasta el Triásico. Dicho magmatismo es equivalente del Grupo Choiyoi presente en la Cordillera Frontal. Esta unidad conforma el

basamento pre-volcánico del proyecto Valle Ancho en su totalidad, constituyendo un bloque de aproximadamente 292 km<sup>2</sup> de extensión que aflora en sentido NO-SE a lo largo del lineamiento estructural homónimo.

La secuencia volcano-sedimentaria de la Formación El Cuerno se presenta en discordancia erosiva con la Ignimbrita La Puerta. Esta última, junto a los Bloques del Campo Negro, se encuentra afectada por fallas normales, conformando parte del bloque hundido, presente en el ingreso de la propiedad del proyecto, conocido como la Puerta de Valle Ancho.

Otra unidad asociada al basamento local, sobreimpuesta con el mismo comportamiento estructural, es la relacionada a la Formación Los Aparejos, que aflora a lo largo y en la mayoría del flanco septentrional de basamento.

La Formación Los Aparejos (Turner, 1967) está conformada por depósitos clásticos continentales; son areniscas finas, limolitas, arcilitas y conglomerados, de color rojo pardusco oscuro, en los que participan granitos, esquistos, arcosas de la Formación Agua Colorada, basaltos y andesitas hornblendíferas particularmente en la comarca de los Aparejos. Esta unidad litológica aflora en el área de Valle Ancho, Tres Quebradas y Laguna Verde. Se considera de edad paleógena (Eoceno a Oligoceno) por su posición estratigráfica. Gaderweg et al. (1997) y Coira (1996) consideraron estos depósitos equivalentes al Grupo Purilactis, correspondientes a una cuenca de retroarco de amplia distribución. En el área de Valle Ancho las secuencias se encuentran intruídas por el pórfido de Tres Quebradas y en contacto tectónico con la Formación el Cuerno. La Formación Los Aparejos podría considerarse equiparable a los Estratos del Río Nevado (Mpodozis, et al., 1991), en territorio chileno, y a depósitos de edad eocena que afloran en el Salar de Antofalla (Kraemer et al., 1999).

Las unidades volcánicas andesíticas y basálticas del Paleógeno son un conjunto de lavas andesíticas a basálticas que conforman un cordón serrano de rumbo submeridiano, al sur de Valle Ancho, próximo al límite con Chile. Se trata de lavas andesíticas a basálticas, color verde-oscuro, porfíricas, con fenocristales de plagioclasa y piroxeno, distribuidos en una pasta afanítica. Como minerales de alteración se presentan clorita, epidoto y óxidos de hierro como producto de leve alteración propilítica.

Esta unidad se halla próxima a las nacientes del río Pampa, y abarca el área de Anomalía 4 en su totalidad, donde se asocia en contacto inferido al complejo volcánico Don Segundo (Mioceno inferior). Estas andesitas se asignan al Paleógeno por correlación con afloramientos en Chile

(Cornejo y Mpodozis, 1994; Mpodozis et al., 1995; Coira, 1996). En parte podría correlacionarse con la Formación Astaburuaga en territorio chileno (Mpodozis et al., 1995).

La unidad que incluye el Pórfido Tres Quebradas (Oligoceno) agrupa domos y pórfidos dacíticos, que se localizan al norte de Valle Ancho y en el área de Tres Quebradas. El intrusivo dacítico de Tres Quebradas se caracteriza por su coloración grisácea a verdosa y textura porfírica. Sus fenocristales están compuestos por andesina, hornblenda y cuarzo. En algunos casos se han reconocido agregados de cuarzo grueso como xenolitos.

El pórfido andesítico-dacítico de la margen izquierda del Valle Ancho intruye a las unidades Formación Los Aparejos y Formación El Cuerno. Se presenta en forma elongada con rumbo NO-SE y enjambre de diques dacíticos, de hasta 3 m de espesor con rumbos N-S, NO-SE y ENE-OSO que atraviesan las sedimentitas paleógenas. Estos diques parecen constituir la apófisis de un intrusivo dacítico. A este episodio magmático podría atribuirse las áreas afectadas por intensa alteración hidrotermal en la comarca de Valle Ancho entre el bloque de vulcanitas neopaleozoicas (Formación El Cuerno) y los depósitos clásticos paleógenos de la Formación Los Aparejos. A su vez, esta unidad está cubierta por lavas andesíticas neógenas del Complejo Volcánico Los Patos.

Los diques dacíticos fueron datados por  $K/Ar$  en 29 Ma (Linares & González, 1990). Posteriormente, dataciones de Mpodozis et al., (1998) y Coira (1996) en el pórfido dacítico de Tres Quebradas arrojaron edades de  $30.5 \pm 1.5$  Ma; definiendo su edad del Oligoceno.

El complejo volcánico Don Segundo (Mioceno inferior) comprende lavas dacíticas y andesitas que conforman edificios volcánicos centrales erosionados, así como flujos piroclásticos y tobas que cubren al sistema subvolcánico. Los flujos piroclásticos se manifiestan de color blanquecino y aspecto compacto y rasgos texturales primarios enmascarados por una fuerte silicificación. También se integran a esta unidad cuerpos porfíricos dacítico-andesíticos, que en forma de diques afloran en el extremo norte de Valle Ancho, denominada área Nordin (o Anomalía 3). Lavas dacíticas-andesíticas afloran en Anomalía 6 (La Quebrada) y tienen posible correlación con los del área antes mencionada.

Este complejo presenta fracturación y alteración hidrotermal. A su vez está cubierto por flujos piroclásticos dacíticos neógenos de  $21.1 \pm 0.8$  Ma (Gardeweg, et al., 1997) sin alteración hidrotermal, reconocidos en el área Nordin como Ignimbrita La Ciénaga, y por lavas de andesíticas de edad miocena en el área de Anomalía 6, lo que permite asociar tentativamente al complejo volcánico Don Segundo a la fase magmática y metalogénica del Oligoceno superior y el Mioceno

inferior, con similitudes al complejo volcánico Jotabeche, en territorio chileno (Mpodozis et al., 1991; 1995).

Los flujos piroclásticos masivos (Ignimbrita La Ciénega, Mioceno inferior) tienen composición dacítica, y colores blanquecinos grisáceos a rosados. Los líticos están representados por vitrófiros morados a rosados probablemente provenientes de la Formación El Cuerno. Algunos niveles se caracterizan por su abundancia en líticos, que llegan a constituir hasta el 40% del total, compuestos por vulcanitas y pórfidos granodioríticos, y por escasa participación de pómez. Esta unidad solo es reconocida en el extremo norte de Valle Ancho en el área de Anomalía 3 y en Tres Quebradas. Esta unidad es suprayacente al Complejo Volcánico Don Segundo. Una datación realizada por el método K-Ar sobre biotita arrojó una edad absoluta de  $21.1 \pm 0.8$  Ma (Coira, 1996).

Las unidades de Andesitas del Hito 8 (Mioceno Medio) constituyen coladas masivas de andesitas anfibólico-piroxénicas, de color gris oscuro, con fenocristales de plagioclasa, anfíboles y piroxenos seriados. Estas lavas forman mesetas en comarcas próximas al límite internacional, en las cabeceras de Valle Ancho. Yacen sobre el Complejo Volcánico Don Segundo y están cubiertas por las lavas andesíticas del Cerro Dos Hermanas (Coira, 1996). No están afectadas por procesos de alteración hidrotermal.

El estratovolcán Cerro Dos Hermanas (8-7 Ma, Mioceno Medio), ubicado al sur del Valle Ancho y hacia el límite internacional con Chile, reúne andesitas y basaltos cuya edad es similar al cono tardío del complejo Copiapó en la franja Maricunga. Los contenidos muy elevados de  $\text{Na}_2\text{O}$  y La/Ta, que caracterizan a las andesitas del volcán Dos Hermanas, indican notorias similitudes con magmas que derivarían de la fusión directa de la placa subductada (Mpodozis et al., 1997).

Estas secuencias pueden ser apreciadas en el área reconocida como La Caldera, extremo norte de la propiedad minera Valle Ancho.

La Ignimbrita Valle Ancho (Mioceno Medio) está constituida por una sucesión de flujos piroclásticos de composición dacítica con coloraciones blanquecinas a pardo rosadas, claras, con contenido medio en pómez y pobre en líticos. Los litoclastos corresponden a vidrio volcánico, andesitas y dacitas. En el norte del área Anomalía 3N estos flujos tienen forma de mesetas dislocadas cubriendo parcialmente a las unidades infrayacentes (Ignimbrita La Ciénega y Complejo volcánico Don Segundo).

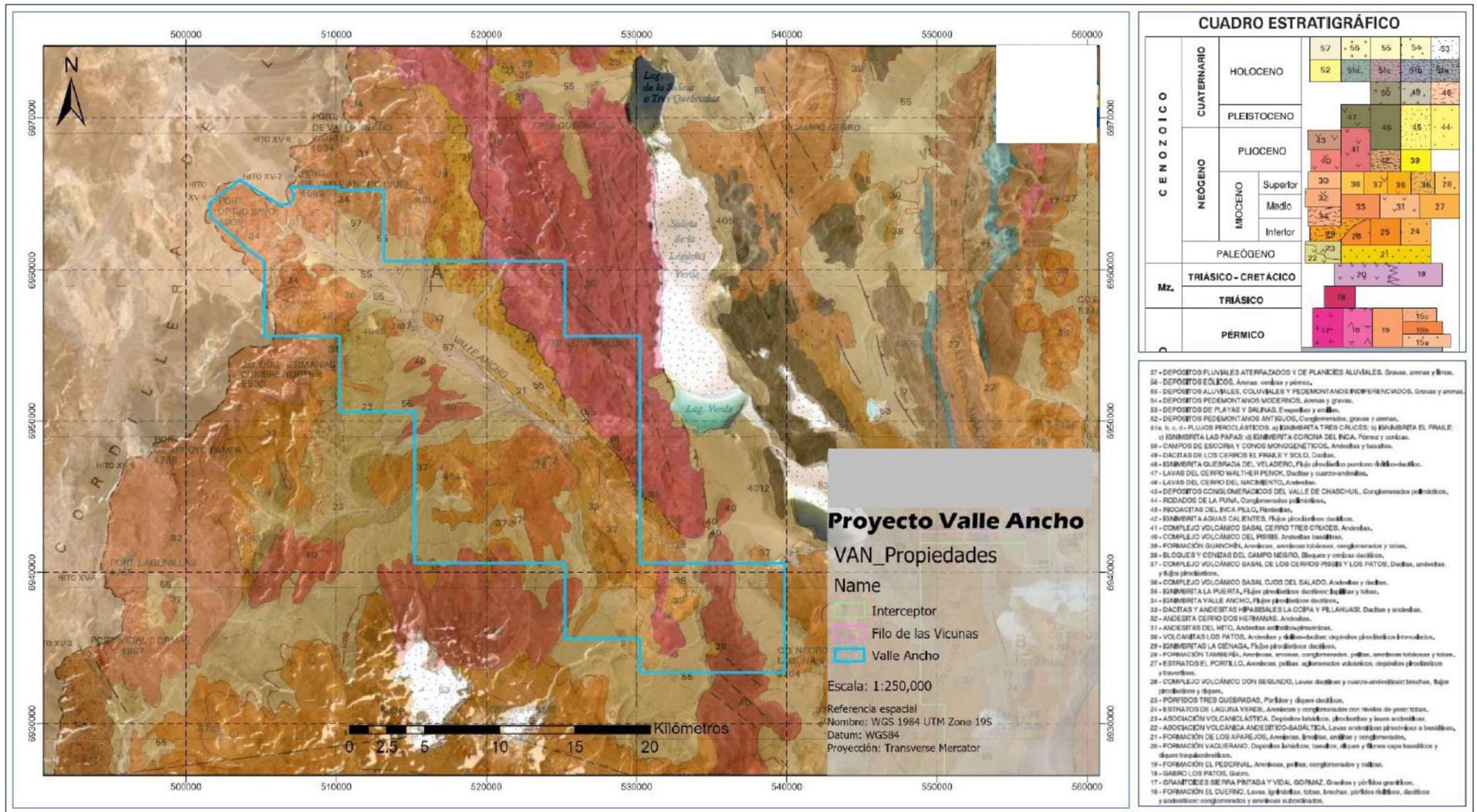


Figura 7. Unidades geológicas en el área del proyecto Valle Ancho según la Hoja Geológica Fiambalá 2769-IV. Rubiolo et al. 2003

Esta unidad cubre en forma discordante a las unidades del Mioceno inferior mencionadas, localizadas particularmente en el área de Anomalía 3 y 3N. Se desconoce el centro eruptivo de estos flujos piroclásticos; no obstante podría atribuirse, por su proximidad, al complejo volcánico Copiapó en territorio chileno.

La unidad Ignimbrita La Puerta (Mioceno Superior) está compuesta por una sucesión de flujos piroclásticos masivos, rosados a blanquecinos, de 6 - 10 m de potencia, con frecuente diaclasamiento columnar. Delgados niveles de lapillitas y tobas de caída se intercalan entre cada flujo. Los depósitos piroclásticos son de composición dacítica (Coira, 1996). Esta ignimbrita, junto a los Bloques del Campo Negro, se encuentra afectada por fallas normales, conformando parte del bloque hundido, presente en el ingreso de la propiedad, conocido como la puerta de Valle Ancho.

Esta unidad yace en discordancia sobre la Formación Los Aparejos y está cubierta por depósitos de bloques y cenizas, flujos basálticos y depósitos de gravas neógenas.

La secuencia volcánica basal de los Cerro Pissis y Los Patos (Mioceno Superior) constituye aparatos volcánicos predominantemente lávicos, al sur y norte de Valle Ancho, correspondientes al complejo basal del volcán Pissis y al del volcán Los Patos. El monte Pissis se encuentra a 11 km al sur en línea recta de la propiedad minera de Valle Ancho.

Los afloramientos están compuestos por lavas dacíticas-andesíticas, domos y flujos piroclásticos. Las dacitas desarrollan potentes coladas dómicas porfíricas, de coloraciones parduscas rosadas y grisáceas.

Se extiende mayormente en el área centro-sur de Valle Ancho, cubriendo de manera parcial al complejo volcánico Don Segundo y la Ignimbrita La Puerta. También se presenta, pero en menor medida en el extremo norte de la propiedad.

Los bloques y cenizas del Campo Negro (Mioceno Superior), angulosos, de aristas agudas de 30-60 cm de longitud, son detritos in situ (Turner, 1967). Clasificarlos como un depósito de bloques y cenizas (Rubiolo, 1998, 2000 a y b). La unidad está compuesta por depósitos de bloques y cenizas de composición dacítica parcialmente erosionados, del cual el material piroclástico fino fue removido, quedando una cubierta de bloques angulosos con evidencias de superficies de enfriamiento abrupto, en algunos casos parcialmente oxidadas. Esta unidad se localiza en el ingreso de la propiedad minera (Puerta de Valle Ancho).

Estos depósitos cubren a las coladas dómicas dacíticas del complejo volcánico basal Ojos del Salado y a la ignimbrita La Puerta. A su vez, están cubiertos por lavas de andesitas basálticas del Complejo

volcánico joven del Pissis. De acuerdo con su posición estratigráfica se estima una edad del Mioceno superior.

El complejo volcánico del Pissis (Plioceno) son lavas de andesitas basálticas de coloración gris oscura, aspecto compacto y masivo, en ocasiones vesiculares, pobremente porfíricas, con fenocristales de olivino, y hornblenda parda con gruesos rebordes de opacos o totalmente desferritizados (Coira 1996 y Mpodozis et al., 1997)

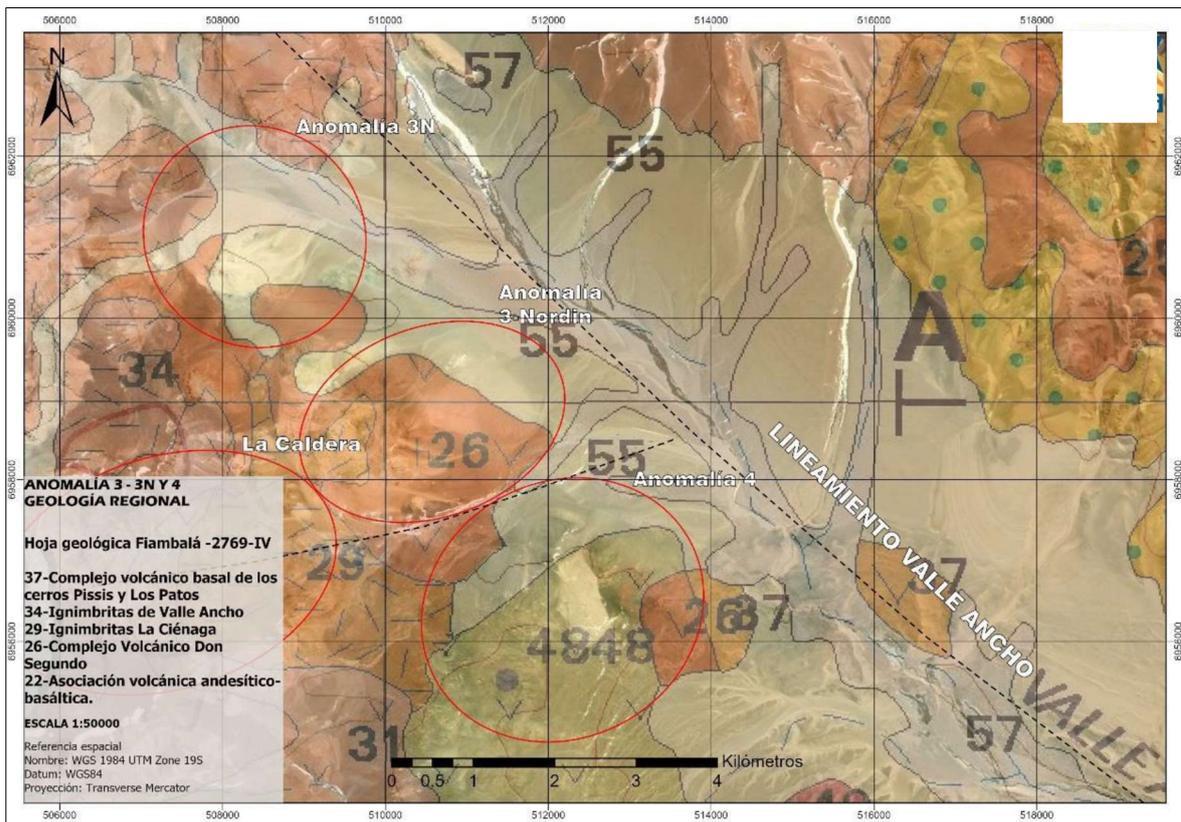
Esta unidad puede observarse en el área centro de la propiedad, bordeando los efluentes del río Pampa; también aflora al sur de la propiedad en las proximidades del monte Pissis. Esta unidad corresponde a emisiones esencialmente lávicas asociadas a centros efusivos modestos. Algunos de los centros localizados al sur de Valle Ancho están controlados por fracturación NO-SE, NNO-SSE y NE-SO.

