



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN DEL
PROSPECTO AQUINO, COPIAPÓ, REGIÓN DE ATACAMA.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

MAURICIO ALEX ALLENDES TORO

PROFESOR GUÍA:
VICTOR MAKSAEV JURCHUC

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
KATJA DECKART
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

SANTIAGO DE CHILE
2017

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO
DE GEÓLOGO
POR: MAURICIO ALLENDES T.
PROF.GUÍA: VICTOR MAKSAEV J.

GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO AQUINO, COPIAPÓ, REGIÓN DE ATACAMA.

El prospecto Aquino se encuentra ubicado en la porción sur de la Franja de Maricunga de edad Mioceno-Plioceno. Esta franja está caracterizada por albergar mineralización aurífera relacionada a sistemas tipo pórfidos de Au, Au-Cu y epitermales Au-Ag.

El prospecto Aquino se hospeda en un batolito monzogranítico y rocas volcánicas de edad Pérmico-Triásica. Los procesos de alteración y mineralización se encuentran relacionados a intrusiones multifásicas porfídicas dacíticas agrupadas en las unidades Pórfido Dacíticas A, B y C, ubicadas en posiciones intermineral temprano, intermineral y post mineral dentro de la evolución magmática hidrotermal. Cuerpos de Brechas Intrusivas se relacionan con la alteración y mineralización, en una posición intermineral. Estos cuerpos se encuentran ubicados en dos zonas de mayor importancia en el prospecto denominadas zonas A y B, siendo de mayor importancia y extensión la zona A.

Las zonas de mineralización de oro con contenidos promedios de 0,3 ppm se asocian a las unidades Pórfido Dacítico A y Brecha de Intrusión ubicadas en la zona A. Mientras que los pórfidos dacíticos asociados a la zona B alcanzan contenidos promedios de 0,066 ppm.

La zona A se caracteriza por una alteración hidrotermal potásica sobreimpuesta por la alteración clorita-sericita-arcillas (SCC). Las cuales poseen un predominio de vetas y vetillas de cuarzo A y cuarzo-magnetita transicionales bandeadas portadoras de mineralización aurífera, alcanzando contenidos máximos hasta 4 ppm de Au.

Las características geológicas, alteración hidrotermal y mineralización aurífera lo identificarían como un pórfido aurífero con anomalías de cobre. Finalmente se recomienda profundizar los estudios de exploración geológica mediante mallas de geoquímica de rocas, perfiles geofísicos de polarización inducida-resistividad y una datación radiométrica K-Ar.

Agradecimientos

Deseo agradecer a quienes ayudaron a realizar este trabajo de título y me acompañaron durante la estadía en la Universidad de Chile.

El reconocimiento para los profesores guías Dr. Victor Maksaev, Dr. Brian Townley y la Dra. Katja Deckart, quienes tuvieron muy buena disposición en corregir el presente trabajo. A los geólogos e ingenieros Diego Charchafli, Max La Motte y Felipe Niedbalski por facilitar los datos para realizar la memoria. A Blanquita Baccola por su paciencia y ayuda en las diferentes labores en la facultad de geología.

A los compañeros con quienes compartimos varios terrenos y juntas; mención especial Lamuel Toloza, Anibal Tim, Metalero-cazo, Matias Macaco, Andres Kasparov, Ruso, Suave, Musculoso. También a Sergio Cañas por sus innumerables asesorías varias desde la época del colegio.

Finalmente a toda la familia que se hizo presente de una u otra forma a lo largo de esta larga carrera.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivos generales	1
1.2.2 Objetivos específicos	1
1.3 Hipótesis	1
1.4 Ubicación y vías de acceso	2
1.5 Metodología	3
1.5.1 Espectrometría de reflectancia	3
1.5.2 Fundamentos teóricos	4
1.5.3 Características de la mineralogía Espectral identificable	5
1.5.4 Grupo de las Micas Blancas y Esmectitas	9
1.5.5 Grupo de los Sulfatos	10
1.5.6 Caolinitas	11
1.5.7 Epidotas	12
1.5.8 Clorita	13
2. Marco Geológico Regional	15
2.1 Basamento Paleozoico y Mesozoico	15
2.2. Volcanismo Cenozoico	16
2.3 Tectónica y estructuras	19
2.4 Alteración y Mineralización	20
3. Geología Local del Prospecto y Resultados.	22
3.1 Basamento	22
3.1.1 Plutón Pircas Coloradas (ca. 270 Ma) (Mpodozis y Kay, 1990).	22
3.2 Rocas estratificadas	23
3.2.1 Formación La Ternera (Triásico Superior-Lias) (Bruggen, 1950; enmend. Jensen, 1976)	23
3.2.2 Formación Lagunillas (Jurásico) (Jensen, 1976)	24
3.2.3 Estratos de Rio Nevado (Eoceno) (Mpodozis et al., 1991)	25

3.3.4 Unidades Pórfidos Andesíticos-Dacíticos Sur	26
3.3 Intrusivos porfídicos y brecha intrusión.	30
3.3.1 Unidad Pórfido Dacítico A (Intermineral Temprano)	30
3.3.1 Unidad Pórfido Dacítico B (Intermineral)	30
3.3.3 Unidad Pórfido Dacítico C (Post Mineral)	31
3.3.4 Unidad brecha de intrusión (Intermineral)	31
3.4 Estructuras	33
3.4.1 Falla Inversa Cachitos	33
3.4.2 Falla Normal Plaza	33
4. Alteración Hidrotermal	34
4.1.1 Alteración Potásica	34
4.1.2 Alteración Propilítica	36
4.1.3 Alteración Argílica Intermedia	36
4.1.4 Alteración Sericitica	38
4.1.5 Alteración Argílica Avanzada	38
5. Mineralización y Geoquímica	42
5.1 Oro	42
5.2 Cobre	42
5.3 Distribución Geoquímica de los Elementos Pb-Zn-Mo-Cu en un Pórfido	43
6. Discusiones	50
7. Conclusiones y Recomendaciones	55
8. Bibliografía	60
9. Anexos	64
9.1 Anexos Públicos	64
9.1.2. Mapa de área total del prospecto Aquino (2100 hectáreas).	65

Índice de Figuras

Figura 1.1: Ubicación del proyecto Aquino recuadro en rojo, editado de Red Vial 2016.	2
Figura 1.2: A. Ilustración esquemática del espectrómetro ASD TerraSpec (Kerr et al., 2011). B. Registro de espectro en dependencias de Guanaco Exploration, Santiago.....	3
Figura 1.3: Muestra procesos de interacción entre la energía electromagnética (luz) y la materia.....	4
Figura 1.4: Espectro electromagnético, detalla las regiones de interés asociada a la espectroscopia infrarroja/visible. Región visible (390 a 750 nm), infrarroja cercana (NIR; 750 a 1300 nm) e infrarroja de onda corta (SWIR; 1300 A 2500 nm) (Kerr et al., 2011).	5
Figura 1.5: Espectros de absorción en SWIR (Spectral interpretation Field Manual, 2012)	7
Figura 1.6: Detalle de las características del espectro de la caolinita obtenida con el espectrómetro PIMA II, (Thompson et. al, 1999).....	8
Figura 1.7: Principales rangos de absorción que pueden observarse en el espectro electromagnético. La forma y profundidad de cada uno de ellos está en función de las características químicas de las moléculas del mineral analizado (Páez, 2008).	9
Figura 1.8: Espectros típicos de moscovita, montmorillonita e illita. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.....	10
Figura 1.9: Espectros típicos de alunita, yeso y jarosita. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.	11
Figura 1.10: Espectros típicos de caolinita de alta cristalinidad y de menor cristalinidad. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.....	12
Figura 1.11: Espectro típico de epidota. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.	13
Figura 1.12: Espectros típicos de cloritas, Mg-clorita (rojo) y Mg-Fe-clorita (negro). Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.....	14
Figura 2.1: Marco geológico regional de la Franja de Maricunga. Modificado de Vila y Sillitoe, 1991.....	18
Figura 2.2: Contexto tectónico regional de la Franja de Maricunga. Modificado de Muntean y Einaudi, 2001.....	20

Figura 3.2: A. Monzogranitos de Biotita. B. Granodiorita de biotita intruida por dique granítico de textura aplítica.....	23
Figura 3.5: A. Arenisca roja grano medio. B. Conglomerado polimíctico matriz soportado.	25
Figura 3.6: Estrato de paquete de areniscas rojas con estratificación paralela que alternan con conglomerados, pertenecientes al miembro Cocambico de la Formación Lagunillas.....	25
Figura 3.7: A. Estratos Eoceno sobreyace a Jurásico superior por discordancia angular, al este del rio Cachitos. B. Brecha polimíctica matriz soportada de color violáceo. C. Brecha conglomerádica polimíctica matriz soportada.	26
Figura 3.8: Mapa geología básica del prospecto Aquino.	27
Figura 3.9: Perfil esquemático DC, prospecto Aquino. Mapa de referencia Figura 3.8.....	28
Figura 3.10: Mapa geología básica con énfasis en las zonas rectangulares A y B, las cuales demarcan la distribución de las intrusiones portadoras de mineralización aurífera.	29
Figura 3.11: A. Pórfido Dacítico A con textura obliterada. B. Roca perteneciente al Pórfido Dacítico B. C. Contacto entre Pórfido Dacítico C (PD.C) y Brecha de Intrusión (BX.I). D. Brecha de intrusión, Fragmentos de Pórfidos Dacíticos, cuarzo y roca molida.....	33
Figura 4.1: Porcentaje de reemplazo por asociaciones minerales de alteración hidrotermal.	34
Figura 5.1: Mapa de distribución geoquímica del oro (Au) y mineralización con énfasis en zona A.	44
Figura 5.2: Mapa de distribución geoquímica del oro (Au) y mineralización con énfasis en la zona B.	45
Figura 5.3: Mapa de distribución geoquímica del cobre (Cu) y mineralización con énfasis en la zona A.	46
Figura 5.4: Mapa de distribución geoquímica del cobre (Cu) y mineralización con énfasis en zona B.	47
Figura 5.5: Mapa de razón geoquímica Pb+Zn/Cu, zona demarcada en rojo muestra el posible borde de un sistema porfírico.....	48
Figura 5.6: Mapa de razón geoquímica Pb/Mo, zona demarcada en rojo muestra el posible borde de un sistema porfírico.	49

Figura 6.1: Modelo de alteración y mineralización de un sistema porfírico aurífero, zonas A y B relacionadas con figuras 4.2 y 4.3 del prospecto Aquino, líneas punteadas indican alteración incipiente en el borde norte de la zona B. Modificado de Sillitoe (2000)..... 52

Figura 6.2: Reconstrucción de un sistema tipo pórfido perteneciente a la Franja de Maricunga, Chile. En el cual Aquino se ubica en un nivel de exposición relativo a la zona de alteración potásica-argílica sobreimpuesta (Ambiente tipo pórfido profundo). En la mayoría de los depósitos (Aquino, Refugio, Santa Cecilia, La Pepa, Marte, Valy) el stockwork, la alteración potásica y argílica han sufrido reseteo o telescoping. Editado de Vila y Sillitoe, 1991. 54

Figura 7.1: Mapa geológico prospecto Aquino, distribución de malla geoquímica de rocas propuesta en zonas A y B. 57

Figura 7.2: Perfiles de geofísica polarización inducida-resistividad propuestos en el prospecto Aquino. 59

Figura: 9.1 Muestra puntos de control de geoquímica de rocas y vetillas, y fragmentos de roca para espectrometría..... 65

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Resumen: Relación entre la composición y las bandas de absorción.	6
Tabla 3.1: Resumen principales características de unidades intrusivas del prospecto Aquino.	32
Tabla 4.1: Detalle tipos de alteraciones argílicas intermedias y sus características (edición propia).....	37
Tabla 4.2: Principales características de la alteración hidrotermal en el prospecto Aquino (Elaboración propia).	39
Tabla 5.1: Resumen contenidos de Au y Cu, según estilo de mineralización en el prospecto Aquino.....	43
Tabla 6.1: Resumen relación espacial de mayores contenidos promedios de oro en el prospecto Aquino, zona A.	50
Tabla 6.2: Resumen de características de alteración hidrotermal y mineralización zonas A y B del prospecto Aquino.	51
Tabla 6.3: Recopilación de principales características de los pórfidos auríferos de la Franja de Maricunga.	53
Tabla 9.2: Interpretación de mineralogía por espectrometría de reflectancia, valores 0 y 1 representan ausencia y presencia de mineral.	66

1. Introducción

En esta memoria se presenta el estudio de exploración geológica en etapa *greenfield*, del prospecto Aquino, ubicado en la Franja de Maricunga, III región de Atacama, Chile. Este trabajo recoge parte de los estudios geológicos realizados por Guanaco Exploration en la zona de exploración.

El prospecto Aquino posee un área correspondiente a 2100 hectáreas, las cuales presentan alteración hidrotermal, mineralización de oro y cobre. El autor del presente estudio participo dos de las tres campañas realizadas en terreno por la empresa Guanaco Exploration, en las cuales se levanto información de geología básica, geoquímica de roca y vetillas, y muestras de roca para espectrometría de reflectancia.

Los motivos para llevar a cabo este trabajo responden a un interés por conocer a qué tipo de depósito sería aplicable al prospecto Aquino y su interés para la exploración principalmente por oro y cobre.

1.2 Objetivos

Los objetivos generales y específicos del presente trabajo de memoria se describen a continuación.

1.2.1 Objetivos generales

- Determinar un modelo de depósito aplicable al prospecto Aquino.
- Determinar si tiene un potencial económico.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué nivel de exposición se encuentra el prospecto Aquino, respecto al modelo a aplicar.

1.3 Hipótesis

El prospecto Aquino ubicado en la Franja de Maricunga, presenta una cubierta de alteración hidrotermal argílica intermedia la cual se superpone a una alteración potásica temprana. Además la mineralización de oro en superficie se encuentra en vetas bandeadas de cuarzo blanco, translucido, y en *stockworks* de cuarzo, magnetita-hematita. Esta mineralización tendría valores anómalos de oro, y en menor medida de cobre. Estas características lo clasificarían dentro un depósito del tipo Au±Cu de Maricunga del Oligoceno Superior-Mioceno Medio.

1.4 Ubicación y vías de acceso

El proyecto Aquino se encuentra ubicado en la comuna de Tierra Amarilla, provincia de Copiapó, III Región de Atacama, Chile. La ciudad de Copiapó se ubica al noroeste a 105 km aproximadamente del prospecto Aquino. Las coordenadas UTM están entre 448000 E y 453000 E, y entre 6907000 N y 6911000 N.

El prospecto se encuentra entre los 3300-3700 metros de altitud. Desde Copiapó se puede acceder por Quebrada Jorquera, hasta luego llegar a la Guardia camino que continua hasta llegar a paso de Pircas Negras, paso fronterizo con Argentina. Luego de La Guardia al interceptar con Rio Cachitos (27 km de La Guardia) se interna en el Valle Cachitos que conduce hasta la zona de interés. En general el camino en comienzo hasta La Guardia es pavimentado y de buen estado, pero una vez internado en Valle Cachitos presenta solo ripio y grava, y en épocas invernales suele estar con cortes producto del invierno

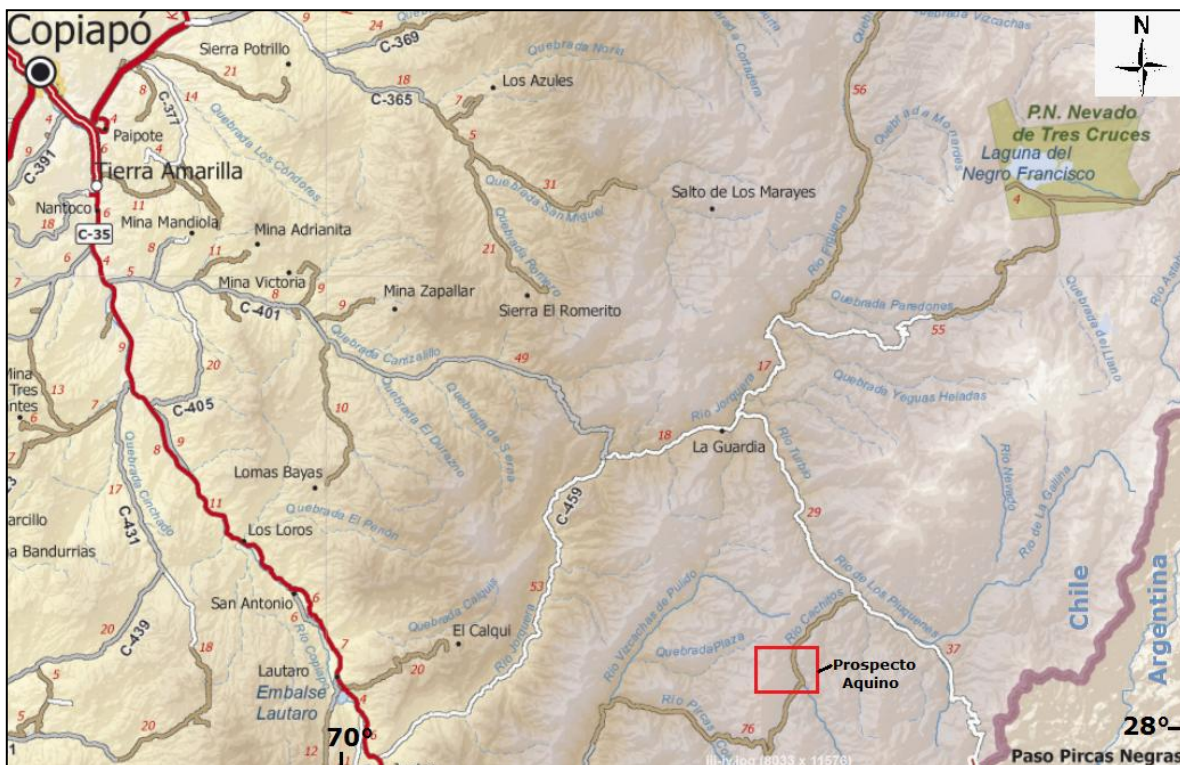


Figura 1.1: Ubicación del proyecto Aquino recuadro en rojo, editado de Red Vial 2016.

1.5 Metodología

Para la correcta realización de este estudio se llevo a cabo los siguientes procedimientos.

El 10 de Diciembre el autor de la presente memoria realizo 5 días de terreno en el prospecto Aquino, en estos días se levanto información para la descripción de litología, alteración y mineralización. En la cual se recolectaron 10 muestras de mano de cada litología y alteraciones más representativas. De estas litologías se enviaron 3 muestras a laboratorio para la realización de corte transparente-pulido. Además, se recolectaron 160 muestras de fragmentos de roca para la descripción de la alteración hidrotermal, basada en espectrometría de reflectancia.

Los datos recolectados y procesados son presentados en mapas de geología básica, alteración hidrotermal y mineralización en los siguientes capítulos.

La empresa Guanaco Exploration proporciono información de imágenes satelitales (LANDSAT) y resultados de geoquímica roca y vetillas del prospecto Aquino, estos datos quedan para la disposición de este trabajo de memoria (La Motte, 2015).

1.5.1 Espectrometría de reflectancia

El autor de este trabajo efectuó la medición de muestras de fragmentos de roca, esto se llevó a cabo en dependencias de Guanaco Exploration, Santiago, utilizando el espectrómetro ASD TerraSpec 4 Hi-Res, cuyas especificaciones se pueden observar en la figura 1.2.

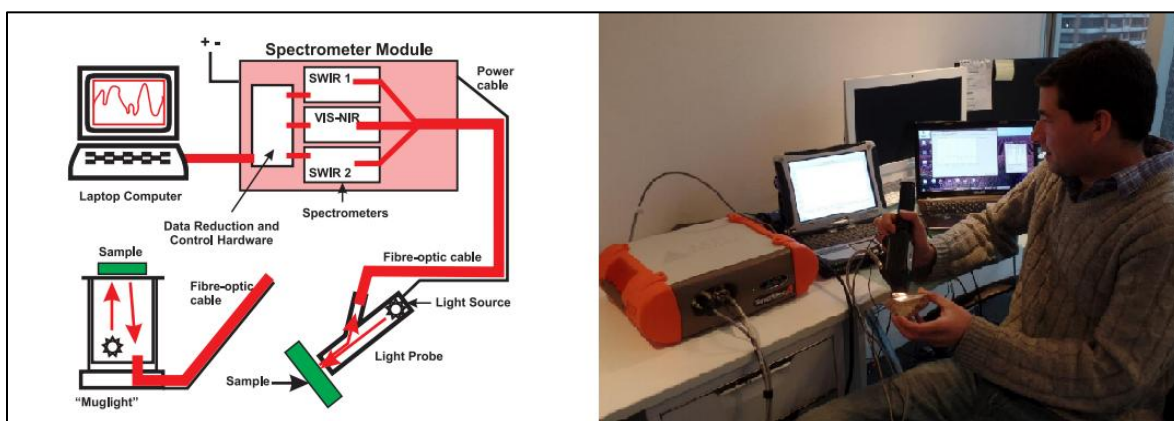


Figura 1.2: A. Ilustración esquemática del espectrómetro ASD TerraSpec (Kerr et al., 2011). B. Registro de espectro en dependencias de Guanaco Exploration, Santiago.

Finalmente, para la clasificación mineralógica de cada muestra se utilizó el programa *SIMIS Feature Search*, el cual registra una librería de espectros, para su comparación y reconocimiento.

1.5.2 Fundamentos teóricos

Corresponde a una técnica basada en el estudio del comportamiento de las ondas del campo electromagnético que son emitidas, absorbidas, reflejadas o refractadas por un cuerpo sólido, líquido o gas. Todo cuerpo que sea sometido a efectos de radiación, como un haz de luz, experimenta un fenómeno de reflexión y absorción de energía (Figura 1.3), esto se manifiesta en forma de ondas electromagnéticas que pueden ser medidas y analizadas en función de su amplitud y longitud.

La figura 1.3 muestra el comportamiento de un haz de luz al incidir sobre un cuerpo dado, una parte es reflejada, otra se propaga por el medio en forma difusa o transmitida. Los métodos espectrometría (SWIR) miden las propiedades de aquella que ha sido reflejada.

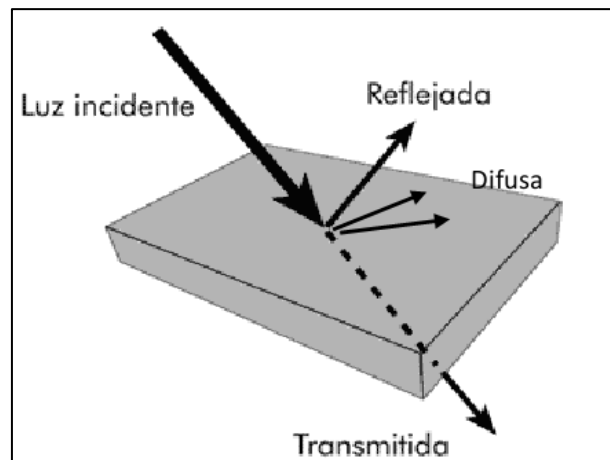


Figura 1.3: Muestra procesos de interacción entre la energía electromagnética (luz) y la materia.

Tanto la absorción y reflexión de energía de una molécula, son controladas por características químicas y físicas de la misma, es decir, su composición, distribución de átomos en la estructura cristalina, propiedades de los átomos en la estructura dada (composición electrónica) y propiedades físicas. Por lo tanto, cada molécula diferente, posee un espectro de absorción y emisión de energía específico (Ostrooumov, M. 2006).

El espectro electromagnético es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles (Hewitt, 2004). En la figura 1.4, se detalla la forma gráfica las zonas de energía, separadas por tipo y longitud de onda.

