



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

INTERPRETACIÓN DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA DEL
PROSPECTO NUEVE VIDAS, PROYECTO VICTORIA "HOCHSCHILD", II REGIÓN
DE ANTOFAGASTA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

DANILO IVÁN BRUNA CABRERA

PROFESOR GUÍA:
VÍCTOR MAKSAEV JURCHUC

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS
DAVID HOPPER

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Minera Hochschild Chile SCM

SANTIAGO DE CHILE
2014

Resumen

Nueve Vidas es un prospecto de exploración perteneciente a minera Hochschild que se ubica en el Norte de Chile a 120 Km al Este de Taltal, en la II región de Antofagasta. El prospecto es interesante por sus interceptos significativos de oro, pero se señala que la rápida exploración de este sistema no alcanzó el éxito, probablemente por falta de una buena interpretación de los resultados de superficie y sondajes. Es por esto que nace la idea de realizar un trabajo de memoria que logre unificar y fortalecer las investigaciones anteriores de este prospecto. Así, en el siguiente trabajo se realiza una compilación de información geológica, geoquímica y bibliográfica para lograr definir Nueve Vidas dentro de algún modelo metalogénico característico, y además, aportar recomendaciones para futuras campañas de exploración en el sector.

Nueve Vidas consiste principalmente en un área de 2,5x2,5 Km en donde un *stock* de composición diorítica (41 Ma) intruye una secuencia volcano-sedimentaria que se correlaciona con la Formación Llanta (68-73 Ma). Se desarrolla una predominante alteración clorita-magnetita centrada en un cuerpo diorítico y una albitización en una unidad volcanoclástica que se extiende desde la zona de contacto con el intrusivo. Una alteración argílica moderada superficial con un leve desarrollo de alteración fílica (cuarzo-sericita-pirita) dominan en el centro del sistema. También está presente una alteración de albita-actinolita-wollastonita-escapolita en el sector NE de Nueve Vidas, con una propilitización no diferenciada sobreimpuesta que gana terreno hacia el Este. Esta configuración presenta vetillas de no más de 5 mm de potencia rellenas predominantemente de pirita-cuarzo, magnetita, clorita-magnetita, turmalina-pirita y también abundante pirita diseminada. La mineralización de mena es casi inexistente o inapreciable a la lupa y tan solo se han apreciado 2 intercepto con vetillas de calcopirita-pirita. Además, el sistema posee anomalías geoquímicas de Au, Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Mo, P, Pb, S y Zn. De las que se destaca el Au alcanzando *peaks* de hasta 32 ppm, 142 ppm de Ag y 9900 ppm de Cu. Sin embargo, estos valores son bastante poco frecuentes lo que hace suponer que las anomalías se desarrollan en vetillas cuyo motor impulsor podría relacionarse con el cuerpo diorítico esencialmente. De esta forma, Nueve Vidas parece ser un sistema metalogénico que no alcanzó un desarrollo avanzado y que presenta las características de un clan relacionado a intrusivos oxidado con un pobre desarrollo de un pórfido que generó un *skarn* al extremo Norte de Nueve Vidas y una sobreimposición de vetillas epitermales poco desarrolladas más al Sur. La continuación de la exploración y el desarrollo de una investigación más detallada son recomendadas en el área, debido a que las características superficiales y de sub-superficie indican un sistema potencialmente oculto asociado, probablemente, a un depósito de características similares a los encontrados en la franja metalogénica Eoceno-Oligoceno.

*...A mis amados Padres,
Mami Teresa y Papi Sheli Braun.*

*...A mi amada compañera fiel,
Fernanda.*

Agradecimientos

He aquí palabras que tratan de expresar gratitud... Sin lugar a dudas podría igualar, o incluso superar el número de palabras utilizada en este trabajo, símbolo culmine de un largo camino que llega a su fin, agradeciendo a un elevada cantidad de personas y acontecimientos que me han llevado a este momento.

En primer lugar a David Hopper, en nombre de Minera Hochschild, por otorgar el tema de memoria, a mi profesor guía, Víctor Maksaev, por dedicar sus enseñanzas y consejos a este pobre alumno perdido y a todos aquellos geólogos y amigos que aportaron con sabios consejos en el desarrollo de este trabajo.

A mis amig@s por hacer esta etapa menos dura y conformar mi familia Santiaguina; Angelito, Piero, Daniel zorrón Boyce, Pablo, Pelaito, Dani Ced , geoamig@s, bachiamig@s, Francacheleros y much@s más. Mención especial para Pía, Victoria y Pablo por aguantarme 4x18x10 en ese monótono desierto, cuna de este trabajo. Gracias a todos por llenar la soledad de un provinciano nortino que se vino calato 24 horas por una larga huella al pupo de Chile.

A María Rosa y la Blanquita; son lo máximo!!

A mi linda familias Iquiqueña; hermanos, sobrinos, primos y tíos. Mención honrosa a mis humildes padres por el sudor, el sacrificio y el aguante en ayudarme, aconsejarme y apoyarme en esta fabulosa etapa ¡Son lo más grande que haya visto! Gracias de verdad, los amo.

A mi Fernanda por haber sido un pilar fundamental en estos últimos años, un amigo, mi confidente, consejera y sobre todo la que me ha aguantado tal y como soy, y que gracias a dios aún no ha salido arrancando. Gracias por el optimismo y la alegría, elementos fundamentales del sazón diario para vivir. A su linda familia y a sus divertidos dogis.

A la música.

Sin tod@s uds. nada de esto existiría.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Hipótesis De Trabajo	2
1.3. Ubicación y Acceso	2
1.4. Clima y Vegetación	3
1.5. Metodología de Trabajo	4
2. Antecedentes Geológicos	5
2.1. Marco Geológico Regional	5
2.2. Marco Estructural y Metalogénico	10
2.3. Marco Teórico	13
2.3.1. Pórfido Aurífero	14
2.3.2. Depósitos tipo <i>IOCG</i>	17
2.3.3. Pórfidos v/s <i>IOCG</i>	20
3. Geología Local Prospecto Nueve Vidas	22
3.1. Litología Nueve Vidas	22
3.1.1. Secuencias Jurásico-Cretácico Inferior	23
Calizas	23
Lavas Andesíticas	24
Alternancia de Areniscas, Conglomerados y Volcaniclásticos	25
Intercalación de Areniscas Calcáreas y Calizas	25
3.1.2. Eoceno	26
Pórfido Ocoítico	26
Pórfido Feldespático	27
Diorita	28
Diorita con Fenocristales de Hornblendas	29
Monzodiorita	29
Pórfido Biotítico	29
3.2. Alteración Nueve Vidas	29
3.2.1. Franja Potásica	30
Biotita Secundaria	30
3.2.2. Franja Calco-sódica	31
Albitización (albita-caolín)	31

	Propilitica (epidota-clorita-calcita-pirita)	31
3.2.3.	Franja Clorita-Magnetita-Feldespatos Potásicos	32
	Clorita-Magnetita	32
	Feldespatos Potásicos	32
3.2.4.	Franja Turmalina-Sericita-Argílica	33
	Cuarzo-Sericita	33
	Turmalinización	34
	Argílica	34
3.2.5.	Franja Metasomatismo de Contacto	35
	Marmolización	35
	Jasperoides	35
3.3.	Mineralización Nueve Vidas	35
3.3.1.	Sulfuros	35
3.3.2.	Limonitas y Óxidos de Hierro	35
3.3.3.	Venillas de Cuarzo	36
	Venillas De Cuarzo Hialino	36
	Venillas cuarzo-sulfuros	36
	Vetas sílice calcedónico	36
3.3.4.	Vetas-Brechas	36
3.3.5.	Minerales Oxidados de Cobre	36
3.3.6.	Vetas de Baritina	37
3.3.7.	Venillas de Calcita	37
3.3.8.	Venillas de Yeso	37
3.4.	Sondajes RC Nueve Vidas	37
	Anomalías Químicas según Litología y Alteración	45
4.	Geoquímica	47
4.1.	Metodología de Análisis Geoquímicos	47
4.1.1.	Ensayo Geoquímico para el Oro	47
4.1.2.	Ensayo Geoquímico Multi-elemento	48
4.2.	Control de Calidad Geoquímica Sondajes RC Nueve Vidas	49
4.2.1.	Metodología 1: QA/QC	49
	Ensayos Geoquímicos	50
	Inserción de Material QA/QC	51
	Resultados Control de Calidad QA/QC	52
4.2.2.	Metodología 2: Según Stanley	53
	Resultados Control de Calidad según Stanley	55
4.3.	Estadística de la Geoquímica de Sondajes de Aire Reverso	56
4.3.1.	Análisis Univariable	56
4.4.	Análisis Multivariable	57
4.4.1.	Análisis de Datos con <i>Outliers</i>	59
	Matriz de Correlación de Pearson	59
	Análisis de Componentes Principales	60
4.4.2.	Análisis de Datos sin <i>Outliers</i>	60
	Matriz de correlación de Pearson	61
	Análisis de Componentes Principales	61

5. Discusión	64
6. Conclusiones y Recomendaciones	67
Bibliografía	70
A. Control de Calidad QA/QC Muestras Geoquímicas de Sondajes RC, Nueve Vidas	77
B. Control de Calidad Muestras según Stanley Geoquímicas de Sondajes RC, Nueve Vidas	94
C. Gráficas Estadísticas de Geoquímica de Sondajes RC Nueve Vidas	101
D. Mapas Superficiales Litología, Alteración y Mineralización Nueve Vidas	110
E. Strip Log: Litología, Alteración y Concentraciones de Fe, Cu y Au, Sondajes RC, Nueve Vidas	114
F. Perfiles Esquemáticos Nueve Vidas	129

Índice de tablas

2.1. Resumen principales características contrastantes entre Pórfidos e <i>IOCG</i> (Richard & Mumin, 2013).	21
3.1. Detalle ubicación Sondajes VCNRC Nueve Vidas.	38
3.2. Objetivo de los sondajes realizados Nueve Vidas.	42
3.3. Resumen 1 características importantes sondajes Nueve Vida.	43
3.4. Resumen 2 características importantes sondajes Nueve Vida.	44
4.1. Detalle método absorción atómica para Au.	48
4.2. Límites de detección para el método ME-ICP41 multi-elemento.	49
4.3. Detalle frecuencia de inserción de muestras en el control de calidad.	52
4.4. Límite de tolerancia por material QA/QC.	52
4.5. Resumen control de calidad QA/QC.	53
4.6. Resumen control de calidad según Stanley.	56
4.7. Resumen estadística univariable de elementos geoquímicos Ag-Cr.*Calculado como el promedio más 2 veces el error estándar **Rangos obtenidos de Taylor (1964); Le Maitre (1976); Wedepohl (1995) y Whalen et al. (1987).	58
4.8. Resumen estadística univariable de elementos geoquímicos Cu-P.	59
4.9. Resumen estadística univariable de elementos geoquímicos Pb-Zn.	59
4.10. Correlaciones positivas mayores a 0,5 para datos que incluyen <i>outliers</i> a la izquierda y los que no a la derecha.	61
4.11. Matriz de Correlación de Pearson con datos que incluyen <i>Outliers</i> arriba y las que no lo incluyen abajo.	62
4.12. Análisis de componentes principales con datos que incluyen <i>outliers</i> a la izquierda y los que no a la derecha.	63
A.1. Control de calidad QA/QC Blancos Finos Ag y Au.	78
A.2. Continuación control de calidad QA/QC Blancos Finos Ag y Au.	79
A.3. Control de calidad QA/QC Blancos Gruesos Ag y Au.	80
A.4. Continuación control de calidad QA/QC Blancos Gruesos Ag y Au.	81
A.5. Control de calidad QA/QC Duplicado Fino Ag.	82
A.6. Control de calidad QA/QC Duplicado Fino Au.	83
A.7. Control de calidad QA/QC Duplicado Grueso Ag.	84
A.8. Control de calidad QA/QC Duplicado Grueso Au.	85
A.9. Control de calidad QA/QC Muestras Gemelas Ag.	86
A.10. Control de calidad QA/QC Muestras Gemelas Au.	87
A.11. Control de calidad 1 QA/QC Muestras Estándar Ag.	88

A.12. Control de calidad 2 QA/QC Muestras Estándar Ag.	89
A.13. Control de calidad 1 QA/QC Muestras Estándar Au.	90
A.14. Control de calidad 2 QA/QC Muestras Estándar Au.	91
A.15. Control de calidad 3 QA/QC Muestras Estándar Au.	92
A.16. Control de calidad 4 QA/QC Muestras Estándar Au.	93
B.1. Control de Calidad Stanley. Error Muestras Gemelas Ag.	95
B.2. Control de Calidad Stanley. Error Muestras Gemelas Au.	96
B.3. Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras duplicadas Ag.	97
B.4. Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras duplicadas Au.	98
B.5. Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras estándar Ag.	99
B.6. Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras estándar Au.	100

Índice de figuras

1.1. Ubicación y Acceso. Izquierda, ubicación propiedad minera Victoria. Derecha, zoom propiedad Victoria, demarcado con líneas rojas (imagen Aster con falso color, facilitada por Minera Hochschild Chile SCM), en amarillo se aprecia el prospecto Nueve Vidas.	3
2.1. Marco Geológico. Mapa marco geológico basado en la carta Taltal-Chañaral (Naranjo & Puig, 1984) y según Venegas et al. (2013).	8
2.2. Columna estratigráfica esquemática basada en la carta Taltal-Chañaral(Naranjo & Puig, 1984) el trabajo realizado por Venegas et al. (2013).	9
2.3. Franjas metalogénicas asociadas a intrusivos según Zentilli (1975); Clark et al. (1976); Sillitoe (1976) (Imagen tomada de cátedra de Metalogénesis dictada por el Dr. Victor Maksaev, y a su vez, modificada del mapa geológico de Chile 1:1.000.000).	10
2.4. Lineamientos estructurales principales. Imagen perteneciente a Cass (2007). .	11
2.5. Ubicación de las principales zonas de mineralización en la propiedad Victoria.	13
2.6. Diagrama esquemático de un Sistema de Pórfido de cobre rico en oro emplazado en una zona volcánica (estratovolcán), en donde se muestra la zonación mineral y la posible relación con <i>skarn</i> , manto, metales preciosos en un ambiente mesotermal y depósitos epitermales.	15
2.7. Relación esquemática tiempo-profundidad de las alteraciones más importantes en un Pórfido de cobre rico en oro (Sillitoe, 1993b).	16
2.8. Modelo generalizado de zonación para un pórfido enriquecido en oro (Jones, 1992).	17
2.9. Modelo esquemático de un depósito tipo IOCG (Sillitoe, 2003).	18
2.10. Zonación alteración depósito tipo IOCG (Hitzman et al., 1992).	19
2.11. Distribución espacio-temporal genearl de los arcos mágnaticos (Hammerschmidt et al, 1992) y depósitos tipo IOCG en el Norte de Chile.	20
2.12. Modelo de un sistema magmático-hidrotermal esquemático ilustrando la relación entre Pórfidos de Cu - Mo - Au ricos en azufre (derecha)(Seederff et al., 2005; Sillitoe, 2010; Richards, 2011) e IOCG pobres en azufre (izquierda) (Hitzman et al., 1992; Williams et al., 2005; Munin et al., 2010).	21
3.1. Sector sur proyecto Victoria. Afloramientos y sub-afloramientos de la secuencia volcano-sedimentaia del Jurásico superior-Cretácico inferior.	23
3.2. Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas de la zona de Nueve Vidas, Eoceno (55 Ma).	24