En el proyecto se han definido tres anomalías con sistemas epitermales y tipo pórfido posiblemente vinculados (**Figura 8**). Específicamente se explicarán las unidades litológicas de la anomalía Nordin, ya que es el prospecto dentro del proyecto Valle Ancho con más exploración histórica.

Se describen las unidades litológicas que componen al sistema hidrotermal en la Anomalía 3 o Nordin. Las mismas fueron separadas en tres grupos: unidades pre-mineral, intra-mineral y post-mineral hidrotermal.

La anomalía Nordin presenta una secuencia volcánica y piroclástica compuesta por andesitas porfíricas, tobas cristalinas, lapillíticas e ignimbritas, intruídas por cuerpos porfíricos de emplazamientos pre, intra y post sistema hidrotermal. Estos intrusivos corresponden a cuerpos subvolcánicos de composición diorítica, diorítica cuarzosa y dacítica (**Figura 9**).

El conjunto de unidades volcánicas y piroclásticas corresponden al *Complejo Volcánico Don Segundo* descrito en la Hoja Geológica 2769-IV Fiambalá del SEGEMAR. El Complejo está cubierto por ignimbritas de la unidad *La Ciénaga* cuya edad por K/Ar sobre biotitas es de  $21.1 \pm 0.8$  Ma, por lo que se lo asigna al Oligoceno superior o Mioceno inferior por relación estratigráfica. En este período se desarrolló la fase de magmatismo y metalogenia a la que están asociados yacimientos como La Coipa y La Pepa en la III Región de Chile.



**Figura 8.** Unidades geológicas del área de las Anomalías 3 - 3N y 4 del proyecto Valle Ancho (la leyenda hace referencia a los números de las unidades de la Hoja geológica Fiambalá 2769-IV).

El complejo volcánico está intruido por los pórfidos diorítico cuarzoso (PDC) y feldespático (PF), el conjunto 3-N representa la roca hospedante del sistema. Dado el grado de alteración hidrotermal, los escasos afloramientos y la existencia de trincheras derrumbadas, realizadas antiguamente por Eldorado Gold Corporation, es difícil determinar la secuencia estratigráfica de las piroclásticas, las tobas lapillíticas están intercaladas entre tobas dacíticas y andesitas porfíricas (flujos lávicos?), en diferentes cotas, indicando múltiples episodios de erupciones volcánicas con eyecciones piroclásticas. La estratificación, en el área de Bajo Nordin, tiene orientaciones que varían entre  $300^{\circ}$  a  $310^{\circ}$  e inclinaciones entre  $25^{\circ}$  a  $55^{\circ}$  al Suroeste.

El pórfido diorítico cuarzoso (PDC) aflora en el sector sur de Bajo Nordin y sus afloramientos son parciales por quedar cubierto por los depósitos aluviales al igual que el complejo volcánico piroclástico (CVP), mientras que en Alto Nordin ocupa el área noroeste asociada espacialmente a la diorita porfírica (PF). La abundancia de las intrusiones porfíricas post sistema son las que marcan la principal diferencia entre Alto y Bajo Nordin. Estas intrusiones particularmente están distribuidas en casi todo Alto Nordin y el CVP yace a modo de "roof pendant", un factor determinante al momento de decidir el potencial de mineralización del área. Asociado al evento epitermal de alta sulfuración, existen brechas hidrotermales de cuarzo alunita (BXQa) y estructuras de reemplazo por

cuarzo-alunita, alojadas en el complejo volcánico piroclástico o en el pórfido diorítico cuarzoso PDC de Alto y Bajo Nordin. Las brechas representan cuerpos de azimut  $340^\circ$  y  $0^\circ$  con inclinaciones desde verticales hasta  $65^\circ$  al oeste, sus anchos varían desde 0.4 a 20 metros y corridas que no superan los 50 metros. Las brechas son de origen freático según clasificación de Sillitoe 2010. Las estructuras de remplazo cuarzo-alunita son escasas, de orientaciones variables entre  $320^\circ$  a  $340^\circ$ , verticales y de corridas no mayores a los 50 metros. Se caracterizan por el reemplazo pervasivo de la roca por cuarzo y alunita, presentan además parches de sílice residual producto de la fuerte lixiviación ( $\text{pH}<3$ ).

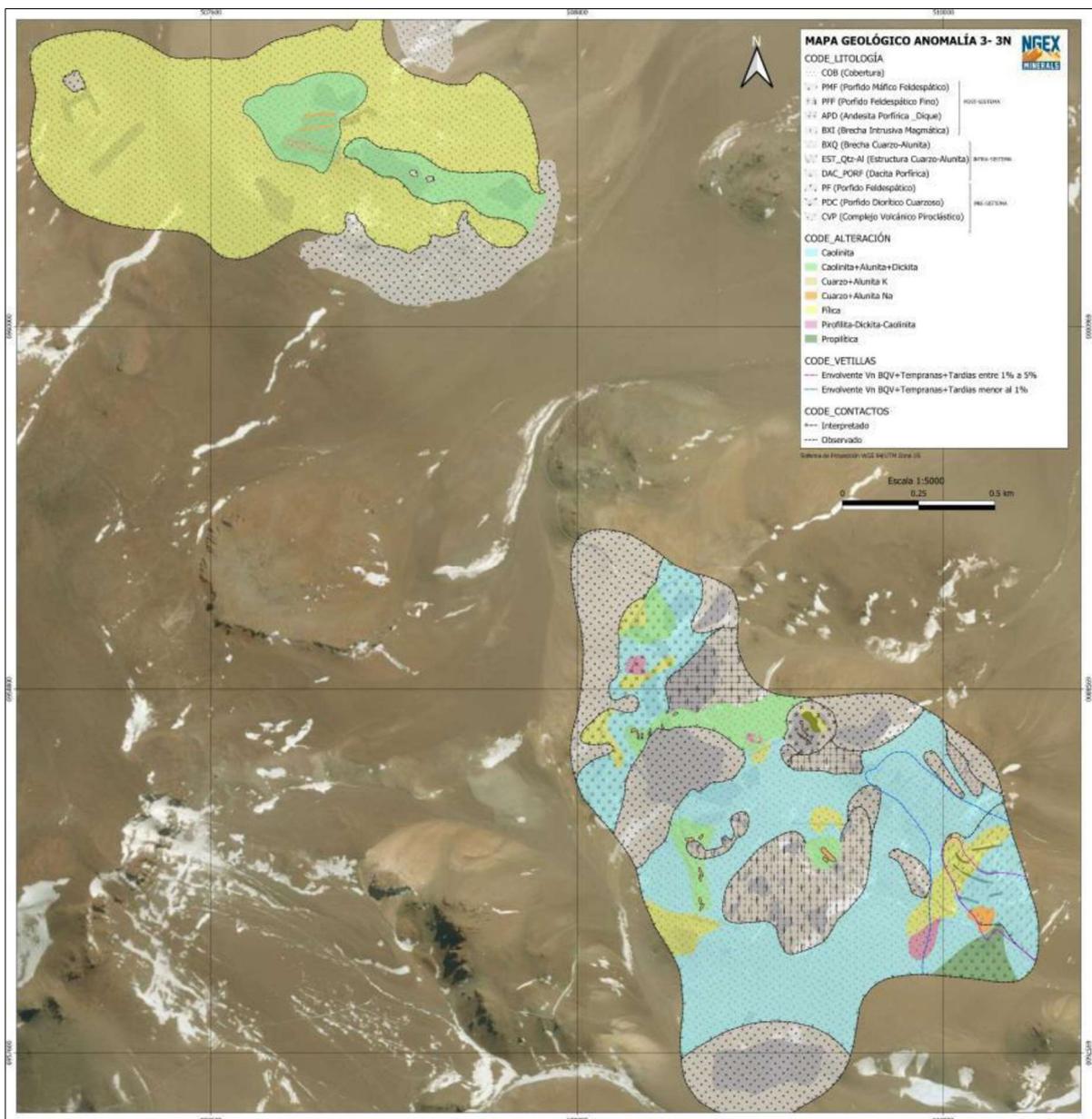


Figura 9. Mapa geológico del área de Anomalía 3 (Nordin) y 3N, litología-alteración y venillas.

### Unidades pre-mineral (**Figura 10**)

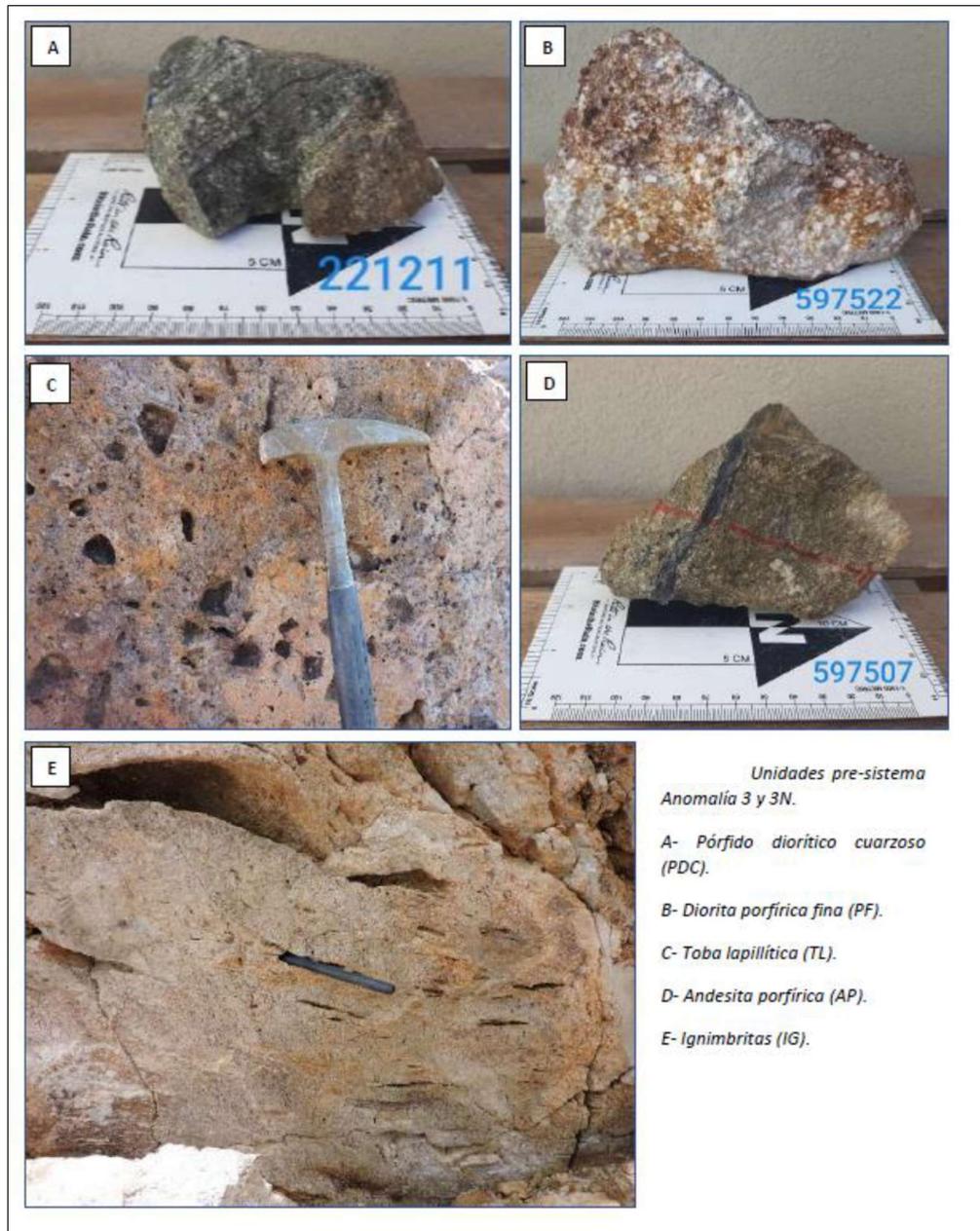
-Pórfido Diorítico cuarzoso (PDC): Roca de textura porfírica abierta de color verdoso, relación fenocristales/masa fundamental 40%/60%. Masa fundamental fanerítica compuesta por plagioclasas y anfíboles menores a 1 mm. Fenocristales de plagioclasas subhedrales hasta 3 mm, máficos representados por anfíboles y biotita hasta 5 mm. Las biotitas están cloritizadas, escasos cristales de epidoto y piritita en trazas. Vetillas de cuarzo temprano menores a 3 mm y densidad menor a 2 %. Abundante magnetita diseminada (hasta un 10 %). Esta unidad aflora en Alto Nordin, cortado por *legdes* de alunita.

-Diorita porfírica (PF): roca de textura porfírica abierta, de color gris claro, relación fenocristales/masa fundamental 50%/50%. Masa fundamental fanerítica, fenocristales subhedrales a anhedrales de plagioclasas entre 2 y 5 mm, cuarzo (<1%). Intrusivo de tipo subvolcánico.

-Toba lapílica (TL): roca de textura brechosa, matriz soportada. Los fragmentos son polimícticos y con tamaños variables entre 0.5 cm y 6 cm, la relación entre fragmentos y matriz es de 35%/65%. La matriz es cristalina compuesta por trizas de plagioclasas y cuarzo (hasta un 3 %) y también presenta un agregado fino de cenizas volcánicas. Afloran principalmente en el área de la Anomalía 3N.

-Andesita porfírica (AP): roca de textura porfírica color gris verdoso y masa fundamental afanítica. Posible flujo lávico. Presenta trizas de plagioclasas de 1 mm y máficos, posiblemente anfíboles, el contenido de cuarzo es menor a 1 %. La roca presenta una textura abierta, con una relación de fenocristales/masa fundamental de 30%/70%. Los cristales de plagioclasas están orientados mostrando un arreglo fluidal. Esta unidad en el área de Bajo Nordin aloja vetillas tempranas de cuarzo gris oscuro y bandeadas.

-Ignimbrita (IG): Roca de textura brechosa y color gris clara. Matriz sostén compuesta por plagioclasas menores a 2 mm y un agregado fino de cenizas volcánicas. Está compuesta por fiammes elongados y paralelos entre sí, con arreglo subhorizontal, fragmentos líticos de areniscas y de pórfido feldespáticos (fragmentos juveniles) subangulosos hasta 2 cm.



**Figura 10.** Unidades pre-mineral en el área Anomalía 3 y 3N del Proyecto Valle Ancho

#### Unidades Intra-mineral

-Dacita porfírica (DP): roca de textura porfírica abierta, matriz afanítica. Fenocristales de plagioclasas subhedrales hasta 6 mm, de biotitas, anfíboles y escaso cuarzo (1-3%). Relación fenocristales/masa fundamental 50%/50%. En terreno a veces es difícil diferenciarla de tobas dacíticas debido a su grado de alteración y escasos afloramientos. Se interpreta como un intrusivo subvolcánico en coincidencia con el relogueo de los sondajes de aire reverso de Eldorado Gold Corporation (**Figura 11**).

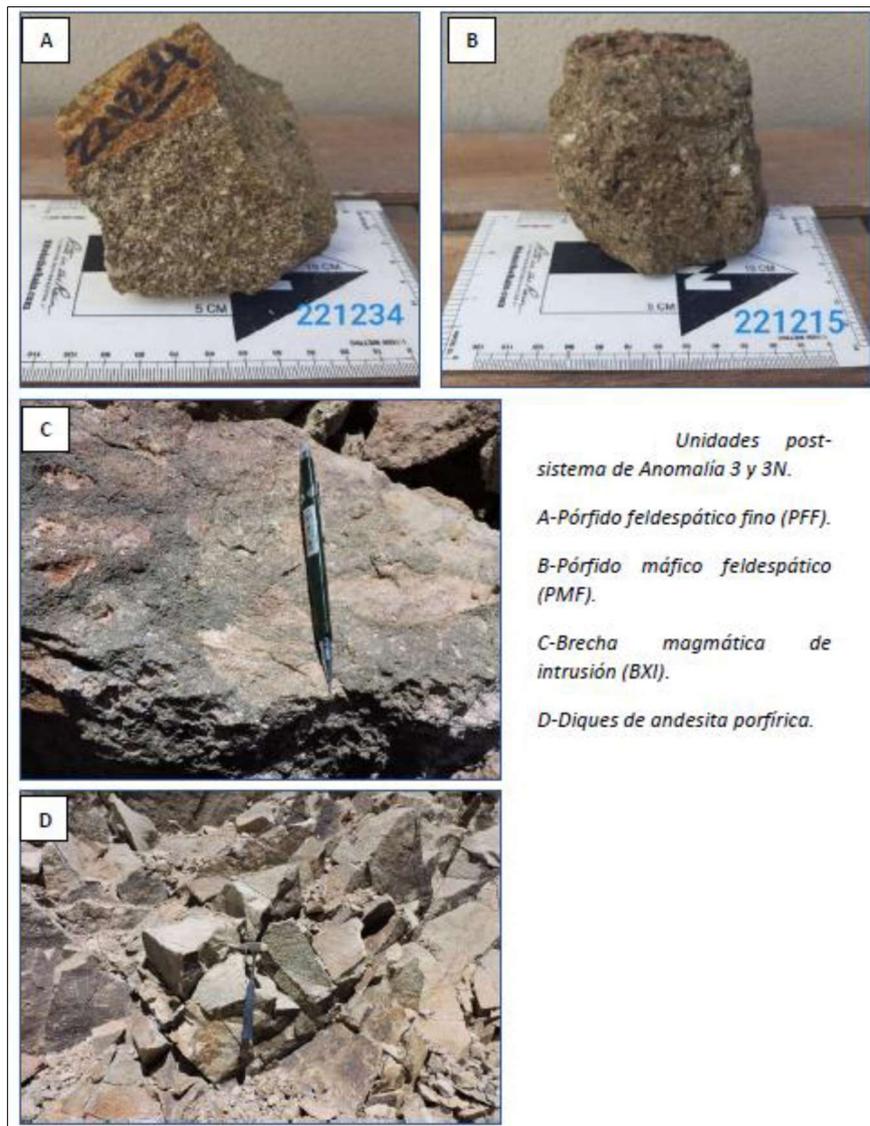
-Brecha hidrotermal (BXQa): define a una brecha hidrotermal de cuarzo–alunita, matriz o fragmento soportada. Los fragmentos de hasta 15 cm de diámetro son angulosos y de origen volcánico, están reemplazados por arcillas (caolinita?) y alunita. Los fenocristales de feldespatos están lixiviados y dejan espacios vacíos, pero solo en una capa superficial por lo que se considera de origen supérgeno, en otros, los fragmentos son de sílice residual (*vuggy silica*) productos de la fuerte lixiviación ácida de origen hipógeno. La matriz es un agregado de roca (harina de roca) y está reemplazada por alunita cristalina, blanca y también rosada. Pequeñas oquedades están rellenas por baritina y alunita pulverulenta blanca, esta última a modo de vetillas que cortan al conjunto fragmentos/matriz indicando un origen supérgeno. Según estudios de ASD las alunitas son sódicas y potásicas. Afloran a modo de estructuras tabulares o subcirculares en el área del Alto Nordin asociada a la alteración argílica avanzada cómo parte del *lithocap* (Figura 11).