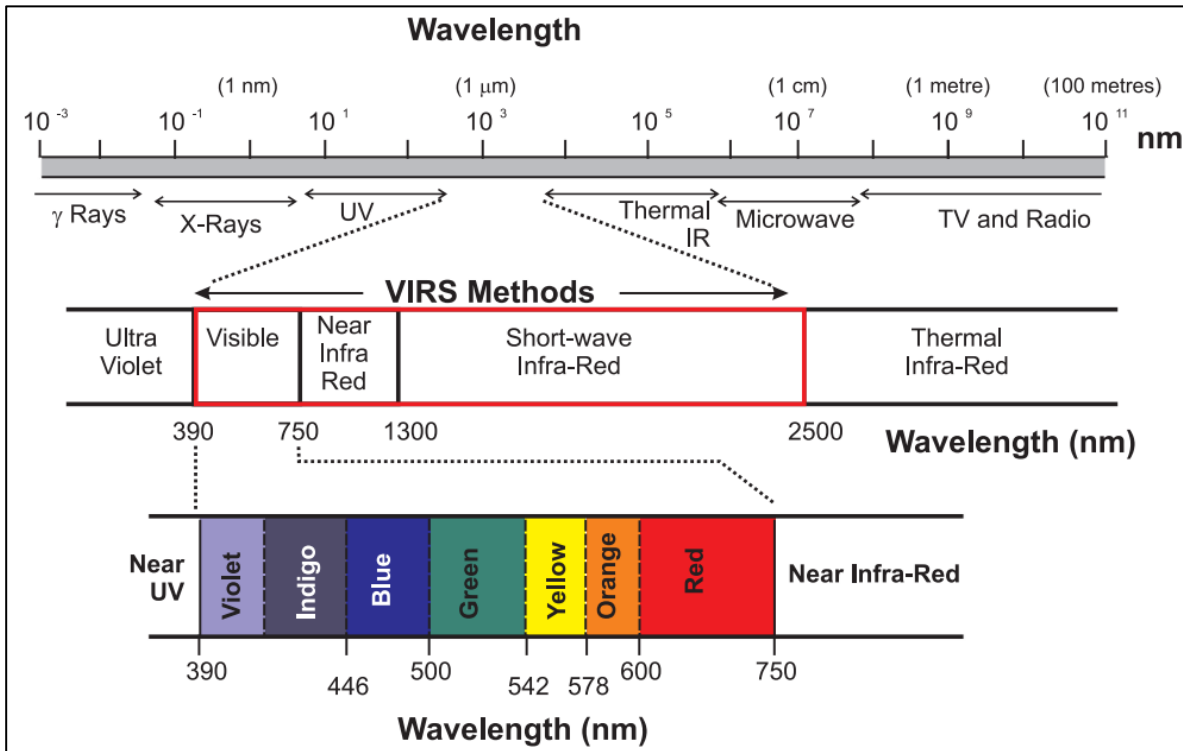


Figura 1.4: Espectro electromagnético, detalla las regiones de interés asociada a la espectroscopia infrarroja/visible. Región visible (390 a 750 nm), infrarroja cercana (NIR; 750 a 1300 nm) e infrarroja de onda corta (SWIR; 1300 A 2500 nm) (Kerr et al., 2011).

El espectro de reflectancia corresponde a una gráfica en dos dimensiones, cuyo eje horizontal muestra los valores de la longitud de onda (expresada en micrómetros (μm) o nanómetros (nm)), y su eje vertical los valores porcentuales de reflectancia respecto a la referencia de reflectancia de Halon (CBrClF₂) (Paez, 2008).

1.5.3 Características de la mineralogía Espectral identificable

El estudio de la alteración hidrotermal de un depósito mineral, proporciona las bases para el entendimiento de la historia genética de los eventos que han afectado el sistema mineralizado. Las reacciones químicas y los procesos de alteración que tienen lugar en la interacción entre la roca y los fluidos hidrotermales, así el nuevo ordenamiento mineral formado define el tipo de alteración, permite la estimación del

ambiente físico y químico de formación, así como los cambios espaciales y temporales en las condiciones genéticas del sistema (Meyer y Hemley, 1967; Pirajno, 1992).

La espectroscopia (SWIR) de onda corta del infrarrojo detecta la energía generada por las vibraciones de los enlaces moleculares. Los cuales tienen modos de flexión y tensión entre los 1300 a 2500 nm del espectro electromagnético, (Tabla 1.1). Las fracturas de absorción observadas son manifestaciones de reflejos o tonos de primer y segundo orden, correspondiente a la combinación de los tonos de modos fundamentales que ocurren en la región media del infrarrojo. El SWIR es particularmente sensitivo a ciertas moléculas y radicales; incluyendo OH, H₂O, NH₄, CO₃ y los enlaces del catión OH tales como Al-OH, Mg-OH y Fe-OH, (Figura 1.5). Las posiciones características en el espectro de cada mineral y sus formas típicas son función de los enlaces moleculares presentes en el mineral. Las variaciones en su composición química pueden ser detectadas en el tamaño y posición de las características de cada espectro, el cual cambia consistentemente por la sustitución de elementos. Un espectro típico consiste en varias características de absorción (Thompson et. al., 1999).

Tabla 1.1 Resumen: Relación entre la composición y las bandas de absorción.

Radical	Valor de Fractura de absorción en nanómetros
OH	1400 nm (también 1550 nm y 1750-1850 nm en algunos minerales)
H ₂ O	1400 y 1900 nm
Al-OH	2160-2228 nm
Fe-OH	2230-2298 nm
Mg-OH	2300-2370 nm
CO ₃	2300-2370 nm (también 1870 nm, 1990 nm y 2155 nm)

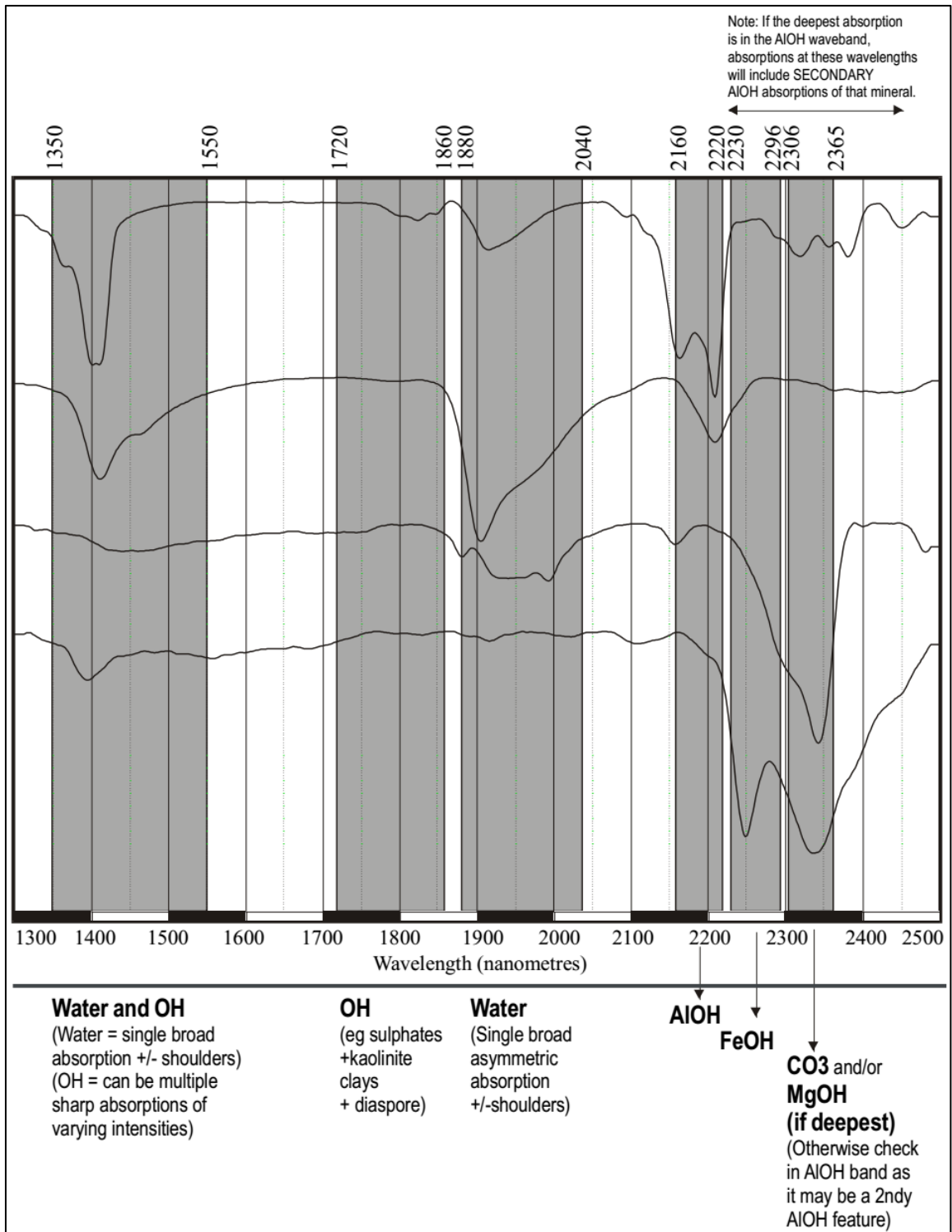


Figura 1.5: Espectros de absorción en SWIR (Spectral interpretation Field Manual, 2012)

La forma general de un espectro se le conoce como perímetro exterior o envolvente de hull, su importancia ya que ayuda a identificar variaciones químicas de un mismo compuesto. La figura 1.6 ilustra los diferentes aspectos de un espectro de absorción típico, incluyendo la posición de sus ondas, profundidad y ancho (alto completo, medio-ancho máximo).

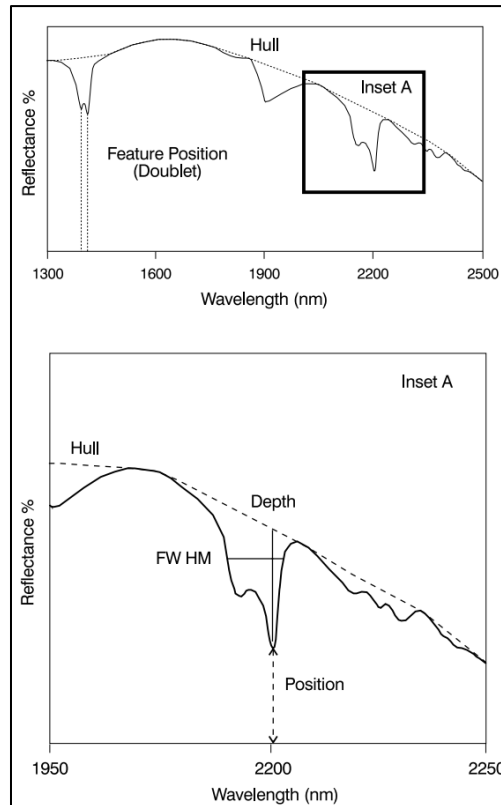


Figura 1.6: Detalle de las características del espectro de la caolinita obtenida con el espectrómetro PIMA II, (Thompson et. al, 1999).

Los rasgos de absorción según su forma y profundidad pueden ser agudos, dobles y agudos, simple abierto, dobles abiertos, en forma de hombro, múltiples, etc., (Figura 1.7).

Las variaciones espectrales tales como cambios en la posición de la longitud de onda de los rasgos de absorción, o en la envolvente han demostrado sensibilidad de la región SWIR a las variaciones de composición química y grado de cristalinidad de los minerales de alteración hidrotermal (Hunt y Ashley, 1979). Dependiendo del grupo mineralógico al que pertenecen, rasgos de absorción específicos son usados para la descripción e identificación (Puntual et al., 1997).

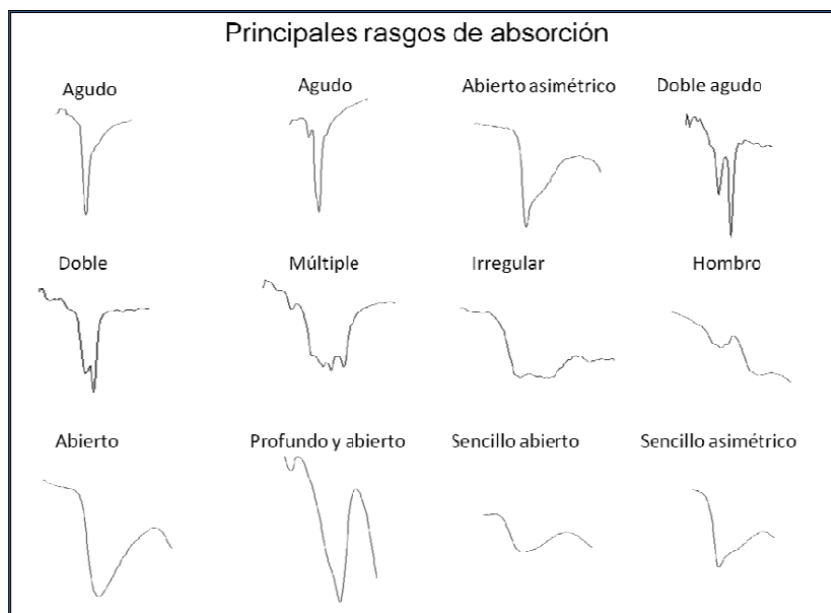
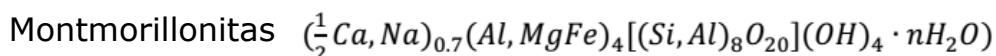
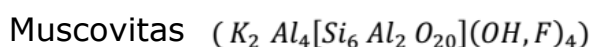
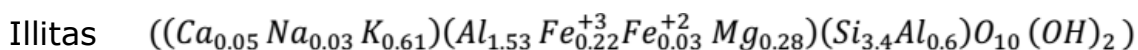


Figura 1.7: Principales rasgos de absorción que pueden observarse en el espectro electromagnético. La forma y profundidad de cada uno de ellos está en función de las características químicas de las moléculas del mineral analizado (Páez, 2008).

1.5.4 Grupo de las Micas Blancas y Esmectitas

Illitas y muscovitas forman parte del grupo de micas blancas, montmorillonita, saponita y nontronitas forman parte del grupo de esmectitas. Aunque estos minerales forman parte de dos grupos distintos poseen rasgos similares, a continuación, se detallan las formulas químicas.



Los rasgos más distintivos que caracterizan a los minerales del grupo de las esmectitas y micas blancas, se asocian a las vibraciones de las moléculas de H₂O y el ion OH⁻. La profundidad de los rasgos de absorción asociados a los 1400 nanómetros y 1900 nanómetros al ion hidroxilo y el contenido de agua (Figura 1.8) y su ubicación en la estructura mineral. Se puede visualizar que las esmectitas tienen mayores cantidades de agua (Figura 1.8), lo cual se explica ya que su espectro muestra rasgos más profundos y amplios que las micas blancas (illitas y muscovitas), en donde incluso estos rasgos pueden estar ausentes, como lo es en el caso de la muscovita donde el rasgo 1900 se encuentra deprimido, y solo se observa un desarrollo profundo y agudo

en el rasgo 1400 (Hauff, 1991; Post y Noble, 1993). El rasgo más distintivo y de mayor importancia corresponde al rasgo de los 2200 nanómetros, el cual se relaciona con el contenido de AlOH, mientras que las absorciones asociadas a los 2350 y 2450 nanómetros, corresponden a la sustitución de Fe y Mg, estas sustituciones iónicas tienen por nombre intercambio catiónico de Tschermak que involucra los iones de Al, Mg y Fe (Clark et al., 1990; Duke, 1994). A continuación, en la figura 1.8 se muestran los espectros típicos de los minerales mencionados.

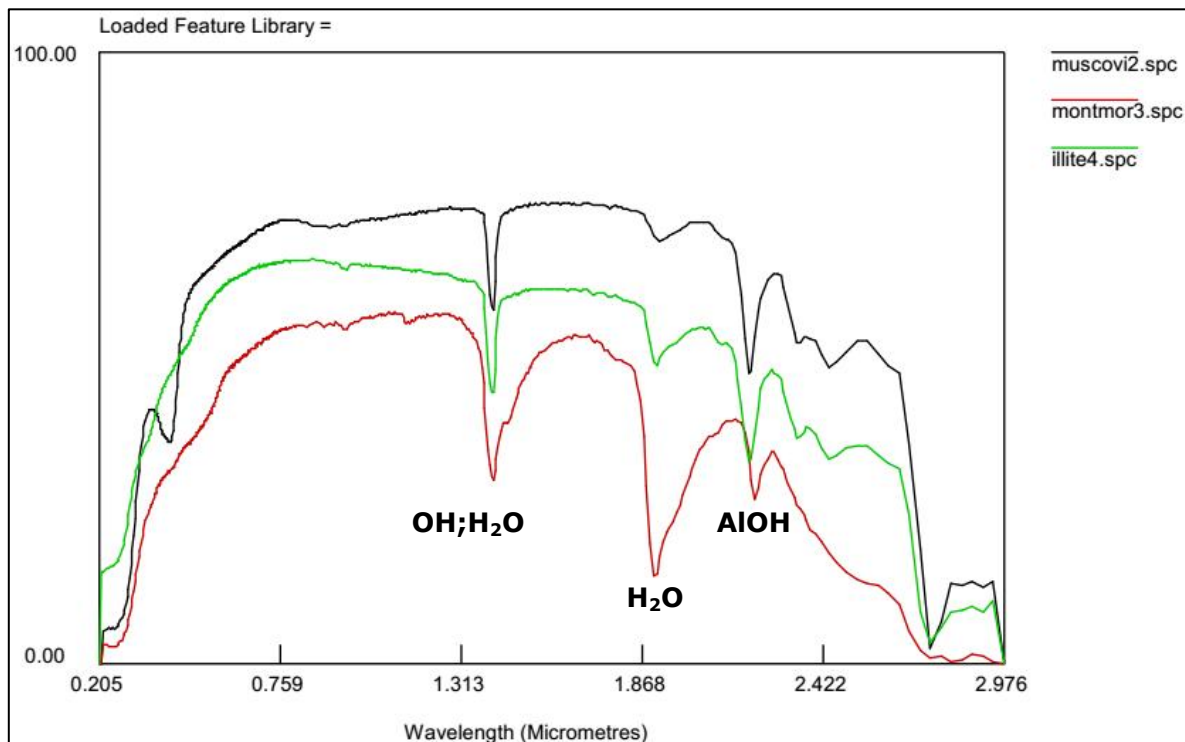


Figura 1.8: Espectros típicos de moscovita, montmorillonta e illita. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.

1.5.5 Grupo de los Sulfatos

Los principales minerales que constituyen este grupo corresponden a alunita, jarosita y yeso. A continuación, se presentan sus fórmulas químicas.

Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Jarositas	$KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$
Alunitas	$(K, Na, NH_4)Al_3(SO_4)_2(OH)_6$

Los minerales que contienen sulfato se caracterizan por patrones de absorción anchos en los 1400 nanómetros debido al contenido de agua y estiramientos en la banda de absorción del OH, la forma del rasgo es característica de cada especie, doble agudo en el caso de la alunita, simple agudo para la jarosita y múltiple para el yeso. El segundo rasgo de absorción varía entre los 1700 a 1850 nanómetros el cual se relaciona con el radical OH. La región espectral 1900-2500 nm, es bastante diferente para cada mineral. La alunita, presenta un rasgo ancho y doble asimétrico debido al estiramiento en la banda OH y a la inclinación en la zona de AlOH y varía en posición dependiendo de la composición mineral (Na, K o NH_4), mientras en la jarosita el rasgo ocurre a longitudes de onda mayores y se asocia con la banda FeOH. El yeso no posee absorciones claras en esta región (Clark et al., 1990). Las características espectrales se muestran en la figura 1.9.

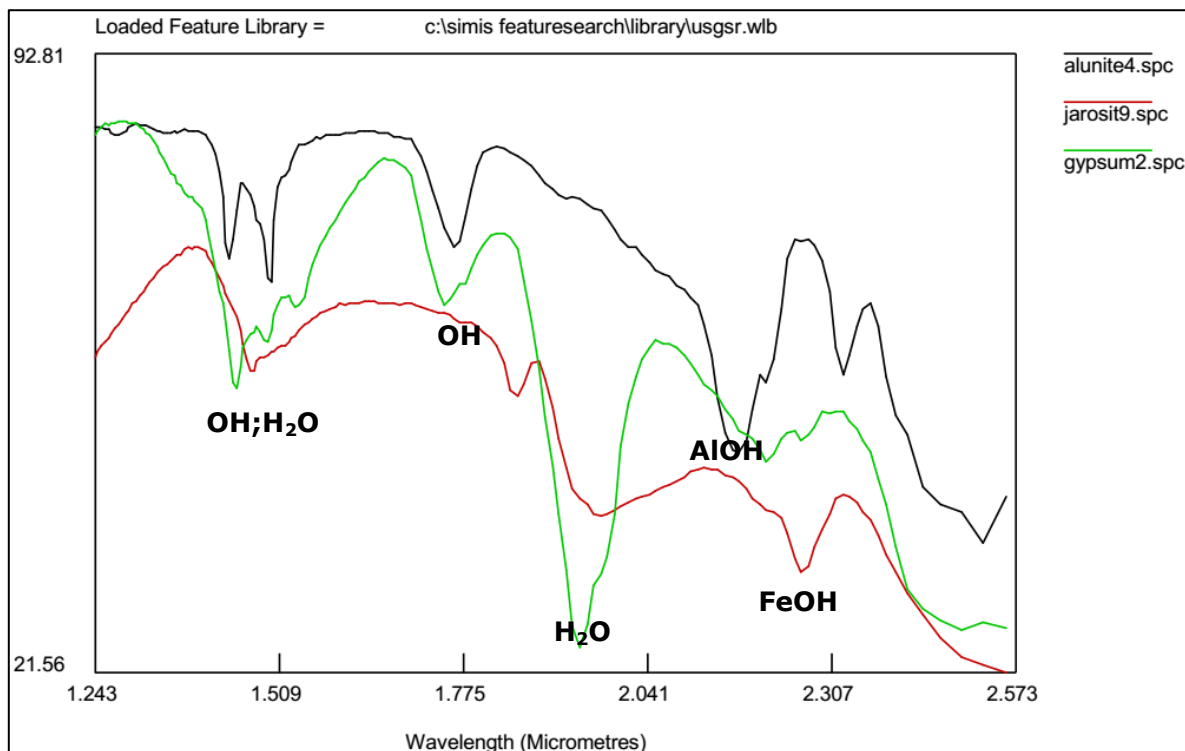


Figura 1.9: Espectros típicos de alunita, yeso y jarosita. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.

1.5.6 Caolinitas

La fórmula química corresponde a:



Los principales rasgos de absorción que controlan a las caolinitas corresponden a 1400 nanómetros, el cual es doble asimétrico y agudo. El segundo rasgo de importancia corresponde en torno a los 2100-2200 nanómetros al igual que el anterior doble asimétrico y agudo, con mayor profundidad la absorción a los 2200 nanómetros. Además, un rango para diferenciar una caolinita de alta cristalinidad ocurre en torno a los 1830 nanómetros, así como las caolinitas de baja cristalinidad presentan más desarrollado el rasgo de los 1900 nanómetros, reflejando la presencia de agua molecular (Crowley y Vergo, 1988). Las características espectrales se observan en la figura 1.10.

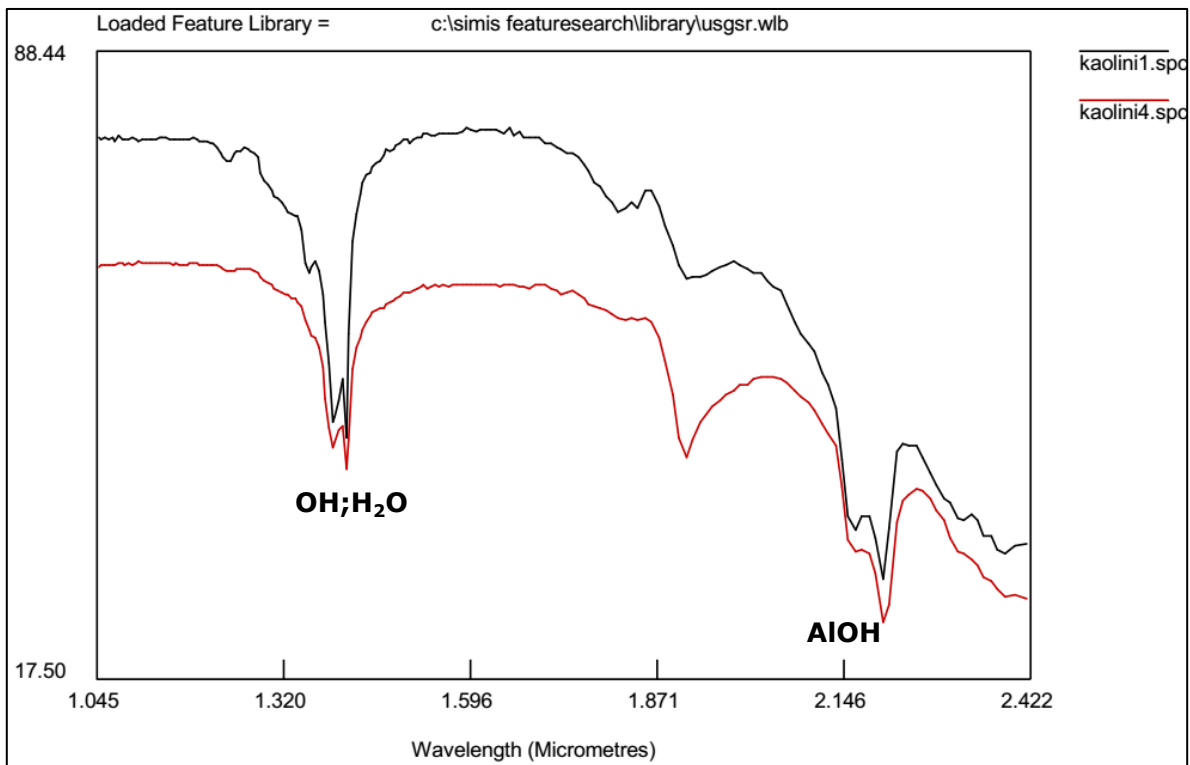
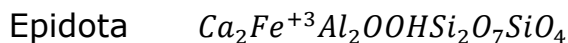


Figura 1.10: Espectros típicos de caolinita de alta cristalinidad y de menor cristalinidad. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.