3.3.	Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas Eoceno medio. . .	25
3.4.	Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas Eoceno medio. . .	26
3.5.	Afloramientos y sub-afloramientos de la secuencia volcano-sedimentaria del Jurásico superior-Cretácico inferior. Zoom del recuadro rojo de la Figura 3.1. .	27
3.6.	Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas de la zona de Nueve Vidas, Eoceno Medio (55 Ma). Zoom recuadro rojo Figura 3.2	28
3.7.	Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas Eoceno medio. Zoom recuadro rojo Figura 3.3 y 3.4	30
3.8.	Mapa de alteración predominantes Nueve Vidas; Clorita-magnetita y propilitica no diferenciada.	31
3.9.	Mapa alteración Nueve Vidas; Feldespato potásico y albitización.	32
3.10.	Mapa alteraciones menores Nueve Vidas; Biotita secundaria, silificación y asociación cuarzo-sericita-pirita.	33
3.11.	Ubicación turmalina en el área de Nueve Vidas.	34
3.12.	Sector de mineralización de sulfuros; pirita diseminada	38
3.13.	Sectores de mineralización de limonitas y óxidos de hierro.	39
3.14.	Mineralización de venillas de cuarzo, cuarzo-pirita y oxidados de cobre. . . .	40
3.15.	Vista en planta de la ubicación y traza de los sondajes en el área de Nueve Vidas.	41
4.1.	Histogramas representativos del comportamiento normal de la mayoría de la variables analizadas.	57
4.2.	Histogramas representativos del comportamiento anormal de algunas de la variables analizadas.	58
6.1.	Esquema modelo simplificado final de Nueve Vidas.	68
C.1.	Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Ag-Ca).102	
C.2.	Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Cd-La).103	
C.3.	Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Mg-Sb).104	
C.4.	Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Sc-Zn).105	
C.5.	Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Ag-Ca).	106
C.6.	Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Cd-La).	107
C.7.	Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Mg-Sb).	108
C.8.	Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Sc-Zn).	109
D.1.	Mapa superficial Litologías Nueve Vidas.	111
D.2.	Mapa superficial Alteración Nueve Vidas.	112
D.3.	Mapa superficial Mineralización Nueve Vidas.	113
E.1.	Sondaje VCNRC-10003.	115
E.2.	Sondaje VCNRC-10004.	116
E.3.	Sondaje VCNRC-10005.	117
E.4.	Sondaje VCNRC-10006.	118
E.5.	Sondaje VCNRC-10007.	119
E.6.	Sondaje VCNRC-10008.	120
E.7.	Sondaje VCNRC-10011.	121
E.8.	Sondaje VCNRC-10013.	122

E.9. Sondaje VCNRC-10016.	123
E.10.Sondaje VCNRC-10017.	124
E.11.Sondaje VCNRC-10020.	125
E.12.Sondaje VCNRC-10021.	126
E.13.Sondaje VCNRC-10027.	127
E.14.Sondaje VCNRC-11030.	128
F.1. Perfil esquemático litológico A-A'	130
F.2. Perfil esquemático litológico B-B'	131
F.3. Perfil esquemático litológico C-C'	132
F.4. Perfil esquemático litológico y alteracional A-A'	133
F.5. Perfil esquemático litológico y alteracional B-B'	134
F.6. Perfil esquemático litológico y alteracional C-C'	135

Capítulo 1

Introducción

En el área de estudio, ubicada a 120 km al Este de Talta, en la II región de Antofagasta, ha existido explotación histórica de plata que remonta a antes de los años 80, principalmente en sistemas de vetas con zonas de enriquecimiento secundario de plata de estos mismos. Dentro de estos se destacan Mina Vaquillas, Victoria I y II, y Vetas Negras (Cass, 2007; Hub & Muñoz, 2011). Luego de la disminución de leyes de plata, a comienzos de 1980, la explotación en la zona decayó, pero se han realizado nuevas campañas de exploración de sistemas de pórfidos cupríferos ocultos bajo extensas coberturas de gravas, conocidas como Gravas de Atacama (Mortimer, 1973; Naranjo & Puig, 1984). Las empresas que han trabajado en esas campañas de exploración han sido: Empresas Mineras BHC, BHP (Minera Utah de Chile), *RTZ-CRA Mining and Exploration Limited*, *Fremont Gold* y *Mena Resources Inc* (Cass, 2007), y actualmente se encuentra siendo explorada por Minera Hochschild Chile SCM .

Durante 3 décadas de exploración, aproximadamente, se han identificado nuevos blancos de exploración (con anomalías geoquímicas de oro y cobre), de los cuales, algunos se han abandonado porque no reúnen las características que las empresas encargadas buscaban, y otros, aún están siendo explorados en la actualidad. Dentro de estos nuevos prospectos destaca el blanco Nueve Vidas, en el que algunas empresas Junior, como El Dorado, concentraron esfuerzos en su caracterización geológica. Así, Nueve Vidas consta con la presencia de anomalías geoquímicas en Au significativas. Sin embargo, la rápida exploración de este sistema no alcanzó el éxito, probablemente por falta de una buena interpretación de los resultados de superficie y sondajes (Hub & Muñoz, 2011). Es por esto que surgió la idea de realizar un trabajo de memoria que logre unificar y fortalecer las investigaciones anteriores de este prospecto. Así, en este trabajo se ha realizado una compilación de información histórica basada en informes de mapeos geológicos de superficie y subterráneos (sondajes de aire reverso), información geoquímica y bibliografía correspondiente para lograr clasificar el prospecto Nueve Vidas dentro de algún modelo metalogénico característico (IOCG o Pórfido mineralizado), y además, aportar recomendaciones para futuras campañas de exploración en el sector.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es asociar el prospecto Nueve Vidas a un modelo metalogénico característico, caracterizarlo geoquímicamente y generar recomendaciones al proyecto, mediante la comprensión de su geología, mineralización y geoquímica.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general se presentan los siguientes objetivos específicos:

- Definir, caracterizar y correlacionar las unidades geológicas presentes en la zona de estudio.
- Establecer zonas de asociación mineralógica de alteración, clasificándolas según los distintos tipos de alteración hidrotermal establecidos por otros autores.
- Definir y clasificar la mineralización presente en el área de Nueve Vidas.
- Análisis estadístico básico de la geoquímica de sondajes.

1.2. Hipótesis De Trabajo

La hipótesis de este trabajo consiste en que las características de mineralización y alteración del prospecto Nueve Vidas son afines a algún modelo de depósito del tipo IOCG (*Iron Oxid Copper Gold*), pórfido aurífero u otro, y que la comprensión de su geología puede conducir a una reevaluación, a nuevas exploraciones, o a recomendar su abandono.

1.3. Ubicación y Acceso

La zona de Nueve Vidas se ubica al sur de la propiedad minera denominada Victoria, perteneciente a Minera Hochschild Chile SCM, la que se encuentra en el Norte de Chile, en la II Región de Antofagasta, aproximadamente a 120 Km al E de Taltal y a 290 Km al SE de Antofagasta, precisamente en la Precordillera Chilena a 70 km de la frontera con Argentina. Se ubica inmediatamente al Oeste de la Cordillera de Domeyko (Figura 1.1) y dentro del dominio del Sistema de Falla de Domeyko ([Mpodozis et al., 1993](#)) (Figura 2.4).

El acceso a la propiedad minera Victoria es posible desde Antofagasta o desde el sur de Taltal a través de la Ruta CH-5, mediante un desvío al norte del control de Carabineros de Agua Verde, el cual consiste en un camino secundario sin asfaltar demarcado como Ruta al Salar Aguas Calientes de aproximadamente 65 Km al campamento base de la propiedad, conocido como campamento Vaquillas.

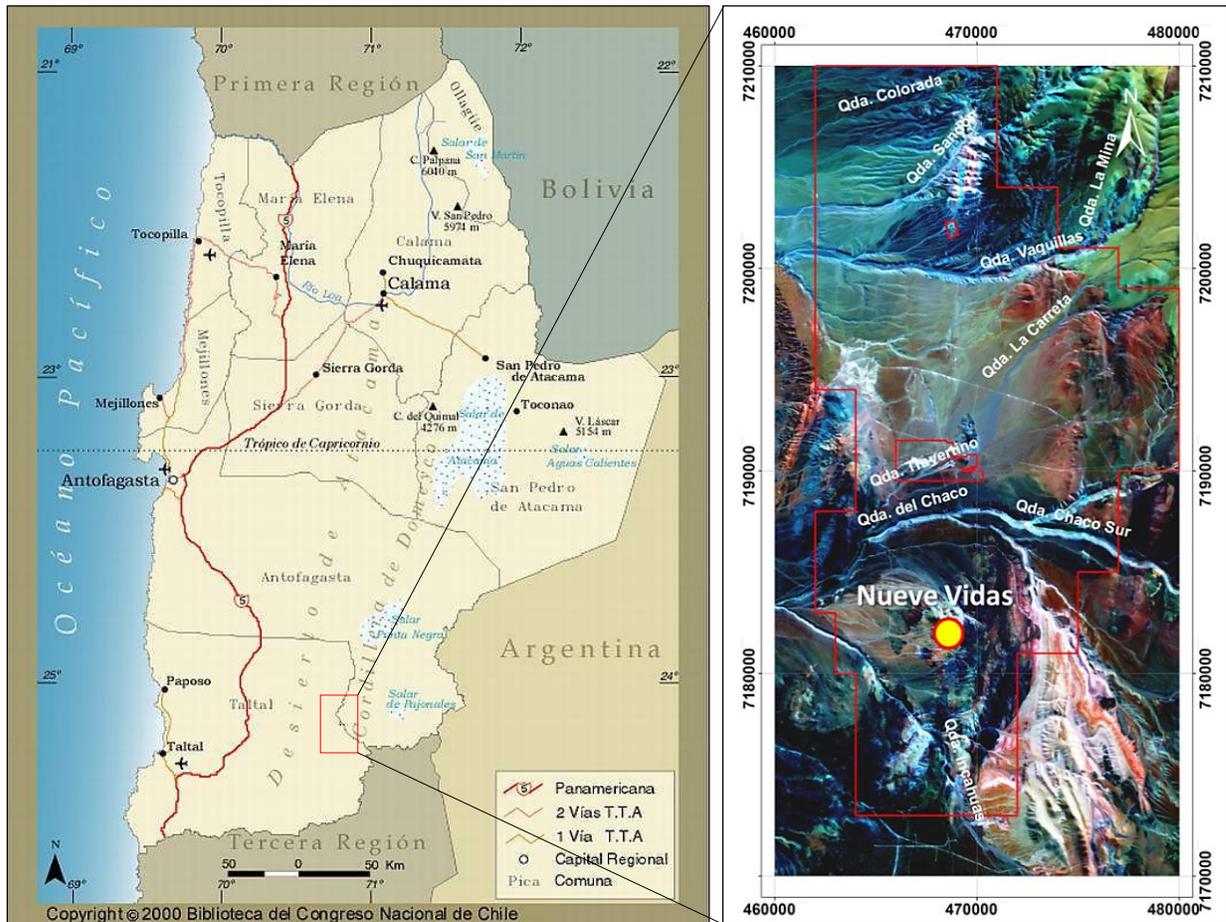


Figura 1.1: Ubicación y Acceso. Izquierda, ubicación propiedad minera Victoria. Derecha, zoom propiedad Victoria, demarcado con líneas rojas (imagen Aster con falso color, facilitada por Minera Hochschild Chile SCM), en amarillo se aprecia el prospecto Nueve Vidas.

1.4. Clima y Vegetación

El clima en el cual se enmarca la zona de estudio es del tipo desértico, con variaciones de temperatura extremas entre el día y la noche, que pueden alcanzar máximas por sobre los 30°C en los días de verano y por debajo de los -20°C en las madrugadas de invierno. Se debe destacar que durante el día los índices de radiación ultravioleta son altísimos.

El régimen de lluvias es muy escaso, pero se han evidenciado ocasionales nevadas de algunos centímetros en invierno y algunas lluvias en verano cuando se extiende hasta la zona de estudio el efecto del Invierno Boliviano, que normalmente afecta a zonas más altas, sobre los 4000 m.s.n.m., específicamente en la Puna ubicada hacia el Este del Proyecto Victoria.

La presencia de fauna y flora es escasa y se restringe, en el caso de la flora, a zonas de quebradas donde existe mayor acumulación de humedad y expresiones superficiales de aguas subterráneas. Las máximas manifestaciones de aguas se aprecian en algunos sectores de la Quebrada Chaco e Incahuasi, alimentadas desde el Este por las nacientes ubicadas en la puna y que poseen aportes anuales de las lluvias ocasionadas por el Invierno Boliviano. La

fauna (lagartos, zorro, vicuñas, guanacos y algunas aves) se concentran en relación directa a las fuentes de alimentos asociadas a estos sectores donde se desarrolla vegetación en las quebradas principales. Los recursos locales son escasos, y el más importante es el agua que se puede obtener de la quebrada Chaco, en la que existen algunos pozos antiguos destinados a exploración y captación de aguas. La fisiografía del terreno consiste en morfologías suaves rellenas por gravas y que son cortadas por las quebradas principales en sentido Este-Oeste, y en el que resaltan una serie de afloramientos y pequeñas cordilleras de elongación preferencial NS (Cerro Vaquillas, Cerros Cenizas) con alturas que en el caso de los cerros más altos superan los 4000 metros sobre el nivel del mar.

1.5. Metodología de Trabajo

Para llevar a cabo los objetivos específicos planteados anteriormente, se ha realizado:

- Un reconocimiento geológico superficial de la zona estudiada, observando las litologías y alteraciones principales con apoyo de un mapa a escala 1:10.000 y trabajos anteriores. Asimismo, se efectuaron observaciones de los testigos de sondajes de aire reverso (*cuttings*), centrándose en las litologías y alteraciones presentes en la zona.
- La misma metodología expuesta en el primer punto se ha aplicado en la caracterización de la mineralización presente en la zona, tanto superficial como en los sondajes.
- Un estudio estadístico básico de la geoquímica presente en los sondajes RC. Esto se ha realizado en un software especializado llamado *ioGAS*.
- Confección de perfiles geológicos esquemáticos, en los que se destaca la relación espacial de litologías y alteraciones.

La caracterización geológica de Nueve Vidas, que involucra todo lo antes mencionado, ha sido apoyada en *ArcGis 9.2* y *Target*, *software* especializados en manipulación de datos geológicos superficiales y de sondajes, respectivamente.

Capítulo 2

Antecedentes Geológicos

El siguiente resumen geológico deriva en gran parte del trabajo realizado por [Naranjo & Puig \(1984\)](#), [Cornejo & Mpodozis \(1996\)](#) y la carta geológica de Sierra Vaquillas Altas desarrollada por [Venegas et al. \(2013\)](#). La zona de estudio se caracteriza por la presencia de rocas intrusivas y rocas volcánicas félsica del Paleozoico superior y secuencias de rocas sedimentarias marinas y continentales, junto con secuencias volcánicas, ambas plegadas y falladas; entre el Triásico y el Paleógeno. Estas secuencias de rocas son intruidas por stocks de rocas de composición granodiorítica a diorítica y pórfidos félsico del Paleoceno al Eoceno-Oligoceno.

2.1. Marco Geológico Regional

Según la estratigrafía de la zona, la unidad más antigua corresponde a la **Formación La Tabla** ([García \(1967\)](#), emend. [Cornejo et al. \(1993\)](#)) asignada al Carbonífero Superior-Pérmico Medio; 328-259 Ma. Esta aflora al E del área estudiada y se distribuye elongadamente en dirección NS (ver Figura 2.1). Se compone principalmente por flujos de lavas riolíticas de color gris oscuro a negro, acompañadas de brechas volcánicas y lavas andesíticas subordinadas. Presenta extensos cuerpos intrusivos tales como granitoides y pórfidos riolíticos asociados al complejo intrusivo Punta del Viento ([Naranjo & Puig, 1984](#); [Marinovic et al., 1995](#)). La base de esta formación no se observa en el área de estudio y su techo está en contacto con las rocas de la Formación Quebrada del Salitre mediante una discordancia angular y erosiva.