Figura 11. Unidades intra-mineral en el área Anomalia 3 y 3N del proyecto Valle Ancho.

Unidades post-mineral (**Figura 12**)

-Pórfido feldespático fino (PFF): roca de textura porfírica, masa fundamental fanerítica, relación de fenocristales/masa: 80/20. Está compuesta por cristales de plagioclasas en su mayoría y de biotitas o anfíboles menores o iguales a 3 mm. Cristales de cuarzo (<1%) y magnetita diseminada. Presenta escasos xenolitos de tobas alteradas. Posiblemente se trate de una fase más fina del pórfido PMF con el cual mantiene marcada relación espacial. Aflora en el área central de Bajo Nordin y también en Alto Nordin.



**Figura 12.** Unidades post-mineral en el área Anomalia 3 y 3N del proyecto Valle Ancho.

-Pórfido máfico feldespático (PMF)

Roca de textura porfírica con masa fundamental cristalina fanerítica. Relación fenocristales/masa fundamental: 80%/20%. Compuesta principalmente por cristales de plagioclasas euhedrales hasta

3 mm, seguida de anfíboles en igual tamaño y biotitas hasta 4 mm. Aflora en el sector de Alto Nordin y área sur de la anomalía 3N.

-Brecha magmática de intrusión (BXI)

Roca de textura brechosa matriz soportada, relación matriz/fragmentos: 70%/30%. Fragmentos polimícticos de rocas volcánicas, angulosos y hasta 10 cm en tamaño. Los fragmentos presentan previa alteración por cuarzo arcillas. La matriz es cristalina y rica en cristales de plagioclasa anhedrales hasta 3mm y cuarzo (< 1%). Aflora en el sector norte de Alto Nordin.

## 7. MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN LOS PROYECTOS LA FALDA Y VALLE ANCHO.

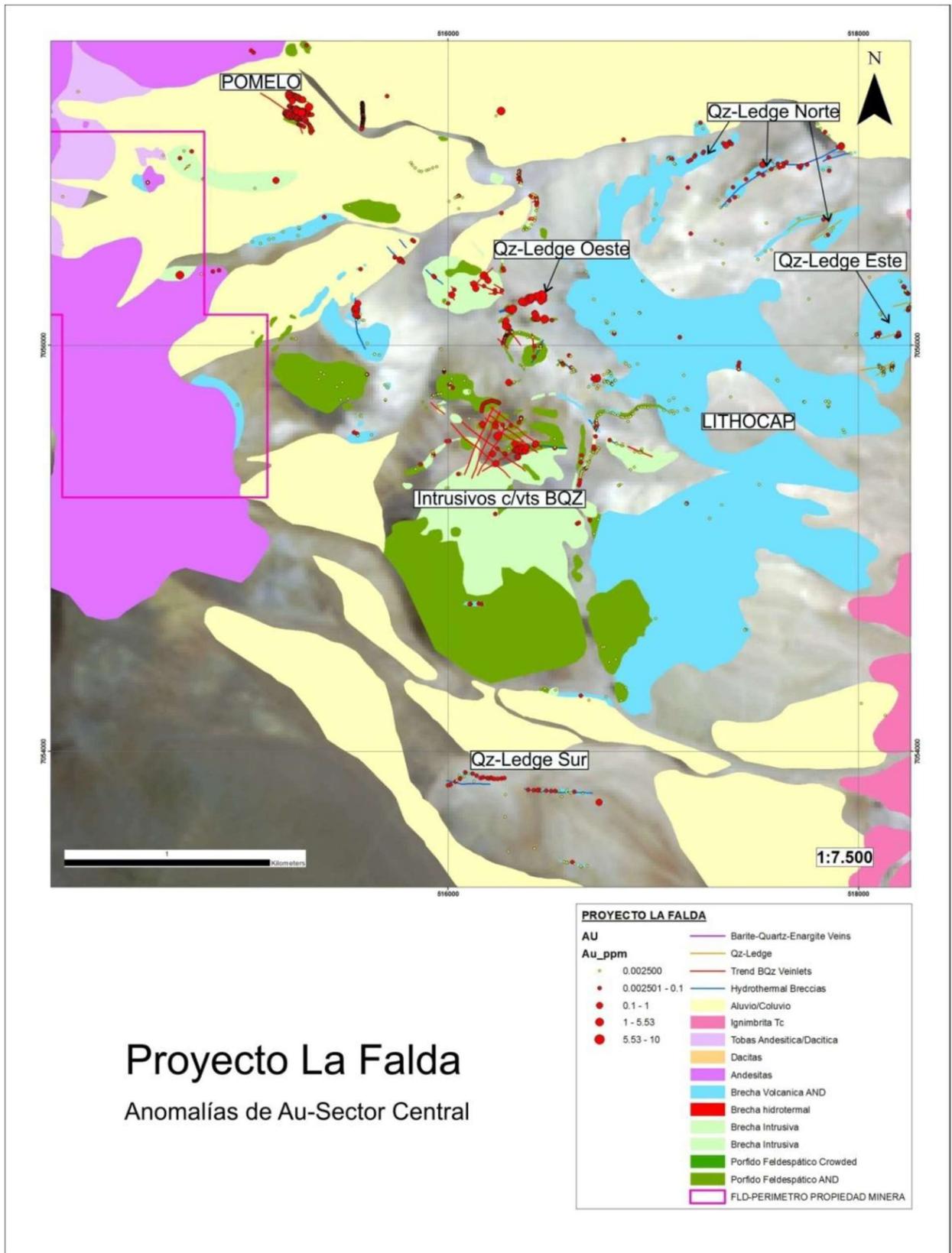
La alteración hidrotermal en las áreas de ambos proyectos fue mapeada a partir de la toma de 589 muestras sometidas a análisis espectral con equipo ASD TERRASPEC.

### 7.1 Proyecto La Falda

La mineralización del proyecto La Falda se encuentra localizada en el sector Central y asociada con dos sistemas (**Figura 13**).

Las asociaciones de alteración hidrotermales indican el “telescopeado” de un sistema de alta sulfuración sobre uno porfírico. Para la clasificación de los halos de alteraciones se empleó el modelo de Porphyry Copper System (Sillitoe, 2010) y el diagrama de temperatura vs pH de Corbett and Leach (1997). Para la interpretación de las alteraciones se emplearon los resultados obtenidos por espectroscopía ASD y mapeo de terreno. Las asociaciones de alteración son:

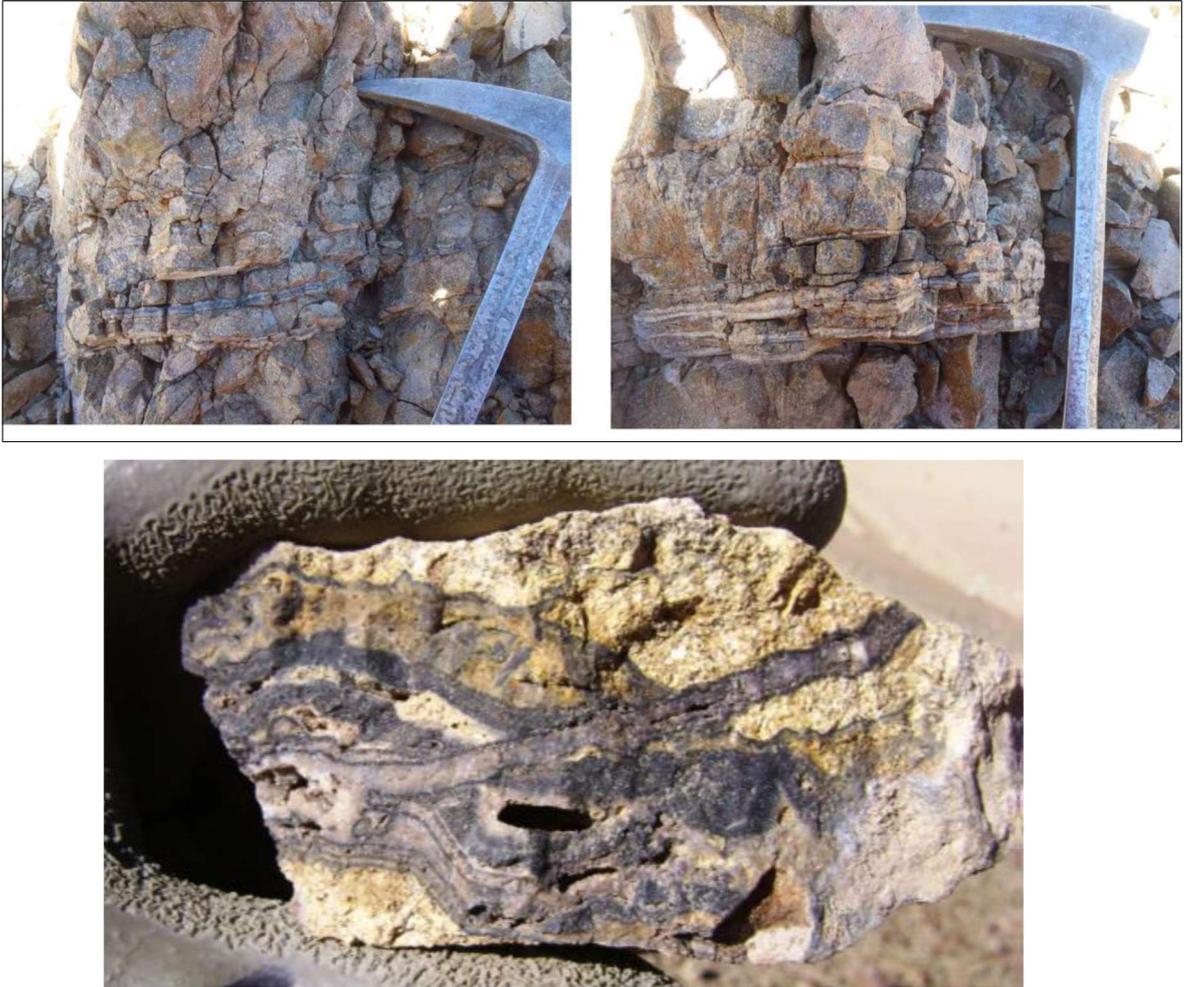
**Vetillas BQV o “tipo Maricunga” (Figura 14):** son las vetillas clásicas de la franja Maricunga y las responsables de la mineralización de Au en la mayoría de los prospectos actuales. Son vetillas de cuarzo bandeado, con bandas de colores blanco/gris/negro. Con espesores que varían desde 1 mm hasta 20 cm. Pueden ser solo de cuarzo bandeado o incorporar magnetita y/o pirita como una banda negra o diseminado en el cuarzo. También pueden tener cristales de pirita dentro de las bandas. Se las observa solo hospedadas dentro de los intrusivos en el sector Central (PF, PFG e IBX). Probablemente formadas en ambientes superficiales (menos de 1 km, o hasta 500 m de profundidad) la coloración oscura de las bandas, cuando no son de magnetita, se debe a la abundancia de inclusiones fluidas ricas en volátiles que se generan en sectores de poca profundidad. El hecho de que las vetillas hayan sido formadas en condiciones de poca profundidad también explica por qué en este tipo de depósitos los valores de Cu son tan bajos (Mantean and Einaudi, 2000).



## Proyecto La Falda

### Anomalías de Au-Sector Central

Figura 13. Anomalías de Au en muestras de rock chip en el sector Central del proyecto La Falda.



**Figura 14.** Vetillas de cuarzo bandeadas “tipo Maricunga” (BQV).

En el área del proyecto se distinguen dos sectores con diferentes eventos de vetillas BQZ: a) sector de intrusivos centrales y b) sector Pomelo (**Figura 13**).

a) Sector de intrusivos centrales: en este sector las vetillas BQZ se encuentran asociadas a la presencia de una brecha intrusiva (IBX) que parece ser contemporánea con el evento mineralizante. Dentro de la IBX la densidad de vetillas es mayor que en el Pórfido Feldespático (PF) que resulta brechado por ésta. En este sector se produce el cruce de dos trenes de vetillas BQZ principales, de orientaciones NO y NE respectivamente (**Figura 13**). Las muestras recolectadas en el área tienen valores de hasta 2.54 g/t Au.

b) Sector Pomelo: ubicado en el extremo noroccidental del sector Central de la propiedad (**Figura 13**), las vetillas BQZ se encuentran hospedadas en bloques de Pórfido Feldespático de textura *Crowded* (PFg) dentro de una brecha intrusiva. La IBX no presenta vetillas BQZ. Este cuerpo intrusivo es totalmente distinto a cualquiera de los intrusivos centrales. Al igual que en el sector de intrusivos centrales, en este sector se produce el cruce de dos trenes de vetillas BQZ principales, pero de orientaciones NO y NNO-SSE. Además de la diferencia entre los cuerpos intrusivos, lo que distingue

a este sector de la zona de intrusivos centrales son los más altos valores de Au obtenidos de las muestras recolectadas en el área con valores de hasta 4.71 g/t Au.

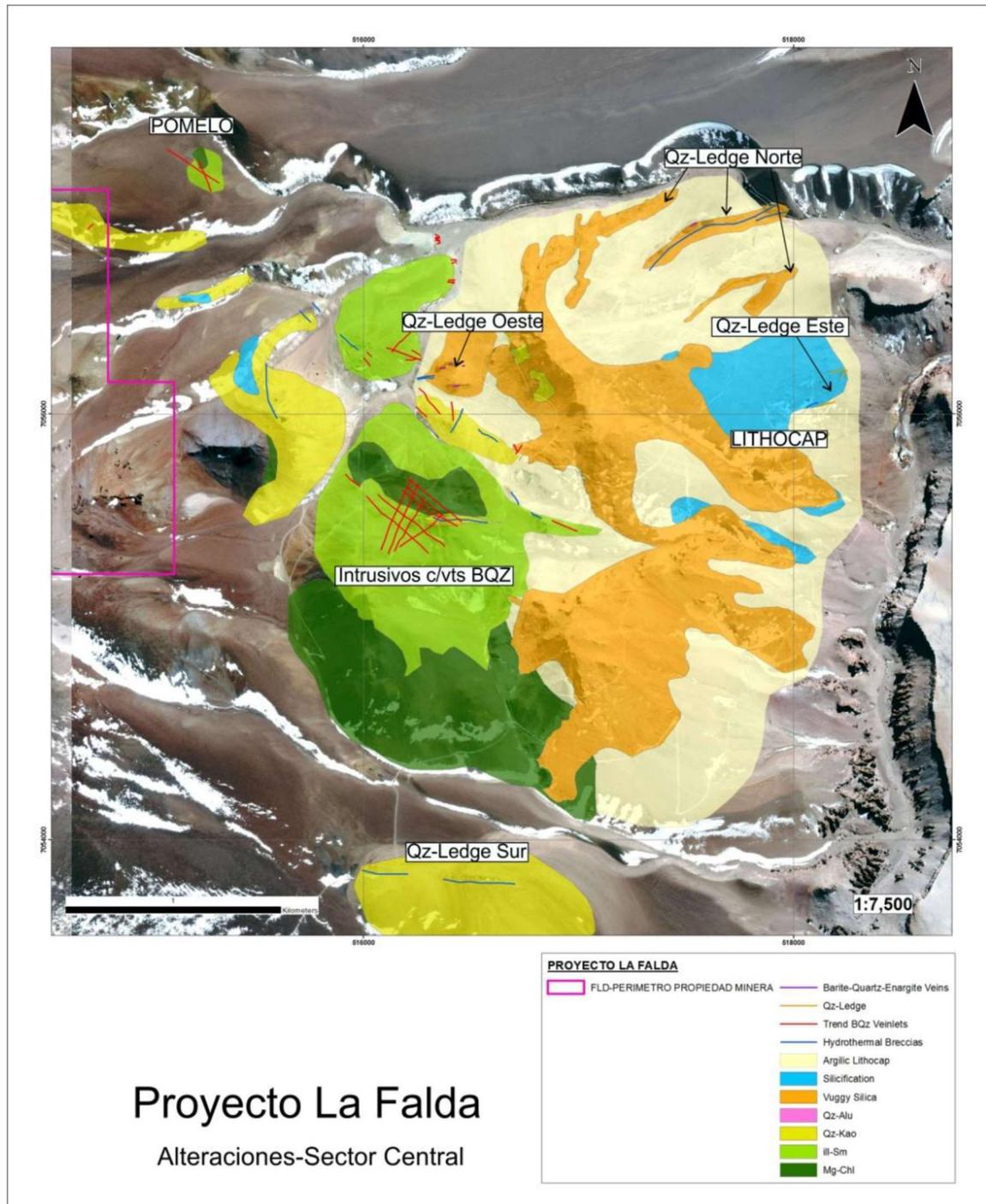
**Estructuras silicificadas (Ledge) y brechas hidrotermales en el lithocap:** son crestones de Brecha Volcánica (VBX) de orientación preferencial E-O (con leves variaciones ENE) dentro del *lithocap*. Silicificados, por sectores con alteración *vuggy silica* intensa y presencia de óxidos de hierro (Hematita, Jarosita y óxidos de Manganeso), pueden llegar a medir hasta 750 m de largo, 40 m de ancho y 15-20 m de altura. Con un claro control estructural en su disposición, corresponderían a los antiguos conductos por los que circularon los fluidos hidrotermales (*feeders*) que dieron origen a la fuerte alteración argílica avanzada que caracteriza al *lithocap* de La Falda (**Figura 13**). Generalmente en los bordes de estas estructuras se observan vetas de baritina de hasta 2 m de espesor junto con brechas hidrotermales. Es normal el desarrollo de hematita, jarosita y alunita, especialmente como relleno de los *vuggs*. Las muestras obtenidas de los diversos Qtz Ledge del proyecto no presentan anomalías de Au significativas, a excepción del Qtz Ledge Oeste (**Figura 15**) que presenta valores de hasta 10 g/t Au; probablemente relacionado con la presencia de la veta de baritina de mayor espesor (2 m) de la propiedad.