1.5.7 Epidotas

La fórmula química de las epidotas corresponde a:



Los principales rasgos de absorción se encuentran en 2256 nanómetros asociado a FeOH el cual es agudo y simple, seguido de un rasgo similar pero aún más profundo en la absorción MgOH, el cual se sitúa entre los 2335 a 2342 nanómetros. Las absorciones anteriores son similares a las presentadas en la clorita, pero el siguiente rasgo es inequívoco para la

identificación de las epidotas, y corresponde a los 1545 nanómetros asociado al ion hidroxilo OH, así como la absorción en torno a los 1830 nanómetros las cuales pueden sobrevivir incluso en una mixtura de la epidota con otro mineral. El espectro típico de una epidota se observa en la figura 1.11.

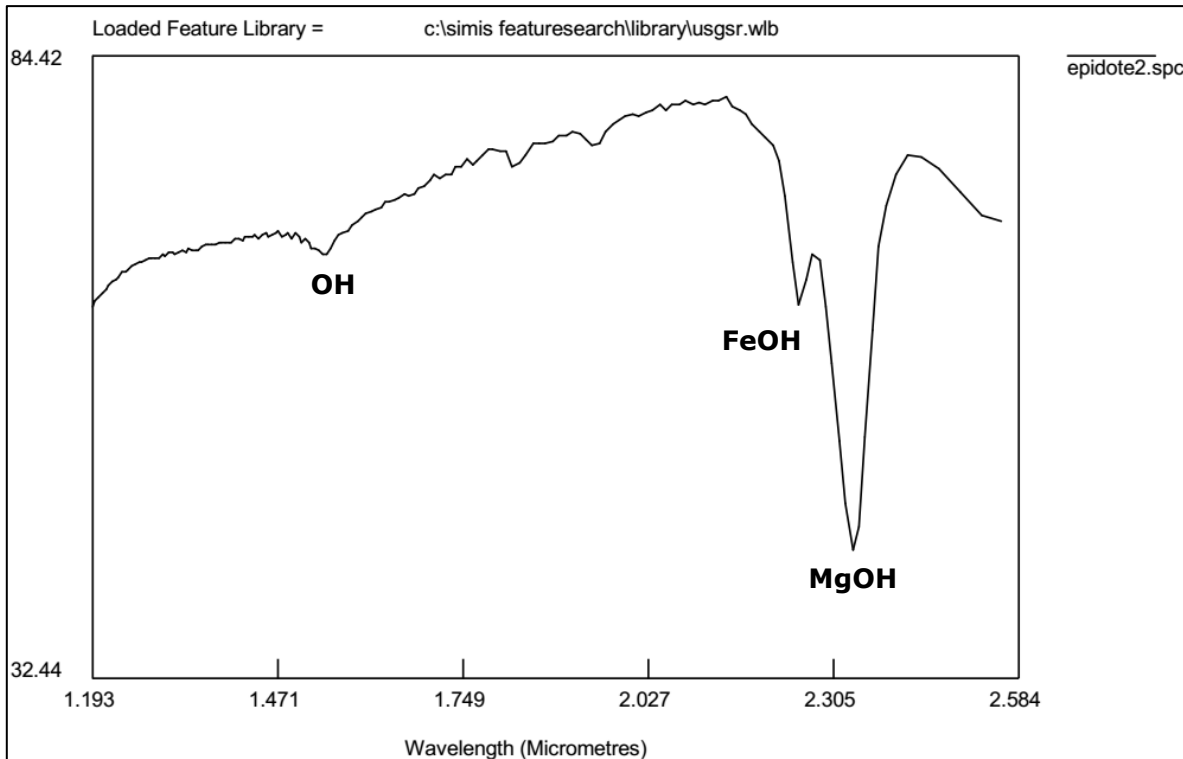
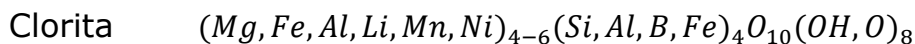


Figura 1.11: Espectro típico de epidota. Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.

1.5.8 Clorita

La fórmula química de las cloritas corresponde a:



El grupo de las cloritas corresponde a un grupo de gran extensión. El primer aspecto para reconocer a la clorita corresponde a la pendiente del espectro, lo que indicaría la presencia de Fe con aumento gradual de pendiente hacia longitudes de onda mayores y Mg, mostrando un cambio en la absorción en los 1800 nanómetros y 2000 nanómetros. Dependiendo del tipo de clorita, y su composición, tendremos los miembros Fe-Mg clorita, Mg clorita y Fe clorita. Los rasgos de absorción asociados al FeOH varían entre 2245 a 2260 nanómetros dependiendo de la sustitución Fe-Mg y corresponde a simple agudo. El siguiente rasgo de absorción varía entre 2325 a 2365 nanómetros, usualmente es

simple agudo, pero puede ser doble dependiendo del contenido de Mg, el cual agudiza los rasgos y produce inflexiones reconocibles indicando una estructura más ordenada. Las características espectrales de la clorita se observan en la figura 1.12.

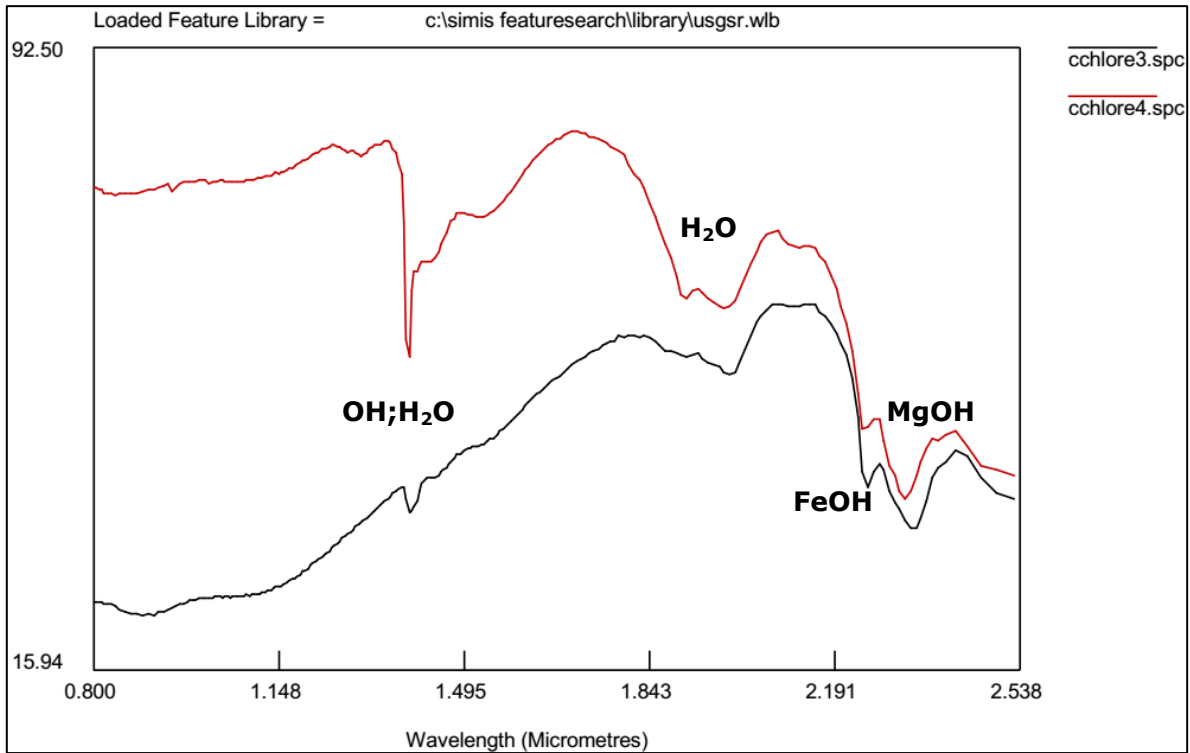


Figura 1.12: Espectros típicos de cloritas, Mg-clorita (rojo) y Mg-Fe-clorita (negro). Tomados de la base de datos del programa SIMIS Feature Search.

2. Marco Geológico Regional

2.1 Basamento Paleozoico y Mesozoico

El basamento comprende unidades del Paleozoico hasta el Cenozoico Inferior (Figura 2.1). La unidad más antigua corresponde a la Formación Chinchas (Mercado, 1982), la cual incluye una secuencia de areniscas y lutitas de edad Devónico-Carbonífero (Mercado, 1982). Esta formación es cubierta en discordancia angular por rocas volcánicas ácidas de la Formación Pantanoso (Mercado, 1982) atribuidas al Pérmico (de edades U-Pb en circón de 270.3 ± 4.2 Ma; 269.4 ± 4.0 Ma; 266.1 ± 4.4 Ma, Maksaev et al., 2014), y su vez es intruida por el batolito El Hielo que tiene una edad U-Pb en circón de 267.9 ± 4.2 Ma (Maksaev et al., 2014). El techo de la Formación Pantanoso está dado por una discordancia con rocas Jurásicas de la Formación La Ternera de edad Triásica-Jurásico Inferior (Brüggen, 1950; enmend. Jensen 1976), esta se encuentra cubierta de manera concordante por la Formación Lautaro (Sinemuriano-Bajociano) (Segerstrom, 1968, Mercado, 1982), esta disposición entre la Formación La Ternera y la Formación se encuentra en el área correspondiente a la Hoja de La Laguna del Negro Francisco. Mientras que hacia el sur de la franja de Maricunga el basamento comprende unidades del batolito Pircas Coloradas que tiene una edad de 271.6 Ma (K-Ar) en biotita (Mpodozis y Kay, 1990), el cual se encuentra cubierto en discordancia por las lavas de la Formación La Ternera (Brüggen, 1950, enmend Jensen 1976). En esta zona la Formación La Ternera, se encuentra cubierta en concordancia por la Formación Lagunillas de edad Jurasica (Jensen, 1976).

La Formación Lautaro (Segerstrom, 1959) se define como un conjunto de rocas calcáreas y clásticas (Mercado, 1982), subyaciendo en concordancia a rocas de las Formaciones Quebrada Monardes y Quebrada Paipote, ambas de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior. La Formación Quebrada Monardes (Mercado, 1982) corresponde a una secuencia de conglomerados y areniscas rojas. Muzzio (1978) indica un ambiente marino gradando a una depositación lacustre endorreica, finalizando con niveles evaporíticos transicionales a un ambiente marino. La Formación Quebrada Paipote (Mercado, 1982) consta de una secuencia de rocas volcánicas y clásticas propias de un ambiente continental, en ocasiones de ambiente lacustre (Mercado, 1982). La Formación Quebrada Seca (Mercado, 1982) corresponde a una secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas de edad Cretácico

Inferior, apoyadas en concordancia sobre la Formación Quebrada Monardes y subyaciendo en discordancia bajo las Gravas de Atacama. Las secuencias marinas del Jurásico y los sedimentos continentales del Cretácico Inferior representan facies pertenecientes a un ambiente de cuenca de trasarco, situadas al este del arco magmático Jurásico-Cretácico Inferior, ubicado en la actual Cordillera de la Costa (Mpodozis y Ramos, 1990; Mpodozis y Allmendinger, 1993; en Carrasco, 1999).

El Cretácico Superior está representado por la Formación Las Pircas (Mercado, 1982), la cual está formada por rocas sedimentarias clásticas. Esta secuencia se presenta discordantemente sobre la Formación Quebrada Paipote y en discordancia bajo las Gravas de Atacama (Mercado, 1982).

Durante el Cretácico Superior-Eoceno Inferior se suceden una serie de eventos volcánicos de tipo calcoalcalino rico en potasio. Los cuerpos volcánicos, datados radiométricamente entre 80 y 52 Ma (Carrasco, 1999), incluyen a complejos de domos y campos de caldera de colapso, los cuales afloran en las zonas de La Coipa, Cerros Bravos (Cornejo y Mpodozis, 1994; Cornejo et al., 1994; Arévalo et al., 1994), río Astaburuaga y Nevado de Jotabeche (Mpodozis et al., 1995).

2.2. Volcanismo Cenozoico

El volcanismo Cenozoico está representado por una acumulación de rocas volcánicas cuya edad fluctúa entre los 26 y 5 Ma (Oligoceno Superior-Mioceno Superior) (Mpodozis et al., 1995). Los productos volcánicos Cenozoicos se extienden por más de 200 km, desde el Salar de Pedernales (26°S) hasta Cerro Pulido (28°S) (Mpodozis et al., 1994) (Figura 2.1).

El volcanismo más temprano ocurrió entre los 26-21 Ma, del cual forman parte los estratovolcanes coalescentes Cerros Bravos y Barros Negros y los complejos de domos múltiples periféricos como Esperanza, La Ola y La Coipa. Al sur de la Franja de Maricunga la actividad magmática fue más reducida, restringida a pequeños complejos de domos múltiples, los cuales son portadores de mineralización de metales preciosos, asociados a su vez a flujos piroclásticos de volumen pequeño y alteración hidrotermal generalizada, destacándose los yacimientos Refugio, La Pepa, Pantanillo y Santa Cecilia. La ubicación de los centros volcánicos se relaciona espacialmente a fallas de rumbo NW-WNW, activas durante su emplazamiento (Carrasco, 1999).

Entre los 20 y 17 Ma se produjo una disminución de la actividad volcánica, observándose pequeños domos dacíticos al este y norte de La Coipa y coladas de lavas andesíticas y dacíticas al sureste del Volcán Copiapó (Proyecto Pantanillo), presentando en este último lugar una edad K-Ar en roca total de $19,5 \pm 1,1$ Ma y una edad K-Ar en biotita de $18,6 \pm 0,8$ Ma (Mpodozis et al., 1995).

La actividad volcánica se reanudó entre los 16 y 11 Ma (Mioceno Medio). Durante este segundo episodio, la actividad volcánica se extendió a lo largo de toda la Franja de Maricunga, concentrándose en grupos discretos de centros volcánicos. Al norte del Salar de Pedernales se desarrollaron los complejos Doña Inés y Gemelas Fortuna, mientras que al sur del salar de Maricunga se desarrollaron los complejos Ojos de Maricunga, Santa Rosa, Pastillitos, Lagunillas, Pastillos y Villalobos. En el extremo sur de la Franja se desarrollan los volcanes Cadillal, Jotabeche Norte, La Laguna y Yeguas Heladas. Entre los 13 y 11 Ma, la actividad volcánica se concentró en la parte sur de la Franja, destacándose el emplazamiento de los pórfidos auríferos de Marte, Lobo, Escondido y Aldebarán.

Durante el Mioceno Medio, hacia el oeste de La Franja de Maricunga, bajo condiciones climáticas semiáridas, se produjo la deposición de un enorme manto de gravas con intercalaciones de ignimbritas y niveles de ceniza, conocidas como las Gravas de Atacama (Segerstrom, 1968; Mortimer, 1973).

Posterior a este evento de gran intensidad magmática, sucede un periodo, entre los 11 y 7 Ma, de menor actividad volcánica, restringida al Complejo Volcánico Copiapó (CVC). La actividad del CVC se ha dividido en dos fases: una fase temprana entre los 11 y 10 Ma representada por el estratovolcán Azufre, ubicado al norte de la laguna del Negro Francisco, y una fase tardía entre los 8 y 7 Ma representada por la construcción del cono del Cerro Copiapó (Mpodozis et al., 1995).

El último evento volcánico registrado en la Franja de Maricunga se reduce a la zona del Nevado de Jotabeche, episodio comprendido entre los 6 y 5 Ma (Mpodozis et al., 1995). El volcanismo cesó a los 5 Ma en la Franja de Maricunga, al desplazarse el frente volcánico hacia el este (Mpodozis et al., 1991).

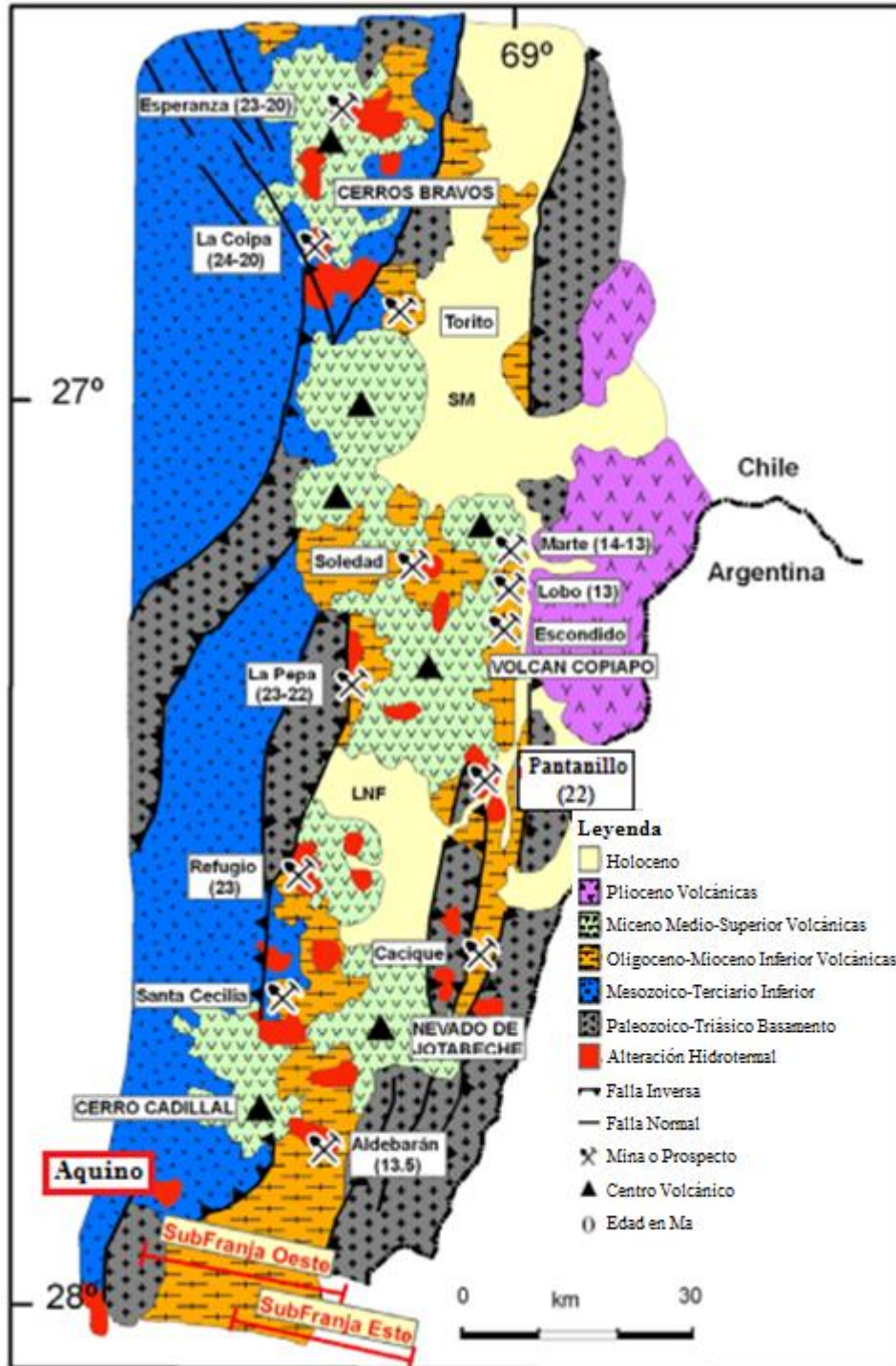


Figura 2.1: Marco geológico regional de la Franja de Maricunga. Modificado de Vila y Sillitoe, 1991.

2.3 Tectónica y estructuras

La Franja de Maricunga se ubica entre dos segmentos tectónicos de la cordillera principal de Los Andes (Figura 2.2). Alrededor de los 27° S se produce una transición del ángulo de subducción de la placa de Nazca, desde una subducción de 30° al norte de los 26° S en el límite sur de la Zona Volcánica Central (ZVC) (Figura 2.2), hasta una subducción plana de 10° a 15° en una zona de inactividad volcánica, entre los 28° y 33° S (Barazangi e Isacks, 1976). Esta transición del ángulo de subducción se produjo progresivamente entre los 20 y 6 Ma, reflejando en una evolución de la estratigrafía y geoquímica de las rocas volcánicas (Mpodozis et al., 1995)

El rasgo estructural de mayor importancia se caracteriza por un estilo de piel gruesa ("*thick-skinned*") dominada por los bloques de basamento de las sierras Varillar y Monardes, limitados por fallas inversas de alto ángulo y manteos divergentes, al este y oeste, y rumbo NNE. Estas se habrían formado durante el Paleógeno, con anterioridad al Mioceno Inferior (Mpodozis, 2012).

Un segundo sistema importante es el de orientación NW, al cual se asocian espacialmente zonas de alteración hidrotermal, caracterizado por la orientación de las fallas, vetas, stockworks, brechas y anomalías geoquímicas. La intersección de los sistemas NNE y NW controlaría los focos de mineralización y alteración (Vila y Sillitoe, 1991).

También se aprecian fallas menores N-S, con las cuales se asocia la ubicación de centros volcánicos cenozoicos, especialmente en la intersección con las fallas inversas principales (Mercado, 1982). En menor medida se registran pliegues locales, los cuales están asociados a fallas de orientación NNE-SSW (Mercado, 1982).

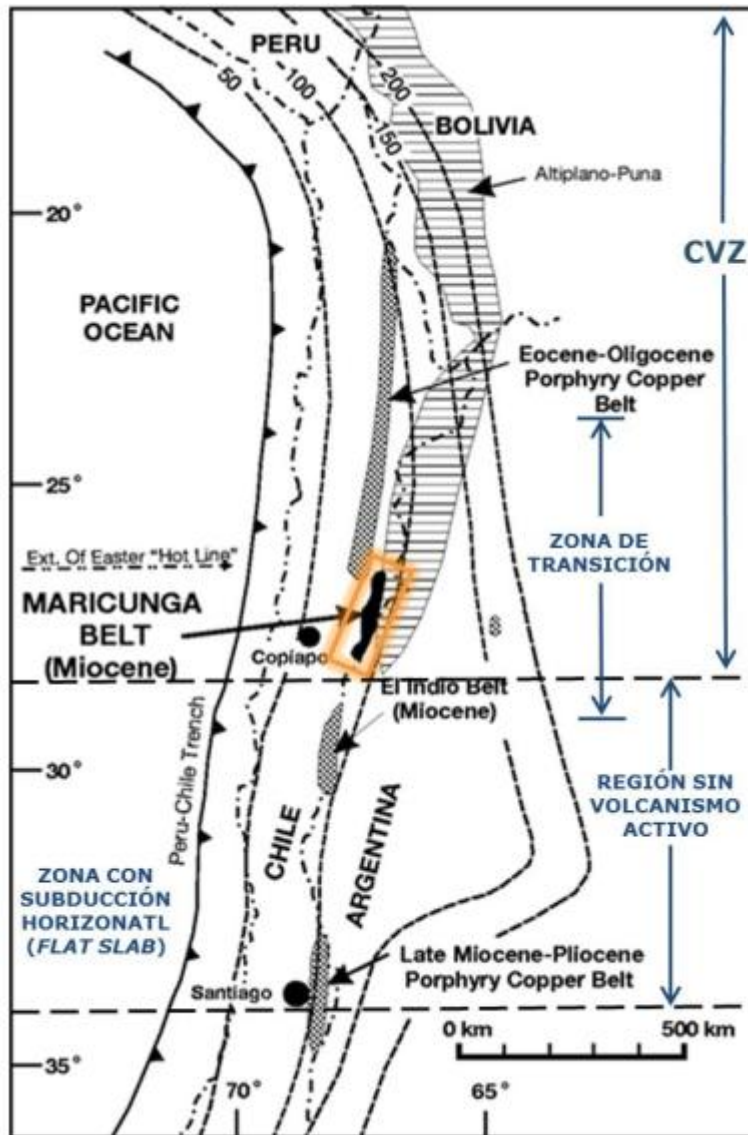


Figura 2.2: Contexto tectónico regional de la Franja de Maricunga. Modificado de Muntean y Einaudi, 2001.

2.4 Alteración y Mineralización

La Franja de Maricunga ubicada entre los 26° y 28° S presenta mineralización de cobre, oro, plata y hierro, asociada principalmente con eventos volcánicos discretos de edad Mioceno. Los episodios magmáticos se desarrollaron entre el Jurásico Superior y el Mioceno Superior, distribuyéndose en forma de franjas elongadas de orientación norte-noreste.

Dentro de los eventos volcánicos Terciarios formadores de la Franja de Maricunga, se reconocen dos episodios relacionados con alteración

hidrotermal y mineralización, denominados subfranja Oeste y subfranja Este (Vila y Sillitoe, 1991). La subfranja Oeste presenta una edad entre 24 y 20 Ma (incluyendo el yacimiento La Coipa con 17 Ma), hospedando en la parte norte depósitos epitermales de alta sulfuración (Esperanza, La Coipa), mientras que hacia el sur de la franja predominan depósitos tipo pórfido aurífero, asociados a stocks subvolcánicos, tales como La Pepa, Refugio y Santa Cecilia (Vila y Sillitoe, 1991).

Hacia el este del volcán Copiapó, se presenta la subfranja Este, comprendida entre los 14 y 13 Ma, la cual es representada por pórfidos auríferos tales como Marte, Lobo, Escondido y Cerro Casale (Vila y Sillitoe, 1991).