La Formación Quebrada del Salitre ([Naranjo & Puig \(1984\)](#), emend. [Cornejo et al. \(1993\)](#)) se distribuye al SE del sector Nueve Vidas (ver Figura 2.1). En la Quebrada Agua de la Piedra es posible observar una secuencia de areniscas, conglomerados clasto-soportado y limolitas. Dada la evidencia fósil registrada, esta formación puede ser asignada a una edad Triásica Superior. Hacia su techo se encuentra en contacto aparentemente concordantemente con las rocas de la Formación El Profeta ([Chong, 1973](#)).

La Formación El Profeta aflora al E y al SE del área de estudio (ver Figura 2.1). Corresponde a un potente espesor de rocas sedimentarias marinas calcáreas, silicoclásticas

y evaporíticas. Está constituida principalmente por una secuencia de calcarenitas y calizas con intercalación de lutitas. También es posible observar una alternancia de areniscas, conglomerados y calizas intercalados con niveles tobáceos. En niveles superiores se presentan horizontes de yeso. En algunos sectores es posible observar intercalaciones de niveles coqui-noídeos finos y conglomerados pardo amarillentos. Su edad, evidenciada por el registro fósil, corresponde al Hettangiano.-Berriasiano? (Naranjo & Puig, 1984).

La Formación Llanta (Campaniano-Maastrichtiano; 73-68 Ma), sobreyace en discordancia angular a la Formación El Profeta y se sitúa justo en el área de estudio, en la Sierra Santa Ana (ver Figura 2.1 y 2.2). En ese lugar se observa una sucesión volcánica conformada, de base a techo, por tobas, lavas dacíticas y brechas volcánicas, y areniscas y conglomerados. Estas rocas están en contacto por falla inversa con secuencias carbonatadas fosilíferas del Jurásico Medio-Superior (Formación El Profeta), mientras que su techo no está expuesto. (Frutos et al. (1975), emend. Cornejo et al. (1993)).

Para la Unidad informal **Estratos El Estanque** (Paleoceno Inferior, 63 Ma) (Naranjo & Puig, 1984) se creía que esta sobreyacía en discordancia erosiva y angular a las rocas sedimentarias de la Formación El Profeta y Formación Llanta. Sin embargo, gracias a nuevas dataciones realizadas en cuerpos volcánicos por Venegas et al. (2013), esta unidad informal fue redefinida (ver Figura 2.2). Así, esta corresponde a una secuencia volcánica, compuesta por potentes capas (<10 m) macizas de lavas andesíticas a dacíticas de piroxenos y brechas volcánicas de igual composición, domos andesíticos de piroxeno y brechas asociadas. La base de esta unidad no aparece expuesta, aunque fallas inversas la ponen en contacto con rocas estratigráficamente inferiores del Jurásico, y está cubierta localmente en discordancia angular, por lavas del Eoceno Inferior de la Formación Chile Alemania (Unidad informal, Naranjo & Puig (1984), emend. Venegas et al. (2013)).

La Formación Chile-Alemania, de edad Paleoceno Inferior- Eoceno Inferior; 64-51? Ma, aflora al SW del área de Nueve Vidas (ver Figura 2.1), corresponde a un extenso conjunto de rocas volcánicas, dentro de las cuales se incluyen flujos de lavas, rocas piroclásticas cuya composición varía de andesíticas a dacíticas, y pórfidos subvolcánicos. Las rocas de esta formación sobreyacen a la Formación Llanta en una discordancia angular e infrayace a las gravas de Atacama (ver Figura 2.2).

Al Este del área de estudio se encuentran presente las evidencias del volcanismo Oligoceno-Mioceno. Se distingue el Grupo Volcánico Cerro Chaco, constituido por los volcanes Cerro Dos Hermanos y Cerro Chaco, el cual corresponde al mayor centro volcánico del área. El Grupo volcánico Infieles se ubica al SE del área y está formado por diferentes volcanes y coladas de lavas que se agrupan en los Domos Pereda, Volcanes Infieles I, II, III, IV. Estas unidades volcánicas cubren las formaciones Quebrada del Salitre, Profeta y Estratos El Estanque. La edad se asocia al Mioceno.

Las Gravas de Atacama, unidad informal definida por Mortimer (1973)), son depósitos de gravas polimícticas con mala selección, no consolidados y escasamente cementadas. Esta unidad cubre en discordancia angular y de erosión a las demás unidades preexistentes, y en el sector oriental engranan lateralmente con los grupos volcánicos Chaco e Infieles.

Los depósitos más modernos son depósitos aluviales y coluviales constituidos por gravas,

arenas y limos. Los coluvios se restringen a faldeos abruptos tanto en quebradas como cerros y están compuestos por clastos monomícticos angulosos. Los aluvios forman en las quebradas pequeños abanicos y en las planicies se distribuyen en forma extensa.

Las unidades intrusivas del área se reducen a los **Intrusivos de la Sierra Santa Ana**, unidad informal definida por [Venegas et al. \(2013\)](#) que agrupa un conjunto de rocas subvolcánicas e hipabisales, holocristalinas a porfídicas, que afloran en el límite sur de la carta Sierra Vaquillas Altas, en el borde occidental y parte central de la sierra de Santa Ana y en un afloramiento aislado al Este de la sierra Candeleros. Estos cuerpos intruyen una secuencia continental, mayormente volcánica, del Cretácico Superior, descrita como Formación Llanta. En esta unidad se agrupan diversas litologías predominantes: microdioritas de hornblenda y piroxeno, dacitas de anfíbola y andesitas de hornblenda (ver Figuras 2.1 y 2.2).

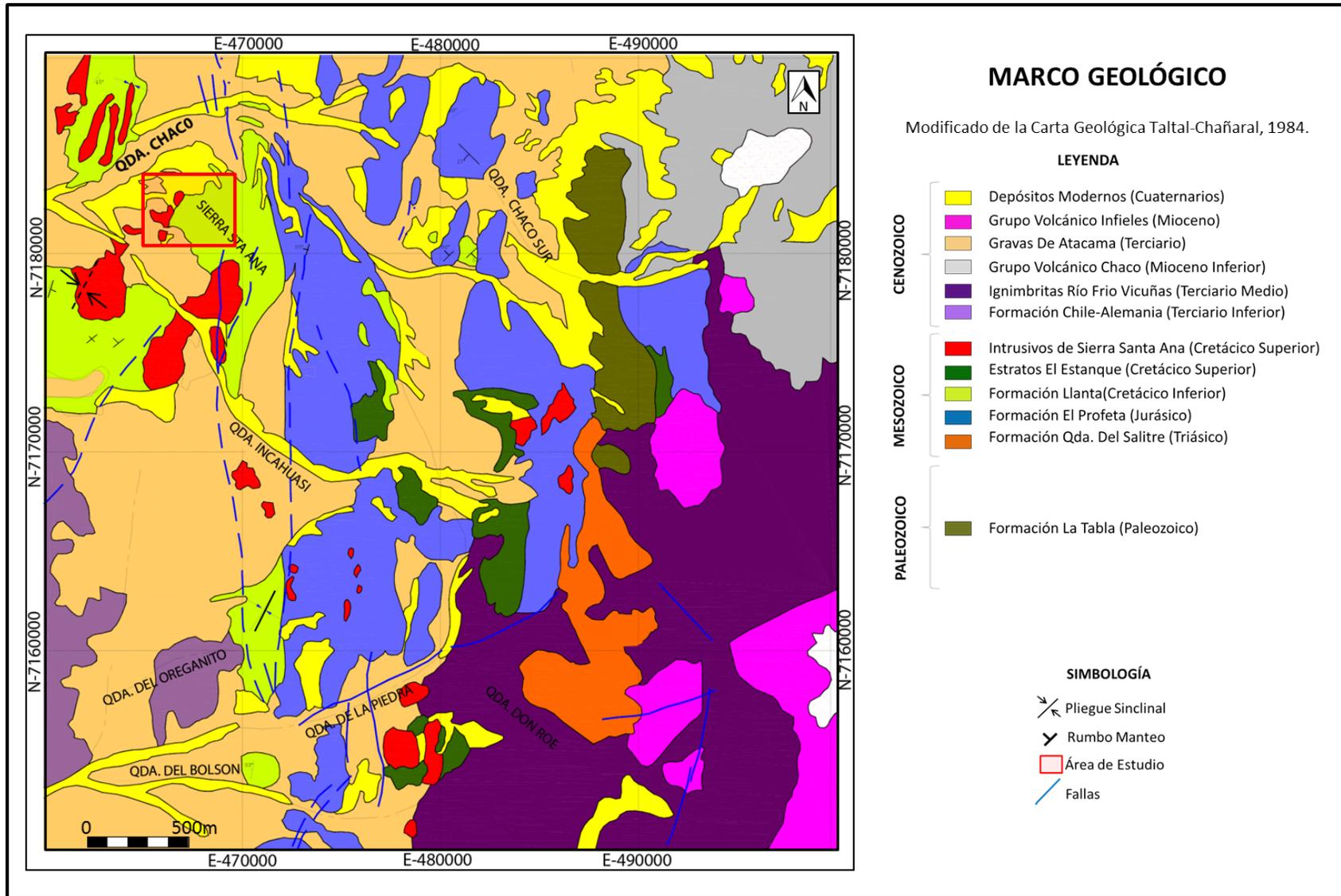


Figura 2.1: Marco Geológico. Mapa marco geológico basado en la carta Taltal-Chañaral (Naranjo & Puig, 1984) y según Venegas et al. (2013).

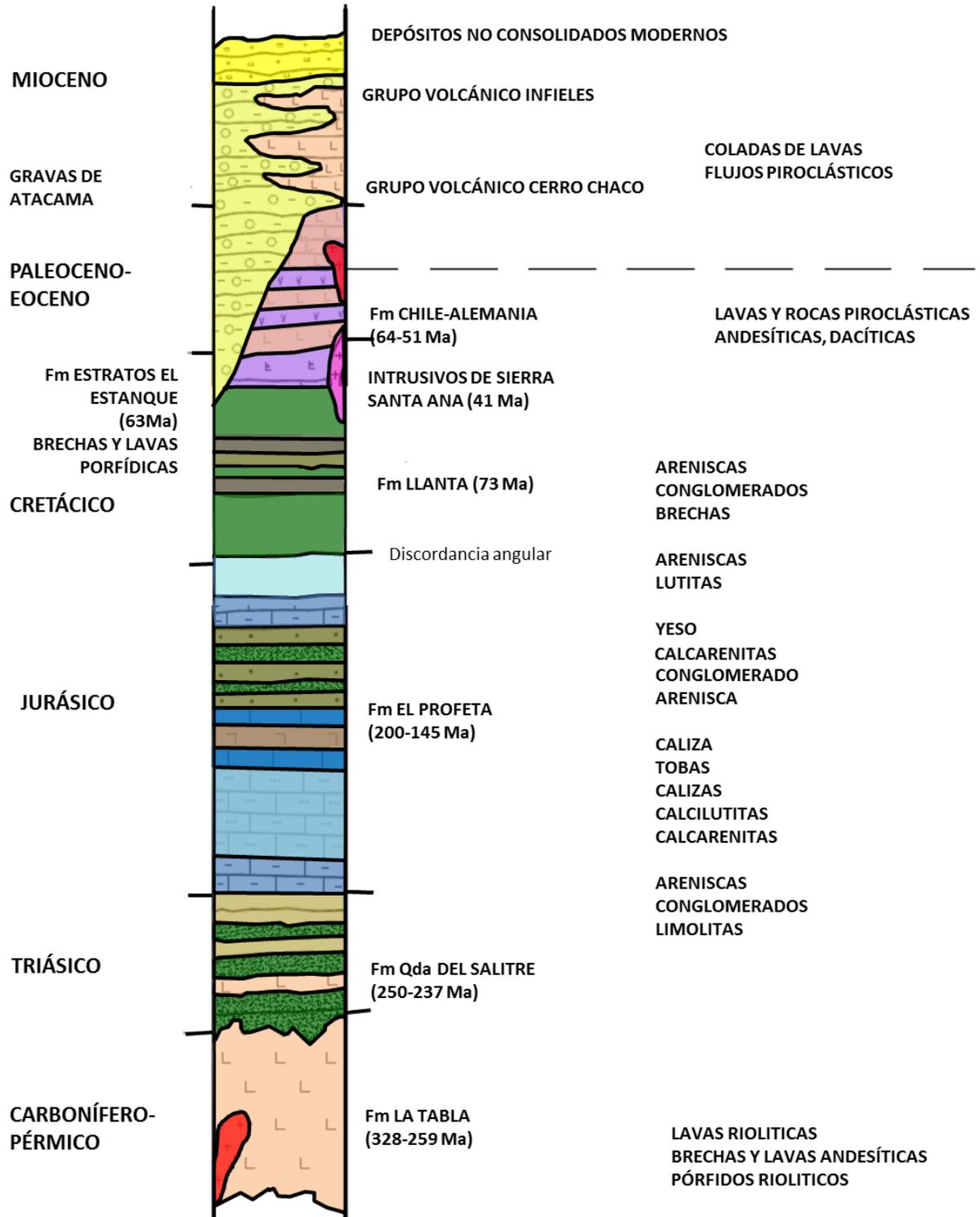


Figura 2.2: Columna estratigráfica esquemática basada en la carta Taltal-Chañaral (Naranjo & Puig, 1984) el trabajo realizado por Venegas et al. (2013).

2.2. Marco Estructural y Metalogénico

La zona del Prospecto Nueve Vidas se encuentra dentro de la franja Eoceno-Oligoceno (ver Figura 2.3 y 2.4) en donde se encuentran los pórfidos de cobre más importantes del Norte de Chile. Estos albergan la mayor parte de los grandes yacimientos de cobre en el país, de los cuales se destacan El Salvador, Potrerillos, Chuquicamata y Escondida. La franja Eoceno-Oligoceno es un estrecho pasillo elongado NS de unos 30 a 50 km de ancho que se extiende a más de 1.000 km desde los 28° a los 19° S. Esta franja está asociada a un elemento estructural denominada como Sistema de Falla de Domeyko, y se ubica en el límite occidental con el Valle Central o Depresión Intermedia.