**Figura 15.** Qtz Ledge Oeste, con valores de hasta 10 g/t Au (vista al O), en el proyecto La Falda.

En el proyecto La Falda se identificaron tres tipos de asociaciones de minerales de alteraciones hidrotermales (**Figura 16**).

- Silicificación / Vuggy Silica / Qtz-Caolinita / Qtz-Alunita: se las observa solo en el *lithocap* y en los sectores donde el sistema se encuentra “*telescopeado*” afectando la porción superior del sistema de intrusivos. Por lo general de grado moderado a intenso, obliteran parcial a totalmente la textura original de la roca.



**Figura 16.** Alteraciones del sector Central en el proyecto La Falda.





Figura 17. Zonación de los minerales de alteración en el sector del lithocap del Proyecto La Falda

## 7.2 Proyecto Valle Ancho

Las asociaciones de alteración hidrotermales indican el “telescopeado” de un sistema de alta sulfuración sobre uno porfírico (Figura 18). Para la clasificación de los halos de alteraciones se empleó el modelo de Porphyry Copper System (Sillitoe, 2010) y el diagrama de temperatura vs pH de Corbett and Leach (1997). Para la interpretación de las alteraciones se emplearon los resultados obtenidos por espectroscopía ASD y mapeo de terreno. Las asociaciones de alteración son:

### **Argílica avanzada:**

- Alunita Na y Alunita K: presente en brechas hidrotermales y estructuras de reemplazo descritas anteriormente en litologías (BXQa y Estructuras de reemplazo), indica una temperatura de hasta 300° y pH inferiores a 3.
- Caolinita + Dickita + Alunita: corresponde a la envolvente de las estructuras descritas anteriormente, por lo cual mantienen una estrecha relación espacial; en general indican pH entre 3 y 3,5.
- Pirofilita + Dickita+(Caolinita): la presencia de pirofilita indica la base del *lithocap* (Sillitoe, 2010). Corresponde a un pH de 3,5 a 4 y temperaturas entre 250° y 300° C, próximo al halo sercítico y argílico.
- Caolinita: lo define la asociación caolinita + montmorillonita + carbonatos, está en estrecha relación espacial con la fílica a quien estaría reemplazando y representa una transición entre la alteración fílica y alteración argílica avanzado. La caolinita es considerada hipógena por coexistir con pirita en los sondajes y silicificación en forma de cuarzo en mapeos de terreno y por presentar un índice de cristalinidad alto.

### **-Sericítica:**

Sericita + (-arcillas supérgena): está definido por cuarzo - serícita más arcillas (caolinita y montmorillonita). Las arcillas, caolín y montmorillonita se interpretan de origen supérgeno debido

a la falta de carbonatos como siderita que pudieran indicar la influencia del halo argílico sobrepuesto.

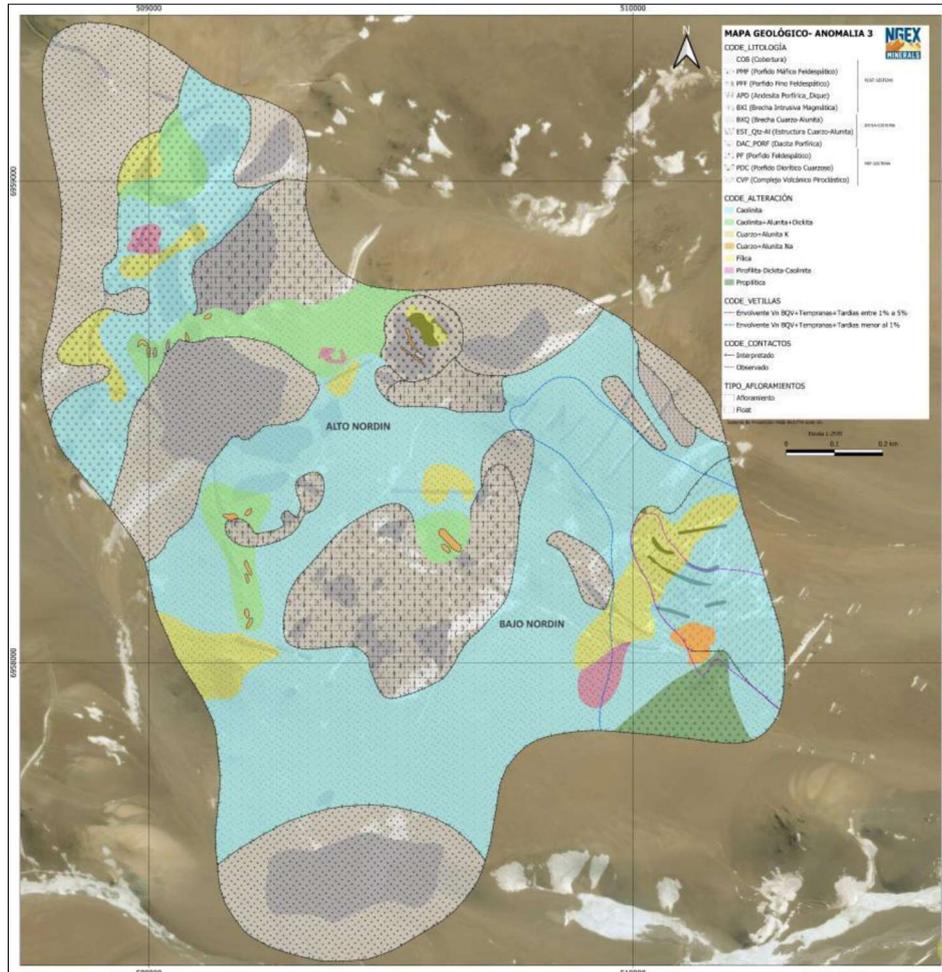


Figura 18. Mapa litología-alteración y venillas de Nordin. Escala 1:2500.

### -Sericita + Clorita + Carbonatos (SCC)

Este ensamble de alteración fue determinada en dos muestras correspondientes a trincheras de Bajo Nordin y asociada a vetillas de cuarzo bandeadas.

### -Propilítica

Se clasifica así la combinación de clorita + epidota + calcita + pirita aflorante en el sector sur de Bajo Nordin.

### - Qtz Silica ledges

Definen a cuerpos tabulares, alojados en rocas volcánicas. El reemplazo por cuarzo alunita es pervasivo y varía entre moderado y débil. El aspecto brechoso se debe a que la caja es una toba

lapillítica. Este tipo de estructuras afloran en el Alto Nordin y área de la anomalía 3N. Estudios de ASD indican que la alunita es sódica, en otros es potásica. **Figura 19**



**Figura 19.** Qtz silica ledges en el proyecto Valle Ancho.

La mineralización en la anomalía Nordin del proyecto Valle Ancho se representa como vetillas de cuarzo. Se identificaron vetillas de cuarzo tardio-magmáticas tipo “A” compuestas por cuarzo granular cortadas por vetillas tipo BQV (*Banded Quartz Veinlets*) o tipo Maricunga tardías o de ambiente epitermal. La existencia de vetillas BQV o de cuarzo bandeado son descritas en sistemas porfídicos de oro de la franja Maricunga, como El Refugio, Marte-Lobo y Pantanillo. La mineralización de oro está estrechamente relacionada con la densidad en volumen de las vetillas BQV. Se caracterizan por un bandeo casi simétrico de cuarzo gris claro y oscuro o bien una banda central de color gris claro y laterales de cuarzo gris oscuro. El cuarzo siempre es sacaroidal y su color oscuro lo debe a la abundancia de inclusiones fluidas ricas en vapor y magnetita microgranular diseminada. Pueden formar *stockwork* o “*sheeted veins*” indicando múltiples episodios de intrusiones magmáticas a profundidades inferiores a un kilómetro y formadas a partir de fluidos de alta temperatura (220°-350° C), Muntean & Einaudi, 2001.

Las vetillas tipo BQV, presentan típico bandeado compuesto por bandas de 1 a 4 mm, debido a múltiples intercalaciones simétricas de cuarzo gris claro, blanco o negro, son de bordes rectos u ondulados, otro tipo dentro de este grupo son las vetillas con centro gris claro y bordes oscuros. En el sector del sondaje NZR01 se cortan entre sí a modo de stockwork con un 60 % en densidad de volumen. (**Figura 20**). La presencia de finos cristales de magnetita diseminada está comprobada por atraer el lápiz magnético en observaciones de terreno. Estas vetillas están asociadas espacialmente a las "A" y sobre impuestas a estas, indicando un emplazamiento posterior.

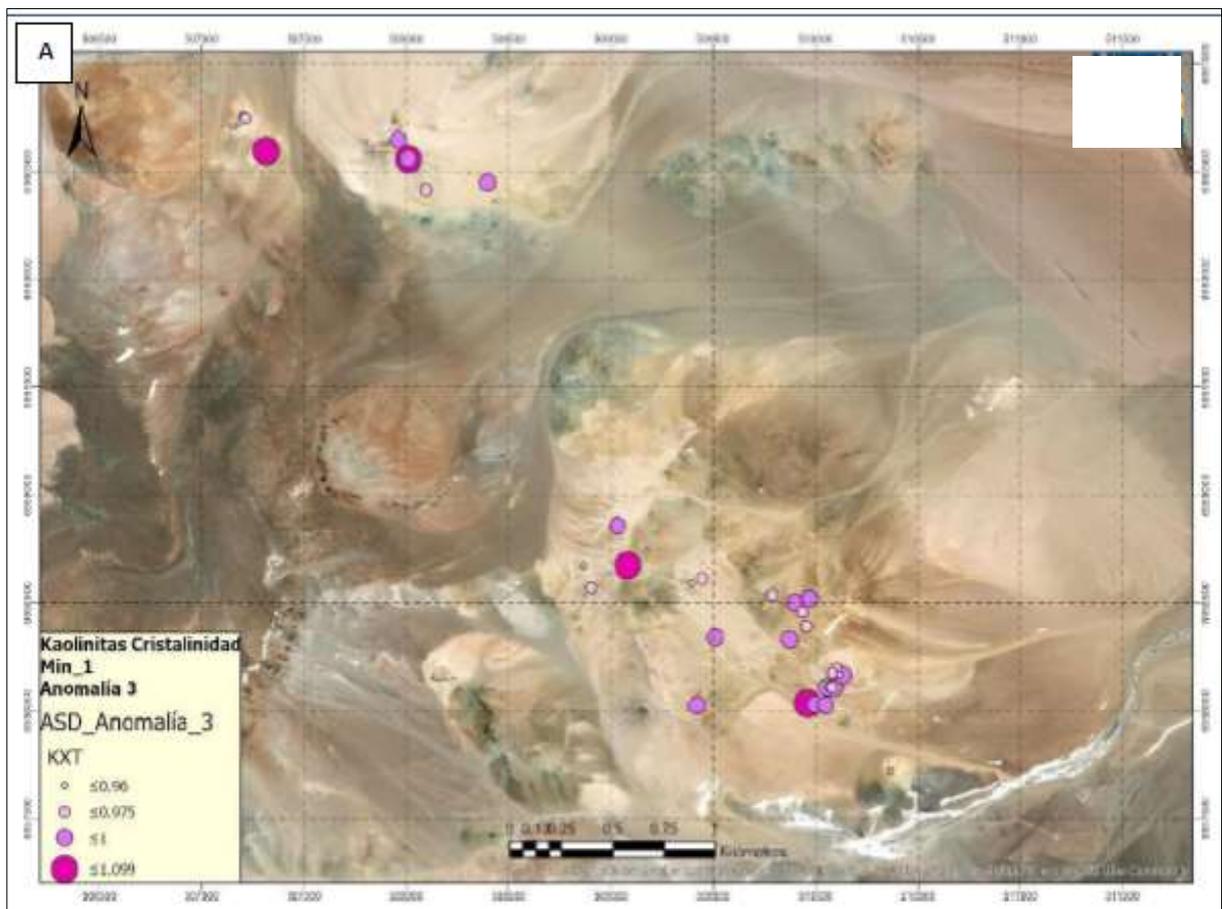


**Figura 20.** Vetillas de cuarzo tipo A y Vetillas tipo BQV en stockwork, en área del proyecto Valle Ancho.

### Análisis Espectral

Se realizó el procesamiento de curvas espectrales de ASD con el software TSG (*The Spectral Geologist*) para definir el índice de cristalinidad de las micas blancas (serícita) y caolinita.

El análisis indica que los índices de cristalinidad de caolinita varían de alto a moderado ( $< 1.09$ ). La caolinita con índice alto está asociada espacialmente al halo envolvente de alteración en estructuras de cuarzo- alunita. El grado intermedio (0.975-1) indica menor temperatura de cristalización y es parte del halo argílico compuesto por caolinita-montmorillonita-carbonatos. Los índices de cristalinidad más altos indican origen hipógeno (Sillitoe, 2005). Las de bajo índice (0.96) serían de origen supérgeno. Las micas blancas con índice ( $< 2.416$ ) son interpretadas como illita, cuando están próximas a las estructuras de alunita-cuarzo, siendo parte del halo argílico avanzado; tal interpretación está evidenciada por la estrecha asociación con las estructuras de reemplazo del Cerro Cucurucho y brechas freáticas de Alto Nordin. Las de menor cristalinidad ( $< 0.8$ ) estarían representado al halo sericítico. **En las Figuras 21 y 22** se muestran los índices de cristalinidad de caolinita y de micas blancas respectivamente, en los sitios muestreados del área Anomalía 3 del proyecto Valle Ancho.



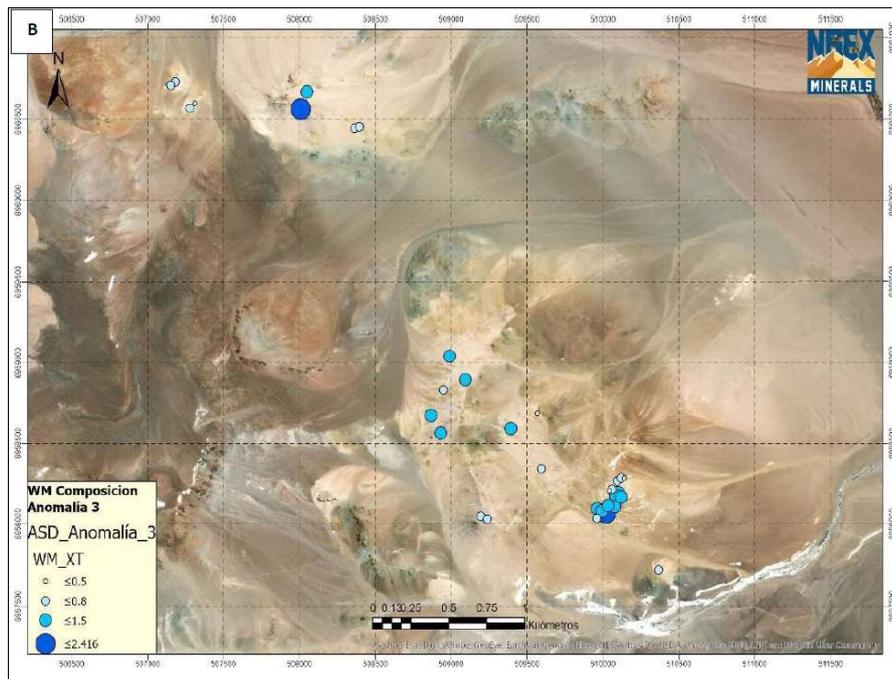


Fig. 21 y Fig. 22. Análisis de ASD con TSG. A-Índice de cristalinidad de caolinitas. B-Índice de cristalinidad de micas blancas.

## 8. GEOQUÍMICA DE LOS PROYECTOS LA FALDA Y VALLE ANCHO

### 8.1 Proyecto La Falda

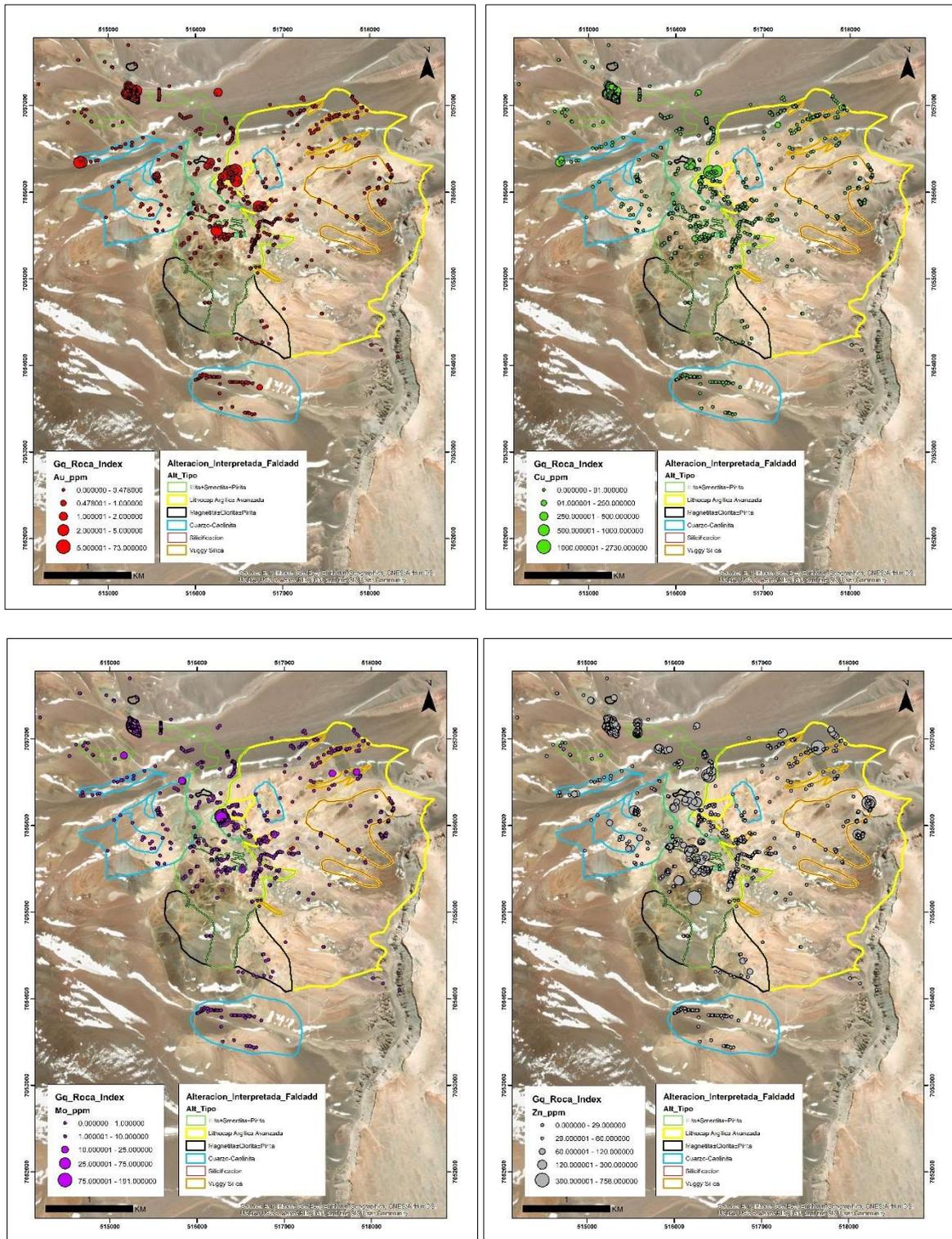
El principal objetivo del análisis geoquímico es determinar zonas anómalas que permitan vectorizar nuevos blancos dentro de un modelo geoquímico.