Los pórfidos auríferos presentan dos tipos principales de alteración hidrotermal: alteración potásica y argílica intermedia. Localmente se aprecia alteración propilítica, fílica y argílica avanzada. Por otra parte, los sistemas epitermales de alta sulfuración se caracterizan por presentar alteraciones de tipo argílica avanzada (Vila y Sillitoe, 1991). En gran parte de los sistemas porfíricos registrados en la Franja de Maricunga se observa una sobreimposición de tipo epitermal de alta sulfuración.

La mineralización aurífera asociada a sistemas porfíricos se encuentra como oro nativo libre, como inclusiones en pirita y magnetita, diseminado o en vetillas de cuarzo (Vila y Sillitoe, 1991).

3. Geología Local del Prospecto y Resultados.

En el prospecto Aquino se reconocen unidades litológicas que comprenden rocas plutónicas, volcanoclásticas, intrusivas porfídicas y brechas intrusivas.

Las distintas unidades litológicas son descritas a continuación, desde el basamento plutónico, rocas estratificadas, intrusivos y brechas relacionadas a la mineralización. En este estudio, las edades de las unidades reconocidas en terreno fueron correlacionadas con los trabajos previos realizados en la zona, presentados en la Hoja La Guardia de 1999.

3.1 Basamento

3.1.1 Plutón Pircas Coloradas (ca. 270 Ma) (Mpodozis y Kay, 1990).

Corresponde a un batolito granítico, que aflora en rumbo norte sur en el proyecto (Figura 3.8). Este se encuentra cubierto en discordancia por secuencias volcánicas-sedimentarias Triásicas de la Formación La Ternera, hacia el este en el valle río Cachitos, se encuentra en contacto por falla inversa sobre los depósitos del Jurásico y Eoceno. El Plutón está compuesto principalmente por: **(a)** Monzogranitos de biotita de color rosado; **(b)** granodioritas de color gris pálido de biotita y anfíbola de grano medio a grueso, cortados por diques micrograníticos (de orientación NNE), riolíticos y andesíticos de orientación NNW, **(c)** pórfidos monzograníticos de color rojizo, con "ojos de cuarzo". Los granitoides de este plutón fueron atribuidos a Mpodozis y Kay (1990) a la unidad intrusiva El León (Pérmico), dataciones K-Ar (biotita) indicaron valores 271 ± 6 Ma y 269 ± 6 Ma.

Las facies más comunes de intrusivos que afloran en el proyecto se asocian a monzogranitos de biotita (a) (Figura 3.2.A), con textura fanerítica-equigranular de composición; 65 % de feldespato potásico, 30% de plagioclasas y 5% de cuarzo, alteración selectiva en biotitas a clorita. También se encontró la facies (b) (Figura 3.2.B), la cual aflora en el extremo Norte y al este del río Cachitos, corresponde a granodioritas de biotita y anfíbola, poseen textura fanerítica-equigranular grano medio a grueso, cristales hasta 5 cm, de composición 60 % de cuarzo, 25% de plagioclasas y 15% de feldespato potásico.

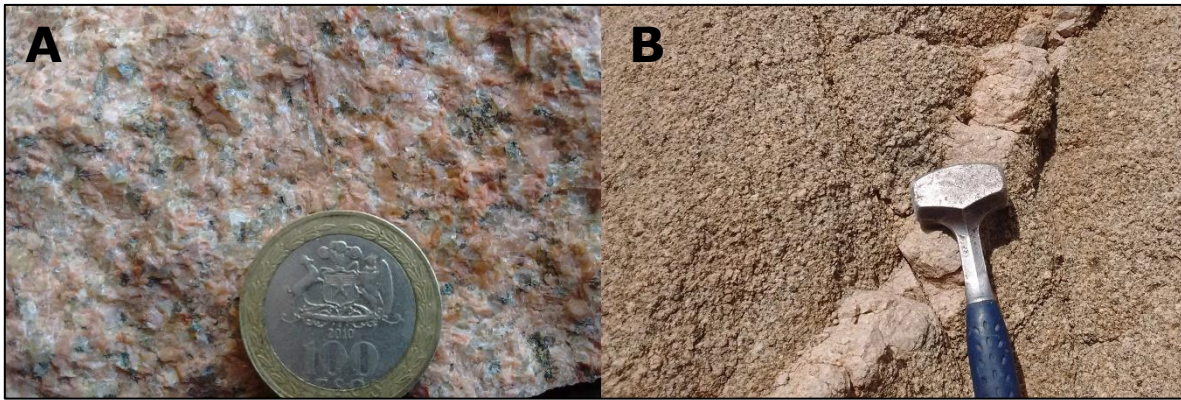


Figura 3.2: A. Monzogranitos de Biotita. B. Granodiorita de biotita intruida por dique granítico de textura aplítica.

3.2 Rocas estratificadas

3.2.1 Formación La Ternera (Triásico Superior-Lias) (Bruggen, 1950; enmend. Jensen, 1976)

Corresponde a una secuencia sedimentaria y volcánica de hasta 1200 metros de espesor, está compuesta por tres facies; **(a)** facies clástica sedimentarias en la base, **(b)** facies volcánicas y **(c)** facies piroclásticas-volcánicas hacia el techo.

En el proyecto Aquino se observan principalmente las facies volcánicas-sedimentarias **(a) y (b)**, poseen hasta más de 1000 metros de espesor, estas afloran en la parte central del proyecto donde se encuentra apoyada en discordancia por erosión sobre monzogranitos Pérmicos, en el extremo oeste del prospecto Aquino (Figura 3.9), estas se encuentran cubiertas de manera concordante por depósitos sedimentarios de la Formación Lagunillas.

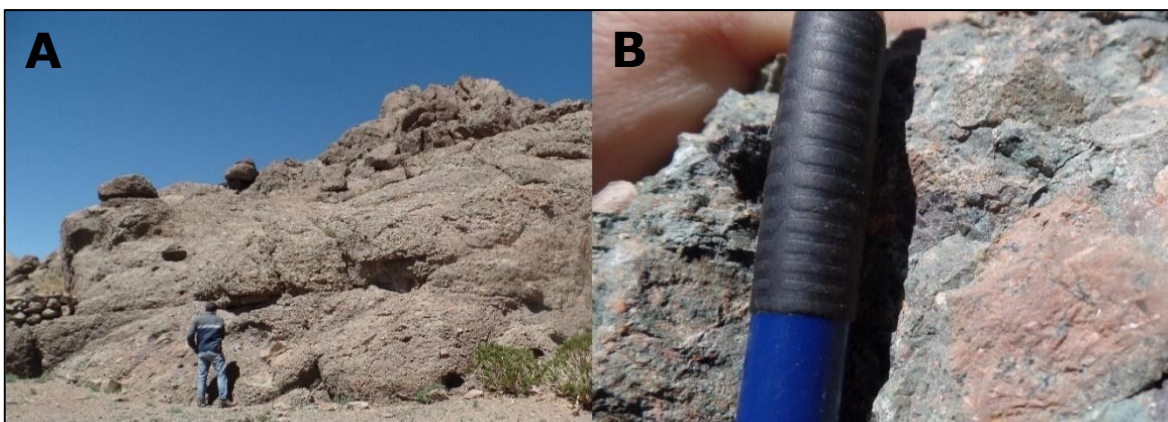


Figura 3.3: A. Conglomerados y brechas correspondiente a facies basales formación La Ternera.

Las secuencias volcánicas **(b)** están compuestas por lavas andesíticas a andesíticas-basálticas, basaltos de piroxeno, anfíbola y olivino. Estas rocas poseen color gris-violáceo a pardo-verdoso, afaníticas a débilmente porfídicas, se disponen en coladas de hasta 4 metros de espesor con brechas en su base y techo, con abundantes amígdalas rellenas con calcita y calcedonia (Figura 3.4.A). Incluyen delgadas intercalaciones de tobas, areniscas y lutitas (Figura 3.4.B).



Figura 3.4: A. Andesita con amígdalas rellena de calcita. B. Arenisca calcárea con metamorfismo de bajo grado.

3.2.2 Formación Lagunillas (Jurásico) (Jensen, 1976)

Secuencia de aproximadamente 1000 metros de espesor que se apoya de manera concordante sobre la formación La Ternera. Esta se compone de dos miembros los cuales corresponden a: **(a)**. Miembro Inferior o Cocambico, corresponde a 600 metros de conglomerados rojos de clastos subredondeados de granitos y riolitas de cemento esparítico, alternan con areniscas rojas, arcósico-cuarcíferas de grano medio con estratificación cruzada y paralela que presentan en parte cemento calcáreo (Figuras 3.5 y 3.6). **(b)**. Miembro Superior o Peñasco Largo, corresponden a coladas andesíticas a andesítico-basálticas de textura porfídica a intergranular color gris oscuro a pardo violáceo, con fenocristales de plagioclasas y olivino, estas pueden presentar amígdalas rellenas con calcita. A estas se le atribuye una edad Jurásico superior (Jensen, 1976).

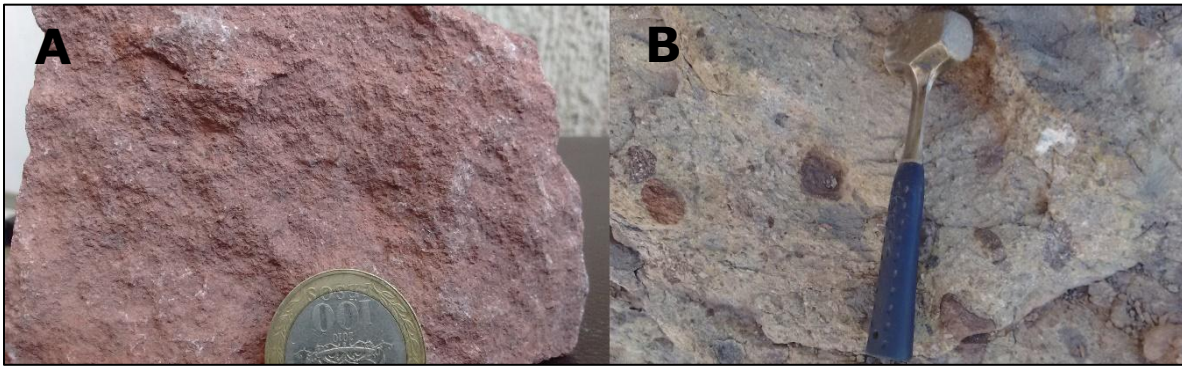


Figura 3.5: A. Arenisca roja grano medio. B. Conglomerado polimíctico matriz soportado.



Figura 3.6: Estrato de paquete de areniscas rojas con estratificación paralela que alternan con conglomerados, pertenecientes al miembro Cocambico de la Formación Lagunillas.

3.2.3 Estratos de Río Nevado (Eoceno) (Mpodozis et al., 1991)

Secuencia sedimentaria clástica continental, compuesta hasta 400 metros de brechas conglomerádicas, conglomerados y areniscas, matriz soportados, de color pardo violáceo a rojo, con estratificación gruesa. Esta secuencia aflora al lado este del valle del río Cachitos, se apoya en discordancia angular (Figura 3.7), sobre lavas jurasicas de la Formación Lagunillas para las cuales se obtuvo una edad K-Ar en roca total de 165 ± 5 Ma y está cubierta en forma concordante, por brechas y aglomerados volcánicos dacíticos por edades K-Ar de 35.9 ± 2 Ma en roca total (Mpodozis, 1991). Además, se encuentra intruida por un complejo de pórfidos dacíticos datados (K-Ar, en roca total), en 38.4 ± 1.4 Ma (Mpodozis, 1999). Estos antecedentes indican una edad mínima Eocena superior para los Estratos de Río Nevado, considerando su relación de concordancia bajo niveles volcánicos.

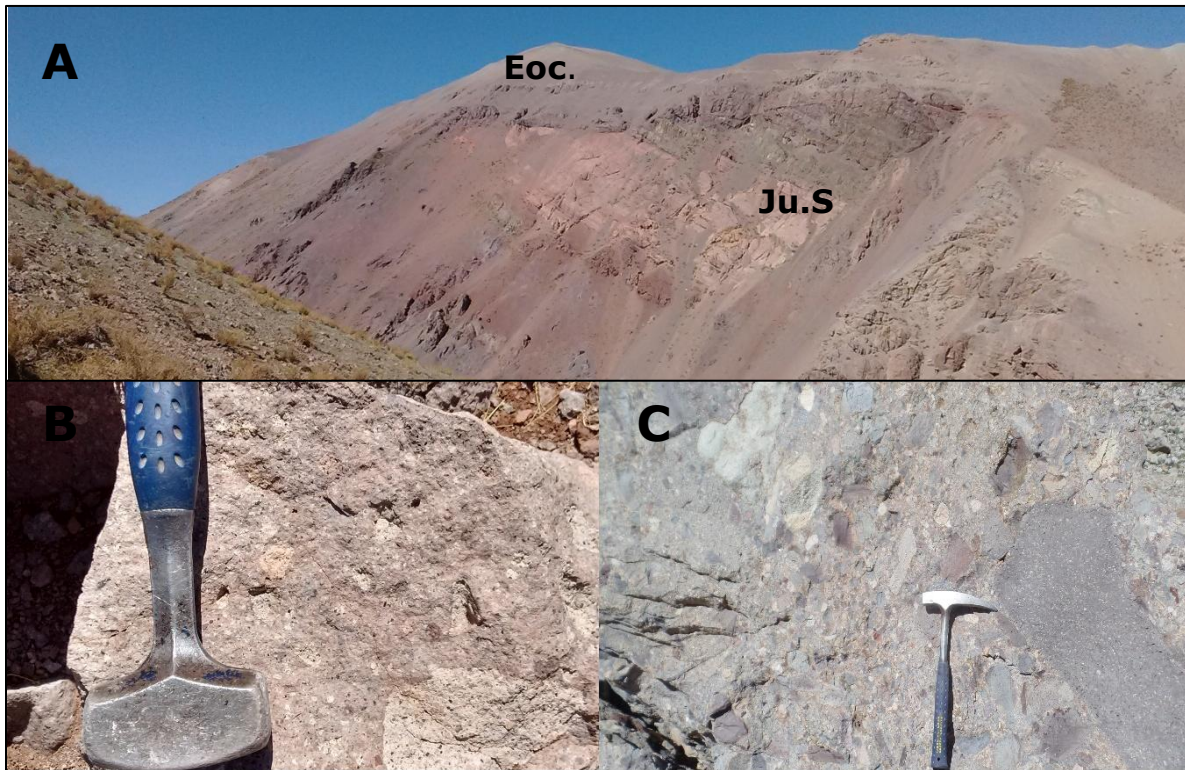





Figura 3.7: A. Estratos Eoceno sobreyace a Jurásico superior por discordancia angular, al este del río Cachitos. B. Brecha polimíctica matriz soportada de color violáceo. C. Brecha conglomerádica polimíctica matriz soportada.

3.3.4 Unidades Pórfidos Andesíticos-Dacíticos Sur

Unidades que afloran en la zona sur del proyecto Aquino (Figura 3.8), estas unidades intruyen al intrusivo Pérmico-Triásico, a las secuencias volcánicas triásicas y a los estratos eocenos. Estas unidades poseen una extensión total de 3,34 km². Los cuerpos de composición dacítica poseen una matriz clara de textura porfírica, y cristales de biotita hasta 1 centímetro, con clorita-epidota reemplazando selectivamente a biotitas. Los cuerpos de composición andesita varían su matriz de textura porfírica a textura afanítica, poseen tonos claros a negros. Estos cuerpos poseen vetillas de cuarzo-sulfuro de hierro, principalmente pirita oxidada, hasta 2-3 mm de ancho, y venillas de cuarzo con sutura central. Estos intrusivos se correlacionan con cuerpos dacíticos datados K-Ar en roca total, poseen una edad de 38.4 ± 1.4 Ma (Mpodozis, 1999).

Perfil Esquemático del Prospecto Aquino

Litologías

-  Cuaternario
-  Pórfido Dacítico A
-  Volcano-Sedimentaria Estratos de Río Nevado (Eoc)
-  Volcánica Lagunillas (Jurásica)
-  Sedimentaria Lagunillas (Jurásica)
-  Volcano-Sedimentario La Ternera (Triásica)
-  Plutón Pircas Coloradas (Pérmico)

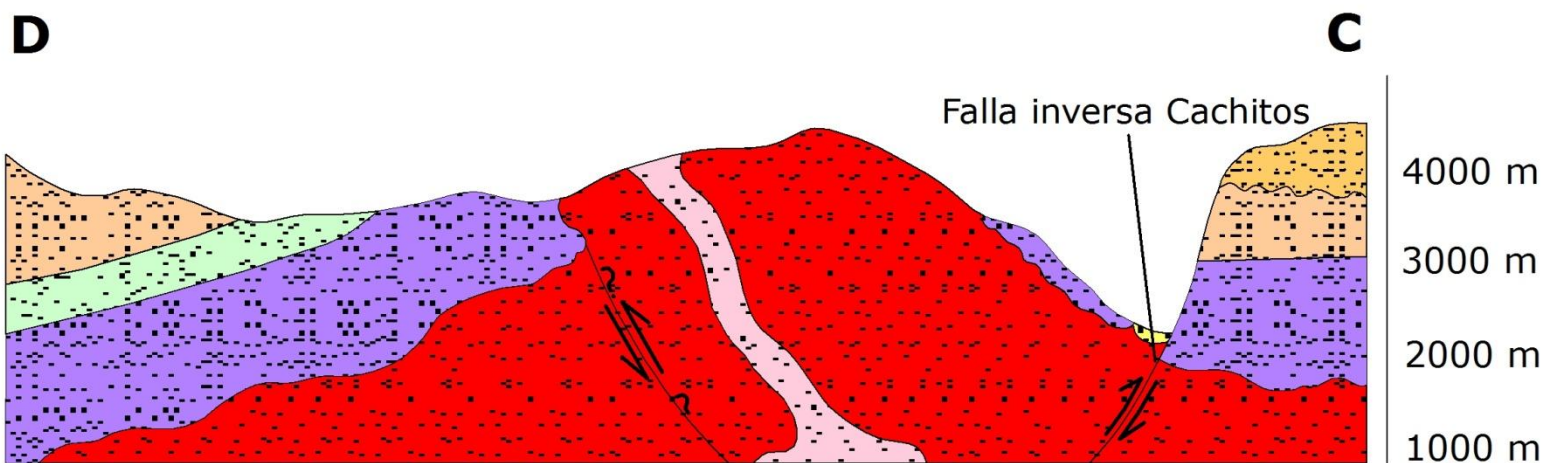


Figura 3.9: Perfil esquemático DC, prospecto Aquino. Mapa de referencia Figura 3.8.

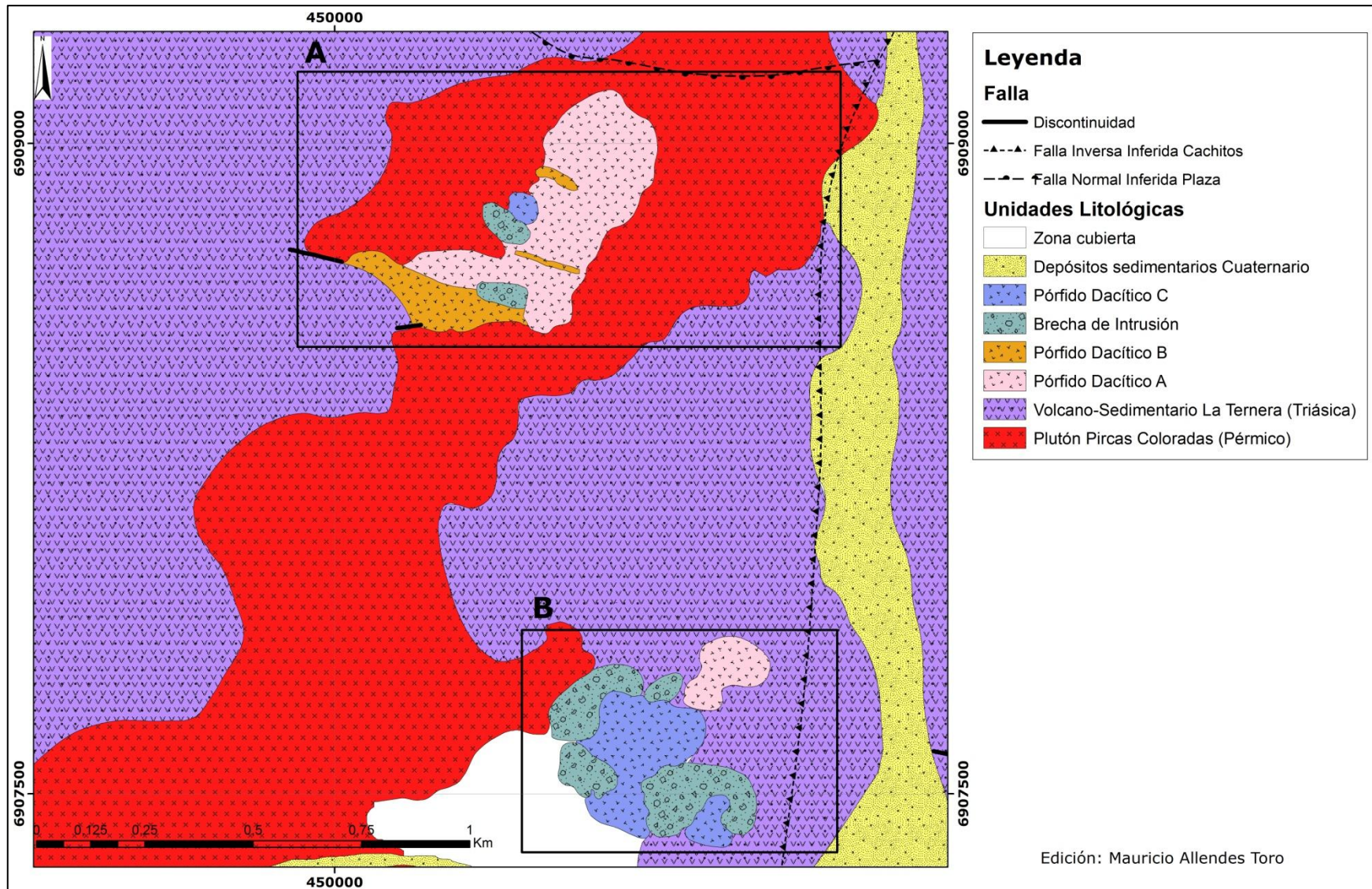


Figura 3.10: Mapa geología básica con énfasis en las zonas rectangulares A y B, las cuales demarcan la distribución de las intrusiones portadoras de mineralización aurífera.

3.3 Intrusivos porfídicos y brecha intrusión.

Corresponden a cuatro cuerpos, que se encuentran en las zonas A y B del proyecto (Figura 3.10), poseen forma ovalada cuyos ejes mayores que varían entre 150 a 900 metros. Estos intrusivos intuyen al Plutón Pircas Coloradas y La Formación La Ternera. Los intrusivos porfídicos y brechas albergan mineralización en vetas y vetillas con anomalías de Au y Cu, los valores de las anomalías geoquímicas fueron extraídos de La Motte, 2015 (informe inedito). En este estudio no se precisa una edad para estos intrusivos y brechas, pero si se describen sus relaciones de contacto entre ellos y su relación con la mineralización que varía desde pórfido intermineral temprano hasta pórfido tardío. Estos cuerpos son afectados principalmente por alteración potásica y argílica intermedia. A continuación se detallan las características de cada uno.

3.3.1 Unidad Pórfido Dacítico A (Intermineral Temprano)

Corresponde a la unidad porfídica más temprana, posee una cobertura de 0,14 km². Se ubica en la zona A en donde alcanza mayor extensión intruye al Plutón Pircas Coloradas y en la zona B intruye a las rocas volcánicas de la Formación La Ternera (Figura 3.10). Se encuentra intruida por los Pórfidos Dacíticos B y C y la brecha de intrusión. Se caracteriza por tener una textura obliterada, muy fina en zonas aun preservadas, con una pobre presencia de "fantasmas" de plagioclasa.

En la zona A, este pórfido se caracteriza por presentar vetas y vetillas de cuarzo bandeado-magnetita con patinas de oxidados de cobre, formando stockworks cuarzo-magnetita-hematita y pirita subordinada. La geoquímica de rocas y vetillas, indica contenido promedio de 0,31 ppm de Au y 0,12% de Cu (1200 ppm). Mientras que en la zona B, presenta vetas bandeadas de cuarzo-magnetita con contenidos menores de sulfuros, con valores promedio de 0,007 ppm de Au y 19 ppm de Cu (Tabla 3.1).

Las rocas de esta unidad están afectadas por alteración potásica sobreimpuesta por argílica intermedia en la zona A, mientras que en la zona B está presente solo la alteración argílica intermedia (SCC).

3.3.1 Unidad Pórfido Dacítico B (Intermineral)

Las rocas de esta unidad solo se encuentran en la zona A. Esta unidad intruye al Plutón Pircas Coloradas, La Formación La Ternera y al Pórfido Dacítico A (Figura 3.10). Su textura que varía de porfídica a seriada, en tonos claros y fresca con respecto al Pórfido Dacítico A, con cristales de

plagioclasas hasta 5 mm, y biotitas hasta 1,5 centímetros, esta unidad contiene clastos del Pórfido Dacítico A.