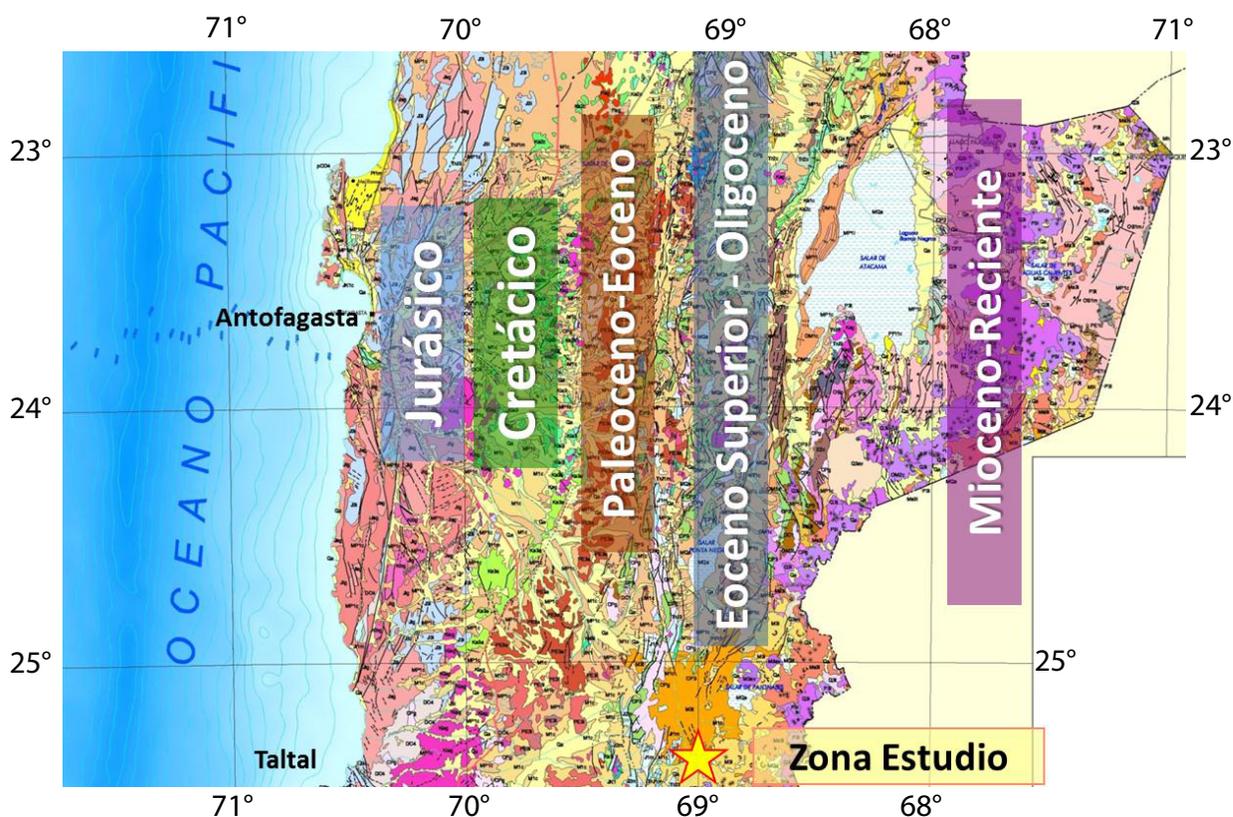


Figura 2.3: Franjas metalogénicas asociadas a intrusivos según Zentilli (1975); Clark et al. (1976); Sillitoe (1976) (Imagen tomada de cátedra de Metalogénesis dictada por el Dr. Victor Maskaev, y a su vez, modificada del mapa geológico de Chile 1:1.000.000).

La zona de Falla de Domeyko se caracteriza por un fallamiento paralelo de tendencia NS con una historia movimientos normales que se remonta, por lo menos, hasta finales del Eoceno (Maskaev & Zentilli, 1988). Su origen tal vez se liga con los rift formados en el Paleozoico y el Mesozoico (Gunther et al., 1997). Durante el Oligoceno y Eoceno temprano la zona de Fallas de Domeyko coincidió con el margen oriental del arco magmático andino, por tanto, el volcanismo calco-alcalino y plutonismo se centraron a lo largo de esa zona. Las intrusiones generadoras de pórfidos cupríferos fueron posicionadas a lo largo de la Zona de fallamiento en una fase tardía del ciclo magmático, y por lo general constituye la última fase plutónica significativa (Maskaev & Zentilli, 1988; McKee & Noble, 1989; Hammerschmidt et al, 1992).

Aunque el control estructural de primer orden en la localización de los sistemas de pórfido en la Zona de Fallas de Domeyko ha sido conocido por muchos años, se ha reconocido más recientemente un control de segundo orden (ver Figura 2.4). Este consiste en lineamientos con rumbo Noreste y Noroeste que se intersectan con la Zona de Falla de Domeyko, estos cruces parecen coincidir con los pórfidos más grandes conocidos a la fecha (Salfity, 1985; Salfity & Gorustovich, 1998). La naturaleza y el origen de estos lineamientos no está claro, ni el mecanismo por el cual parecen haber centrado la actividad ígnea intrusiva.

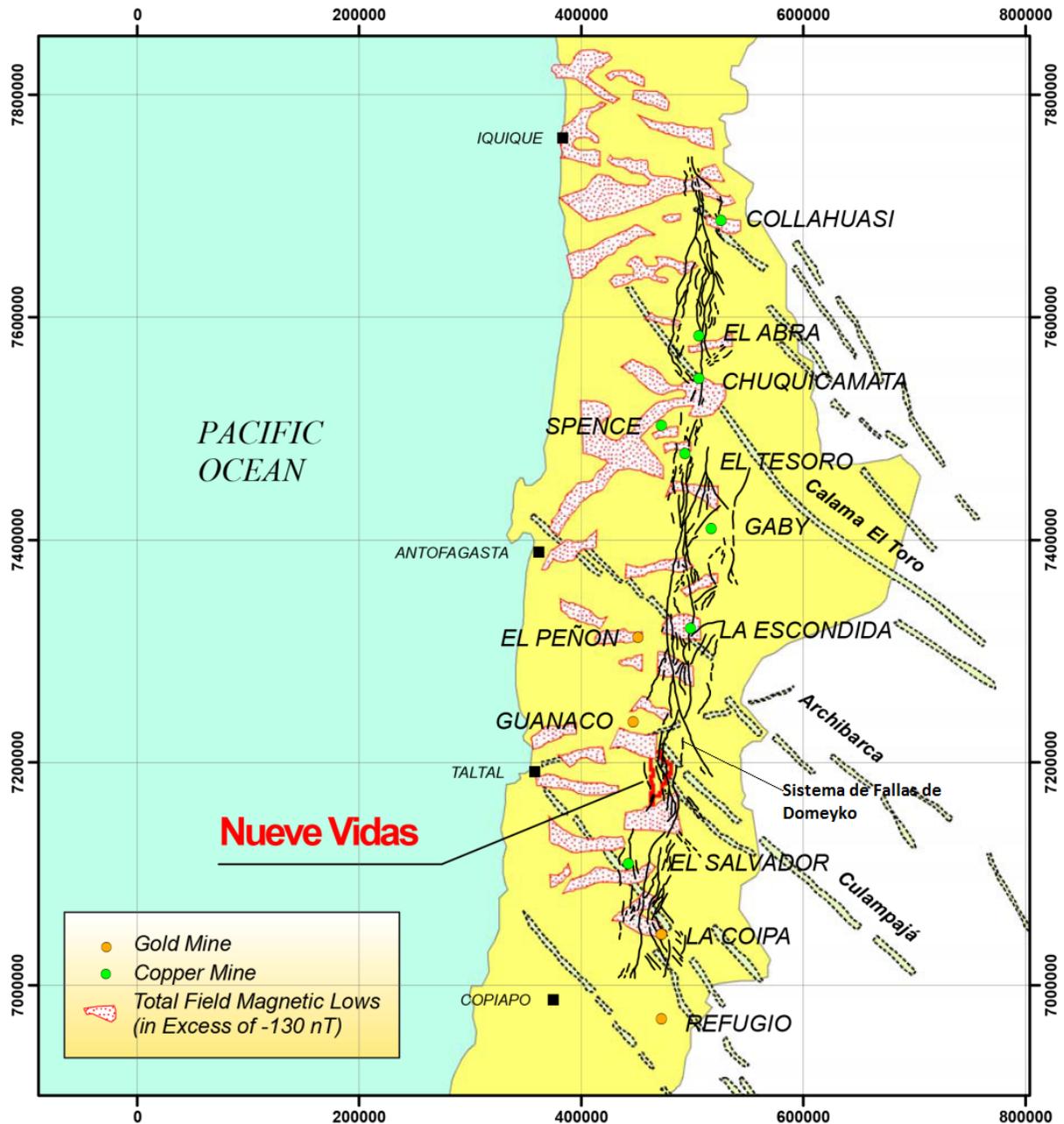


Figura 2.4: Lineamientos estructurales principales. Imagen perteneciente a Cass (2007).

La propiedad minera Victoria, dentro de la cual está Nueve Vidas, presenta diversos estilos de mineralización. La mayoría de estos están temporal y espacialmente asociados

al corredor estructural Vaquillas - Cenizas, que corresponden a la expresión local de la Zona de Falla de Domeyko. El corredor actuó como un controlador de la actividad hidrotermal y el emplazamiento de las diferentes configuraciones y estilos de mineralización de metales preciosos y la de pórfido de cobre. Dentro de los estilos de mineralización presentes en la propiedad Vaquillas, según *Iron Creek* en 2009, se destacan:

- Mina Vetas Negras, que comprende un sector aproximado de 1 por 3 km y corresponde a domos riolíticos y dacíticos cubiertos por depósitos aluviales y coluviales, con excepción del sector Este, en donde se encuentra en contacto por falla con secuencias sedimentarias del Jurásico Inferior. Estos cuerpos ígneos albergan un enjambre de vetas mineralizadas ricas en plata con tendencias NNE y NNW, potencias de 1 a 2 m y extensión de hasta 600 m. La alteración hidrotermal de cuarzo-sericita domina en el área y se presenta hasta unos 70 m bajo la superficie, según los sondeos realizados. Estas venillas presentan óxidos y carbonatos de manganeso y hierro, baritina, oxidados de cobre y sulfosales de plata. De las anomalías químicas se destacan As (>559 ppm), Sb (>1204 ppm), Zn (559 ppm), Au (>0,19 ppm) y la plata que posee valores de 16 a 711 ppm, con un promedio de 209 ppm.
- Mina Vaquillas, está relacionada a un área elongada NS de unos 5,5 por 2 km, en la cual se destacan alteraciones como silicificación y argilización (con envoltentes de sericita a clorita). Muchas de las fallas presentes en la zona albergan mineralización de oro y plata del tipo epitermal, predominando venillas fina, sulfuros diseminados en la roca huésped y brechas hidrotermales. Las venillas y la diseminación contienen plata nativa, que en profundidad se encuentra relacionada con abundancia de piritita, proustita, pirargirita y argentita, con menor cantidad de galena y covelina. La mineralización de ganga consta de cuarzo, baritina, calcita, arcillas y abundantes limonitas.
- Picarón, es un prospecto de 3 por 3 km localizado a 5 km al Oeste de la mina Vaquillas. La mayoría del área está cubierta por gravas y solo una pequeña porción aflora. El área corresponde a un débil desarrollo de un sistema porfirico de cobre, caracterizado por una cobertura lixiviada de jarosita sobre una zona de alteración propilitica, escasa presencia de clorita-epidota-calcita en fracturas y venillas de cuarzo-sericita-limonitas. También existen venillas supérgenas de alunita y ocurrencias de turquesa, tanto diseminada como en venillas. Sondeos cortaron en sus últimos tramos una alteración potásica con piritita y trazas de calcopiritita. El sistema se asocia a una serie de intrusiones de pórfidos de composición dacítica a andesítica en una roca de caja volcánica-sedimentaria.
- El prospecto Chaco, corresponde a una pequeña ocurrencia de oro alojado en rocas sedimentarias ricas en baritina, hierro y carbonatos, especialmente asociado a brechas de 2 a 3 m de potencia. Se registraron valores de oro entre 1,34-7,22 ppm, plata entre 0,8-7,2 ppm y también anomalías químicas de As, Ba, Fe, Mn, Sb y Hg.
- Victoria I y II corresponden a un sistema de venillas ricas en plata, cuya mineralización corresponde a óxidos de manganeso y hierro, carbonatos, baritina y cuarzo, con valores de oro de hasta 101 ppm, Ag 313 ppm y anomalías químicas de As, Mn, Pb, Sb, Zn y Hg.
- Cenizas, corresponde a una secuencia de rocas volcánicas y volcánicas-sedimentarias que alojan una alteración pervasiva de sílice-arcillas-piritita, una propilitización asociada a un intrusivo tonalítico y a lavas andesíticas, y oxidación superficial intensa de jarosita diseminada y masiva, asociada a zonas de intensa brechización. Posee valores de oro de

hasta 3,4 ppm y anomalías químicas de As, Sb, Mo, Pb, Cu y escasa Ag.

- Incahuasi, corresponde a una zona de alteración de 3,7 por 1,3 km localizada en la parte más Sur de la propiedad Victoria. Consiste principalmente en una alteración de sílice-arcillas-pirita en sedimentos, andesitas y riolitas. Se desarrolla una fuerte argilización y lixiviación superficial (jarosita-hematita-magnetita) y presenta anomalías de As, Au, Cu, Mo, Sb y Pb.

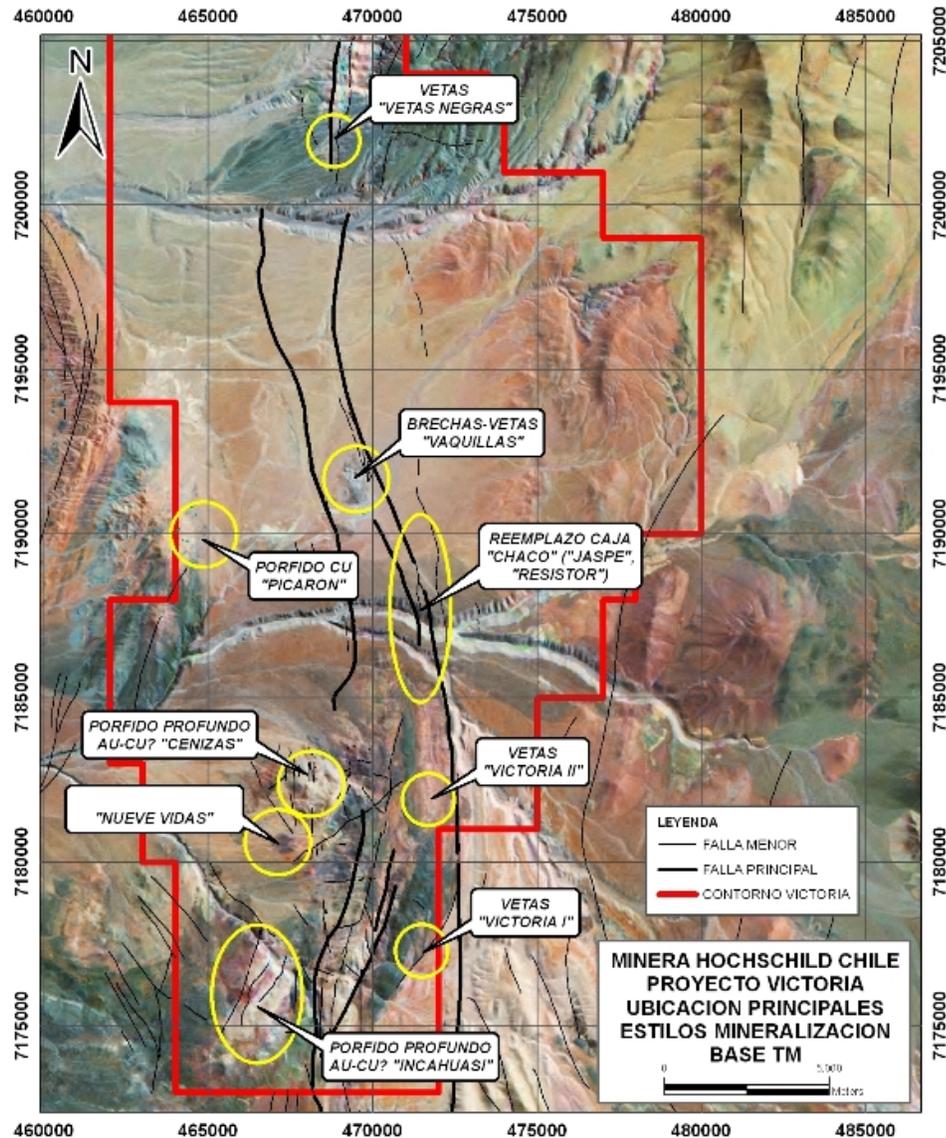


Figura 2.5: Ubicación de las principales zonas de mineralización en la propiedad Victoria.