El objetivo del análisis fue determinar posibles zonas anómalas e y plantear un modelo geoquímico. Adicionalmente, estos estudios contribuyen a inferir el nivel de exposición de cada sector y establecer vectores geoquímicos para hallar zonas mineralizadas. La metodología de trabajo se enfocó en la determinación de elementos “pathfinders” a través del empleo de técnicas de aproximación para la discriminación de líneas de base, con el fin de que estas contribuyan en la búsqueda de zonas anómalas, de acuerdo con el modelo de Halley et al. (2015).

Se han realizado una serie de mapas geoquímicos que pretenden mostrar los elementos trazadores o “*pathfinders*”, de acuerdo con el modelo de Haley et al. (2015) en el que se sugiere estudiar la zonación de elementos geoquímicos dentro del ambiente porfírico y epitermal. Se analizaron los resultados de 400 muestras de rocas, haciendo especial énfasis en las diferentes asociaciones .

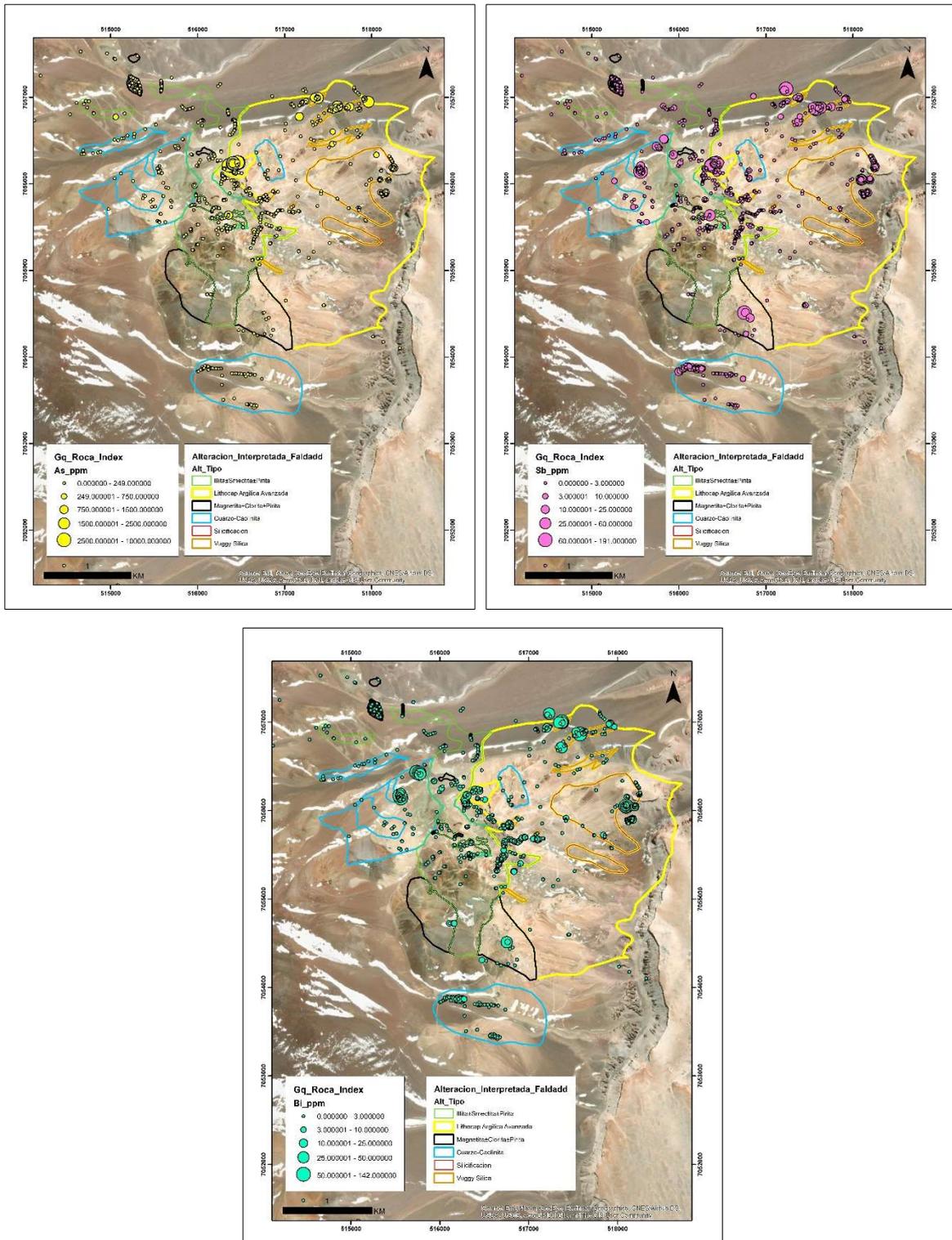
**-Au-Mo-Cu:** los valores más elevados de Au-Mo se encuentran asociados con los intrusivos andesíticos con vetillas de cuarzo bandeadas (BQV) en los ensambles de alteración potásica. El Cu presenta una tendencia NNO y se asocia con los valores elevados de Au, y está empobrecido en la

zona de alteración argílica avanzada (*Lithocap*). El Zn presenta una tendencia que rodea las zonas de alteración porfírica y está empobrecido en la zona de *lithocap*. Esta asociación sugiere un nivel alto dentro del sistema porfírico (Figura 23).



Figuras 23. Análisis geoquímico (Au, Mo, Zn, Cu) de muestras de roca en el proyecto La Falda.

**As-Sb-Bi:** Las mayores concentraciones de la asociación As-Sb-Bi (**Figura 24**) se encuentra en las brechas hidrotermales o *legdes* con texturas *vuggy*. Estas marcan claramente un ambiente de *lithocap* asociado con ensambles de alteración argílica avanzada.



Figuras 24. Análisis geoquímico (As, Sb, Bi) de muestras de roca en el proyecto La Falda.

## 8.2 Proyecto Valle Ancho

El objetivo del análisis fue determinar posibles zonas anómalas e y plantear un modelo geoquímico. Adicionalmente, estos estudios contribuyen a inferir el nivel de exposición de cada sector y establecer vectores geoquímicos para hallar zonas mineralizadas.

La metodología de trabajo se enfocó en la determinación de elementos “pathfinders” a través del empleo de técnicas de aproximación para la discriminación de líneas de base, con el fin de que estas contribuyan en la búsqueda de zonas anómalas, de acuerdo con el modelo de Halley et al. (2015).

Se analizaron los resultados geoquímicos de 137 muestras de rocas. En la distribución y concentración de los elementos que caracterizan al ambiente epitermal y porfídico, se tuvo en cuenta el modelo de dispersión geoquímica de pórfidos cupríferos (Halley et al., 2015) y de oro en yacimientos porfídicos de oro y oro-cobre de la franja Maricunga. Se analizaron las asociaciones de los elementos Au-Cu-Zn-Mo y As-Te-Sb-Pb.

**-Au-Cu-Mo-Zn:** las mayores concentraciones están en blanco Nordin y coinciden con el área de stockwork de vetillas “A” y de cuarzo bandeado (BQV). El valor alto en oro (2 g/t) y en molibdeno que está aislado en el extremo noroeste de Bajo Nordin corresponde a una muestra con vetillas de cuarzo bandeado. Se destaca que el molibdeno es usado como indicador de sistemas porfídicos de oro “estilo Maricunga”. De acuerdo con el modelo de dispersión geoquímica en torno a pórfidos cupríferos, esta asociación indicaría que se está en el techo de la zona mineralizada (Halley et al., 2015) (Figura 25).



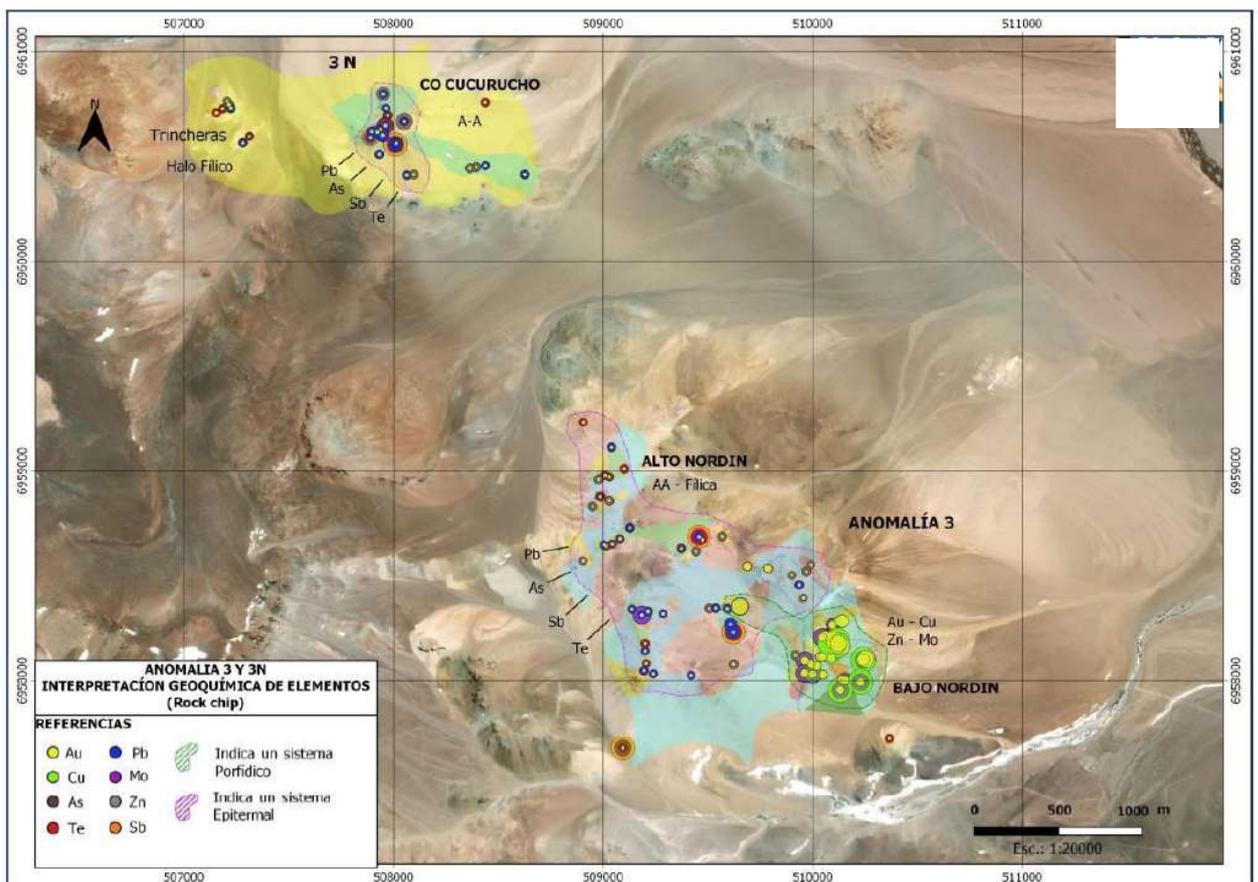
**Figuras 25.** Planta, modelo de dispersión geoquímica en el techo de la zona mineralizada de pórfidos cupríferos según Halley et al. 2015.

**-Te-As-Sb-Pb:** la asociación de estos elementos es indicadora del ambiente epitermal de alta sulfuración (*Lithocap*) y sus mayores concentraciones están asociadas a las brechas hidrotermales y estructuras de remplazo de cuarzo-alunita, esta es la razón por la que están en el cerro Cucurucho de la anomalía 3N. Conforme al modelo de Halley S. et al., 2015, esta asociación define un nivel que está por encima de la zona mineralizada de pórfido y representa al epitermal HS y halo fílico (Figura 26).



**Figuras 26.** Modelo de dispersión geoquímica en el techo de la zona mineralizada de ambientes epitermales según Halley et al. 2015.

La figura 27 muestra la distribución de los dos grupos de elementos considerados: el de ambiente porfídico con alteraciones retrogradas sobre el halo potásico, ubicado al sur del blanco Nordin; y por otro lado un ambiente epitermal de alta sulfuración y alteración fílica al noroeste.



**Figuras 27.** Interpretación de sistemas porfídico y epitermal por asociación de elementos afines en las áreas Anomalia 3, Alto Nordin y Cerro Cucurucho del proyecto Valle Ancho.

**-Cobre:** es de esperar que las concentraciones obtenidas en este metal estén deprimidas por efectos de la lixiviación supérgena. Presenta una distribución similar al oro y sus máximos valores

se asocian a vetillas tempranas. Sin embargo, la correlación directa de su concentración con la densidad de BQV no siempre se presenta, y está más asociado a las vetillas tempranas tipo “A “ (**Figura 27**).

**-Molibdeno:** Presenta una distribución similar al oro y al cobre, con sus mayores concentraciones al sur de Nordin (**Figura 28**). Está en relación directa con las densidades de vetillas de cuarzo bandeado y también con el oro: 1.96 g/t Au – 40.6 ppm Mo; 1.06 g/t Au – 81.9 ppm Mo. Un segundo comportamiento de este metal estaría relacionado con su presencia en brechas hidrotermales de origen freático, con valores de 12.5 a 45.3 ppm Mo. Se interpreta que este metal marca vectores de temperatura.

**-Plomo:** este metal alcanza sus mayores concentraciones en estructuras de reemplazo cuarzo – alunita y en brechas hidrotermales de origen freático o en las envolventes a las estructuras que componen el argílico avanzado. En la Anomalía 3N los valores varían entre 309 y 221 ppm para las estructuras y alcanzan hasta 592 ppm en sus cajas. En el halo sericítico varían entre 15 y 80 ppm. En Alto Nordin alcanza entre 917 y 795 ppm en brechas freáticas y en Bajo Nordin, zona de vetillas de cuarzo bandeado (BQV) y tempranas está en rangos de 28 a 38 ppm; rangos asociados a 1.96 g/t Au y 40.6 ppm Mo, que resultan un claro indicador de las estructuras epitermales.

**-Zinc:** este metal muestra una distribución en sus valores máximos y medios similar a las del oro y molibdeno, con una dispersión más amplia y formando un halo alrededor de estos dos metales en el área de Bajo Nordin. En este sector está asociado al oro y molibdeno con vetillas de cuarzo bandeado y alteraciones sobre impuestas a la potásica, alcanzando valores de hasta 706 ppm Zn. Las estructuras de reemplazo y brechas de cuarzo alunita en Cerro Cucurucho y Alto Nordin muestran concentraciones inferiores a 46 ppm Zn.

**-Arsénico:** alcanza las máximas anomalías en el Cerro Cucurucho y en Alto Nordin con 3760 y 1865 ppm en estructuras de reemplazo y brechas hidrotermales de cuarzo – alunita. Es un claro indicador del halo argílico avanzado en Cerro Cucurucho y de la erosión de éste en el Bajo Nordin. El análisis de una muestra en estructura de reemplazo cuarzo - alunita indica la siguiente relación: As: 1105 ppm – Au: 0.008 g/t – Mo: 1.5 ppm – Cu: 38 ppm – Pb: 359 ppm.

**-Teluro:** Este elemento está presente tanto en el halo argílico avanzado como en el filico. Presenta una distribución similar a la del plomo, alcanza sus máximas concentraciones en estructuras hidrotermales de reemplazo por cuarzo – alunita o brechas hidrotermales en Cerro Cucurucho y Alto Nordin (5 < Te < 26.5 ppm), con máximos en arsénico de 3760 ppm. Concentraciones inferiores a 3.6 ppm se ubican en el halo sericítico de Anomalía 3N, sector de Trincheras y en Bajo y Alto Nordin.

**-Antimonio:** está asociado a brechas hidrotermales y estructuras de reemplazo de cuarzo-alunita, en el halo argílico avanzado en el blanco Nordin.