Esta unidad presenta mineralización en vetas y vetillas bandeadas de cuarzo-magnetita-sulfuros y cuarzo-hematita-jarosita. La geoquímica de rocas y vetillas para esta unidad presenta valores promedios de 0,066 ppm de Au y 345 ppm de Cu (Tabla 3.1).

La alteración hidrotermal que afecta esta unidad corresponde a argílica intermedia (SCC, ~50%), alteración sericitica (~40%) y alteración propílica (~10%).

3.3.3 Unidad Pórfido Dacítico C (Post Mineral)

Corresponde al intrusivo más tardío, este cuerpo intruye a los pórfidos dacíticos A y B, y a la brecha de intrusión, con contactos claros y rectos. Su textura es porfídica, con plagioclasas hasta 4 mm, y biotitas hasta 7 mm, posee principalmente caras frescas. Posee mayor desarrollo en la zona B (Figura 3.10). Este pórfido posee escasa o nula mineralización, las rocas de esta unidad están afectadas por la alteración argílica intermedia (SCC).

3.3.4 Unidad brecha de intrusión (Intermineral)

Esta unidad se encuentra conformada por cuerpos tabulares, que poseen una extensión variable entre 50 a 180 metros de largo en su eje mayor, conformando un área total de 0,082 km², están ubicados en la zona A y B del prospecto Aquino. Las rocas de esta unidad intruyen al basamento (plutónico y volcánico) y a los pórfidos Dacíticos A y B.

Esta unidad se caracteriza por presentar fragmentos de pórfidos hasta 3 cm, principalmente textura fina, clastos angulosos a subangulosos, con minerales oxidados de cobre en patinas, magnetita en cúmulos o relleno de espacios, hasta 3 centímetros de espesor. La matriz corresponde principalmente a roca molida con silicificación.

Las rocas de esta unidad en la zona A, se caracterizan por presentar vetas bandeadas de cuarzo-magnetita±sulfuros formando stockworks, con densidades de hasta 5 vetillas por metro. La geoquímica de rocas y vetillas para la zona A presenta valores en promedio de 0,2 ppm de Au y 0,15 Cu% (1504 ppm). Para la zona B la geoquímica de rocas y vetillas presenta valores en promedio de 0,076 ppm de Au y 233 ppm de Cu (Tabla 3.1).

Estas rocas están afectadas principalmente por alteración argílica intermedia (SCC).

Tabla 3.1: Resumen principales características de unidades intrusivas del prospecto Aquino.

Unidad	Zona	Promedio de Au y Cu	Máximo de Au y Cu	Estilo de Mineralización	Alteración Hidrotermal
Pórfido Dacítico A (Intermineral temprano)	A	Au: 0,31 ppm (310 ppb). Cu: 1208 ppm (0,12%Cu).	Au: 4 ppm (4000 ppb) Cu: 10000 ppm (1%Cu)	Stockworks de Qz-Mgt-Hm. Vetillas Qz-A.Vetas Bandeadas de Qz-Mgt. Patinas OxCu.	Potásica (35%) SCC (55%) Sericitica(10%)
Pórfido Dacítico A (Intermineral temprano)	B	Au: 0,007 ppm (7 ppb). Cu: 19,2 ppm	Au: 0,01 ppm (10 ppb) Cu: 26 ppm	Vetas Qz-Mgt-sulfuros.	SCC
Pórfido Dacítico B (Intermineral)	A	Au: 0,066 ppm (66 ppb). Cu: 345 ppm (0,035%Cu).	Au: 0,229 ppm (229 ppb). Cu: 2170 ppm (0,21%Cu)	Vetas Qz-Mgt-sulfuros.	SCC (50%) Sericitica (40%) Propilítica (10%)
Brecha de Intrusión (Intermineral)	A	Au: 0,2 ppm (200 ppb). Cu: 1504 ppm (0,15%Cu).	Au: 1,03 ppm (1030 ppb) Cu: 6700 ppm (0,67%Cu)	Stockworks y vetas bandeadas de Qz-Mgt-Sulfuros.	SCC
Brecha de Intrusión (Intermineral)	B	Au: 0,076 ppm (76 ppb). Cu: 233,4 ppm (0,023%Cu)	Au: 0,397 ppm (397 ppb). Cu: 917 ppm (0,92%Cu)	Vetas bandeadas de Qz-Mgt-Sulfuros.	SCC
Pórfido Dacítico C (Post Mineral)	A-B	Sin Valores	Sin Valores	Nula mineralización.	SCC

Abreviaciones: Qz=Cuarzo; Mgt=Magnetita; Hm=Hematita; OxCu=Oxidados de cobre

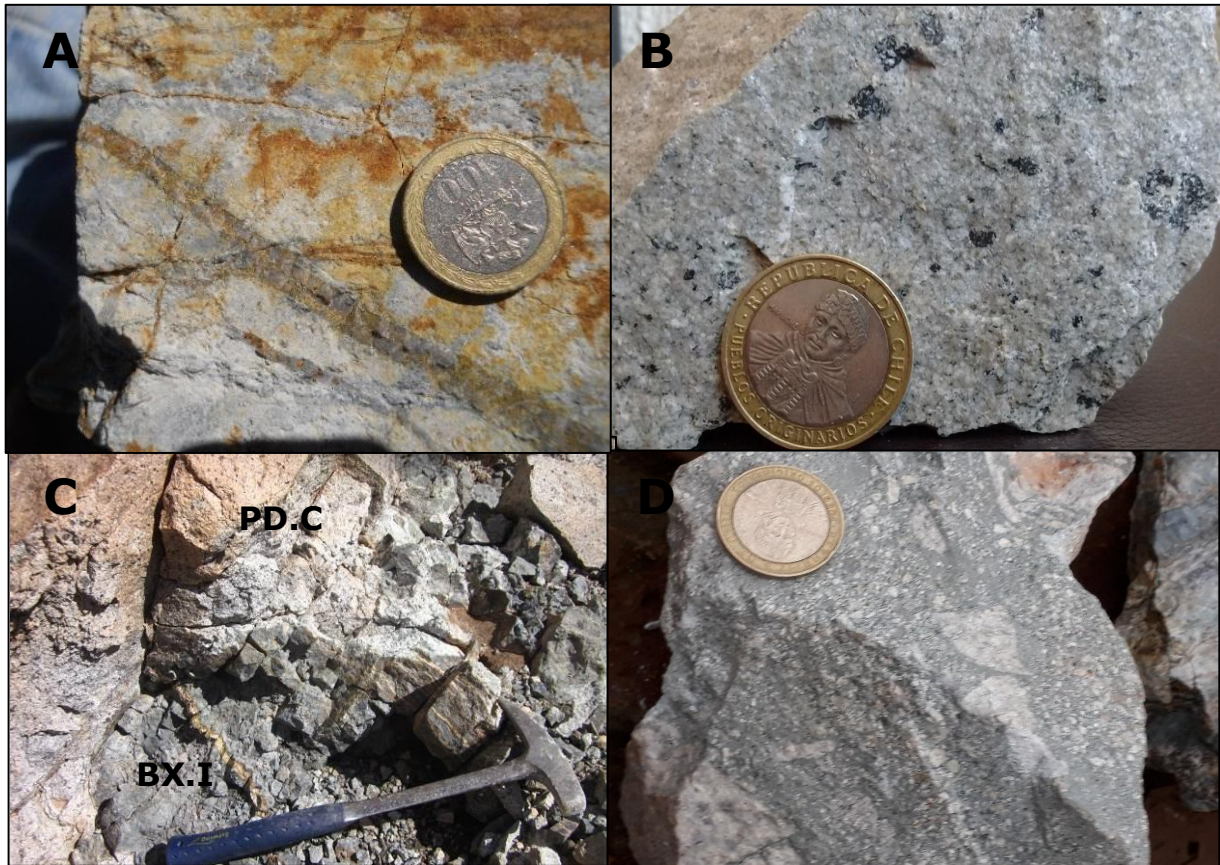


Figura 3.11: A. Pórfido Dacítico A con textura obliterada. B. Roca perteneciente al Pórfido Dacítico B. C. Contacto entre Pórfido Dacítico C (PD.C) y Brecha de Intrusión (BX.I). D. Brecha de intrusión, Fragmentos de Pórfidos Dacíticos, cuarzo y roca molida.

3.4 Estructuras

3.4.1 Falla Inversa Cachitos

Corresponde a una falla inversa ubicada en el Valle Cachitos, la cual posee una traza de al menos de 6,4 km. Esta expone el basamento Plutónico Pérmico, por sobre unidades volcansedimentarias Jurásicas y Eocenas. Esta Falla posee un rumbo NNE, y manteo hacia el oeste. Esta corresponde a una tectónica de escama gruesa. Esta falla se habría reactivado durante el Mioceno Medio (Mpodosis, 2012).

3.4.2 Falla Normal Plaza

La Quebrada Plaza corresponde a un drenaje que confluye hacia el río Cachitos, con una orientación NW a EW. En este se observan paquetes sedimentarios calcáreos los cuales se ubican en ambos frentes de la Quebrada Plaza, los estratos sedimentarios sur presentan un descenso

relativo frente a los estratos sedimentarios ubicados al norte de la Quebrada Plaza. Esta falla tendría una traza de al menos 1,5 km y con rumbo NW a EW.

4. Alteración Hidrotermal

En el prospecto Aquino la alteración hidrotermal incluye las alteraciones: Potásica, propilítica, argílica intermedia y sericitica. La distribución de estas es a nivel superficial y en torno a las zonas A y B. Debido a que estas zonas son las de mayor densidad de mineralización en stockworks, vetas y vetillas.

Las zonas de alteración más importantes del proyecto (zonas A y B), poseen principalmente las alteraciones; potásica y argílica intermedia sobreimpuesta.

Por medio de la descripción macroscópica y por espectrometría de reflectancia en fragmentos de roca, se define una escala numérica para la intensidad de alteración entre 1-5. Esta escala representa el porcentaje de reemplazo de la roca por asociaciones minerales de alteración hidrotermal. Donde un I=5 implica un reemplazo de entre 80-100% por asociaciones de alteración hidrotermal.

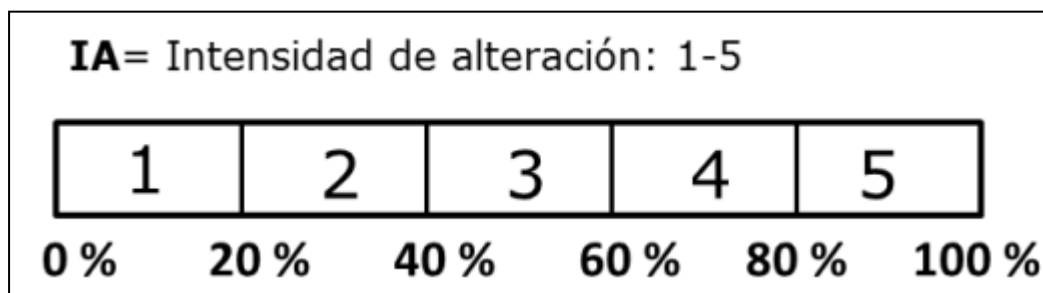


Figura 4.1: Porcentaje de reemplazo por asociaciones minerales de alteración hidrotermal.

4.1.1 Alteración Potásica

La asociación principal se conforma por feldespato potásico (15%), biotita (8%), magnetita hidrotermal (20%) y clorita. Esta alteración se observa principalmente en el centro de la zona A afectando a las rocas de la unidad Pórfido Dacítico A, con una intensidad de I=3-4 (Figura 4.2). La alteración potásica se encuentra espacial y temporalmente relacionado con contenidos promedios de 0,11 ppm de Au y 576,3 ppm de Cu (Tabla 4.2).

La biotita hidrotermal ocurre en cúmulos, como finos cristales diseminados reemplazando selectivamente biotitas primarias del Pórfido Dacítico A. El feldespato potásico hidrotermal ocurre producto de la alteración selectiva de cristales de plagioclasas en el Pórfido Dacítico A, aunque también se observa de manera macroscópica en forma de parches y guías irregulares. También se observan halos de feldespato potásico en vetillas de cuarzo temprano, este halo se sobrepone a la biotita hidrotermal.

La magnetita hidrotermal ocurre de manera diseminada, en cúmulos y en vetillas de cuarzo A y transicionales bandeadas. La magnetita está asociada a la alteración hidrotermal potásica en el Pórfido Dacítico A, donde se encuentra acompañada de biotita, feldespato potásico y clorita.

Vetillas de cuarzo A

Corresponden a las vetillas más tempranas en la evolución magmático hidrotermal del prospecto Aquino, ligadas espacialmente y temporalmente a la alteración potásica de la zona A (Figura 4.2). Están compuestas por cuarzo-magnetita-biotita y halos de feldespato potásico, presentan espesores de entre 50 milímetros hasta 5 centímetros, se caracterizan por ser discontinuas e irregulares. El cuarzo posee color gris con textura "sacaroidal" a muestra de mano, estas vetillas forman stockworks de hasta 5 v/m.

Las vetillas de cuarzo A y transicionales bandeadas serían una variación progresiva a partir de un mismo evento mineralizador. Las vetillas transicionales bandeadas serían una expresión más superficial de las vetillas de cuarzo A.

Vetillas cuarzo transicionales bandeadas

Vetillas que se encuentran entre la zona de alteración potásica y alteración argílica intermedia (SCC1). Estas corresponden a vetas y vetillas de cuarzo bandeado-magnetita. El cuarzo es principalmente de textura sacaroidal color negro-gris, con bandas de magnetita-hematita puede presentar cristales de sulfuros como pirita y calcopirita (<0,1%).

Las vetillas de cuarzo bandeado forman arreglos polidireccionales con densidades de vetillas de hasta 8 v/m, zonas donde alcanza valores máximos de hasta 0,5 ppm de Au. Debido a las relaciones de corte se establece una temporalidad en la evolución magmática hidrotermal que las ubica posterior a las de cuarzo A.

4.1.2 Alteración Propilítica

La asociación mineral característica de la alteración propilítica está dada por clorita (15%), epidota (25%), calcita (8%), y en menor medida esmectita-illita, Fe-carbonatos. En la zona A, la alteración gradada lateralmente desde el núcleo potásico hasta una zona distal de alteración propilítica que afecta las rocas cajas que albergan los intrusivos porfíricos, principalmente a rocas volcánicas de la Formación La Ternera y en menor medida al Plutón Pircas Coloradas. La alteración propilítica se encuentra espacial y temporalmente relacionado con contenidos promedios de 0,006 ppm de Au y 23 ppm de Cu (Tabla 4.2).

La clorita ocurre de forma selectiva reemplazando, cristales de biotita y anfíbola primaria. La epidota ocurre reemplazo selectivo de anfíbolos, aunque también ocurre como parches en la matriz de rocas volcánicas de la Formación la Ternera. Los cristales de plagioclasas son alterados a illita y esmectita. La intensidad de alteración corresponde I=2-3 en la Formación La Ternera e I=1-2 en el Plutón Pircas Coloradas (Figura 4.2).

4.1.3 Alteración Argílica Intermedia

En el prospecto Aquino la alteración argílica intermedia (SCC) está caracterizada por sericita, clorita, esmectita/illita \pm caolinita \pm calcita \pm magnetita \pm hematita especular. Además se distinguen dos tipos de alteración argílica intermedias. La primera llamada SCC1, se superpone a la alteración potásica en el centro de las zona A y B, se distribuye lateralmente gradando a la alteración SCC2 (Figura 4.2). La principal diferencia mineralógica corresponde a una alteración SCC1 rica en clorita, con respecto a la alteración SCC2 rica en la interlaminación illita/esmectita (Tabla 4.1).

La alteración SCC1 se distribuye en el centro de la zona A y en menor medida en la zona B, afecta a todas las intrusiones interminerales con una intensidad de alteración de I=3-4, la sericita ocurre producto la alteración selectiva de plagioclasas en las unidades pórfido dacíticas. La clorita ocurre como reemplazo de cristales de biotita, mientras que la magnetita ocurre principalmente como vetillas y agregados finos. La alteración SCC1 ligada a la zona A, se encuentra espacialmente y temporalmente relacionada con contenidos promedios de 0,4 ppm de Au lo cuales son los más altos del prospecto, y de 2086 ppm de Cu (Tabla 4.1).

La alteración SCC2 afecta parte de los intrusivos interminerales con una intensidad de alteración de I=3, en la zona A y B, y parcialmente a las rocas cajas de la formación la Ternera. Los minerales de alteración ocurren de manera similar a la alteración SCC1, pero con mayor contenido en esmectita y caolinitas como reemplazo selectivo de plagioclasas y feldespatos. La alteración SCC2 ocurre posterior a la SCC1 en la etapa magmática hidrotermal. La alteración SCC2 en todo el proyecto, se encuentra espacialmente relacionada con contenidos promedios de 0,045 ppm de Au y de 100 ppm de Cu (Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Detalle tipos de alteraciones argílicas intermedias y sus características (edición propia).

Tipo de alteración	Asociación Mineral	Promedio de Au y Cu	Mineralización
SCC1	Sericita (25%) Clorita (30%) Esmectita/illita (10%) Magnetita (15%) Calcita (5%)	Zona A Au=0,4 ppm Cu=2086 ppm	Vetas bandeadas Cuarzo-Magnetita-hematita.
		Zona B Au=0,03 ppm Cu=139,5 ppm	Vetas cuarzo-magnetita-sulfuros Oxidados de cobre.
SCC2	Sericita (20%) Clorita (2%) Esmectita/illita (40%) Magnetita (5%) Caolinita (15%)	Prospecto Total Au=0,047 ppm. Cu=200,7 ppm	Vetas bandeadas Cuarzo-Magnetita-hematita. Vetas cuarzo-magnetita-sulfuros

Vetillas de cuarzo transicionales bandeadas

Vetillas que se encuentran en alteración argílica intermedia en las zonas A y B. Estas corresponden a vetas y vetillas de cuarzo bandeado-magnetita-calcopirita-pirita. El cuarzo es principalmente de textura sacarooidal color gris-negro, compuesta con bandas de magnetita-hematita de entre 10 milímetros hasta 20 centímetros, presentan cristales de pirita y calcopirita, y minerales oxidados de cobre en superficie.

En la zona A las vetas de cuarzo transicionales poseen hasta <0,1% de sulfuros (pirita-calcopirita), mientras que en la zona B el contenido de

sulfuros aumenta hasta $<0,2\%$ (Figura 4.3). En la zona A, estas vetas forman stockworks con densidades de vetillas de hasta 10 v/m, alcanzando contenidos máximos de hasta 4 ppm de Au, el cual corresponde al máximo del prospecto. En la zona B, estas vetas son paralelas con rumbos que varían entre N 30°W- N 70°W subverticales, alcanzando contenidos máximos de hasta 0,397 ppm de Au.

4.1.4 Alteración Sericitica

La asociación mineral característica corresponde a sericita (40%), cuarzo (10%). Esta alteración se observa principalmente al norte-este de la zona A, afectando las rocas del Plutón Pircas Coloradas, y en menor medida afectando las rocas del Pórfido Dacítico A, Brecha de Intrusión y rocas volcánicas de la Formación La Ternera. La alteración sericitica se encuentra espacial y temporalmente relacionada con contenidos promedios de 0,045 ppm de Au y 100,61 ppm de Cu (Tabla 4.2).

La sericita ocurre producto del reemplazo selectivo de plagioclasas y en menor medida de feldespatos potásicos. El cuarzo se presenta como parches y guías irregulares.

Vetillas D

Corresponden a vetillas de cuarzo y sericita, con contenidos menores de pirita (1-2% volumen total), las cuales presentan similitudes a las definidas por Gustafson & Hunt (1975) y Muntean & Enaudi (2001). Las vetillas D, son continuas, rectas y de 5-20 milímetros, con presencia de pirita y halos de sericita.

Estas vetillas se encuentran afectando principalmente al Plutón Pircas Coloradas en la zona A (Figura 4.2), y se relacionan espacialmente a la alteración fílica o sericitica. Estas corresponden a un evento tardío dentro de la evolución magnético hidrotermal en el prospecto Aquino.

4.1.5 Alteración Argílica Avanzada

Alteración hidrotermal la cual fue evidenciada solo de forma puntual en una muestra de roca correspondiente a la Formación La Ternera, aflorando al norte de la zona B (Figura 4.3). La asociación mineral característica evidenciada corresponde a alunita-pirofilita, la cual fue reconocida mediante espectrometría de reflectancia.

Tabla 4.2: Principales características de la alteración hidrotermal en el prospecto Aquino (Elaboración propia).

Alteración hidrotermal	Asociación mineral principal	Valores promedios de Au y Cu	Máximos de Au y Cu	Mineralización
Potásica	Biotita (8%) Feldespato potásico (15%) Magnetita (20%)	Au=0,11 ppm Cu=576,3 ppm	Au=0,326 ppm Cu=1250 ppm	Vetas Cuarzo A-Vetas cuarzo-magnetita transicionales bandeadas
Propilítica	Clorita (15%) Epidota (25%) Calcita (8%)	Au=0,006 ppm Cu=22,71 ppm	Au=0,02 ppm Cu=150,5 ppm	Ocasionales Vetas cuarzo transicionales bandeadas
SCC1 (Zona A)	Sericita (25%) Clorita (30%) Esmectita/illita (15%) Magnetita (10%)	Au=0,4 ppm Cu=2086 ppm	Au=4 ppm Cu=10000 ppm	Vetas y stockworks de cuarzo-magnetita±sulfuros transicionales bandeadas Oxidados de Cobre
SCC2 (Prospecto)	Sericita (20%) Clorita (2%) Esmectita (40%) Caolinita (15%)	Au=0,047 ppm Cu=576,3 ppm	Au=0,391 ppm Cu=1620 ppm	Vetas cuarzo-magnetita±sulfuros transicionales bandeadas Oxidados de Cobre
Sericítica	Sericita (40%) Cuarzo (10%)	Au=0,045 ppm Cu=100,6 ppm	Au=0,823 ppm Cu=1250 ppm	Vetillas D
Argílica Avanzada	Alunita-Pirofilita	-	-	-

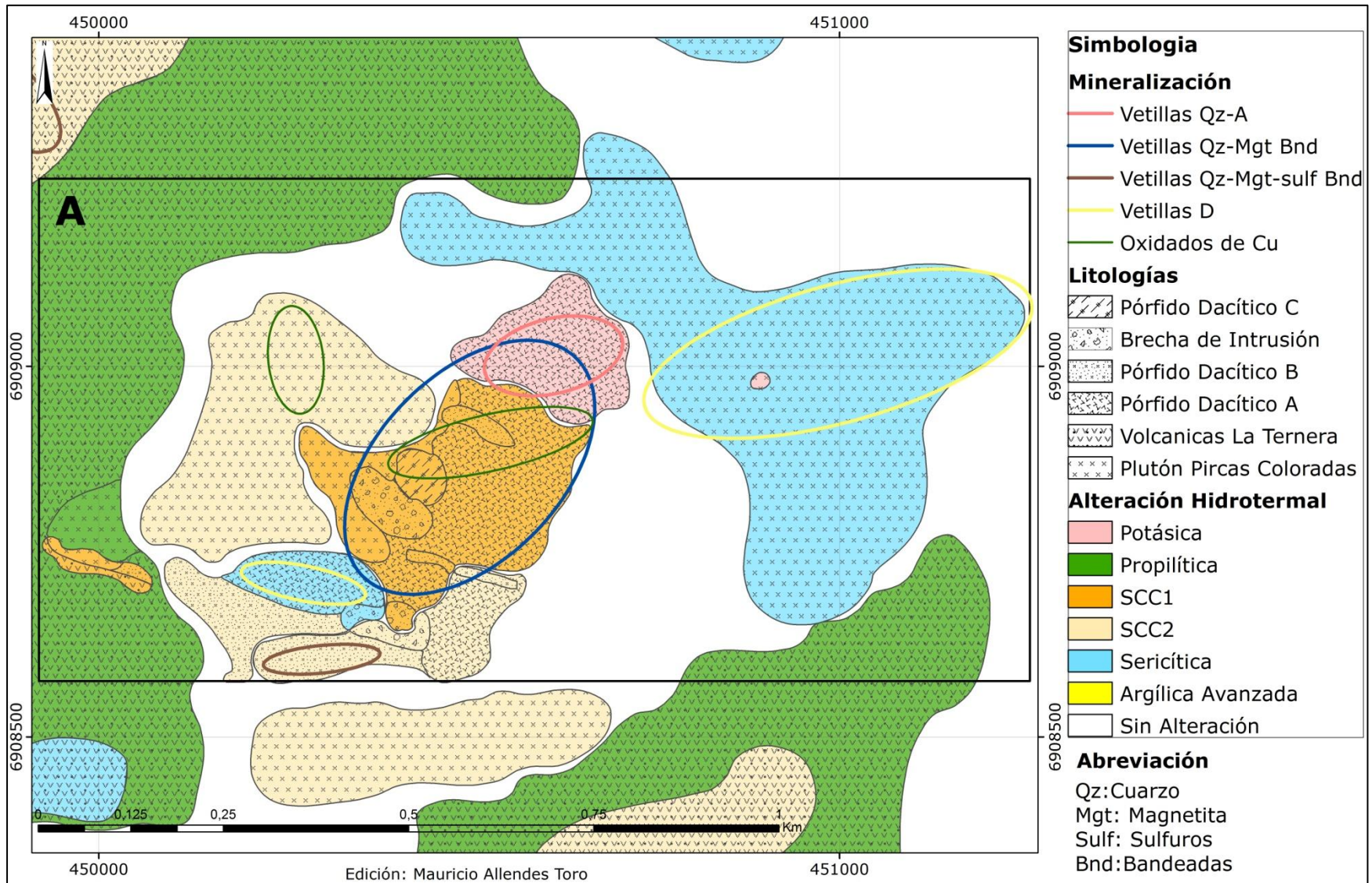


Figura 4.2: Mapa alteración hidrotermal y mineralización con énfasis en la zona A del prospecto Aquino.