2.3. Marco Teórico

En este apartado se presentan las características generales de dos tipos de depósitos minerales; Pórfidos Auríferos e IOCG. Su caracterización se centra principalmente en los tipos de alteraciones (relación espacio-temporal, por ejemplo), mineralogía, origen, entre otros. Para

finalizar se realiza una comparación directa entre estos dos depósitos apoyado en un trabajo realizado por [Richard & Mumin \(2013\)](#).

2.3.1. Pórfido Aurífero

En este apartado se exponen las características principales de los depósitos tipo pórfidos Auríferos o ricos en oro.

Los depósitos tipo pórfido son grandes, de grado bajo a medio en los que los minerales de mena primarios (hipógenos) están controlados predominantemente por estructuras y están espacialmente y genéticamente relacionados con intrusiones porfídicas félsicas a intermedias ([Kirkham, 1972](#)). El gran tamaño y el control estructural (por ejemplo, vetas, set de venillas, *stockworks*, fracturas, 'zonas craqueladas', y brechas) sirven para distinguir estos depósitos tipo pórfidos de una variedad de depósitos que pueden estar asociados periféricamente.

Según [Sillitoe \(1979\)](#), un pórfido rico en oro es todo aquel que posee una ley media mayor o igual a 0,4 ppm de oro. Dentro de esta definición básica se encuentra: Bajo de La Alumbraera, Argentina; *Saindak*, Pakistán; *Ok tedi* y *Panguna*, Papúa-Nueva Guinea. Por otro lado, [Cox & Singer \(1988\)](#) señalan que en la división entre pórfidos cupríferos ricos y pobres en oro se debe tomar en cuenta la ley de molibdeno basado en la relación $Au(ppm)/Mo(\%)$. Si esta relación es mayor a 30 se dice que es un pórfido rico en oro.

Los sistemas porfíricos ricos en oro poseen la mayoría de los atributos asociados a depósitos de pórfidos de cobre pobres en oro y comúnmente ricos en molibdeno, según [Lowell & Guilbert \(1970\)](#) y [Tittley & Beane \(1981\)](#). El oro se presenta dentro y alrededor de *Stocks* porfíricos alterados. Estos *Stocks* se encuentran ligados a un sistema hidrotermal más extensos, lo cual puede significar en la presencia de otros sistemas mineralizados como sistemas de alta y baja sulfidización, skarn y sistemas sustituyentes en rocas carbonatadas y no carbonatadas ([Sillitoe, 1991](#); [Jones, 1992](#)).

El intervalo de edad de los pórfidos cupríferos con leyes $>0,3$ ppm de Au está comprendido entre el Precámbrico (2.600 Ma) y el Plioceno-Pleistoceno (1,5 Ma), centrándose principalmente en el Cenozoico. Estos se encuentran, predominantemente, tanto en márgenes continentales de tipo andino, como en arcos de islas edificados sobre corteza oceánica.

Las rocas de caja de los pórfidos cupríferos ricos en oro muestran un amplio intervalo de edad y composición. Pueden incluir, entre los casos más recurrentes:

1. Secuencias volcánicas y volcano-sedimentarias contemporáneas con el emplazamiento del pórfido.
2. Rocas metamórficas que varían desde esquistos y anfibolitas paleozoicas (*Chapada*, Brasil; [Richardson et al. \(1986\)](#)) hasta turbiditas y piroclásticos metamorizados paleozoicos (*Kopsa*, Finlandia; [Gaal & Isohami \(1979\)](#)).

La composición de los tipos de intrusivo se encuentra principalmente dentro de afinidades calcoalcalina, tales como diorítica, dioríticas cuarcíferas, monzoníticas, andesíticas, dacíticas,

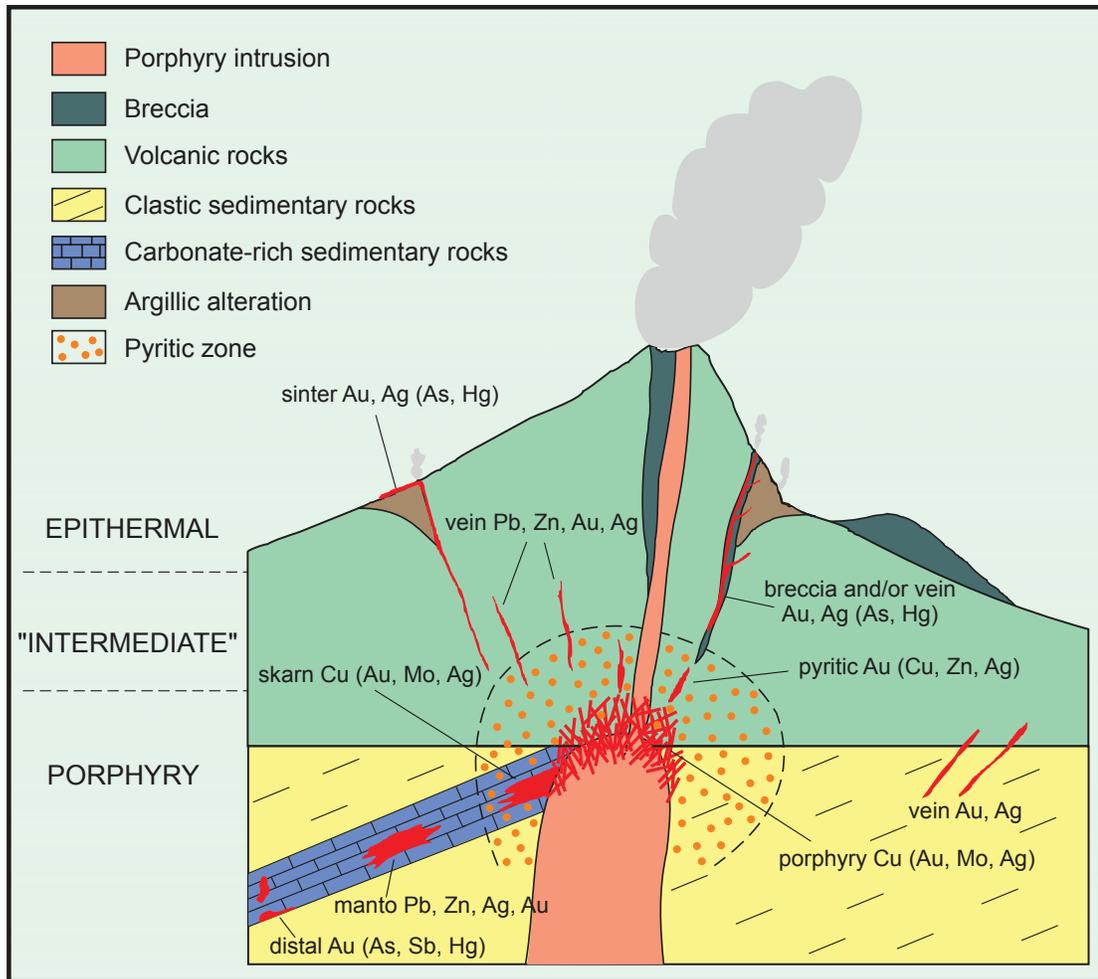


Figura 2.6: Diagrama esquemático de un Sistema de Pórfido de cobre rico en oro emplazado en una zona volcánica (estratovolcán), en donde se muestra la zonación mineral y la posible relación con *skarn*, manto, metales preciosos en un ambiente mesotermal y depósitos epitermales.

entre otras. Aunque también existen casos de afinidad alcalina y shoshonítica.

La mayoría de los pórfido auríferos presentan una zonación de alteración hidrotermal bien desarrollada, típicamente constituida por un núcleo potásico de biotita, feldespato potásico y, en ciertos casos, actinolita, rodeado por una aureola propilítica. En algunos depósitos, una asociación de cuarzo-sericita forma, ya sea un halo alrededor del núcleo potásico (*Goonumbla*, Bajo de La Alumbreira) o se sobrepone a él (*Island Copper*, Panguna. Bajo El Durazno). Una asociación de sericita-arcilla-clorita es característica de los yacimientos filipinos, algunos de los cuales desarrollan una cubierta de alteración argílica avanzada ([Sillitoe & Gappe, 1984](#)).

Algunas variaciones con respecto a este modelo general de alteración han sido descritas en *Cariboo-Bell*, *Galore Creek*, *Cabang Kiri*, *Mamut Tanamá*, *Island Copper*, *Chapada* y *McIntyre*. En los dos primeros una zona rica en granate bordea al núcleo potásico (no tan

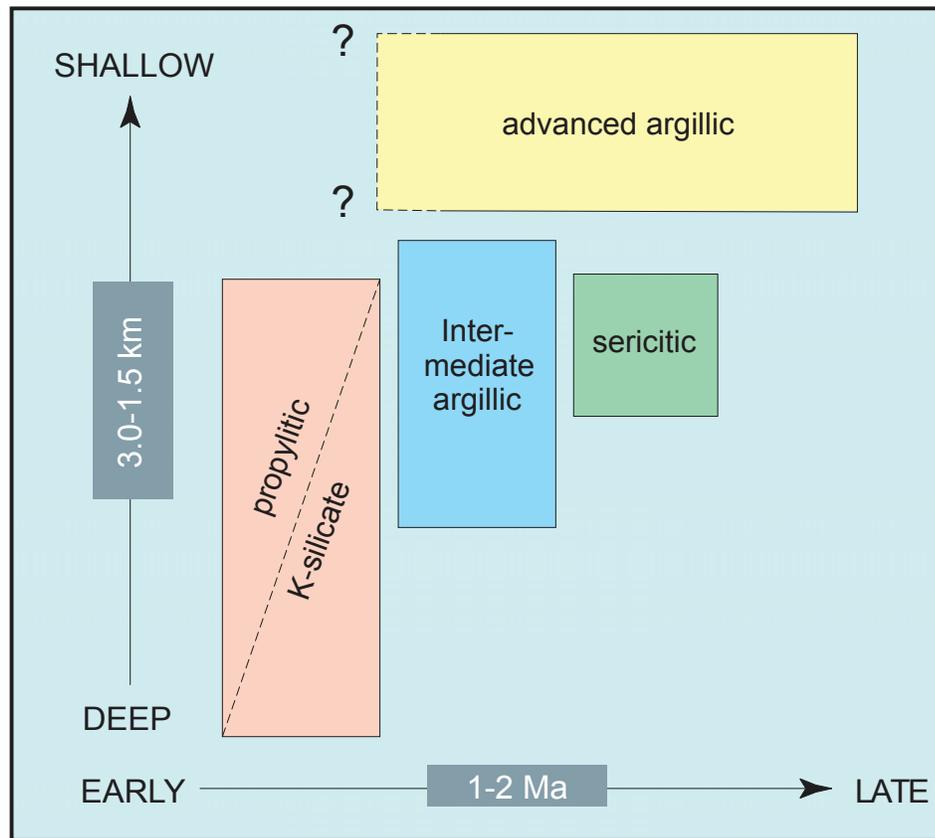


Figura 2.7: Relación esquemática tiempo-profundidad de las alteraciones más importantes en un Pórfido de cobre rico en oro (Sillitoe, 1993b).

obvio en *Galore Creek*), mientras que en *Mamut* (Kosaka & Wakita, 1978), *Island Copper* (Perelló et al., 1989) y *Tanamá* (Cox, 1985), una asociación de anfíbola (actinolita) es envuelta por rocas con alteración potásica. En *Chapada*, el núcleo potásico está rodeado por un halo pirítico y un anillo más externo de kyanita-estauroлита (¿posible equivalente metamórfico de una asociación argílica?; Richardson et al. (1986)).

La mineralización de oro puede encontrarse:

1. Totalmente contenido en el sistema.
2. Formando un halo de metales preciosos alrededor de un núcleo tipo pórfido, como las vetas auríferas de *McIntyre, Ontario* (Mason & Melnik, 1986a).
3. Sobre o en las partes altas del sistema porfídico, como las vetas de enargita de *Bor, Yugoslavia*; *Recsk, Hungría*; *Lepanto, Filipinas*; y *El Indio, Chile* (Sillitoe, 1983a, 1988a).

La mineralización de Cu y Au coincide espacialmente con la mayoría de los pórfidos ricos en Au. Tendencia que también se da en pórfidos cupríferos con bajos contenidos de Au (ejemplo; El Salvador, Chile).

Dentro de un pórfido cuprífero, independientemente si este es rico o pobre en oro, el Au puede estar asociado a:

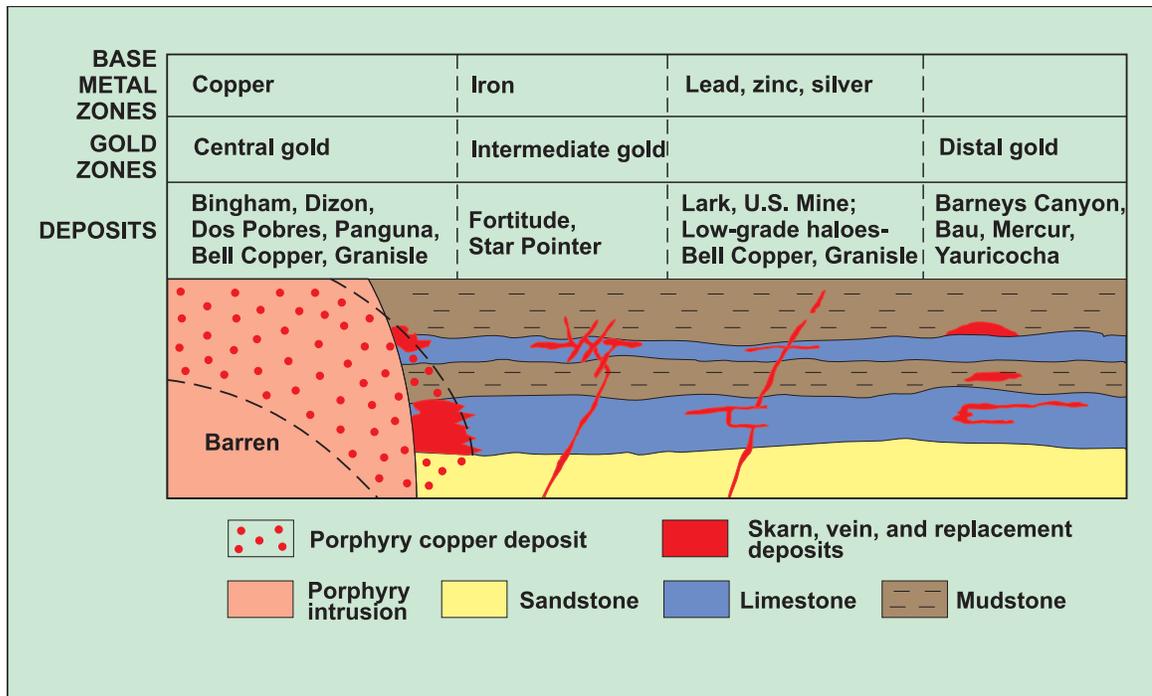


Figura 2.8: Modelo generalizado de zonación para un pórfido enriquecido en oro (Jones, 1992).