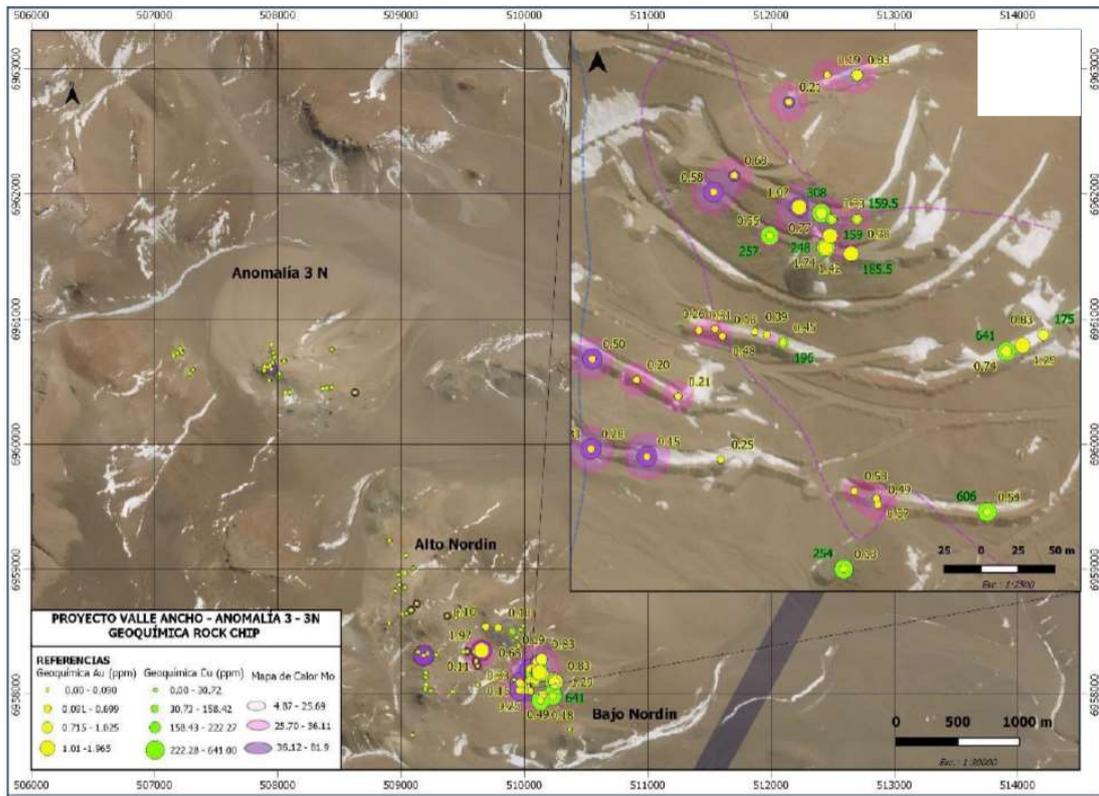


Figura 27. Distribución de anomalía de Au, Cu y Mo en las áreas Anomalia 3N, Alto Nordin y Bajo Nordin.

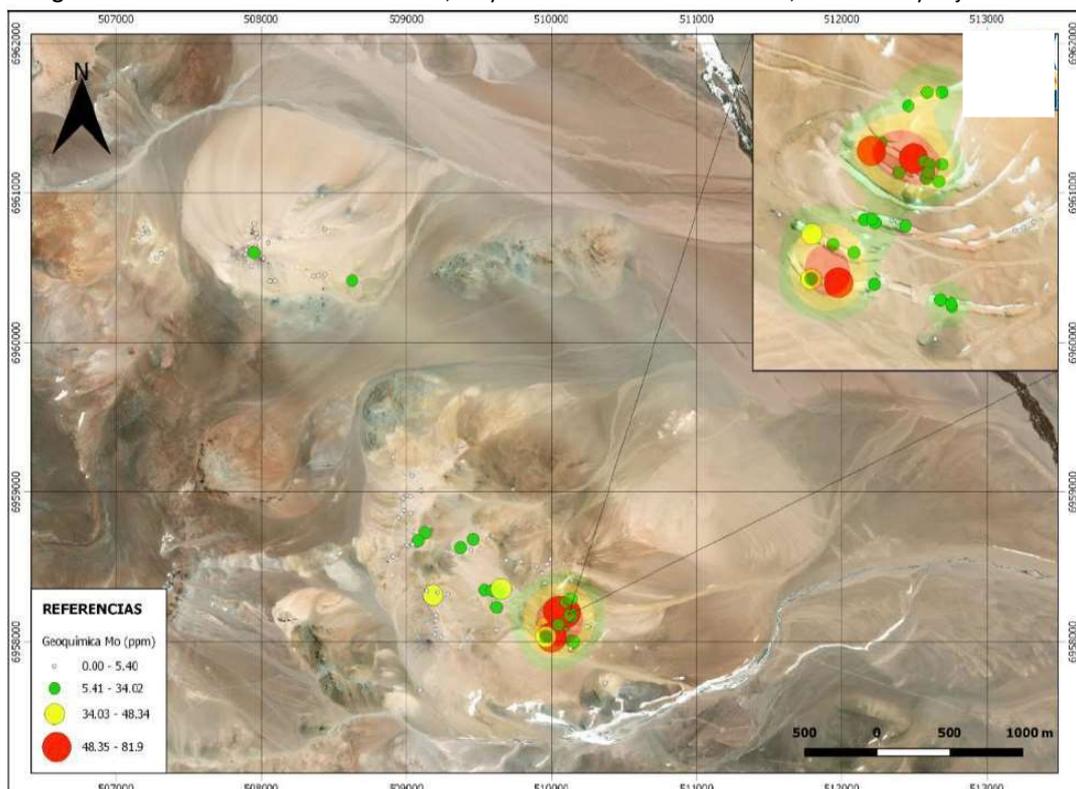


Figura 28. Distribución de anomalía de Molibdeno en las áreas Anomalia 3N, Alto Nordin y Bajo Nordin. Valores entre 5.41 y 34.2 ppm están asociados principalmente a brechas.

## 9. GEOFÍSICA DE LOS PROYECTOS DE LOS PROYECTOS LA FALDA Y VALLE ANCHO

### 9.1 Proyecto La Falda

Los estudios geofísicos llevados a cabo en el proyecto La Falda fueron ejecutados entre Octubre de 2008 y Mayo de 2009 por las empresas Argali Geofísica E.I.R.L. Los mismos consistieron en 274 km lineales de Magnetometría Terrestre y 25.1 km de Polarización Inducida (IP) en el sector Central de la propiedad.

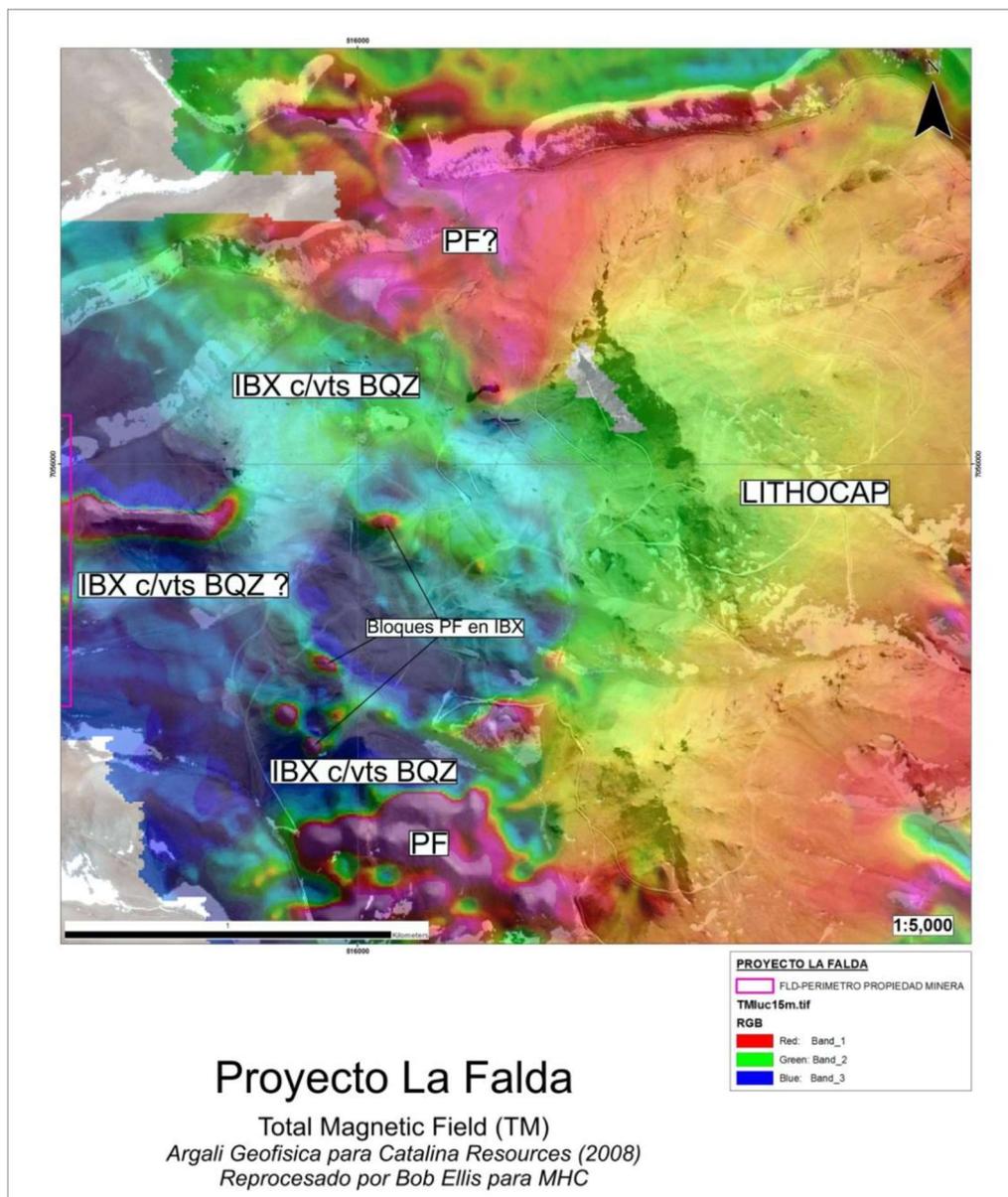
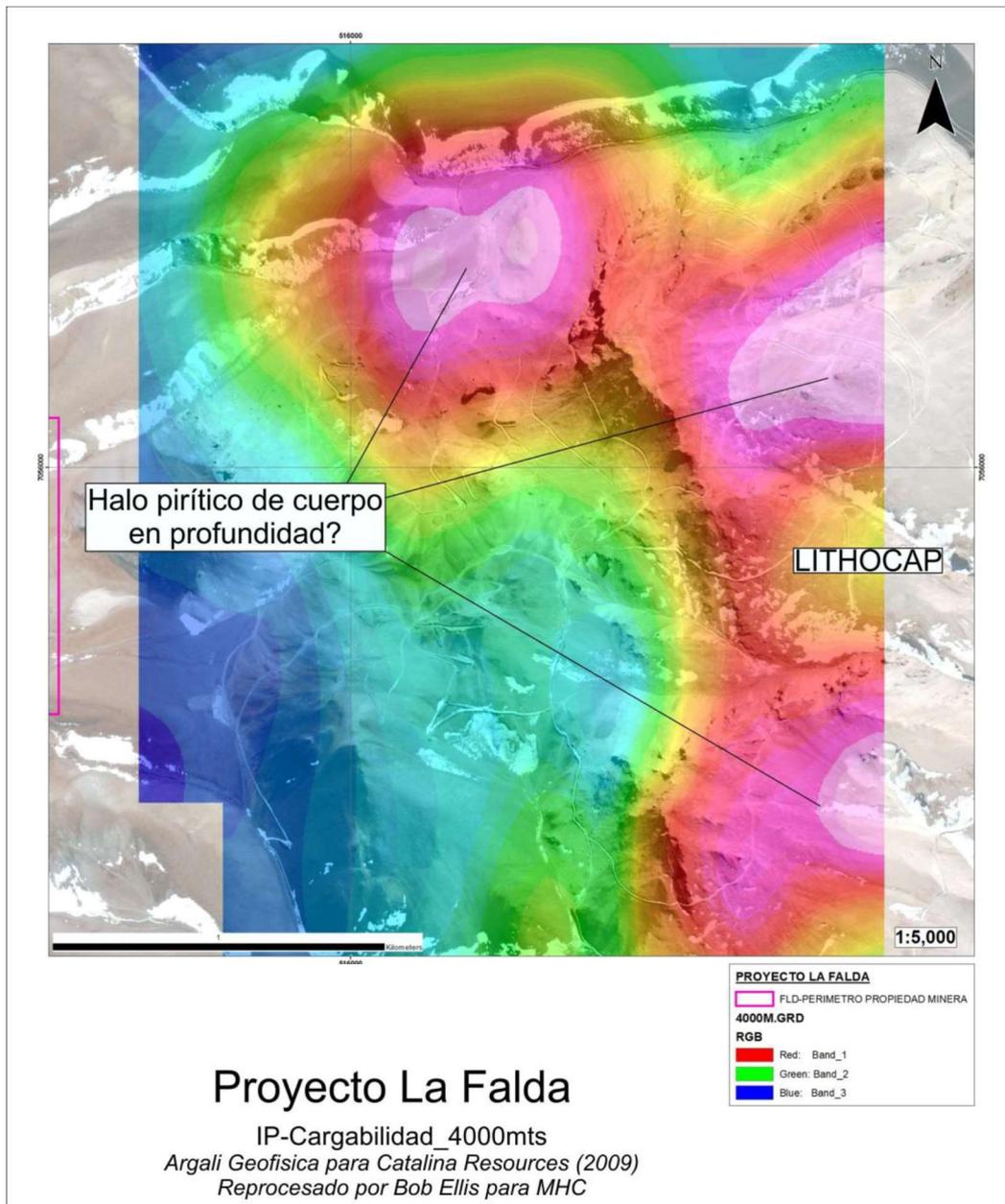


Figura 29. Interpretación del mapa de Magnetismo Total (TM).

La **Figura 29** muestra que los altos valores magnéticos se ubican en los sectores donde aflora el Pórfido Feldeespático (PF), con alteración Magnetita – Clorita  $\pm$  Pirita. Los bajos magnéticos, en cambio, presentan muy buena correlación respecto a los afloramientos de Brecha Intrusiva (IBX),

con vetillas de cuarzo bandeadas (BQV) y alteración Illita-Esmectita. Por su parte el sector del *lithocap* muestra una respuesta acorde a la destrucción de minerales magnéticos producto del efecto de la alteración Argílica Avanzada.



**Figura 30.** Interpretación del mapa de Magnetismo Total (TM) del Proyecto La Falda. Mapa de Cargabilidad a cota 4000.

En el mapa de Cargabilidad a cota 4000 m (**Figura 30**) se destacan 3 altos cargables de morfología semicircular con un tamaño aproximado de 1km x 1km, ubicados inmediatamente debajo del sector del *lithocap*. De acuerdo con las interpretaciones los mismos podrían corresponder al halo pirítico de posibles cuerpos intrusivos en profundidad.

## 9.2 Proyecto Valle Ancho

El proyecto tiene ejecutados trabajos de prospección geofísica de la década de 1990, magnetometría e IP (Resistividad y Cargabilidad), a los cuales no se pudo tener acceso).

## 10. MODELO GEOLÓGICO PROPUESTO

Los datos y características expuestas indican que tanto La Falda como Valle Ancho, analizados en este Trabajo Final, se enmarcan en un modelo de sistema porfídico rico en oro de estilo Maricunga.

Los proyectos se encuentran emplazados en rocas volcánicas e intrusivas del Oligoceno Superior a Mioceno Inferior. Estos sistemas hidrotermales están caracterizados por vetillas de cuarzo bandeado (BQV), con bajo porcentaje de pirita en sus halos de alteración argílicos avanzados, y formados por intrusivos tipo stocks de composición principalmente diorítica o cuarzo diorítica emplazados en al menos un kilómetro de profundidad.

Las alteraciones hidrotermales (**Figuras 16 y 18**) de Anomalía 3 y 3N indican un marcado proceso de “telescopeado”; esto produce que facies de menor temperatura y mayor acidez -como el halo argílico avanzado- se sobre impongan a las facies porfídicas de serícita y de serícita-clorita. El halo argílico avanzado incluye uno de caolín-montmorillonita-carbonatos; su asociación con pirita, silicificación por cuarzo y los índices de cristalinidad indican un origen hipógeno. El “telescopeado” de alteraciones alcanzó en su totalidad al halo potásico.

La alteración potásica se identificó en forma puntual, representada por stockwork de vetillas tardío-magmáticas tipo “A” y de cuarzo bandeado con las que están asociadas estos sistemas.