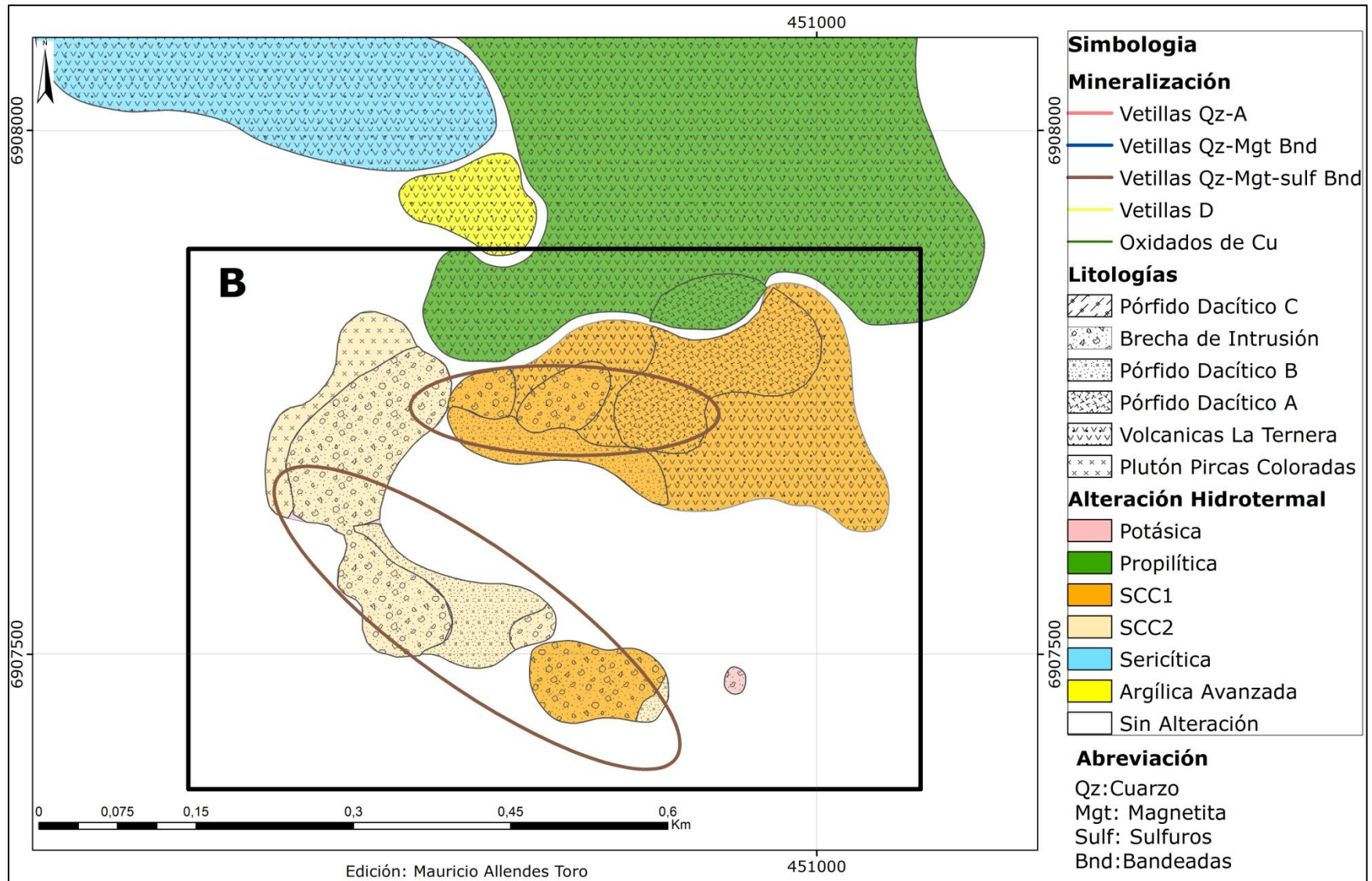


Figura 4.3: Mapa alteración hidrotermal y mineralización con énfasis en la zona A del prospecto Aquino.

5. Mineralización y Geoquímica

El estudio de mineralización descrita en el presente capítulo está realizado bajo el contexto de un estudio de exploración geológica en etapa temprana. Se disponen de 3 muestras en cortes pulido transparente, 160 descripciones macroscópicas de rocas y vetillas. A continuación se describe la mineralización de oro-cobre y su vínculo con las anomalías geoquímicas para rocas y vetillas, los datos geoquímicos fueron extraídos del informe interno de Guanaco Exploration (La Motte, 2015).

5.1 Oro

La mineralización del oro en el prospecto Aquino se encuentra espacialmente relacionada con vetas y vetillas de cuarzo bandeado, asociadas espacialmente a la alteración potásica y argílica intermedia (SCC1).

La zona A, alberga los mayores contenidos de oro del proyecto llegando a un máximo de 4 ppm, y registra un valor promedio de 0,227 ppm de Au (Tabla 5.1). La mineralización que alberga los mayores contenidos de oro, corresponde a stockworks con vetas transicionales bandeadas de cuarzo-magnetita-hematita, estos enrejados contienen hasta 8 v/m (Figura 5.1).

La zona B, alberga contenidos máximos de 0,397 ppm de Au, y registra un valor promedio de 0,066 ppm de Au (Tabla 5.1). La mineralización que alberga los mayores contenidos de oro en esta zona corresponde a vetas de cuarzo-magnetita-sulfuros (pirita-calcopirita, <0,2%), las cuales tienen rumbo N 30°W- N 70°W, subverticales (Figura 5.2).

5.2 Cobre

La mineralización metálica de cobre en superficie está principalmente relacionada a minerales oxidados de cobre y en menor medida a sulfuros de cobre (calcopirita). Espacialmente las mayores anomalías de cobre se asocian a la alteración potásica y argílica intermedia (SCC1).

La zona A presenta las principales anomalías de cobre (Figura 5.3), alcanzando valores promedios de 1154,8 ppm (0,11%Cu) (Tabla 5.1), están asociadas a minerales oxidados de cobre los cuales se encuentran como patinas, junto con vetas bandeadas de cuarzo-magnetita-hematita. Esta mineralización se aloja en el pórfido Dacítico A y brecha de intrusión.

La zona B presenta anomalías de cobre promedio de 215,2 ppm (Tabla 5.1), están relacionadas a mineralización en vetas de cuarzo-magnetita-sulfuros (pirita-calcopirita). El cobre se encuentra en finos de cristales de calcopirita, que ocurren diseminados y como inclusiones en magnetita-hematita. Esta mineralización se aloja en las rocas del pórfido Dacítico A y B y brecha de intrusión (Figura 5.4).

Tabla 5.1: Resumen contenidos de Au y Cu, según estilo de mineralización en el prospecto Aquino.

Zona	Promedios de Au y Cu	Máximos	Estilos de mineralización
A	Au=0,227 ppm Cu=1154,8 ppm	Au=4 ppm Cu=10000 ppm	Stockworks de cuarzo-magnetita-hematita Oxidados de cobre
B	Au=0,066 ppm Cu=215,2 ppm	Au=0,397 ppm Cu=917 ppm	Vetas cuarzo-magnetita-sulfuros (calcopirita-pirita <0,2)

5.3 Distribución Geoquímica de los Elementos Pb-Zn-Mo-Cu en un Pórfido

En la mineralización hipógena los elementos como el Cu y Mo, poseen una movilidad restringida a las cercanías del pórfido mineralizador, mientras que los elementos como el Pb y Zn poseen mayor movilidad y por lo tanto, mayores concentraciones en las zonas periféricas o bordes del sistema. En vista de lo anterior es posible hacer uso de las razones Pb+Zn/Cu y Pb/Mo, ya que, estas presentan un comportamiento creciente hacia los bordes de un sistema porfírico (Jones, 1992).

En el borde sur oeste de la zona A (Figura 5.4 y Figura 5.5), se puede observar las zonas demarcadas con rojo, las cuales indican el borde del sistema porfírico lo cual se condice con el borde de las intrusiones porfíricas y el límite de la zona propilítica en la alteración hidrotermal.

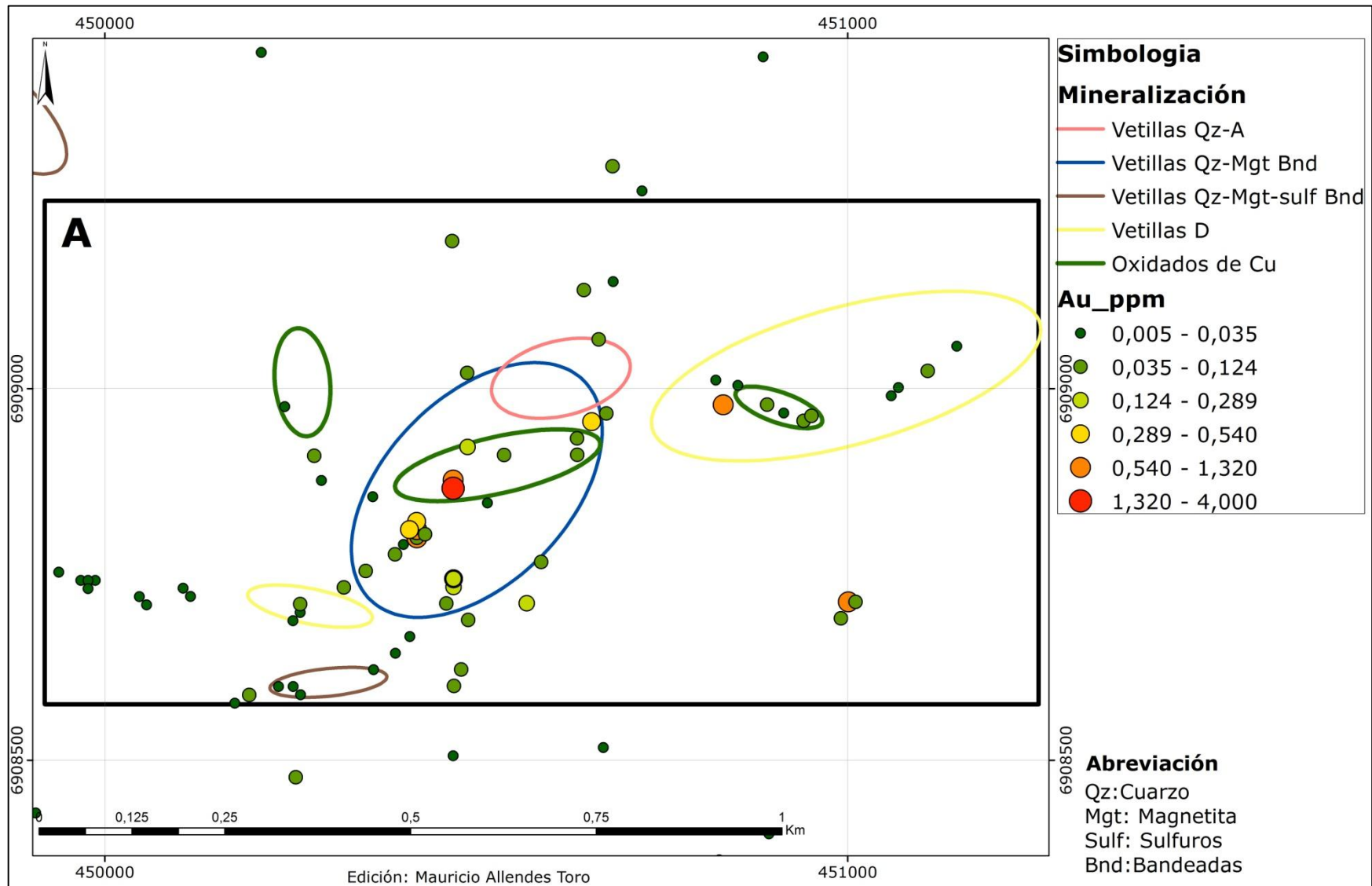


Figura 5.1: Mapa de distribución geoquímica del oro (Au) y mineralización con énfasis en zona A.

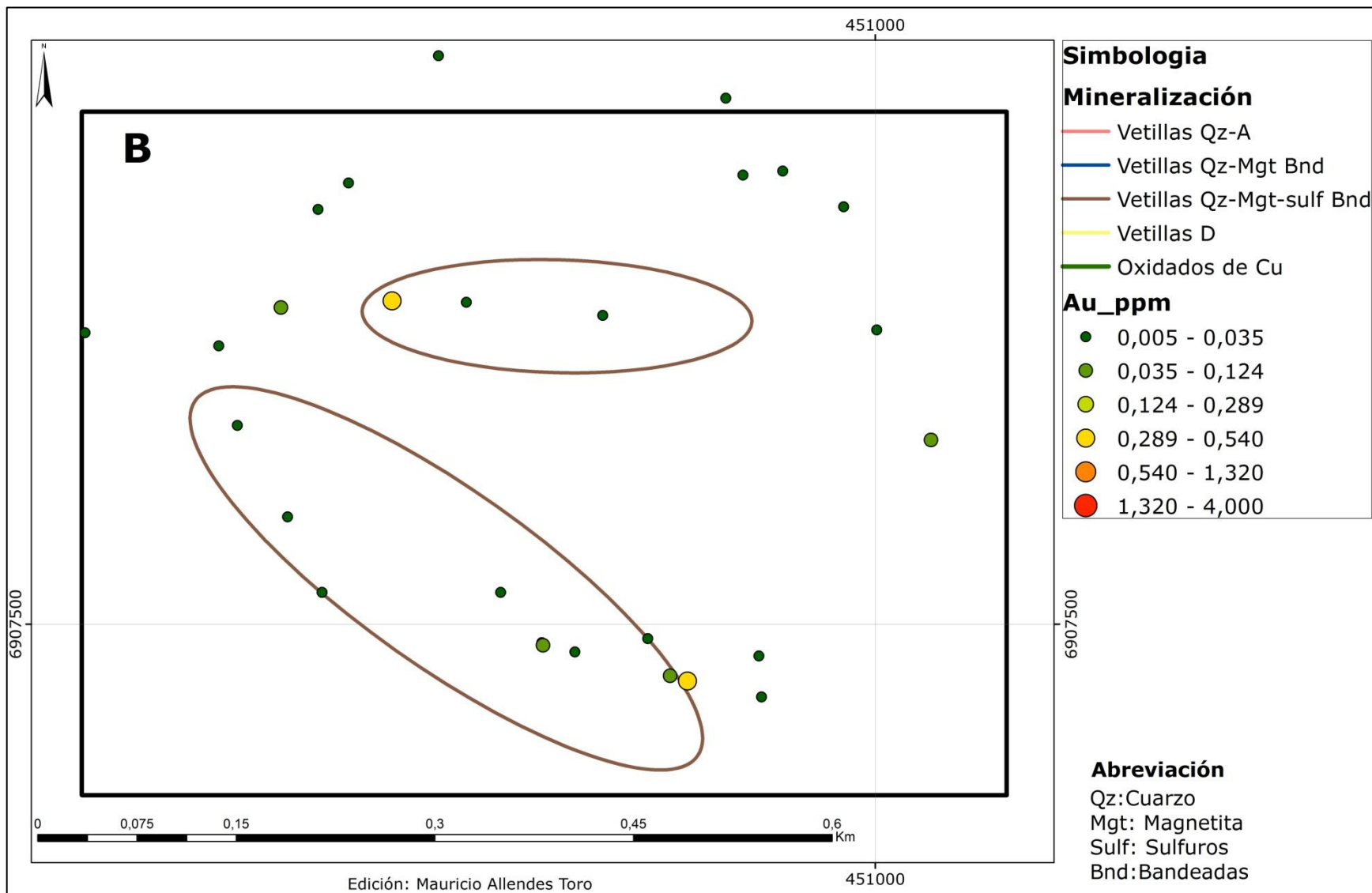


Figura 5.2: Mapa de distribución geoquímica del oro (Au) y mineralización con énfasis en la zona B.

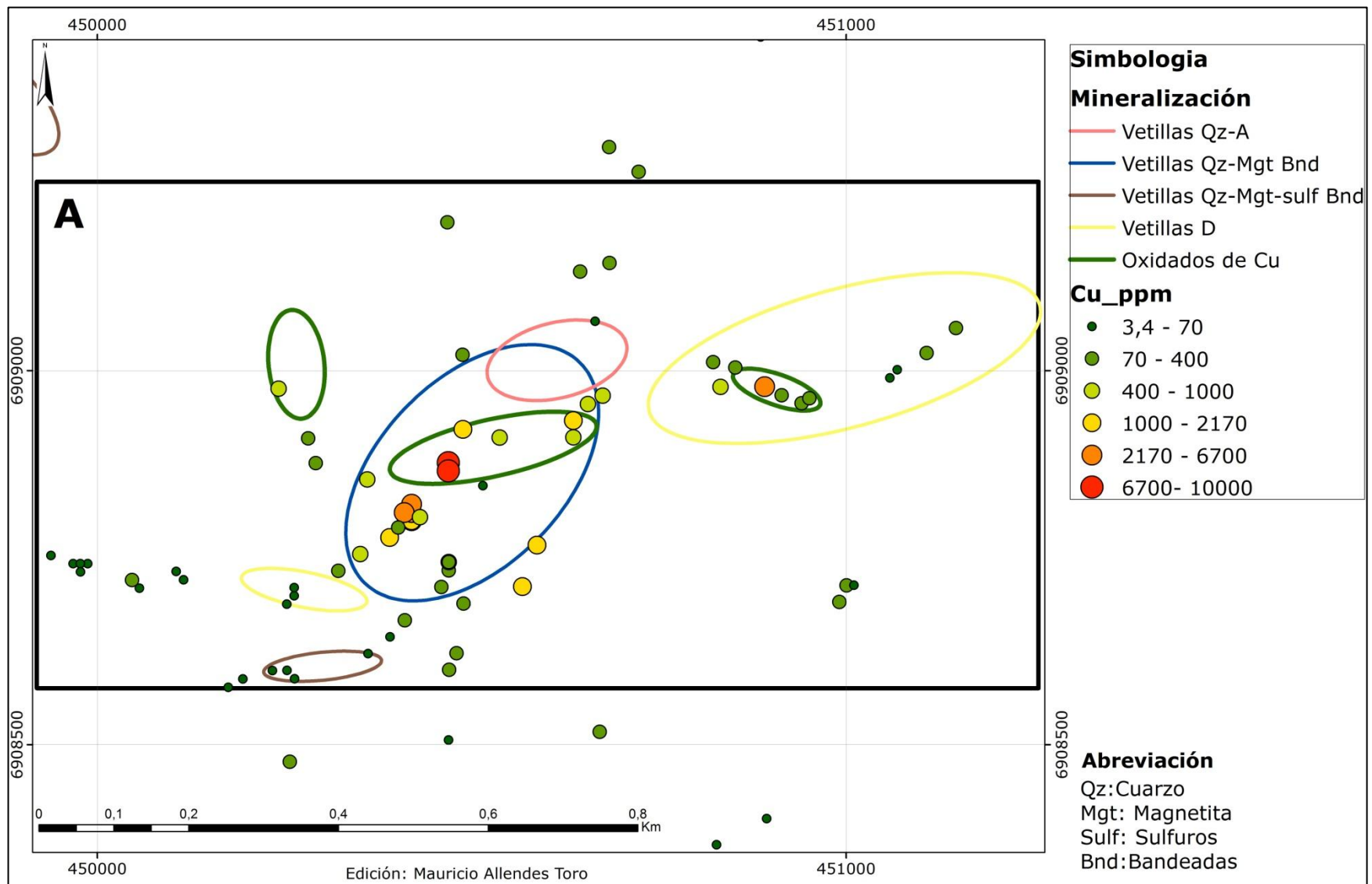


Figura 5.3: Mapa de distribución geoquímica del cobre (Cu) y mineralización con énfasis en la zona A.

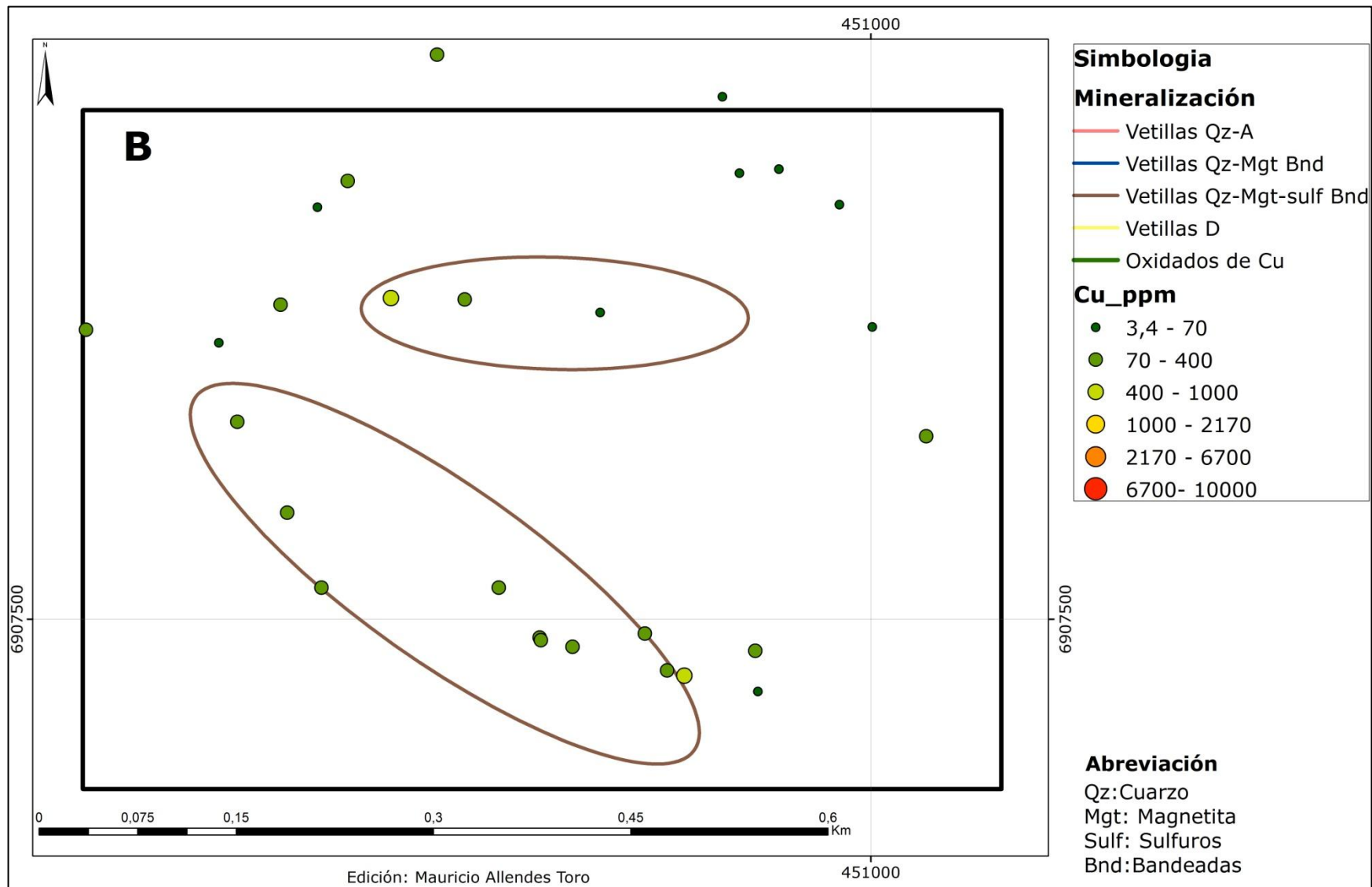


Figura 5.4: Mapa de distribución geoquímica del cobre (Cu) y mineralización con énfasis en zona B.