1. La zona de alteración potásica, como sucede en El Salvador (Roeschmann, 1979), Potrerrillos (Parra, 1983) y Andacollo (Sillitoe, 1988a,b).
2. La zona de alteración cuarzo-sericítica, como en *San Manuel-Kalamazoo*, en Arizona (Chaffee, 1982), *Bell Copper e Island Copper*, en Canadá, o bien, en zonas de cuarzo-sericita-magnetita-feldespató potásico (*Frieda River*). Típicamente, estas asociaciones se superponen a un núcleo potásico más temprano.
3. En zonas de alteración de arcilla-sericita-clorita y argílica avanzada, como en algunos de los yacimientos de Filipinas (Sillitoe & Gappe, 1984), Indonesia (Carlile & Kirkegaard, 1985) y Puerto Rico (Cox, 1985).

2.3.2. Depósitos tipo IOCG

Los depósitos de cobre y oro en óxidos de hierro, IOCG por sus siglas en inglés *Iron Oxid Copper Gold* (Hitzman et al., 1992; Williams et al., 2005), definidos por su elevado contenido de magnetita y/o hematita, constituyen un amplio clan, que a veces es mal definido en relación con ambientes tectono-magmáticos. Estos depósitos presentan diversos tipos de mineralización que comprenden estilos de depósitos de características tales como:

1. Asociaciones con alteración calco-alcalina que incluye proporciones variables de clinoclasas férricas y/o hedenbergita, albita, feldespató potásico o biotita.
2. Presencia de elementos característicos que incluye U, tierras raras, Co, Ni o Mo.
3. Presencia de cantidades significativas de minerales ricos en elementos volátiles tales como P, F o B.

4. Relación con fluidos hipersalinos de alta temperatura (a veces con CO₂) equilibrados con rocas profundas.
5. Asociación con depósitos de magnetita-apatito (tipo Kiruna), depósitos de óxidos de hierro (cobre-oro) y depósitos de cobre-oro pobres en óxidos de Fe.

Actualmente existe consenso que los *IOCGs* tienen un origen metasomático hidrotermal y las hipótesis que se refieren a la fuente de los fluidos son:

1. La hipótesis magmática, defendida por [Frietsch \(1978\)](#), [Mark & Foster \(2000\)](#), [Pollard \(2000\)](#), [Sillitoe \(2003\)](#) y [Tornos et al. \(2005\)](#), entre otros, sostiene que los fluidos mineralizadores son producto de la exsolución magmática y que dan lugar a una zonación similar a la de los pórfidos cupríferos.
2. La segunda hipótesis plantea que los fluidos son derivados de cuencas ricas en evaporitas y que las rocas ígneas solo actúan como fuentes de calor ([Barton & Johnson, 1996](#); [Hitzman, 2000](#)).
3. Derivación metamórfica de los fluidos ([Barton & Johnson, 2004](#)).

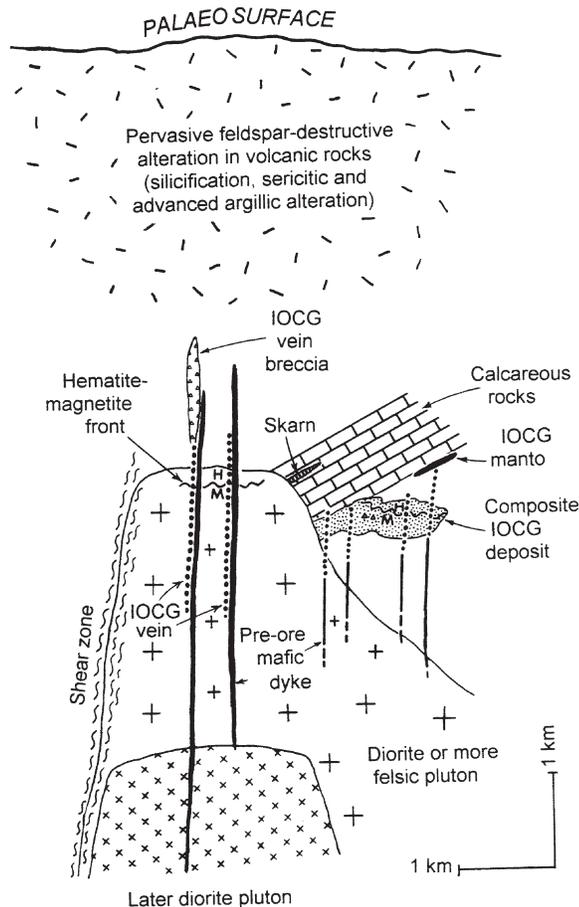


Figura 2.9: Modelo esquemático de un depósito tipo IOCG ([Sillitoe, 2003](#)).

Los depósitos IOCG muestran una estrecha relación con complejos plutónicos y sistemas de fallas. Sobre la base de la morfología de depósito y según los parámetros estructurales y litológicos, pueden ser separados en diversos estilos de mineralización: venas, brechas

hidrotermales, mantos de recambio, skarns cálcicos y depósitos compuestos que combinan alguno de los tipos anteriores (ver Figura 2.9). Los yacimientos en vetas tienden a producirse en diversos tipos de rocas intrusivas, mientras que los depósitos más grandes (por ejemplo, Candelaria-Punta del Cobre) ocurren dentro de secuencias volcano-sedimentarias de hasta 2 km en contacto con un plutón y en íntima asociación con los principales sistemas de fallas.

Los depósitos IOCG estructuralmente localizados comparten fallas y fracturas de los diques máficos pre-minerales, muchos de composición diorítica, así que enfatizan aún más la estrecha relación con el magmatismo máfico. Los depósitos formados en asociación con la alteración sódica, cálcica y potásica, ya sea solo o en alguna combinación, revelar la existencia de una zonación hacia arriba y hacia el exterior de magnetita-actinolita-apatito a hematita specular-clorita-sericita y por poseer firmas de elementos tales como Cu-Au-Co-Ni-As-Mo-U-(LREE) derivan de algún skarns de hierro-cálcico alrededor de intrusiones de diorita. Escasas observaciones sugieren que masivo venilleo de calcita en zonas poco profundas, extensas zonas de alteración feldespática destruidas por pirita pueden ser indicadores de depósitos IOCG ocultos.

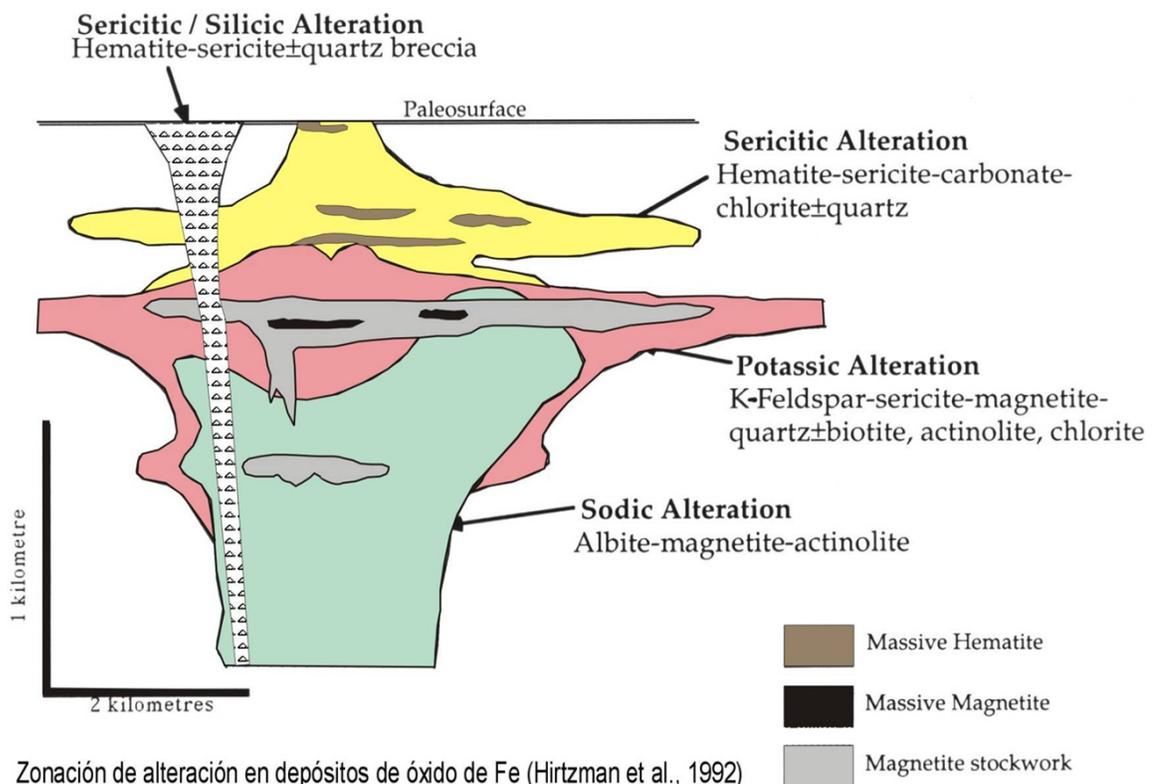


Figura 2.10: Zonación alteración depósito tipo IOCG (Hirtzman et al., 1992).

Dentro de las características de la alteración hidrotermal (ver Figura 2.10) destaca la sódica (albita) o sódica-cálcica (albita-anfíbola) temprana, pre-sulfuros, con diseminación de hematita o magnetita. Los sulfuros están acompañados por alteración cálcica (anfíbola, epidota y/o carbonato) y/o potásica (biotita, feldespato potásico y/o mica blanca). La zonas de alteración y brechización son extensas; más que la zona mineralizada económicamente.

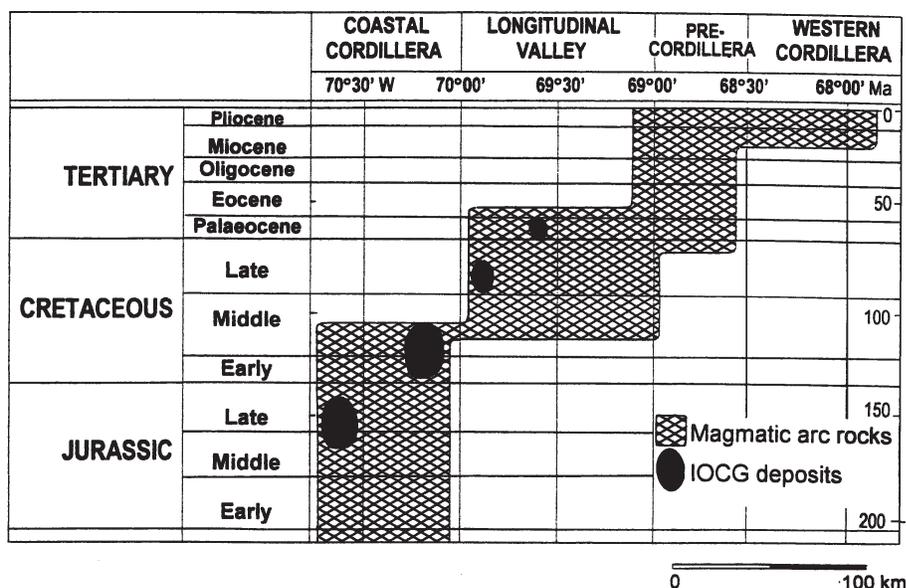


Figura 2.11: Distribución espacio-temporal general de los arcos mágnaticos (Hammerschmidt et al, 1992) y depósitos tipo IOCG en el Norte de Chile.

2.3.3. Pórfidos v/s IOCG

A continuación se presentan características contrastantes entre Pórfidos e IOCG basados en el trabajo de Richard & Mumin (2013), en donde se señala que ambos depósitos se relacionan a un sistema magmático-hidrotermal como lo ilustra la Figura 2.12.

Estos depósitos presentan diversas características en común, pero también poseen diferencias claves, dentro de las cuales se destacan que los depósitos del tipo IOCG predominan en el Precámbrico, son ricos en óxidos de hierro y poseen extensos volúmenes de alteraciones de altas temperaturas, por el contrario los Pórfidos predominan en el Fanerozoico (importantes en el Cenozoico), presentan sulfuros ricos en hierro y poseen estrechas zonas de alteración de alta temperatura.

En la Figura 2.12 es posible observar un modelo simplificado que caracteriza las zonas de alteración con su respectiva asociación de minerales, la mineralogía de mena asociada y algunas estructuras para estos dos tipos de depósitos. Por otro lado se aprecia una extensa zona relacionada a pirita en los Pórfidos y, por el contrario, una zona reducida para los IOCG, esto se debe principalmente a la elevada concentración de azufre que hay en los depósitos tipo Pórfidos y baja para los IOCG. Lo mismo, pero al contrario, ocurre con las zonas de hematita y magnetita, predominantes en IOCG y casi inexistentes para Pórfidos.

En la Tabla 2.1 es posible observar un resumen con las principales características contrastantes de los depósitos. Entre algunas de ellas se destaca el contenido de azufre, minerales de mena, fuente de los fluidos mineralizadores, alteración geoquímica, entre otras.

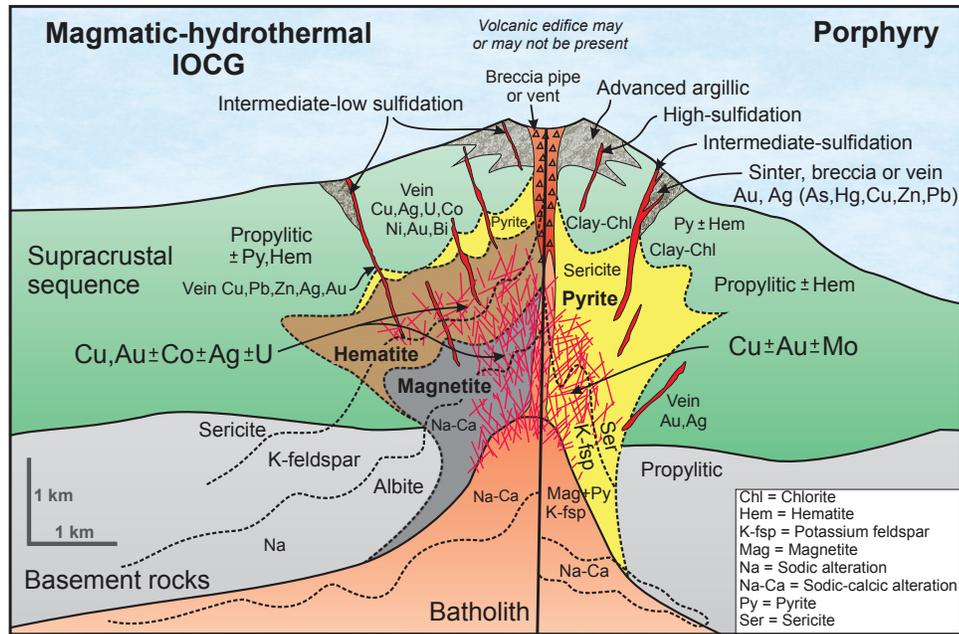


Figura 2.12: Modelo de un sistema magmático-hidrotermal esquemático ilustrando la relación entre Pórfidos de Cu - Mo - Au ricos en azufre (derecha) (Seederff et al., 2005; Sillitoe, 2010; Richards, 2011) e IOCG pobres en azufre (izquierda) (Hitzman et al., 1992; Williams et al., 2005; Munin et al., 2010).

Tabla 2.1: Resumen principales características contrastantes entre Pórfidos e IOCG (Richard & Mumin, 2013).