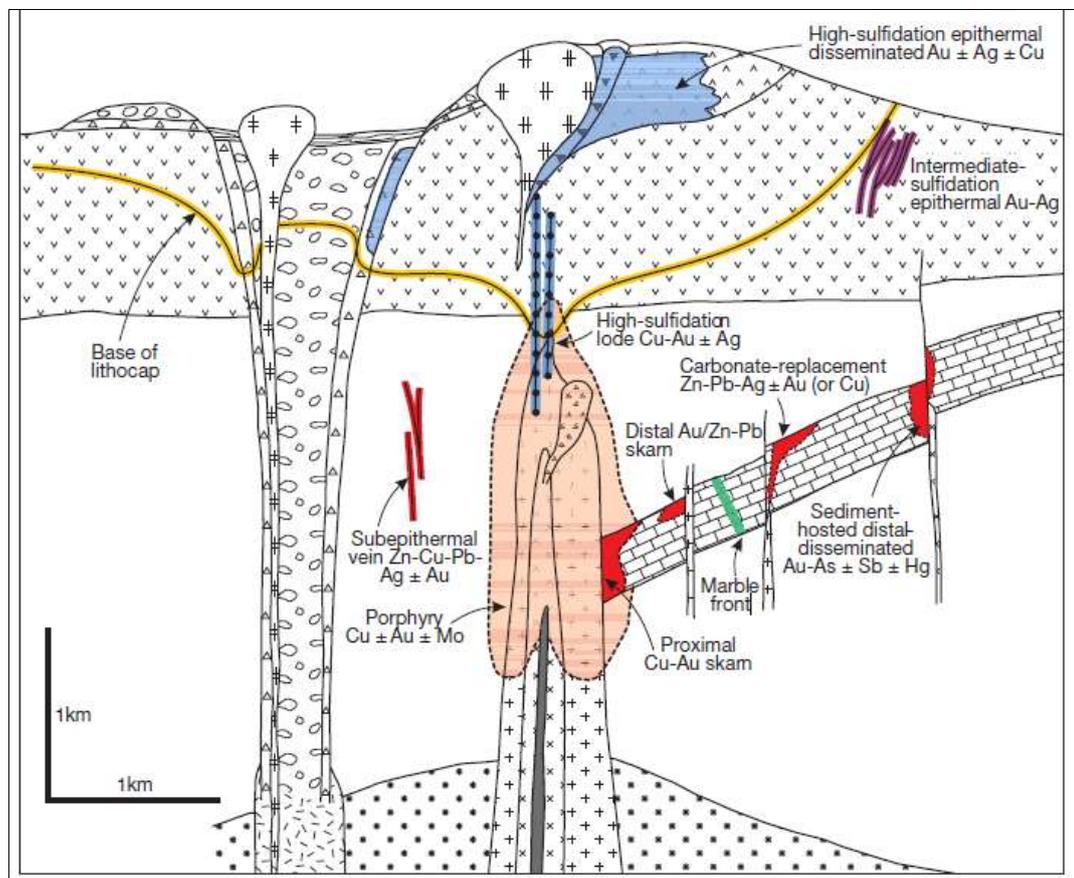
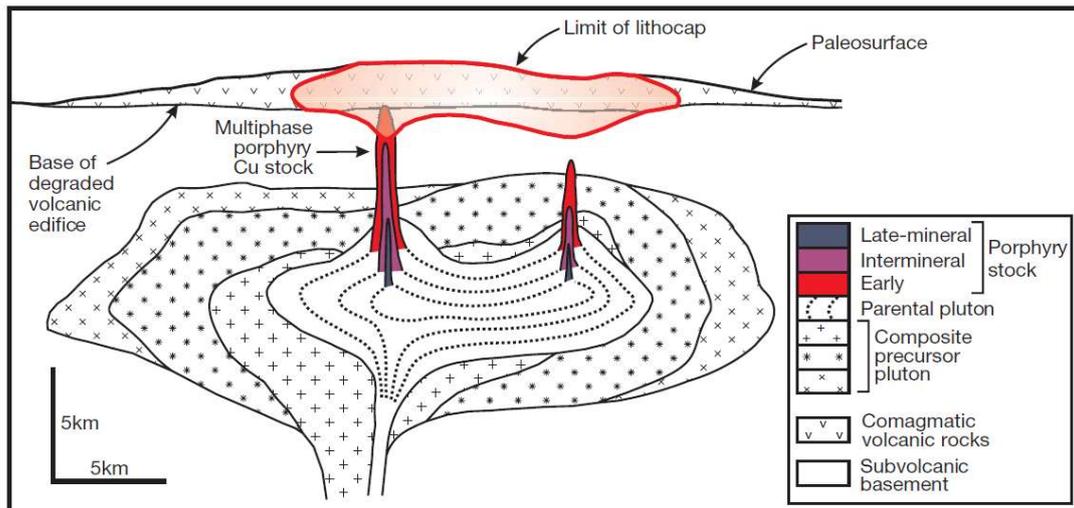
El nivel de erosión de los sistemas hidrotermales de los proyectos La Falda y Valle Ancho son marcados y queda reflejado por ensambles argílicos de naturaleza avanzada en sus raíces; la existencia de dickita- pirofilita indica tal afirmación.

En ambos proyectos la alteración argílica avanzada presenta un control estructural de orientación NO, lo que sugiere que estas estructuras maestras han posibilitado el emplazamiento y ascenso de fluidos.

Actualmente en algunos proyectos de la franja metalogenética Maricunga se han identificado fuertes evidencias de posibles pórfidos de Cu en profundidad, lo que puede sugerir sistemas preservados de pórfidos de Au / epitermales en niveles altos que transicionan a pórfidos de Cu en profundidad. Los programas de geofísica y sondajes profundos en la actualidad en la franja

Maricunga, incluyen los *targets* epitermales, pórfidos de Au, y los pórfidos de Cu profundos para esto se están realizando programas de geofísica profunda y sondajes de más de 1000 metros.

Para estos dos proyectos se propone y plantea génesis similar, en la cual los pórfidos de Au y la formación de Au epitermal suprayacente muestran estrecha relación temporal y espacial en profundidad con los pórfidos de Cu (**Figuras 31 y 32**).



Figuras 31 y 32. Modificado de Sillitoe, 2010. Modelos de Pórfidos de Cu y Au.

## 11. PLAN DE EXPLORACIÓN DE LOS PROYECTOS

En ambos proyectos (La Falda y Valle Ancho) se han realizado varias campañas de exploración desde los años 90 hasta 2013 aproximadamente. En los últimos 10 a 15 años la industria minera de exploración ha realizado grandes avances tecnológicos, principalmente en métodos de análisis geoquímicos y alcance en profundidad de métodos geofísicos.

También ha avanzado el conocimiento científico a la luz de los datos obtenidos en la actividad exploratoria, perfeccionando el modelo de mineralización de los sistemas porfíricos de Au-Cu en la franja Maricunga.

En función de los avances en el conocimiento, y el análisis de los datos expuestos en los capítulos precedentes, el plan de exploración que se propone en este TFI, para ambos proyectos, es el siguiente:

\_ Grilla de suelo a escala distrital de toda la propiedad, de 200 metros por 200 metros, y de 100 metros por 100 metros en zona de alteración. Esto permitirá caracterizar desde el punto de vista geoquímico los dos proyectos en detalle. La zona de muestreo en el proyecto La Falda presenta una superficie de 2000 hectáreas, mientras que el proyecto Valle Ancho la superficie de muestreo presenta 2500 hectáreas. En la **figura 33** se muestra como ejemplo un proyecto donde se ejecutó dicha propuesta de muestreo.

\_ Mapeo geológico de tipo *scouting* (escala 1:10.000) en toda la propiedad por parte de profesionales calificados, el mapeo involucra identificación de litología, ensambles de alteración, mineralización, estilos de vetillas y estructuras. Con esto, se busca la identificación de posibles múltiples targets, evitando la preferencia por uno o dos de ellos (**Figura 34**).

\_ Se propone la ejecución de Geofísica profunda a través de los métodos Vector IP y Magnetotelúrico (MT) en una grilla cerrada de 200 metros por 200 metros, en ambas propiedades mineras. Estos dos métodos permitirán transmitir mayor cantidad de corriente y aumentar la distancia entre los electrodos que miden el campo eléctrico, generando secciones 3D y mapas 2D de alta resolución, como los que muestran en las Figuras **35 y 36** a modo de ejemplo.

\_ Integración de la información geológica, geofísica y geoquímica en software Leapfrog, con el objetivo de generar un modelo sólido para cada uno de estos proyectos, y evidencia de posibles multi targets.

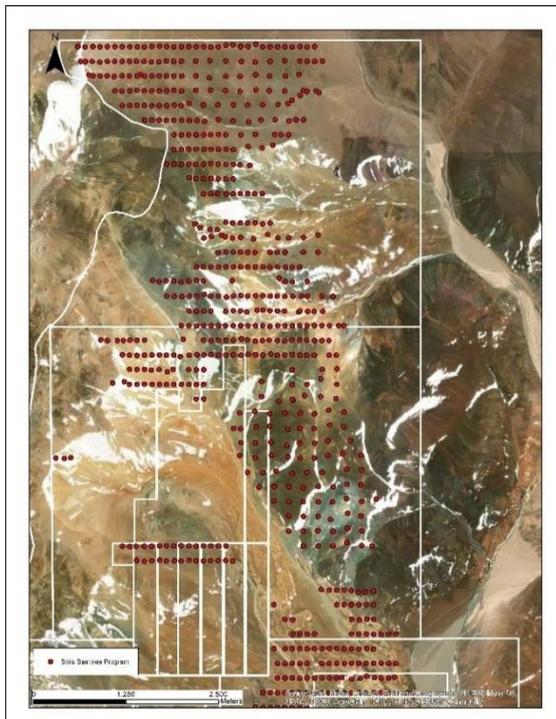


Figura 33. Ejemplo de grillas de suelo propuesta.

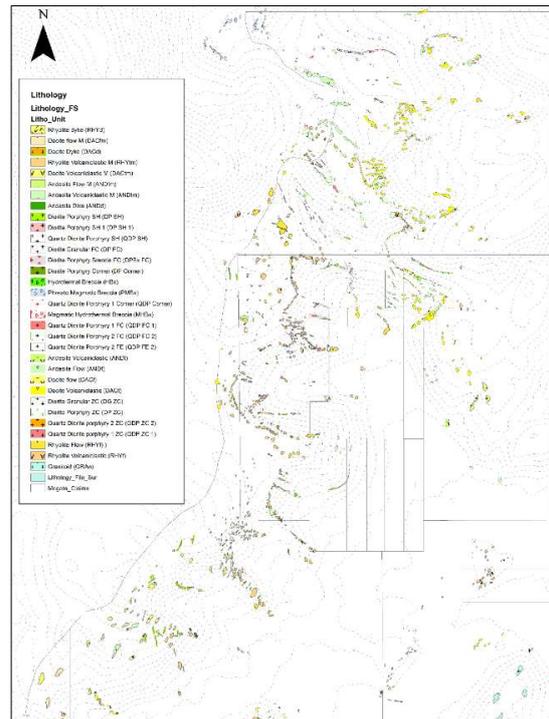


Figura 34. Ejemplo de mapeo geológico propuesto.

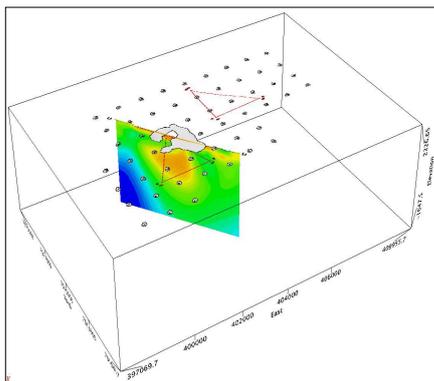


Fig. 35. Sección Magnetotelúrico.

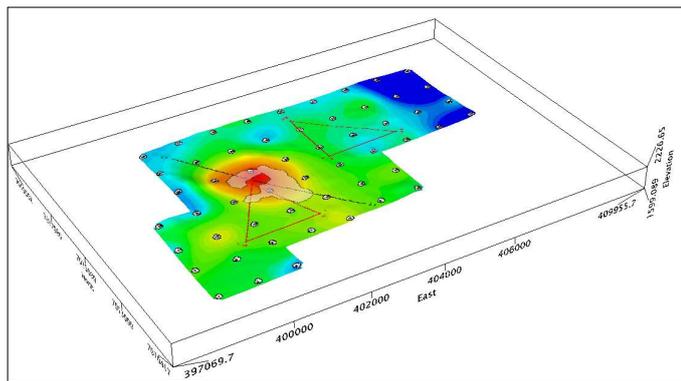


Fig. 36. Mapa 2D método vector IP identificando Pórfido Cu-Au-Mo

## 12. ASPECTOS LEGALES DE LOS PROYECTOS

El proyecto La Falda se encuentra en la franja metalogénica Maricunga, siendo este un cinturón prolífico, con varios proyectos en diferentes etapas de exploración con solicitudes de cateos. La empresa Minera Hochschild Chile S.C.M. adquiere derecho sobre las concesiones mineras del proyecto La Falda, a través de contratos de opción de compra: Contrato de Opción de Compra de Propiedades: Firmado el 20 de Diciembre de 2011 entre Minera Hochschild Chile SCM (MH CHILE) y Sociedad Hormazabal y Masso Limitada (SHM).

Respecto al proyecto Valle Ancho, la empresa que opera el proyecto (Pampa Exploración S.A, subsidiaria de NGEX Minerals), recibió en 2019 la adjudicación de un área de Reserva para Investigación Geológica con el objetivo de explorar e investigar geológicamente.

La empresa Pampa Exploración SA cuenta con la posibilidad de adquisición de estos pedimentos, siendo un requerimiento primordial el cumplimiento de las resoluciones provinciales 273/013 y 520/014 de Responsabilidad Social Empresaria (RSE), donde se expone, entre otros lineamientos la contratación de mano de obra provenientes de las áreas de influencia al proyecto y demanda a proveedores.

El Estado Provincial expresó como inversión mínima para este proyecto alrededor de 8 millones de dólares en el plazo especificado de su adjudicación. En octubre de 2019, como actividad inicial de la campaña de exploración, se realizó el relevamiento de proveedores locales, entrevistas laborales para cubrir puestos vacantes de técnicos, asistentes de campo y campamento. Es importante destacar que siempre se buscó contrataciones de proveedores locales, que brindaban servicio de catering, servicios viales, servicio camión aguatero, servicio médico, todos en general con personal afectado directamente al proyecto.

### 13. IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS

Es importante marcar que los proyectos La Falda y Valle Ancho pertenecen a dos países diferentes, el primero se encuentra en Chile y el segundo en Argentina, en la misma franja metalogenética denominada Maricunga.

Respecto al proyecto La Falda, es sabido que la industria minera ha jugado un papel crucial en la configuración del paisaje socioeconómico de Chile a lo largo de los años y sus efectos determinan directamente variables como el crecimiento del PIB y del empleo, el tipo de cambio, la inversión, los ingresos fiscales, las exportaciones, entre muchos otros. La actividad minera es responsable de la generación directa de 14,6% del PIB, aunque si se agregan los efectos multiplicadores que tiene en otras industrias su contribución al PIB nacional rondaría el 20%. Investigaciones recientes apuntan a que si bien la minería provoca un impacto económico en cifras como PIB per cápita, remuneraciones e inversión a nivel local, los efectos positivos en materia social como vivienda, educación, salud y pobreza en las regiones mineras son heterogéneos y no estaría siendo adecuadamente proporcional a los recursos generados.

La minería es actualmente la actividad económica más importante de Chile. Es responsable de la generación directa de 14,6% del PIB<sup>56</sup> aunque su potente efecto multiplicador contribuye a su vez al consumo de bienes y servicios en otras industrias como construcción, manufactura, transporte, comunicaciones y servicios de información, y servicios empresariales, entre muchos otros <sup>7</sup>. Las investigaciones disponibles señalan que por cada US\$100 que aporta la minería a la economía, se generan indirectamente al menos otros US\$368. En esta línea, si se suma la totalidad de la actividad

económica generada, el aporte de la industria a nivel nacional estaría por sobre el 20% del PIB (Figura 37)



Figura 37

El proyecto Valle Ancho desde el punto de vista de la infraestructura, presenta un campamento de exploración inicial, con algunas carpas canadienses, y con energía a través de generadores.

Veintiséis kilómetros al Este, se encuentra el proyecto 3 Quebradas (Fig. 38), que pretende realizar extracción de salmuera y producción de carbonato de litio por parte de la compañía Liex, está ubicado en Fiambalá a 30 kilómetros de la frontera con Chile, dentro de la zona conocida como Triángulo del Litio, lugar donde se encuentra casi el 60 por ciento de las reservas mundiales de este mineral. La empresa Liex obtuvo el permiso ambiental inicial en 2016, contando con la autorización de la provincia para iniciar la prospección y en ese mismo año comenzó con la exploración. Ahora, en enero de 2022, obtuvo la aprobación ambiental para la construcción y operación del proyecto.

El desarrollo de dicho proyecto de Litio marca una gran oportunidad para el proyecto Valle Ancho, ya que la infraestructura (caminos y red eléctrica) que se realizará para la construcción de la Mina en el proyecto 3 Quebradas permitirá una sinergia importante en la región y avance del proyecto Valle Ancho.

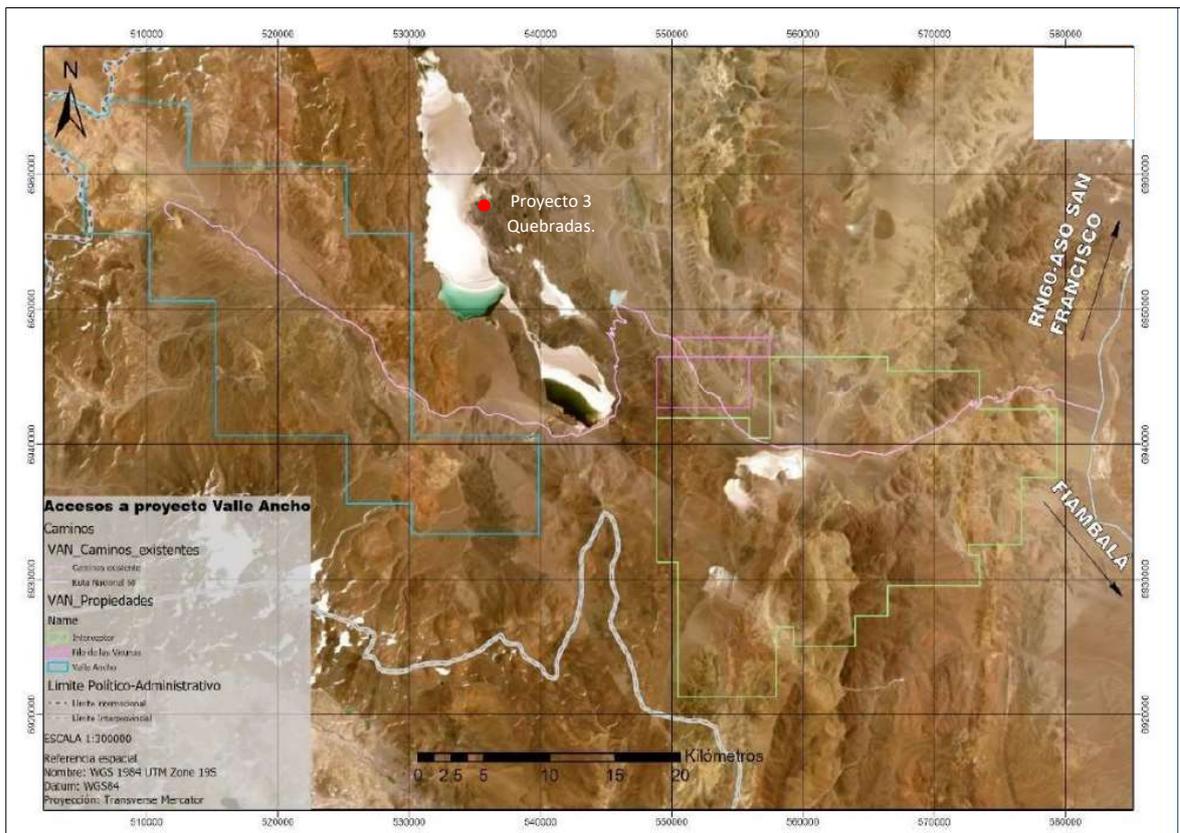


Fig. 38. Ubicación Proyecto Valle Ancho respecto de proyecto 3 Quebradas.

El proyecto Valle Ancho se encuentra en el límite con Chile, en un futuro sería adecuado para la compañía consolidar propiedad minera en la república de Chile, convirtiendo al proyecto en jurisdicción binacional, esto permitirá que la logística se genere desde la ciudad de Copiapo, y porque no pensar que el transporte del mineral fuera hacia puertos del pacífico por mineroductos, es importante destacar que del lado de Chile, se encuentra la Minas de Au Refugio, Caspiche, Casale y muchos proyectos de exploración avanzada que involucran importante infraestructura.