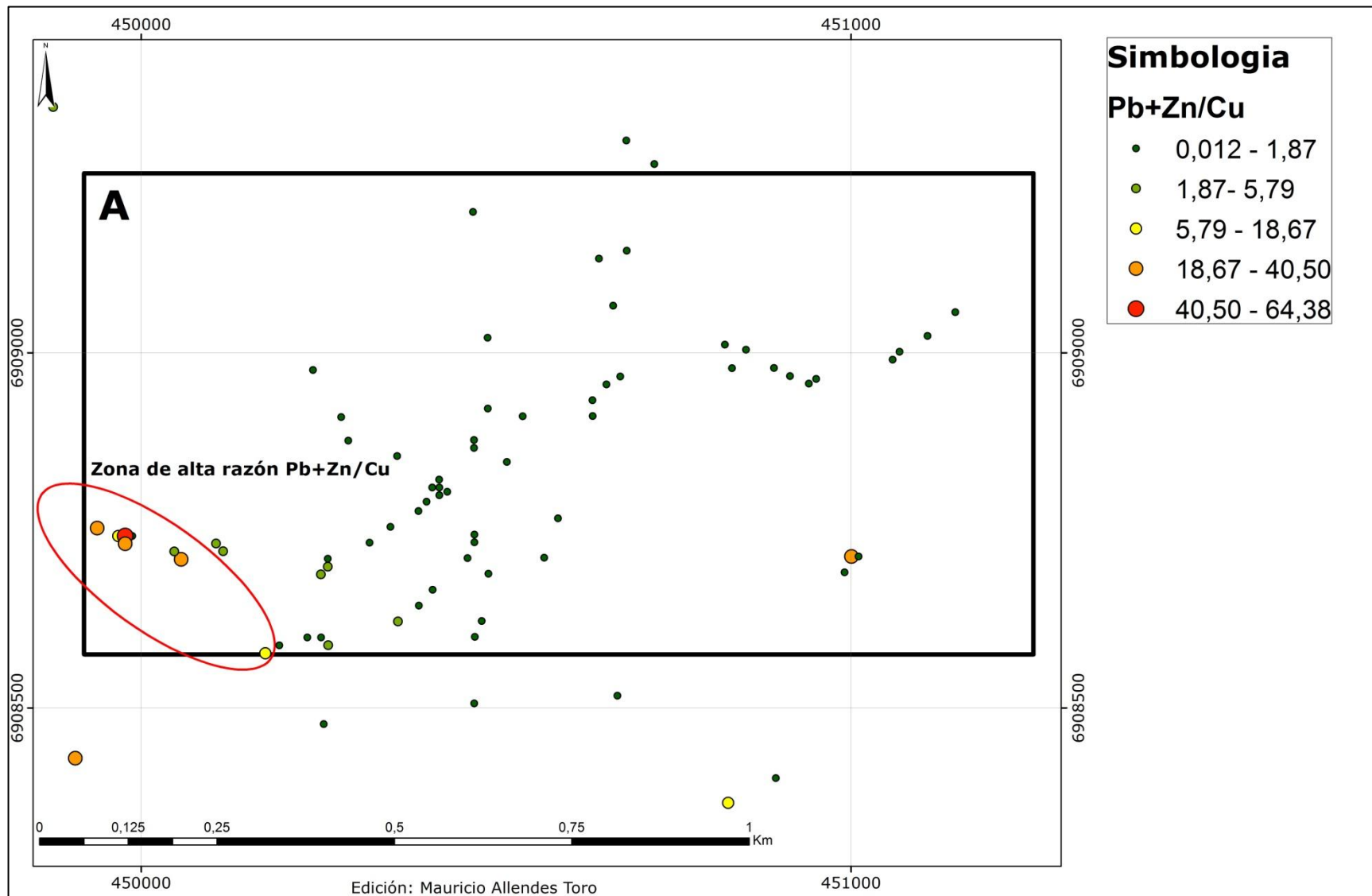


Figura 5.5: Mapa de razón geoquímica $Pb+Zn/Cu$, zona demarcada en rojo muestra el posible borde de un sistema porfírico.

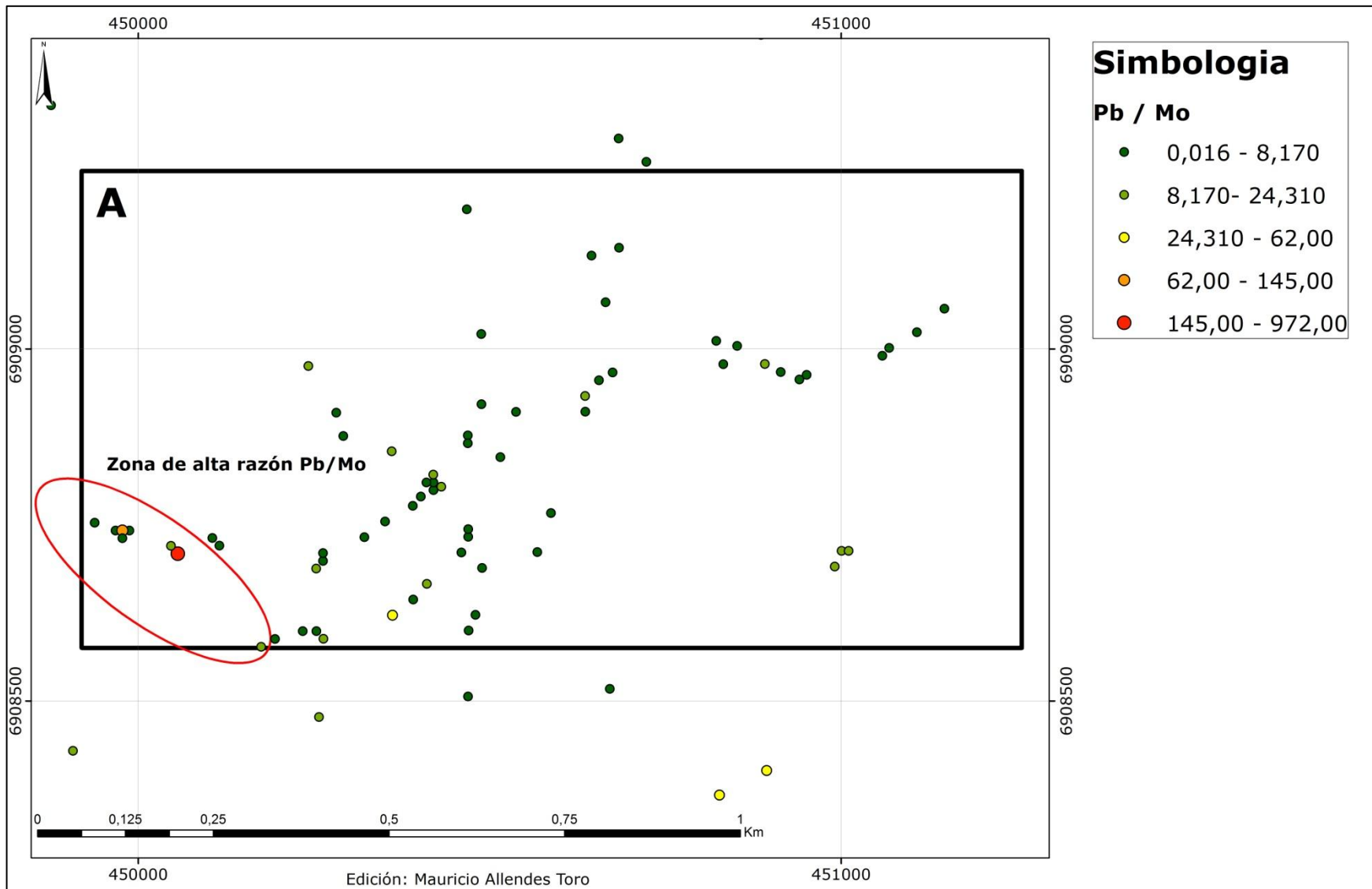


Figura 5.6: Mapa de razón geoquímica Pb/Mo, zona demarcada en rojo muestra el posible borde de un sistema porfírico.

6. Discusiones

El prospecto Aquino está constituido por tres intrusivos porfíricos multifase, los cuales guardan estrecha relación con la mineralización de oro. Los mayores contenidos de oro promedio están contenidos en las unidades interminerales tempranas correspondientes al Pórfido Dacítico A y la Brecha de Intrusión, ubicados en la zona A (Tabla 6.1).

La alteración hidrotermal en el prospecto Aquino, es producto de un sistema dinámico, debido a la circulación de fluidos hidrotermales provenientes de los magmas en cristalización (Pórfidos Dacíticos A, B y C) desarrollan las principales zonas de alteración y mineralización A y B del prospecto.

Los eventos de alteración y mineralización en la zona A se habrían iniciado con la alteración potásica y continuado hasta la alteración argílica intermedia (SCC1), en las cuales se habría introducido los mayores contenidos de oro al sistema. Esto se evidencia con los altos contenidos promedios de 0,4 ppm de Au y anomalías máximas de 4 ppm de Au (Tabla 6.1), ligados a una zona de intensa de alteración potásica sobreimpuesta por la alteración argílica intermedia (SCC1). Además, en esta zona se evidencian altas densidades de vetillas (<8 v/m) formando stockworks compuestos de vetillas de cuarzo A y vetillas de cuarzo-magnetita-hematita transicionales bandeas, portadoras de mineralización de oro. Mientras que las anomalías de cobre ($\mu = 0,11\%Cu$) son explicadas y relacionadas con zonas de minerales oxidados de cobre, los cuales ocurren debido procesos de enriquecimiento supérgeno.

Tabla 6.1: Resumen relación espacial de mayores contenidos promedios de oro en el prospecto Aquino, zona A.

Criterio	Característica espacial	Promedios de Au
Litología-Intrusivos Interminerales	Pórfido Dacítico A y Brecha de Intrusión	0,31 ppm (310 ppb)
Alteración hidrotermal	Alteración potásica y argílica intermedia (SCC1)	0,4 ppm (400 ppb)
Mineralización	Stockworks cuarzo-magnetita-hematita (bandeadas)	0,227 ppm (227 ppb)

La relación alteración hidrotermal-mineralización en la zona A la cual corresponde a una zona potásica-argílica intermedia sobreimpuesta (Tabla 6.2), con mineralización en vetas de cuarzo A y vetas de cuarzo-magnetita bandeadas (calcopirita-pirita < 0,1%). La zona B, corresponde a una zona de alteración argílica intermedia y sericitica, con vetas de cuarzo-magnetita bandeadas con contenidos de sulfuros (calcopirita-pirita < 0,2%), pero de menor densidad a la zona A. Lo anterior ubica a la zona A en un emplazamiento profundo y a la zona B en una zona más somera en el modelo de pórfido aurífero propuesto por Sillitoe (2000) (Figura 6.1).

Tabla 6.2: Resumen de características de alteración hidrotermal y mineralización zonas A y B del prospecto Aquino.

Zona	Alteración hidrotermal	Mineralización
Zona A	Alteración potásica Argilica intermedia (SCC1 > SCC2) Sericitica y propilitica	Stockworks y vetas bandeadas cuarzo-magnetita-hematita (calcopirita-pirita < 0,1%)
Zona B	Argilica intermedia (SCC1 < SCC2) Sericitica y propilitica Incipiente argílica avanzada	Vetas cuarzo-magnetita-sulfuros (calcopirita-pirita < 0,2%)

Considerando las características geológicas anteriormente detalladas es posible comparar el prospecto Aquino, con proyectos de pórfidos auríferos que pertenecen a la Franja de Maricunga (Figura 6.2). Estos proyectos auríferos comparten características geológicas distintivas como alteración hidrotermal, mineralización aurífera en vetas bandeadas de cuarzo, intrusión mineralizadora y tipo de stockworks (Tabla 6.3). Aun cuando el prospecto Aquino se encuentra en etapa temprana (greenfield) y los proyectos mencionados en la tabla 6.3 poseen estudios en etapas avanzadas o más profundos, podemos ver que Aquino registra valores iniciales de oro equivalentes a los proyectos auríferos de Cavanha (22-23 Ma) y Santa Cecilia (24 Ma) (Tabla 6.3). Por lo tanto, esto hace auspicioso el profundizar los estudios de exploración geológica en el prospecto Aquino.

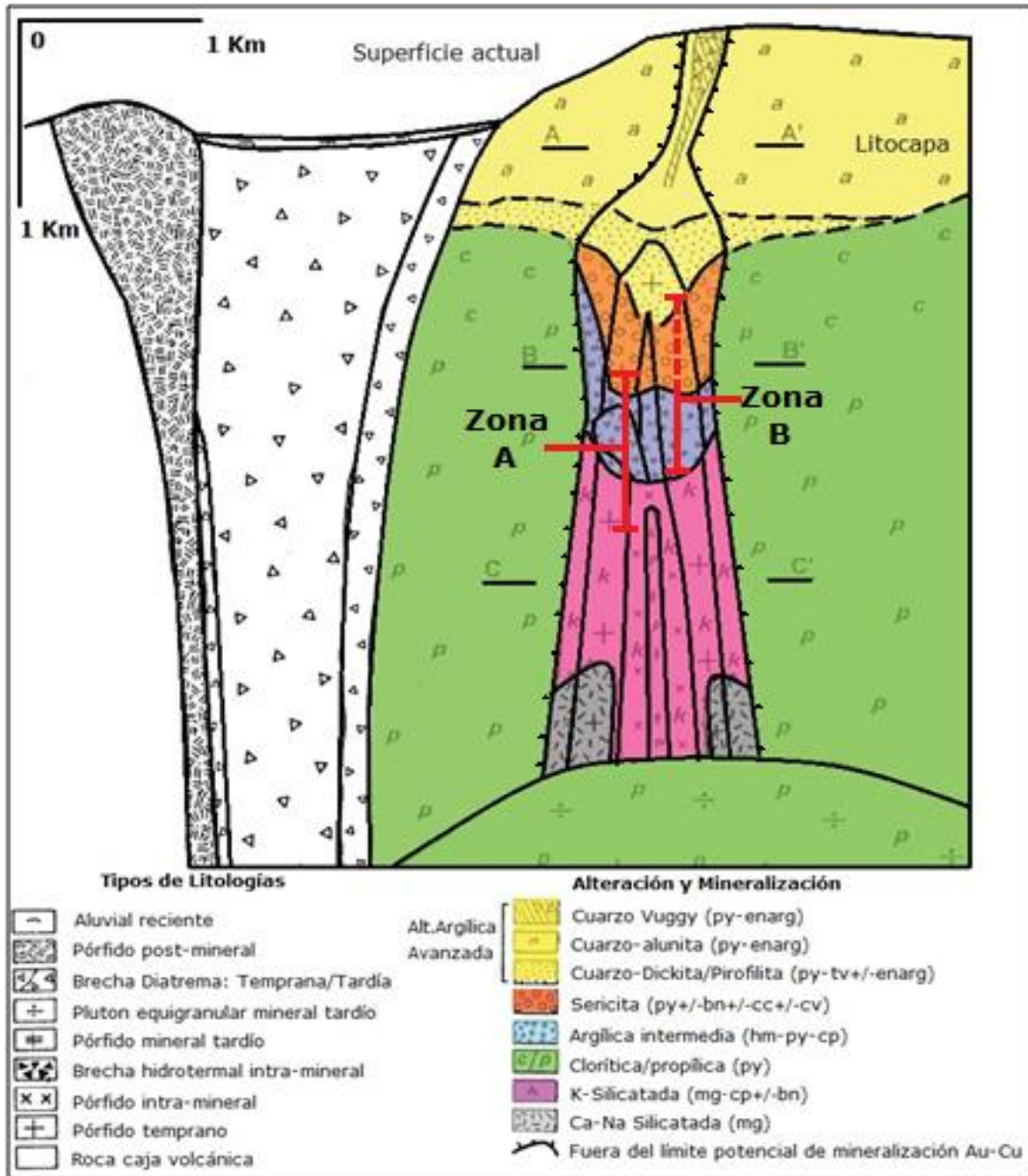


Figura 6.1: Modelo de alteración y mineralización de un sistema porfírico aurífero, zonas A y B relacionadas con figuras 4.2 y 4.3 del prospecto Aquino, líneas punteadas indican alteración incipiente en el borde norte de la zona B. Modificado de Sillitoe (2000).

Tabla 6.3: Recopilación de principales características de los pórfidos auríferos de la Franja de Maricunga.

Proyecto	Edad (Ma)	Roca Caja	Intrusión mineralizadora	Asociación mineral dominante	Tipo de Stockwork	Cubierta con Alt. Arg.Avanzada	Contenido promedio Au (ppm) Stockwork	Contenido promedio Au (ppm) V.Bandeas-V.Qz-A
Aquino (Etapa Temprana)	?	Monzonita plutónica y andesitas	Dacita Porfírica	Qz-Bt-FelK-Mgt; sobreimpuesta por Qz-SCC	Qz-Mgt-Hm.Especular	ausente	0.227	0.235
Marte (Etapa Avanzada)	13-14	Andesitas	Diorita porfírica y microdiorita	Qz-SCC	Qz-Mgt-Hm.Especular	presente	1.43	S.I
Lobo (Etapa Avanzada)	13	Andesitas	Diorita porfírica y microdiorita	Qz-SCC	Qz-Mgt-Hm.Especular	ausente	1.6	S.I
Casale (Aldebaran) (Etapa Avanzada)	13.5	Andesitas,tobas, conglomerados y areniscas	Diorita porfírica	Qz-Bt-FelK; sobreimpuesta por SCC	Qz-Hm.Especular-(Mgt)	Ausente, pero presente en (Catedral)	0.6	0.45 ¹ 0.661 ¹
Refugio (Etapa Avanzada)	23	Lavas dacíticas y andesíticas	Diorita y cuarzo diorita porfírica	Bt-Qz-SCC	Qz-Mgt-Hm.Especular	ausente	0.96	0.54 a 1.25. ²
La Pepa (Etapa Avanzada)	22-23	Dacitas volcánicas y volcanoclasticas	Cuarzo diorita porfírica	Qz-SCC	Qz-Mgt	presente	1.3	0.114 ³ 0.542 ³
Valy (Etapa Avanzada)	Mioceno Medio?	Andesitas, dacitas y brechas	Diorita porfírica	Qz-SCC	Qz-Hm.Especular-Mgt	Remanente presente	0.4	S.I
Santa Cecilia (Etapa Avanzada)	24	Tobas andesíticas, volcanoclasticas, ignimbritas	Diorita porfírica y microdiorita	Qz-SCC	Qz-Mgt-Hm.Especular	presente	0,3	S.I

¹ Contenido Au en Vetillas A (Muntean y Enaudi, 2001).

² Contenido Au en Vetillas Bandeadas de Qz, Proyecto Verde (Muntean y Enaudi, 2001).

³ Contenido Au en Vetillas A, Proyecto Cavanca (Muntean y Enaudi, 2001).

Abreviaciones: Qz=cuarzo, Mgt=Magnetita, Hm=Hematita, bt=Biotita, Felk=Feldespatos potásicos, SCC=Sericita-Clorita-arcillas (clay). **Observaciones:** Etapa Avanzada=Considera estudio de malla geoquímica de suelo y sondajes. Etapa temprana (Greenfield)=Considera solo estudio geoquímica de rocas simple.

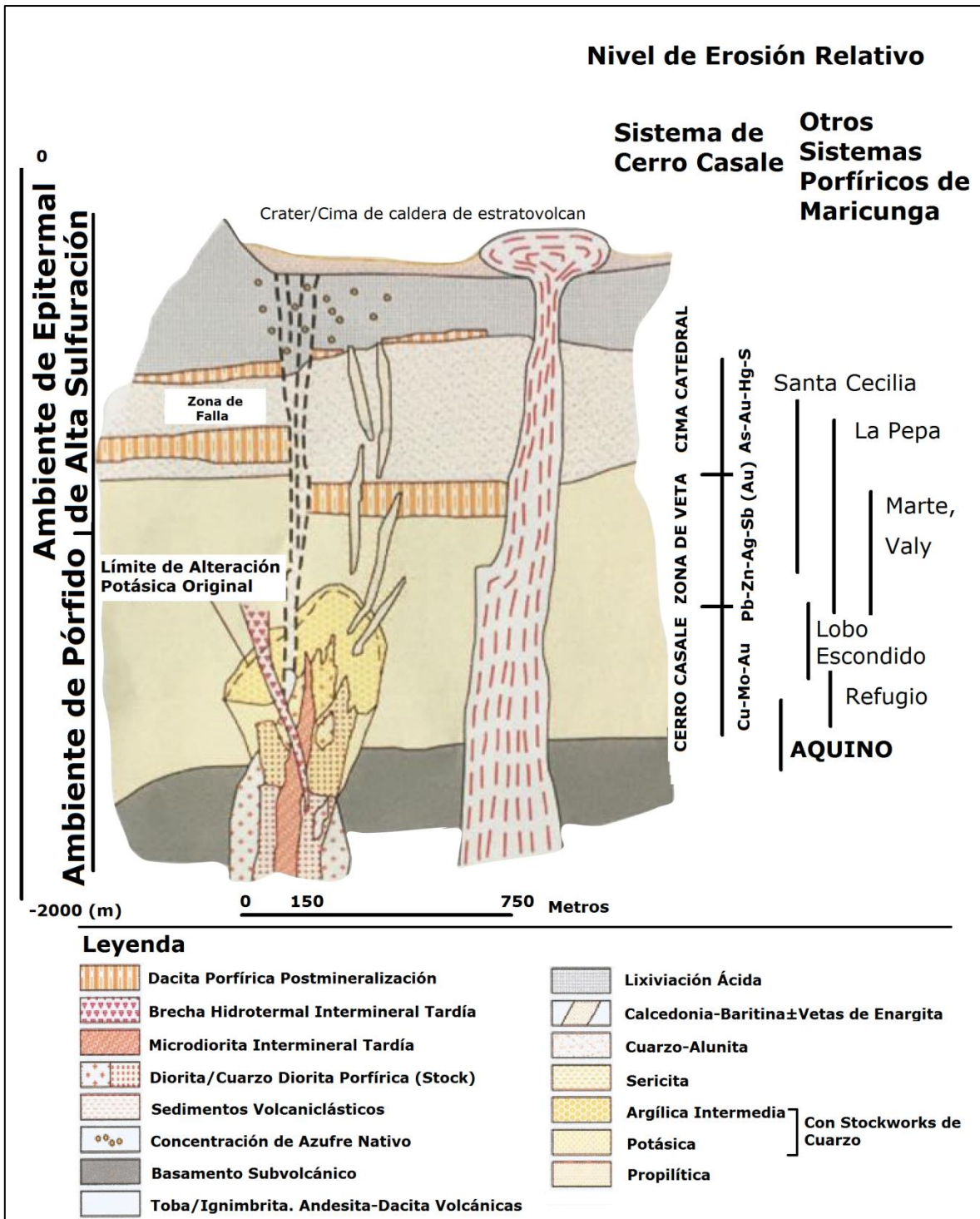


Figura 6.2: Reconstrucción de un sistema tipo pórfido perteneciente a la Franja de Maricunga, Chile. En el cual Aquino se ubica en un nivel de exposición relativo a la zona de alteración potásica-argílica sobreimpuesta (Ambiente tipo pórfido profundo). En la mayoría de los depósitos (Aquino, Refugio, Santa Cecilia, La Pepa, Marte, Valy) el stockwork, la alteración potásica y argílica han sufrido reseteo o telescoping. Editado de Vila y Sillitoe, 1991.

7. Conclusiones y Recomendaciones

El prospecto Aquino está ubicado en el distrito minero de Maricunga, III región de Atacama, Chile. El cual se emplaza en una serie de rocas plutónicas y volcánicas de edad Pérmico-Triásica en la Franja metalogénica de Maricunga de edad Mioceno-Plioceno.

Los intrusivos porfíricos multifase A, B, C y brecha de intrusión definen dos zonas de mayor importancia A y B en el prospecto. Las cuales poseen una extensión aproximada de 3 km² de alteración hidrotermal y mineralización en vetillas de cuarzo bandeadas. Zonas en donde las anomalías geoquímicas alcanzan valores de 4 ppm (Au) en stockworks de cuarzo-magnetita, relacionadas espacialmente y temporalmente a la alteración potásica y argílica intermedia sobreimpuesta.

Las características geológicas reconocidas como intrusiones Porfíricas interminerales A, B y brecha de intrusión, distribución y tipo de alteración hidrotermal, mineralización de oro en vetillas formando stockworks y geoquímica identifican al prospecto Aquino como un pórfido aurífero con menores valores de cobre, poseyendo semejanza con los pórfidos auríferos de la Franja de Maricunga.

El prospecto Aquino posee en superficie contenidos promedios de oro equivalentes a los proyectos en etapa avanzada como Santa Cecilia y Cavanca. Sin embargo, este estudio se asocia a un muestreo geoquímico no sistemático, en donde las leyes de oro y cobre son anómalas en promedio, pero no constituyen valores económicos a nivel superficial.

La relación entre la alteración hidrotermal-mineralización en las zonas A y B permite reconocer un nivel de exposición relativo del prospecto Aquino, el cual corresponde a la zona potásica profunda similar a los proyectos Cerro Casale y Refugio.

Consecuentemente a lo anterior se recomienda profundizar los estudios de exploración en las zonas A y B del prospecto Aquino. Con la finalidad de generar blancos para realizar sondeos se recomienda realizar las siguientes actividades de exploración geológica:

- 1.** Malla geoquímica sistemática de suelo-rocas, en torno a las zonas A y B del prospecto (Figura 7.1). Considera muestreo de 237 muestras de roca en total, con un espaciado de 100 metros en la componente norte y este. Las cuales serán procesadas mediante ICP-AES multielementos, el cual corresponde a un paquete de 34 elementos (ME-ICP61m) y para el

oro ensaye de fuego para 30 gramos (Au-ICP21). El paquete ME-ICP61m, digestión por cuatro ácidos pueden disolver la mayoría de los minerales, mientras que el ensaye de fuego para el oro permite determinar con exactitud el contenido total de oro de una muestra.