Características	Pórfido Cu ± Mo ± Au [Pórfido post-subducción]	IOCG Magmático-Hidrotermal
Asociación Elementos Mayores	Cu, Mo, Au	Fe, Cu, Au
Asociación Elementos Menores	Ag, Sn, W	U, REE, Co, Ag
Contenido Azufre	Alto: sulfuros y sulfatos (bajo)	Bajo; menos sulfuros
Minerales de mena	Calcopirita, bornita, molibdenita, magnetita; abundante pirita con sericita	Magnetita, hematita, calcopirita, bornita, calcosina
Fluidos mineralizados	H ₂ O-NaCl-KCl	H ₂ O-CO ₂ -NaCl-KCl
Estado de oxidación fluidos; Acidez	Oxidados; Neutro-ácido	ΔFMQ= +3 a +5; neutro a medio ácido, raramente ácido
Fuente del fluido	Magmática	Magmático ± fluidos corticales
Fuente de los metales	Placa subductada y astenósfera	Subducción, modificación de la litósfera y la roca huésped
Alteración geoquímica	K-(Na)-Fe-S-SiO ₂	Na-K-Fe-P-Ca-CO ₂ -SiO ₂
Potencia zona alteración alta T° (350-400°C)	1-2 km	1- >7 km
Profundidad formación	1-5 km	Superficie a 10 km
Gradiente geotermal	Normal	Elevado
Metamorfismo regional	Bajo y muy bajo grado	Bajo a alto grado
Asociación magma; composición, estado oxidación	Calco-alkalino (levemente alcalino); intermedio a félsico; ΔFMQ +1 a +2	Calco-alkalina a medio alcalina; máfica a félsica; ΔFMQ = 0 a +2
Configuración tectónica	Subducción [post-subducción]	Distal, tras-arco o post-subducción
Configuración cinemática	Transpresión o transtensión	Extensión o transtensión
Rango de edad	Dominante Fanerozoico, raro en el Precámbrico	Dominan en el Precámbrico, importantes en el mesozoico.

Capítulo 3

Geología Local Prospecto Nueve Vidas

A continuación se presentan los aspectos geológicos más importantes del sector asociado al prospecto Nueve Vidas. Este se compone de la caracterización de la litología, alteración y mineralización.

La caracterización geológica superficial de Nueve Vidas, y el área de mayor tamaño que lo comprende, fue realizada originalmente por *South American Management S.A* (SAMSA) en 2012. Las edades utilizadas en la descripción son basadas en el trabajo de geología regional realizado por [Cornejo & Mpodozis \(1996\)](#) y actualizadas por los últimos trabajos de [Cornejo et al. \(2009\)](#) y [Venegas et al. \(2013\)](#).

3.1. Litología Nueve Vidas

La litología de la zona Sur del Proyecto Victoria, que incluye el área de Nueve Vidas (Figura 3.1), está conformada por secuencias calcáreas y volcano-sedimentarias del Jurásico superior-Cretácico inferior, que representan un paso gradual y transicional con los niveles terrígenos del *Rift* Triásico superior-Pleinsbachiano. A través de la Faja Plegada y Corrida Exploradores de elongación NS y un cabalgamiento con vergencia Este, se alternan calizas, areniscas, volcanoclásticos de grano fino a tipo brecha, conglomerados y andesitas porfiríticas pardo rojizas, las cuales presentan un plegamiento regional del tipo *Basin Fold*. Es a partir de estas deformaciones que durante el Cretácico superior-Terciario diversos eventos intrusivos aprovecharon debilidades en la corteza e intruyeron como *Sills*, Diques y *Stocks* ([Cornejo & Mpodozis, 1996](#)).

Durante los inicios del Eoceno *stocks* tipo Pórfido Feldespato-Hornblenda, Pórfido Ocoítico y Pórfido Feldespático (Figura 3.2), formarían parte del pulso ígneo más antiguo presente en el área. Estos se orientan en dirección N-S, presentando una albitización moderada, aparentemente formacional.

Durante el Eoceno medio los procesos magmáticos continuaron y se produjeron intrusiones de cuerpos de composición diorítica- andesítica en forma de *Stocks*, *Sills* y Diques. Se

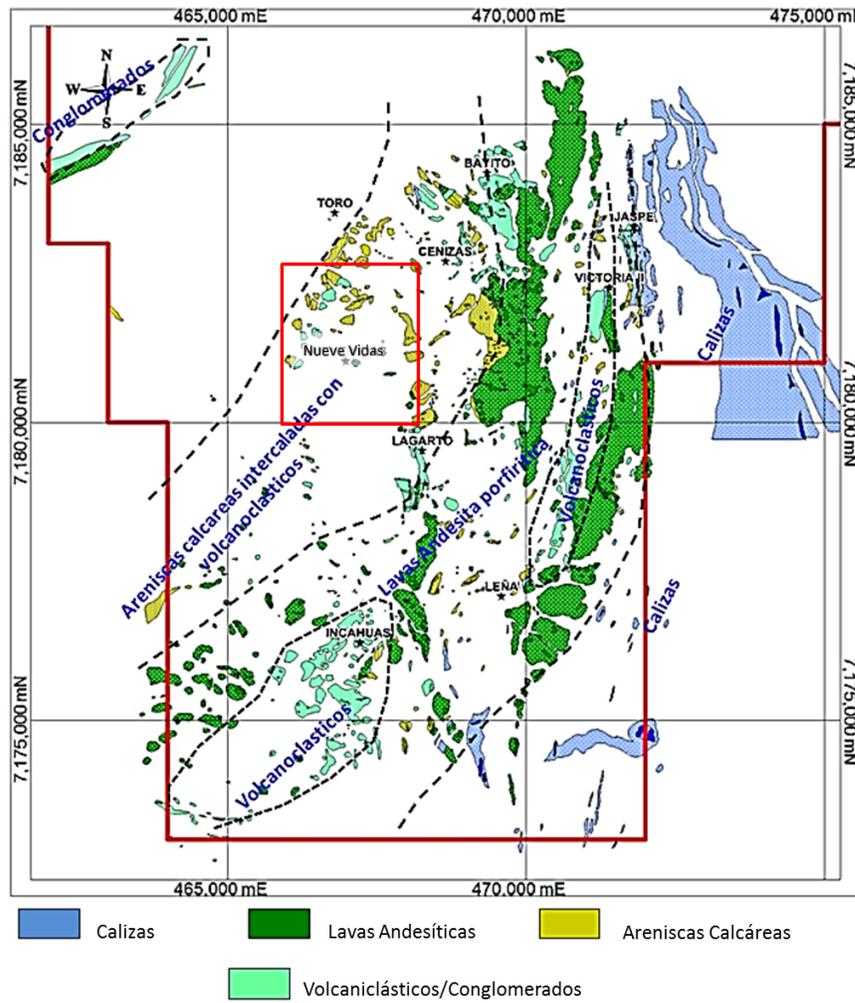


Figura 3.1: Sector sur proyecto Victoria. Afloramientos y sub-afloramientos de la secuencia volcano-sedimentaria del Jurásico superior-Cretácico inferior.

destacan: Pórfidos Andesítico, Diorita de Hornblenda, Diorita y Pórfido Biotítico (Figuras 3.3 y 3.4).

Finalmente hacia el Oligoceno- Mioceno gruesas capas detríticas acompañadas de ignimbritas han cubierto gran parte de los afloramientos mencionados anteriormente.

3.1.1. Secuencias Jurásico-Cretácico Inferior

Calizas

Afloran niveles de calizas del tipo calcarenitas de grano fino a medio de matriz color gris clara, estratificadas en bancos de espesor variable (10-100m) con un rumbo cercano a la NS y mantos variables, muy fracturadas y onduladas, intercalada con horizontes con abundante concreciones (<30 cm) que engloban fósiles del tipo Ammonites. Se ubican principalmente

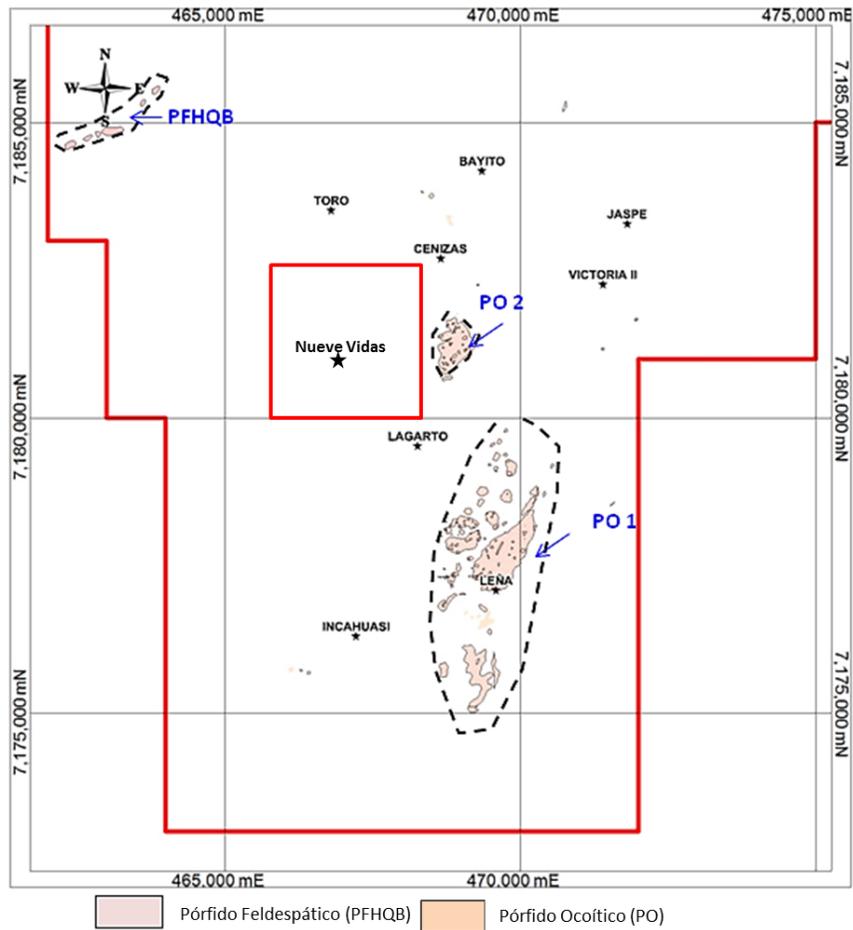


Figura 3.2: Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas de la zona de Nueve Vidas, Eoceno (55 Ma).

en el sector Noreste de la zona de Nueve Vidas, a lo largo de una franja NNE-SSW (Figura 3.1). En las cercanías de Nueve vidas, precisamente al Norte, existen pequeños afloramiento de caliza que se intercalan en la secuencia de areniscas y volcanoclástico (Figura 3.5). De acuerdo a la información regional, estas secuencias, se habrían depositado durante el Jurásico superior (Hettangiano-Berriasiano?). Esta unidad se correlaciona con la Formación El Profeta.

Lavas Andesíticas

Lavas andesíticas con textura porfirítica con fenocristales de plagioclasas menores a 2 mm (40 % roca total), también se observa textura traquítica. El tamaño de grano varía de medio a grueso en una matriz afanítica pardo-rojiza. Hacia el sector Este (Figura 3.1, de color verde), en contacto transicional? (según ? este contacto es producto de un fallamiento inverso que deja en contacto unidades del Jurásico Inferior con el Cretácico Superior), sobreyace a las secuencias calcáreas de la Formación El Profeta (Figura 3.1). Según la información regional esta unidad formaría parte de la Formación Llanta (Campaniano; 73 Ma).

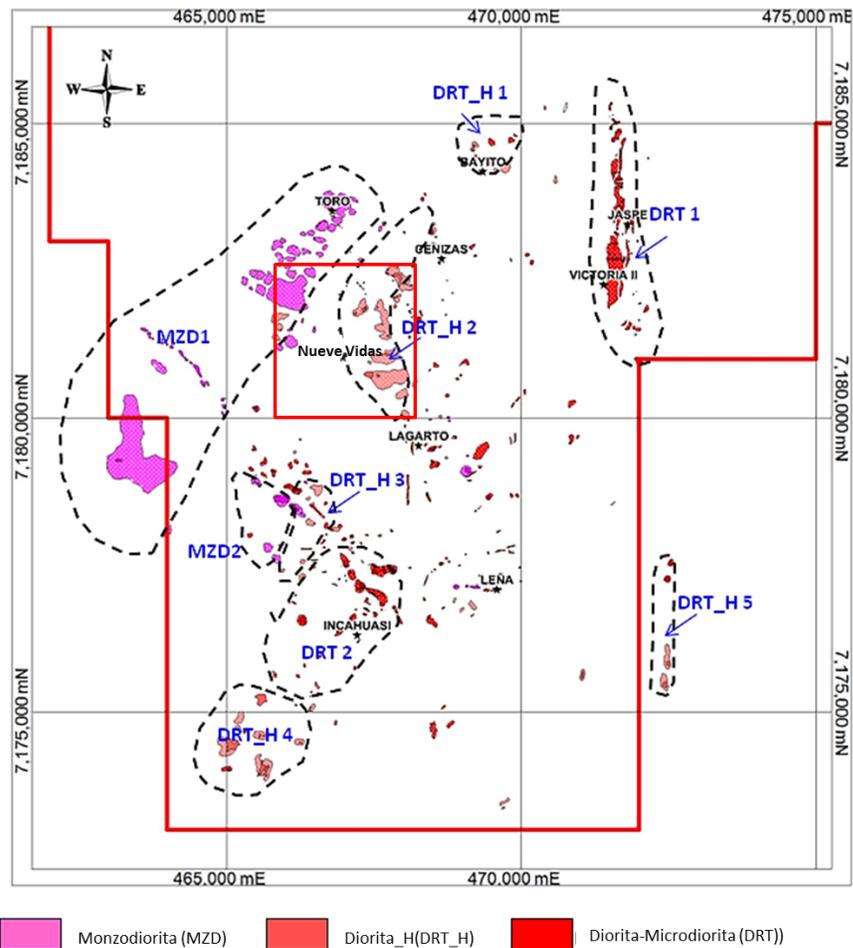


Figura 3.3: Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas Eoceno medio.

Alternancia de Areniscas, Conglomerados y Volcanoclásticos

Se presentan en la parte central de Nueve Vidas (Figura 3.1 y 3.5), con una disposición NNE-SSW. Se observan de coloraciones pardo rojizas producto del retrabajo de los clastos principalmente andesíticos descritos arriba. Desde el sector Este afloran las secuencias volcanoclásticas más antiguas (del tipo lapilli) y areniscas, alternándose con las andesitas (Figura 3.1 y 3.5 justo el contacto con las andesitas, demarcado con línea segmentada). Hacia el Oeste continúan intercalándose con las secuencias de conglomerados-areniscas (Figura 3.1 y 3.5). Estas secuencias son asociadas a las unidades más antiguas de la Formación Llanta (Campaniano; 73 Ma).