Para el caso hipotético que Valle Ancho se convierte en un mina, tomando los recursos calculados para proyectos cercanos dentro de la franja Maricunga (Ej. Cerro Casale), se estima que Valle Ancho podría contener entre nueve a diez millones de onzas de Au y 1.25 millones de toneladas de Cu fino; esto marca una vida útil para la mira de 10 a 12 años, con una producción anual de 65.000 toneladas de concentrado de Au y 12 toneladas de Cu fino.

Esta operación generaría entre 3200 a 3800 puestos de trabajo en la fase de desarrollo, y 900 a 1200 puestos de trabajo en la fase de minado, generando para la comunidad de Fiambala un gran impacto económico, produciendo que el desarrollo del proyecto Valle Ancho un incremento en el empleo y en los recursos disponibles en su zona de influencia, a través del pago de salarios, por la demanda de bienes y servicios de la empresa y sus empleados.

## 14. CONCLUSIONES

### **Proyecto La Falda**

#### **Metalogenia**

- La mineralización de Au en La Falda se encuentra restringida al sector central de la propiedad.
- Estratigráficamente, dicho sector corresponde a los restos de un estratovolcán del Oligoceno Tardío-Mioceno temprano. Con dimensiones aproximadas de 4 km de largo por 4 km de ancho, se encuentra conformado por una zona central de cuerpos intrusivos con vetillas de cuarzo bandeado (VQB), un sector periférico con brechas volcánicas en las que se desarrolló el lithocap del sistema y finalmente una secuencia de tobas-lavas andesíticas-ignimbritas, generalmente frescas, que cubren a los anteriores. Tanto las brechas volcánicas del lithocap como la secuencia volcánica fresca poseen inclinaciones tanto al E como al O, marcando la paleotopografía del mencionado estratovolcán (**Figura 39**).
- La mineralización principal de La Falda se encuentra vinculada con la presencia de un *stockwork* de vetillas VQB en cuerpos intrusivos. Los principales trenes de vetillas presentan rumbos NO, NNO-SSE y NE; siendo el primero de ellos el más representativo del sector.
- Las vetillas VQB se encuentran en dos sectores en particular: Sector de intrusivos centrales y Sector Pomelo. En el primero de estos sectores las vetillas BQZ se encuentran vinculadas genéticamente con la formación de una Brecha Intrusiva (IBX) que brecha a un Pórfido Feldespático (PF) y trae consigo el evento mineralizador de vetillas VQB. La IBX se caracteriza por presentar alteración Illita-Smectita moderada a fuerte, mientras que la alteración característica del PF es Magnetita – Clorita ± Pirita moderada a fuerte. El segundo sector, Pomelo, presenta trenes de vetillas BQZ en un cuerpo intrusivo diferente, de textura más gruesa, denominado Pórfido Feldespático Crowded (PFg). La diferencia principal con respecto al sector de intrusivos centrales radica en que este sector se encuentra afectado por una brecha intrusiva tardío-mineral, que no presenta vetillas BQZ, y que brecha al PFg mineralizado dejando solo bloques relictos de este.
- Otro tipo de mineralización en La Falda está vinculado a la presencia de estructuras epitermales en el *lithocap* (Qtz *Ledges*). Estos cuerpos, de orientación predominante E-O y de hasta 750 m de largo, 40 m de ancho y 15-20 m de altura, corresponderían a los antiguos conductos por los que circularon los fluidos hidrotermales (*feeders*) que dieron lugar a la formación del *lithocap* del sistema. Presentan alteración argílica avanzada con textura *Vuggy Silica* fuerte y vetas de baritina y brechas hidrotermales asociadas. Los sondeos destinados a interceptar este tipo de estructuras

demonstraron que las mismas se estrangulan en profundidad. A pesar de su gran desarrollo en superficie, probablemente estos conductos hidrotermales en profundidad posean un espesor de unos pocos metros, y simplemente se descomprimen al entrar en una capa de mayor permeabilidad (como las VBX que conforman el lithocap en La Falda).

### **Resultados de exploración**

- Los resultados obtenidos bajo la metodología de muestreo de finos de talud fueron más que satisfactorios. Las anomalías de Au observadas en las muestras de la grilla de suelos resaltan claramente el sector de intrusivos centrales con vetillas BQZ y también el sector de Pomelo.
- Otros elementos como el Mo (delimita sector de intrusivos centrales), Pb (asociado a los Qz Ledge), Zn (periférico a sistema central) y Sb (delimita *lithocap*) también presentaron buen ajuste con la grilla de finos de talud.
- Las características observadas en el sector del *lithocap* de La Falda son análogas a las descritas en el Distrito Minero asociado a centros intrusivos de Makayan, Filipinas. En dicho distrito las mineralizaciones son de tipo Pórfido (*Far Southeast Porphyry*), Epitermal de Alta Sulfuración (Lepanto) y Vetas epitermales de sulfuración intermedia (*Victoria Veins*).
- De acuerdo con estos autores la presencia de Alunita Ca (Huangita) ocurre próxima al centro intrusivo. Por otro lado la presencia de Illita/Esmectita es también reportada en el lithocap asociada a sistemas de vetas de sulfuración intermedia cercanas a la mineralización tipo Pórfido y HS (Qtz Ledges en La Falda).

### **Futuros trabajos**

Actualmente los dueños del proyecto buscan socios para desarrollar nuevas campañas de exploración. Si se llegara a un acuerdo satisfactorio con los propietarios, se proponen las siguientes tareas para explorar el potencial restante del área:

Mapeo geológico de toda la propiedad minera a escala 1:25.000, extendiéndose hacia el borde Oeste de la propiedad, con el objetivo de identificar evidencias de fallas regionales NS.

Mapeo a 1:10.000 para delimitar con precisión los límites de las unidades rocosas, alteración hidrotermal y estructuras. Soporte en productos de teledetección.

Extender el levantamiento geofísico más allá de los límites actuales considerando el potencial abierto que brinda el área de Pomelo hacia el NO y el área sur con evidente anomalía de color. Por determinar.

Dependiendo de la cobertura de ignimbritas post minerales y del mapeo 1:25.000 realice un muestreo geoquímico sistemático

Si bien no se tuvo acceso a la información de los sondajes, es sumamente importante, realizar un logeo de detalle de los testigos del proyecto, incluidos los detalles y la identificación sistemática de los minerales de alteración.

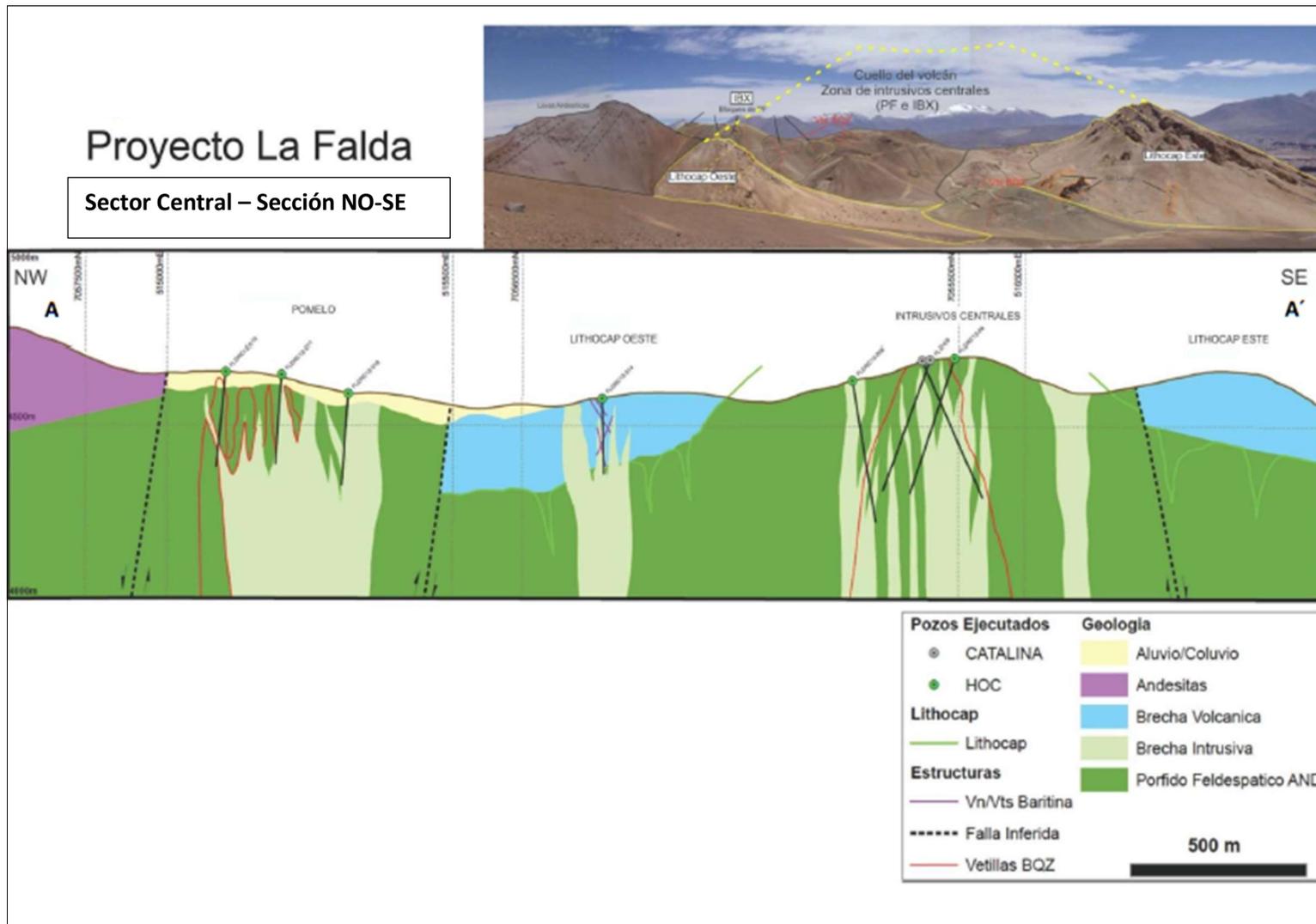


Figura 39. Sección del sector Central del proyecto La Falda.

## **Proyecto Valle Ancho**

### **Metalogenia**

-El proyecto corresponden a un sistema porfídico cuyas características son afines a los pórfidos auríferos de la franja metalogénica de Maricunga.

- En el sector central, el nivel de erosión del sistema hidrotermal y epitermal, a nivel de pirofilita es profundo. La alteración argílica avanzada por telescopeado reemplaza a las de serícita y serícita-clorita. Los tres tipos de alteraciones alcanzan el nivel potásico asociado a vetillas tempranas y de cuarzo bandeado.

- El potencial prospectivo se localiza en el sistema porfídico expuesto parcialmente en su nivel más profundo y definido por las vetillas de cuarzo bandeado. Es en este sector es donde están las mejores posibilidades de definir un cuerpo mineralizado asociado a un pórfido productivo. El *stockwork* y *set* de vetillas paralelas de cuarzo de Bajo Nordin se extiende hacia el noroeste ingresando al área de Alto Nordin.

- Es evidente la combinación estructural y litológica que controlaron el emplazamiento de las alteraciones argílicas avanzadas. Estructuras compuestas por cuarzo- alunita-sílice residual, características de un sistema de alta sulfuración se exponen en la zona NO. Estas estructuras fueron el principal objetivo de los muestreos de roca, con resultados que no superan el 0.015 g/t Au. Presentan bajo porcentaje de sílice bajo la forma de cuarzo, pobres en contenido de sílice residual estando solo a modo de parches, los remplazos de cuarzo - alunita son moderados.

### **Resultados de exploración**

- Si el sistema tuviera algo de oro, debería estar concentrado en la jarosita que se encuentra rellenando diaclasas. Estas características en Cerro Cucurucho permiten afirmar que el *HS* allí expuesto no amerita mayores trabajos y puede ser descartado del programa de exploración. Las alteraciones en el área de las trincheras indican un sistema porfídico expuesto en su halo fílico, con bajo contenido en limonitas autóctonas (*in situ*) derivadas de pirita. Se desconoce que extensión podría tener el halo fílico, permanece abierto por la cubierta de depósitos aluviales.

- Se recomienda continuar con la exploración de Bajo Nordin con mapeo de detalle basado en trincheras o sondajes, dado la gran extensión de los depósitos aluviales. El levantamiento geofísico de IP / Resistividad seguida de magnetometría terrestre, sería altamente recomendable.

- Anomalía 4 es un target de exploración geofísico debido a la falta de afloramientos y cobertura volcánica en el sector. El mapeo de superficie realizado en trincheras antiguas de El Dorado Gold Corporation evidencia la presencia de un pórfido de composición dacítica y fuerte alteración de tipo

sericítica, con venilleo de cuarzo temprano; cubriendo un área de 1.2 por 0.6 km, bordeado por un halo de alteración propilítica hacia el oeste y suroeste de la Anomalía.

### ***Futuros trabajos***

Se sugiere re logueo de los sondajes, es posible determinar que el sistema de pórfido podría estar abierto hacia el sector noreste, en zona de alteración argílica intermedia; y hacia los sectores este, sur y sureste con zonas de alteración principalmente sericítica y argílica intermedia. La mayor densidad de pozos perforados por El Dorado Gold en Anomalía 4 están realizados en el halo propilítico del sistema. Los sondajes de aire reverso presentan buenos resultados en oro, que en principio podríamos inferir que están asociados al venilleo de cuarzo temprano. Los pozos son cortos, entre 120 a 200 metros de profundidad máxima. Al igual que en Bajo Nordin, se recomienda levantamiento geofísico de IP/Resistividad y magnetometría terrestre para orientar la campaña de perforaciones subsiguiente.

Como nota final, en la actualidad en algunos proyectos de la franja metalogenética Maricunga se han identificado fuertes evidencias de posibles pórfidos de Cu en profundidad, lo que quizás sugiere sistemas preservados de pórfidos de Au / epitermales en niveles altos que transiciona a pórfidos de Cu en profundidad, para esto se están realizando programas de geofísica profunda y sondajes de más de 1000 metros.

## **15. BIBLIOGRAFIA**

- Cornejo, P.C. y Mpodozis, C. 1994. Estrato volcanes y domos coalescentes del Oligoceno superior Mioceno inferior en la franja Maricunga: Los sistemas Cerros Bravos Esperanza y La Coipa. 7° Congreso Geológico Chileno, 1: 13-17. Concepción.
- Corbett, G.J. and Leach, T.M. 1997. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. - Short Course Manual.
- Davidson, J. and Mpodozis, C. 1991. Regional Geologic Setting of epithermal Gold Deposits, Chile, Economic Geology, Vol, 86, pp. 11741-1186.
- Einaudi, M.T. 1997. Mapping altered and mineralized rocks: An introduction to the Anaconda method: Unpublished report, Stanford, California, Department of Geological and Environmental Sciences, Stanford University, 16 p.
- Gardeweg, M., Mpodozis, C. y Clavero, C. 1997. Mapa Geológico de la Hoja Ojos del Salado (1:100.000) Servicio Nacional de Geología y Minería. Chile.

- Halley, S., Dilles, J.H. and Tosdal, R. 2015. Footprints: Hydrothermal Alteration and Geochemical Dispersion Around Porphyry Copper Deposits. Published in Society of Economic Geology.
- Kay, V., Maksaev, C., Mpodozis, R. and Moscoso C. 1987. Probing the evolving Andean lithosphere: middle to late Tertiary magmatic rocks in Chile over the modern zone of subhorizontal subduction (29–31.5°S) *J. Geophys. Res.*, 92 (1987), pp. 6173- 6189.
- Koukharsky, M. 1969. Perfiles geológicos realizados en los ríos Cazadero Grande y Tres Quebradas y en el Camino de Los Patos. Provincia de Catamarca. Instituto Nacional de Geología y Minería, Plan NOA I. Carpeta G-498, inédita. Buenos Aires.
- Muntean, J.L. and Einaudi, M.T. 2000. Porphyry Gold Deposits of the Refugio District, Maricunga Belt, Northern Chile. *Economic Geology*; 95 (7): 1445–1472.
- Mpodozis, C., Kay, S., Gardeweg, M. y Coira, B. 1998. Delaminación cortical en los Andes Centrales. Análisis de sus consecuencias magmáticas y tectónicas. Proyecto Fondecyt - Chile: N° 1950025; Santiago de Chile.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 2008. Tectónica Jurásica en Argentina y Chile: Extensión, Subducción Oblicua, Rifting, ¿Deriva y Colisiones? *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63, 479-495. Buenos Aires.
- Mpodozis, C. y Kay, S. 2014. Neogene tectonics, ages and mineralization along the transition zone between the El Indio and Maricunga mineral belts (Argentina and Chile 28°-29°S).
- Mpodozis, C. y Kay, S. 2009. Evolution of less than 10 Ma Valle Ancho región lavas, Southern end of the Central Andean Volcanic Zone (~27.5°S). XII Congreso Geológico Chileno Santiago, 22-26 noviembre, 2009.
- Northwest Mine Services. 1993. Estudio de factibilidad para la inversión minera en la República Argentina. Volumen II, Geología. Secretaría de Minería de la Nación. Trabajo inédito. Buenos Aires.
- NGEX Minerals. 2019a. Diagnóstico Socioeconómico, Mapeo de Actores y Estudio de Percepción Social Área Valle Ancho, informe interno, Catamarca, Argentina.
- NGEX Minerals. 2019b. Informe Final de Exploración del área Valle Ancho. Campaña 2019-2020. Reporte interno. San Juan, Argentina.

- Rubiolo, R., Martínez, L. y Pereyra, F. 2003. Fiambalá 2769-IV, Provincias de Catamarca y La Rioja. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 421, 78 pp. Buenos Aires.
- Sillitoe, R.H. and Perelló, J. 2005. Andean copper province: Tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery: Economic Geology 100<sup>th</sup> Anniversary Volume, p. 845–890.
- Sillitoe, R.H. 2010. Porphyry Copper Systems. Economic Geology 105, 3-41.
- Vila, T. y Sillitoe, R.H. 1991. Gold - Rich Porphyry System in the Maricunga Belt, Northern Chile, Economic Geology vol. 86, pp. 1238 - 1260.