La malla geoquímica tiene por finalidad determinar la distribución geoquímica de los elementos de interés para precisar las principales zonas para posibles blancos de sondajes, generar anomalías de contraste entre zona mineralizada y roca caja. A continuación se detallan las principales características de las mallas de geoquímica de roca.

Tabla 7.1: Coordenadas vértices de malla geoquímica de roca A del prospecto Aquino (Figura 7.1).

	Norte	Este	Observación
1	6909350	449700	Total 165 muestras espaciadas en 100 metros en la componente norte y este en la zona A.
2	6909350	451100	
3	6908450	449700	
4	6908450	451100	

Tabla 7.2: Coordenadas vértices de malla geoquímica de roca B del prospecto Aquino (Figura 7.1).

	Norte	Este	Observación
1	6908000	450300	Total de 72 muestras espaciadas en 100 metros en la componente norte y este de la zona B.
2	6908000	451100	
3	6907300	450300	
4	6907300	451100	

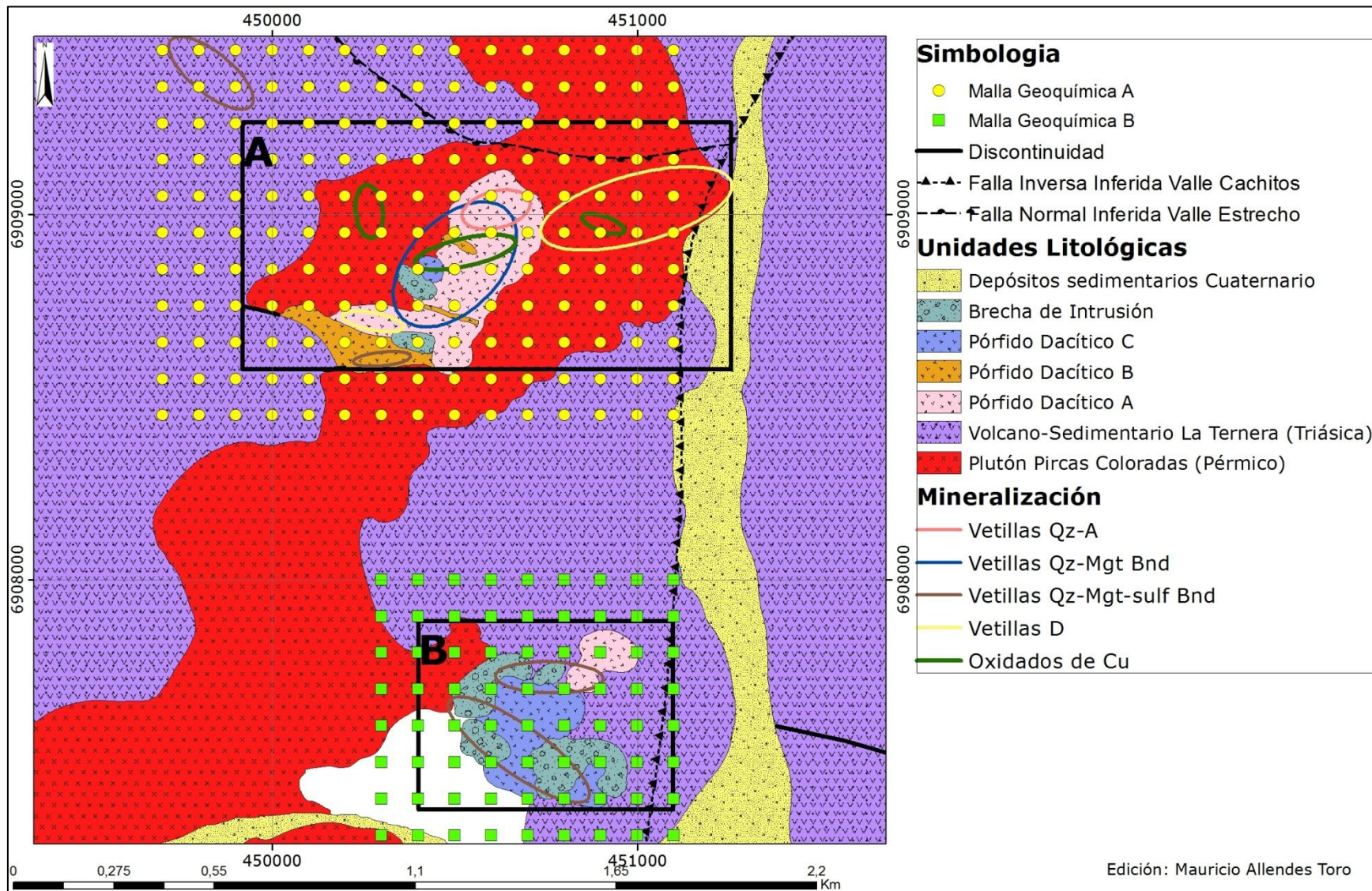


Figura 7.1: Mapa geológico prospecto Aquino, distribución de malla geoquímica de rocas propuesta en zonas A y B.

2. Complementando los estudios de geoquímica se recomienda realizar un total de 5 perfiles geofísicos de polarización inducida-resistividad tipo dipolo-dipolo (Figura 7.2). En la zona A se considera realizar 3 perfiles de 1400 aproximados cada uno, con un espaciamiento regular entre cada uno de los perfiles de 200 metros. En la zona B se considera realizar 2 perfiles de 800 metros cada uno, con espaciamiento regular entre cada uno de los perfiles de 200 metros. Estos estudios tienen por finalidad conocer la eventual distribución de los sulfuros diseminados en el subsuelo del proyecto, principalmente en las zonas de los intrusivos porfíricos.

Tabla 7.3: Especificaciones de perfiles geofísicos de polarización inducida tipo dipolo-dipolo (Figura 7.2).

Perfil	Zona	Coordenada Norte	Coordenada Este Inicial	Coordenada Este Final	Total (m)
1	A	6909160	449696	451096	1400
2	A	6908960	449696	451096	1400
3	A	6908760	449696	451096	1400
4	B	6907700	450295	451095	800
5	B	6907500	450295	451095	800

3. Se recomienda realizar una datación K-Ar en biotita secundaria o roca total, para la unidad Pórfido Dacítico A (unidad intermineral temprana). Esto daría indicios de una edad para la alteración hidrotermal potásica, en un corto periodo de tiempo a bajo costo, en el contexto de un trabajo de exploración en etapa temprana.

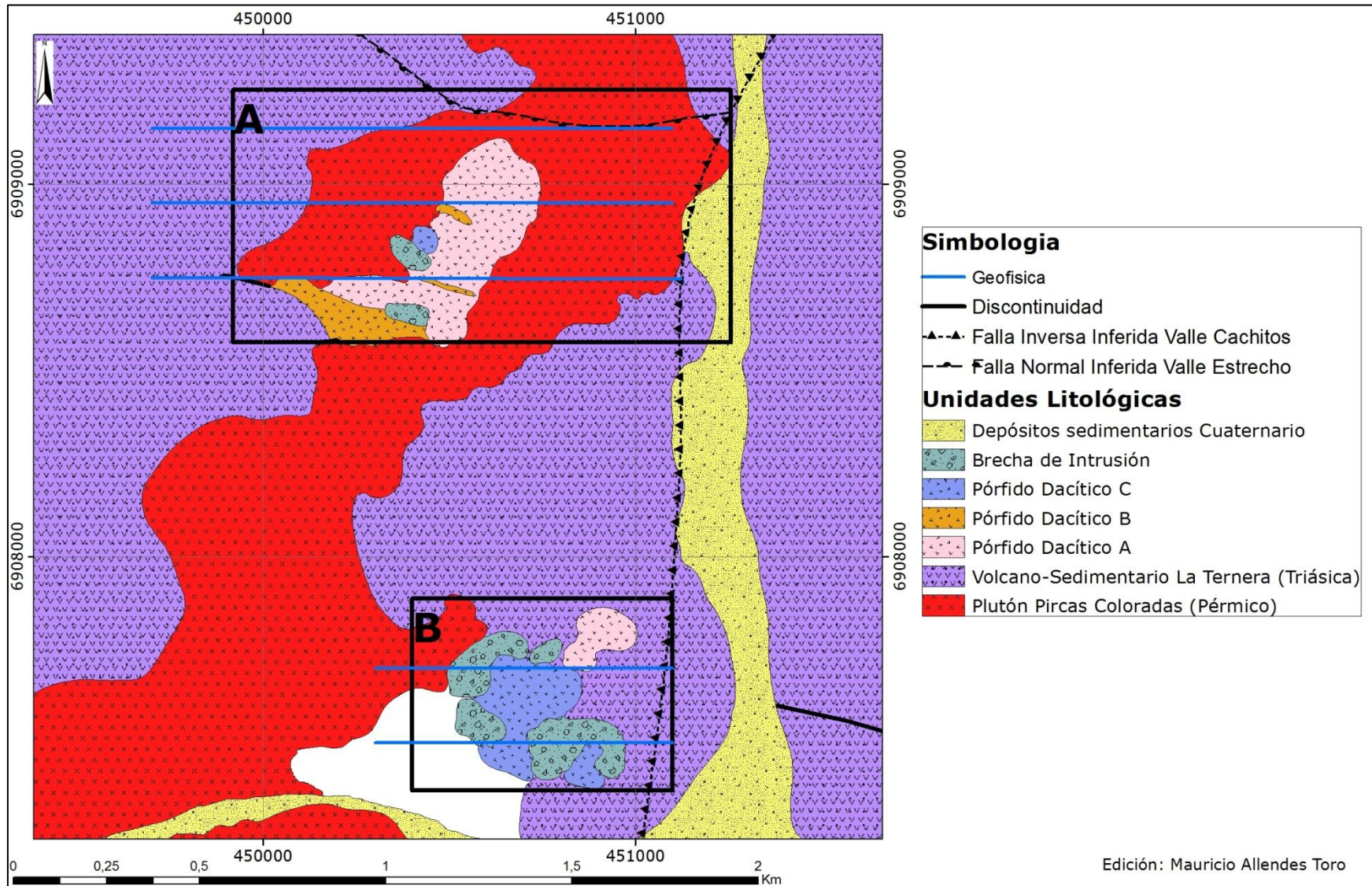


Figura 7.2: Perfiles de geofísica polarización inducida-resistividad propuestos en el prospecto Aquino.

8. Bibliografía

Arévalo, C.; Rivera, O.; Iriarte, S.; Mpodozis, C. 1994. Cuencas extensionales y campos de caldera del Cretácico Superior-Terciario Inferior en la Precordillera de Copiapó (27°- 28°sur), Chile. Congreso Geológico Chileno N° 7, Actas. Vol II, pp.1288-1292, Concepción.

AuSpec International Ltd., 2012. Spectral Interpretation Field Manual. Terraspec Started Pack.

Barazangi, M.; Isacks, B. 1976. Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*, v.4, pp. 686-692.

Brüggen, J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar (Chile), 374 pp. Santiago.

Carrasco, R. 1999. Geología, Geoquímica y Alteración Hidrotermal del Sector Quebrada Pantanillo Copiapó, III Región Chile. Memoria (Geólogo), Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, 145 pp.

Clark, A.; Mortimer, C.; Sillitoe, R. 1967. Implications of the isotopic ages of ignimbrites flows, southern Atacama Desert, Chile. *Nature*, Vol.215, pp.723-724.

Cornejo, P.; Mpodozis, C.; Ramírez, C.; Tomlinson, A. 1993. Estudio Geológico de la Región de El Salvador y Potrerillos. Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO. Informe Registrado, N° 1, 250 pp.

Cornejo, P.; Mpodozis, C. 1994. Estratovolcanes y domos coalescentes del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior en la Franja de Marciunga: los sistemas Cerros Bravos-Esperanza y La Coipa. Congreso Geológico Chileno N° 7, Actas. Vol. I, pp.13-17, Concepción.

Cornejo, P.; Mpodozis, C.; Kay, S.; Tomlinson, A. 1994. Volcanismo bimodal potásico en regimen extensional del Cretácico Superior-Eoceno en la región de El Salvador (26°-27°S), Chile. Congreso Geológico Chileno, N° 7, Actas, Vol.2, pp. 1306-1310. Concepción.

Crowley, J. K. y Vergo, N. (1988). Near-infrared reflectance spectra of mixture of kaolin-group minerals; use in clay mineral studies: *Clays and Clay Mineral*, v. 36, no 4, p. 310-316.

Duke, E. F. (1994). Near infrared spectra of muscovite, Tschermak substitution, and metamorphic reaction progress: Implications for remote sensing. *Geology*, v. 22, no. 7, p. 621-624.

Gustafson, L. & Hunt, J. 1975. The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile. *Economic Geology*, Vol. 70, N° 5. pp. 857 – 912.

Hauff, P., Kruse, F., Madris, R., Fraser, S., Huntington, J., Jones, M., Watters, S., y Environm Res Inst, M. (1991). Illite crystallinity – casehistories using x-ray diffraction and reflectance spectroscopy to define ore host enviroments: Proceedings of the Eighth Thematic Conference on geologic remote Sensing: exploration, Engineering, and Enviroment Vols 1 and 2, p. 447-458.

Hewitt, P. (2004). *Conceptual Physics, Media Update with Practicing Physics and Media Worksheets*, 9 ed. Addison Wesley editor. 790 p.

Hunt, G.R., y Ashley, R.P. (1979). Spectra of altered rocks in the visible and near infrared: *Econocmic Geology*, V. 74, no, 7, p. 1613-1629.

Iriarte,S.; Arevalo,C.; Mpodozis,C. 1999. Hoja de la Guardia. Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapas Geológicos No. 13, 1 mapa escala 1:1000000, Santiago.

Jensen, O. 1976. Geología de las nacientes del río Copiapó, entre los 27°53' y 28°20' de latitud sur, provincia de Atacama, Chile. Memoria de título Universidad de Chile, Depto. de Geología: 260 p., il., planos, 2 mapas fuera de texto, Santiago.

Jones, B. 1992. Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 43, 1992, pp 127-155.

Kerr, A., Rafuse, H., Sparkes, G., Hinchey, J., y Sandeman, H. (2011). Visible/Infrared Spectroscopy (VIRS) as a research tool in Economic Geology: Background and Pilot Studies from Newfoundland and Labrador. Department of Natural Resources Geological Survey, Report 11-1, 145-166.

La Motte, M. 2015. Informe de aplicación de imágenes satelitales y geoquímica del Proyecto Aquino, Región de Atacama. Guanaco Exploraciones, pp 1-17.

Mercado, M. 1982. Hoja Laguna del Negro Francisco, región de Atacama, 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geol. Chile, nº56, 73 pp.

Maksaev, V.; Munizaga, F.; Tassinari, C. 2014. Timing of the magmatism of the paleo-Pacific border of Gondwana: U-Pb geochronology of Late Paleozoic to Early Mesozoic igneous rocks of the north Chilean Andes between 20° and 31°S. *Andean Geology*, V. 41, no, 3, p. 447-506.

Meyer, C., y Hemley, J. J. (1967). Wall rock alteration, in Barnes, H.L., ed., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*: New York, Reinhardt and Winston Holt, p.166-235.

Mortimer, C. 1973. The Cenozoic history of the southern Atacama Desert, Chile. *Journal of the Geological Society of London*, Vol. 129, pp.505-526.

Mpodozis, C.; Ramos, V. 1990. The Andes of Chile and Argentina. *Earth Science Ser. Circum-Pacific Council Energy Mineral Resources*, Vol. 11, pp.59-90.

Mpodozis, C.; Allmendinger, R.; Jordan, T. 1991. La zona del Nevado de Jotabeche y la Laguna del Negro Francisco: Evolución tectónica y volcánica de la extremidad meridional del Altiplano chileno. *Congreso Geológico Chileno N° 6*, pp.91-95, Viña del Mar, Chile.

Mpodozis, C.; Allmendinger, R. 1993. Extensional tectonics, Cretaceous Andes, northern Chile (27°S). *Geological Society of America, Bulletin*. Vol 105, pp.1462-1477.

Mpodozis, C.; Cornejo, P.; Gardeweg, M.; Kay, S. 1994. Geocronología y evolución de la región del Volcán Copiapó, Franja de Maricunga (27°15'S). *Congreso Geológico Chileno N° 7, Actas*. Vol. II, pp.1125-1129, Concepción

Mpodozis, C.; Cornejo, P.; Kay, S.; Tittler, A. 1995. La franja de Maricunga: síntesis de la evolución del frente volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los Andes centrales. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 22, N°2, pp.273-313.

Mpodozis, C.; Iriarte, C.; Gardeweg, M.; Valenzuela, M. 2012. Carta Laguna del Negro Francisco Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica No. 45: 60 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Muntean, J., & Einaudi, M. 2000. Porphyry Gold Deposits of the Refugio District, Maricunga Belt, Northern Chile. *Economic Geology* Vol. 95, 2000, pp. 1445-1472.

Muntean, J., & Einaudi, M. 2001. Porphyry-Epitermal Transition: Maricunga Belt, Northern Chile- Economic Geology Vol. 96, 2001, pp. 743-772.

Muzzio, G. 1978. Sedimentitas rojas Jurásicas de Quebrada Monardes, cordillera de Copiapó. Consideraciones paleogeográficas. Taller de Título II, Depto Geología Universidad de Chile (Inédito), 44 pp.

Ostrooumov, M. (2006). Amazonite from Pre-Cambrian pegmatites (Kola Peninsula, Russia): crystal chemical and spectrometric study. Schweizerische Mineralogische and Petrographische Mitteilungen. Vol. 85, 1: 89-102.

Páez, C. (2008). Espectrometría de reflectancia (SWIR) aplicada para mapeo de alteración en la zona de Viruela-La Cruz, proyecto La India: Distrito Minero Mulatos, Sahuaripa, Sonora México. Memoria de tesis. Universidad de Sonora, México.

Pirajno, F. (1992). Hydrothermal mineral deposits: principles and fundamental concepts for the exploration geologist, Berlin etc., SpringerVerlag, 709p.

Segerstrom, K. 1959. Cuadrángulo Los Loros, provincia de Atacama. Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile N°1, 32p.

Segerstrom, K. 1968. Geología de las Hojas de Copiapó y Ojos del Salado, Provincia de Atacama. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín, N° 24, 58 pp.

Sillitoe, R., McKee, E., & Vila, T. 1991. Reconnaissance K-Ar geochronology of the Maricunga gold-silver belt, northern Chile. Economic Geology; Octubre 1991: v.86; no. 6 ; pp. 1261-1270.

Sillitoe, R. 2000. Gold- Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery. SEG Reviews. Vol. 13, 2000; p.315-345.

Vila, T.; Sillitoe, R. 1991. Gold-rich porphyry systems in the Maricunga Belt, northern Chile. Economic Geology; octubre 1991; v. 86; no. 6; pp. 1238-1260.

9. Anexos

9.1 Anexos Públicos

Tabla 9.1: Resumen de minerales identificados mediante espectrometría de reflectancia.

Mineral	Número de Muestras
Caolinita alta cristalinidad	2
Caolinita baja cristalinidad	12
Illita paragonítica	21
Illita-Muscovita alta en Al	39
Illita-Muscovita baja en Al	73
Illita fengítica	7
Esmectita	95
Cuarzo	9
Jarosita	22
Actinolita	1
Clorita	9
Epidota	8
Alunita Na	1
Pirofilita-talco hidrotermal	1
Calcita	9
Yeso	8
Zeolitas	4

9.1.2. Mapa de área total del prospecto Aquino (2100 hectáreas).

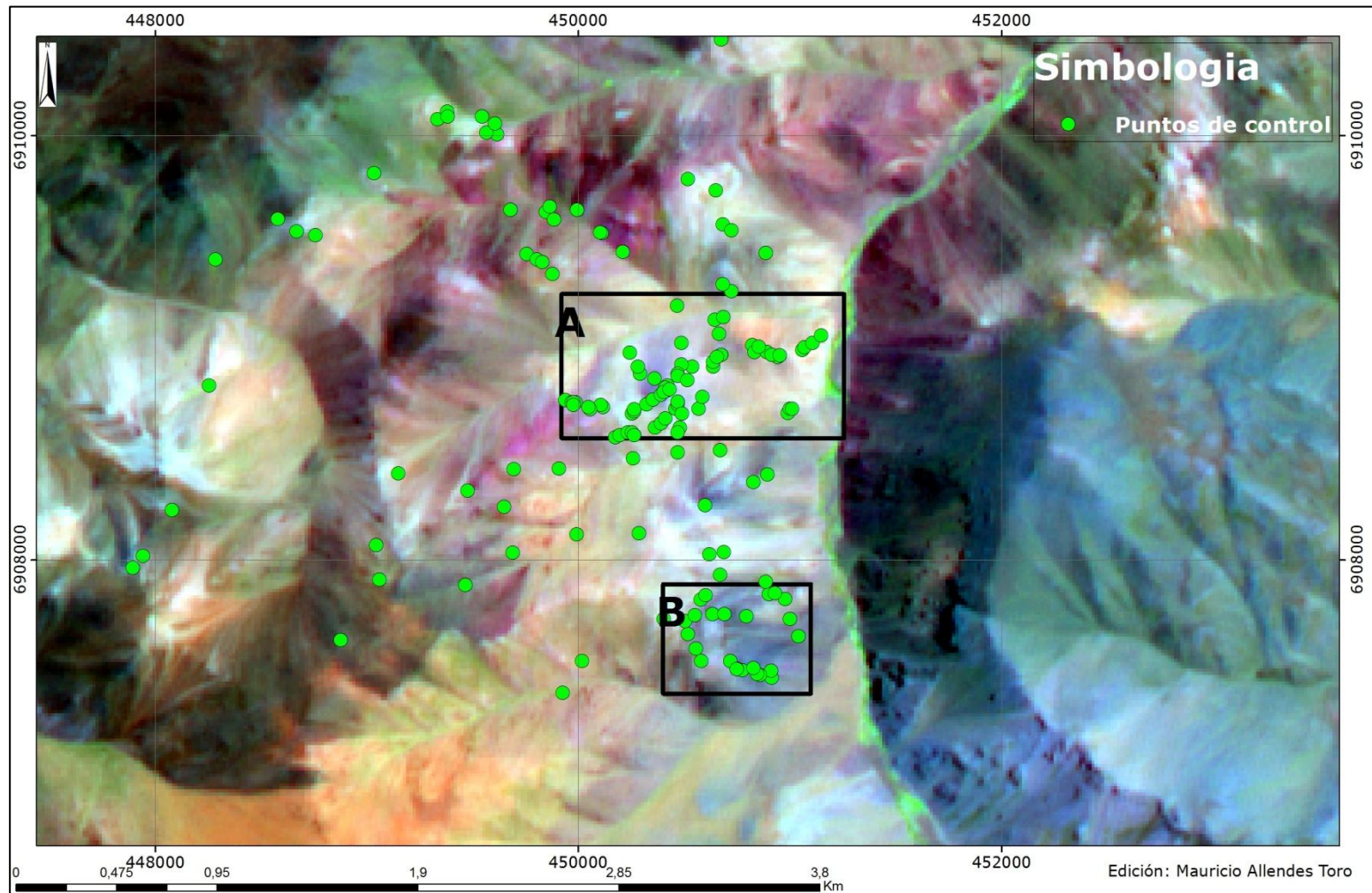


Figura: 9.1 Muestra puntos de control de geoquímica de rocas y vetillas, y fragmentos de roca para espectrometría.

Tabla 9.2: Interpretación de mineralogía por espectrometría de reflectancia, valores 0 y 1 representan ausencia y presencia de mineral.

ID	Caolinita B	Caolinita AC	Esmectita	Paragonita	Musc Alta Al	Musc baja Al	Fengita	Cuarzo	Clorita	Calcita	Jarosita	Epidota	Na-alunita	Pirofilita	Yeso	Actinolita	zeolita
GE002789	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002791	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002792	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE002793	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002794	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
GE002795	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002796	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
GE002797	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
GE002798	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002799	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002800	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002802	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002803	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002804	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002805	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002806	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002807	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002808	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002810	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002811	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002812	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002813	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002814	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002815	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002816	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE002817	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE002818	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002819	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002820	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE002821	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE002823	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002824	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002825	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002826	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002827	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002828	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002829	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002831	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002832	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GE002833	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002834	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002835	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002837	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002838	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002839	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002840	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
GE002842	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
GE002843	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002844	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002845	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002846	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
GE002847	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002848	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002850	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002901	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002903	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002904	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002905	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
GE002912	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GE002913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
GE002914	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002915	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002916	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002917	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002918	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002919	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002920	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002922	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002923	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE002924	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002925	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002926	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE002927	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002928	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE002930	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
GE002931	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006143	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006144	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006145	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006146	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GE006147	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006148	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006149	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006151	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006152	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006153	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
GE006154	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GE006155	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006156	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GE006157	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006158	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
GE006159	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006160	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006161	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006162	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006163	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006164	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006165	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006166	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GE006167	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE006168	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
GE006169	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006170	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006171	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006172	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
GE006173	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
GE006174	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006175	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006176	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006177	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006178	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006179	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006180	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006181	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006183	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006184	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006185	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006186	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GE006187	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GE006188	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
GE006189	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