Intercalación de Areniscas Calcáreas y Calizas

Se presenta a través de una franja intermedia, con rumbo de tendencia NE-SW, dentro de las secuencias volcanoclásticas pardo rojizas (Figura 3.1 y 3.5), consistente en areniscas calcáreas verdosas de grano fino intercaladas por niveles de calizas. Con potencias de hasta 20 m. Al igual que las unidades anteriores, estas intercalaciones serían parte de la Formación

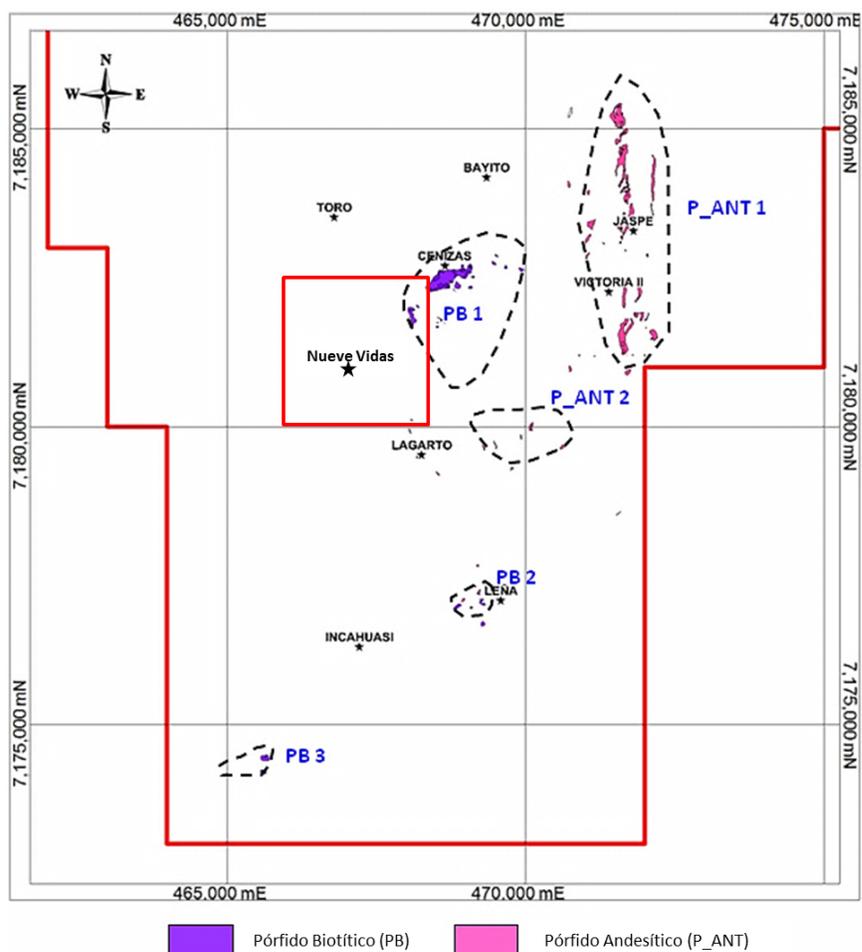


Figura 3.4: Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas Eoceno medio.

Llanta (Campaniano; 73 Ma).

3.1.2. Eoceno

Pórfido Ocoítico

Intrusivo elongado en más 5 km en dirección NNE-SSW, hacia el Este (800 x 800 m, Figura 3.6) y Sureste (casi 5 km de extensión) de la zona de estudio (Figura 3.2). De textura porfírica con fenocristales de plagioclasa de hasta 1 cm (40 % roca total), minerales máficos menores a 1mm (10 % roca total), matriz micro granular gris clara con leve alteración albita-epidota-clorita. Según la información regional, este tendría una edad de 55,1+1,8 Ma K-Ar. Hacia el flanco Norte de la quebrada Leña este intrusivo está cortado por diques de composición diorítica.

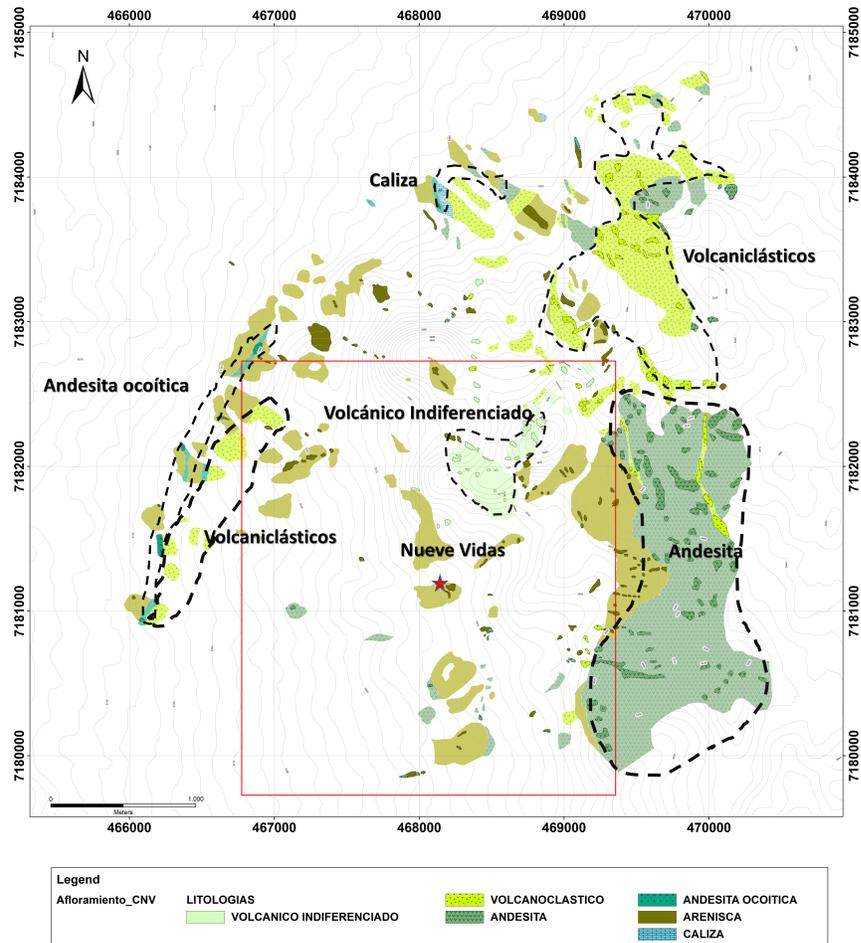


Figura 3.5: Afloramientos y sub-afloramientos de la secuencia volcano-sedimentaria del Jurásico superior-Cretácico inferior. Zoom del recuadro rojo de la Figura 3.1.

Pórfido Feldespático

Intrusivo sub-volcánico con fenocristales de feldespato potásico menores a 3 mm (30 % roca total) en una matriz afanítica. Presentan fantasmas de hornblendas muy finos alterados a caolinita y óxidos de hierro. Aflora en el sector N (Figura 3.6) y NW (Figura 3.2) de la zona de Nueve Vidas .

En el sector central de Nueve Vidas (Figura 3.3, 3.4 y 3.7) afloran stocks, sills y diques generalmente de composición Diorítica-Andesítica, con variaciones en el tamaño del grano y en su alteración. Según el estudio regional, estos cuerpos corresponderían al Eoceno Medio (41,36±0,5 Ma U-Pb en zircones).

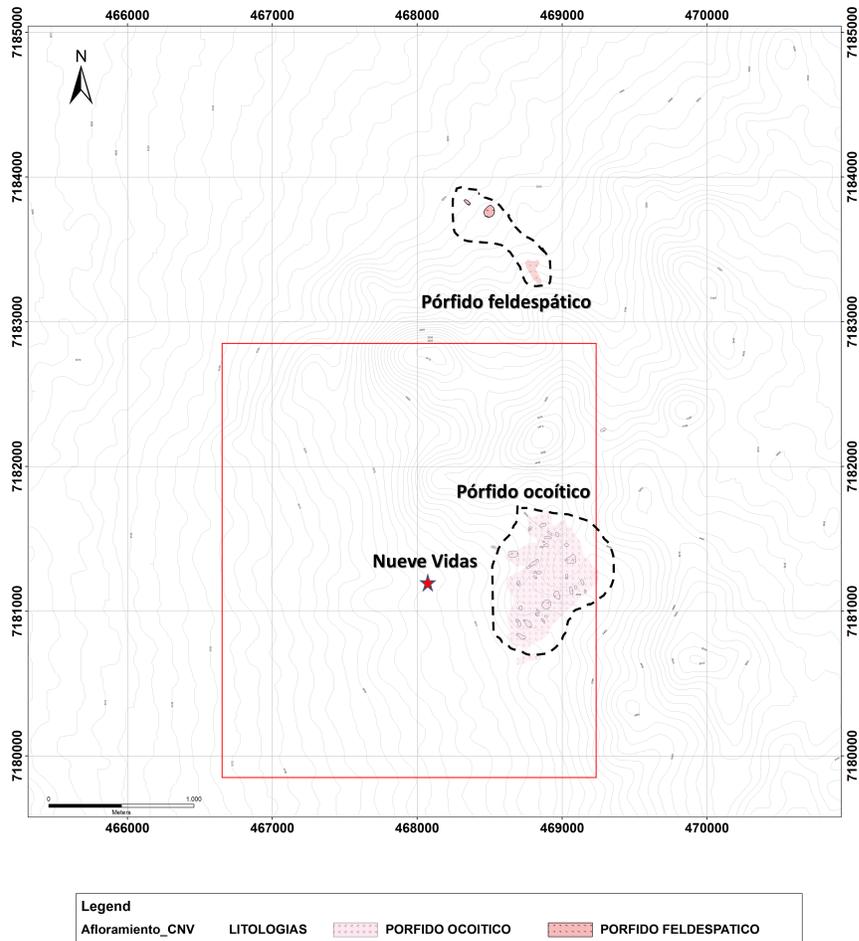


Figura 3.6: Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas de la zona de Nueve Vidas, Eoceno Medio (55 Ma). Zoom recuadro rojo Figura 3.2

Diorita

De textura equigranular, grano fino (microdiorita) a medio; menor a 1 mm. El contenido de plagioclasas y minerales máficos es de 60 % y 40 %, respectivamente. Según su ocurrencia existen 2 cuerpos importantes; uno de grano medio (DRT2) asociado a la faja NNE-SSW a manera de *Sill* aprovechando los estratos sub-verticales y a manera de diques E-W cortando a los Pórfidos Ocoíticos en el área de Leña y otro (DRT1) del tipo microdiorita tipo *Sill* con elongación NS intruyendo las secuencias volcanoclásticas-calizas (Figura 3.3).

De acuerdo a la información regional, si bien se tiene clara la temporalidad del DRT2 (Eoceno medio), el DRT1 presenta cierta ambigüedad debido a que dentro de su proyección más al Sur se encuentra un cuerpo Diorítico de edad Cretácico-superior, además, en las perforaciones practicadas ha sido evidente como diques del pórfido ocoítico han intruido las microdioritas, generando a través de estos canales aporte de turmalina. Por lo tanto, queda a

la discusión su temporalidad usando la relación textural para atribuir las dentro de las dioritas eocénicas.

Diorita con Fenocristales de Hornblendas

Diorita de textura equigranular en una matriz de grano medio a fino. El contenido de plagioclasas y minerales máficos es de 50 % y 40 %, respectivamente. Existen fenocristales de hornblendas menores a 2 mm (10 % roca total). Se presenta como un cuerpo de orientación NNE-SSW hacia el sector central del área estudiada (Figura 3.3 y 3.7), principalmente asociada a alteración clorita-magnetita y vetillas de similar composición.

Monzodiorita

Intrusivo de gran extensión, de unos 6 km de elongación en dirección NE-SW, hacia el sector Noroeste de nueve vidas (Figura 3.3 y 3.7), textura equigranular de grano grueso, contenido de plagioclasas y minerales máficos es de 60 % y 30 %, respectivamente, principalmente con alteración calco-sódica (feldespato potásico, albita, clorita-magnetita), también presenta vetillas de feldespato potásico y magnetita. A medida que se acerca hacia el contacto con la diorita de hornblenda (Figura 3.3) y niveles sedimentarios, hay progresivamente mayor cantidad de la asociación clorita-magnetita.

Pórfido Biotítico

Intrusivo de matriz equigranular de grano fino con fenocristales de Biotita <2 mm (5 - 10 %), y Hornblendas <2 mm (5-10 %). Se presenta como cuerpos dique-formes alineándose en dirección NE-SW en casi 1 km de afloramiento, hacia el área Noreste del sector Nueve Vidas (Figura 3.3 y 3.7).

3.2. Alteración Nueve Vidas

En la zona de estudio predomina la asociación de minerales de alteración clorita-magnetita (10 km²), localizada en la parte central de Nueve Vidas que afecta a la diorita de hornblenda y parte de la monzodiorita (Figura 3.7), y una alteración propilitica no diferenciada (8 km²) hacia el Este (Figura 3.8). Al occidente se encuentra una zona alterada de feldespato potásico con una orientación NNE-SSW que se extiende por 2,5 km y está asociada principalmente a la monzodiorita (Figura 3.7 y 3.8). También, en la parte central predomina una alteración argílica no diferenciada y en el sector centro-oriental existe albitización (Figura 3.9). Finalmente, pequeñas porciones de alteración de biotita secundaria, silicificación y alteración filica se reconocieron en el área (Figura 3.10).

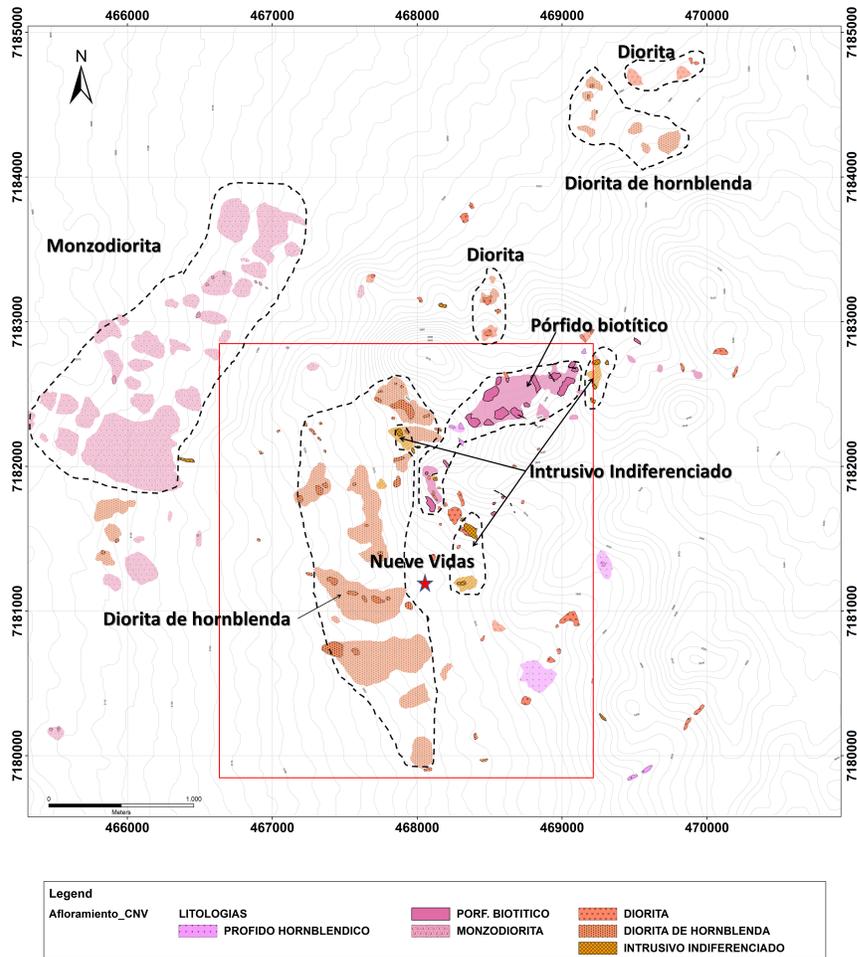


Figura 3.7: Afloramientos y sub-afloramientos rocas ígneas intrusivas Eoceno medio. Zoom recuadro rojo Figura 3.3 y 3.4

3.2.1. Franja Potásica

Biotita Secundaria

Se presenta en tramos entrecortados afectando principalmente al Pórfido Biotítico (Figura 3.7 y 3.10) como remanentes con sobreimpresión de albita-clorita en *Stockwork* y parches. También muy intensa dentro de la matriz de relictos y xenolitos de un cuerpo ígneo (textura equigranular de grano fino y fenocristales de plagioclasas <2mm(50% roca total). De ocurrencia muy errática) en el Pórfido Biotítico. Finalmente, se observa en relictos en secuencias sedimentarias albitizadas.

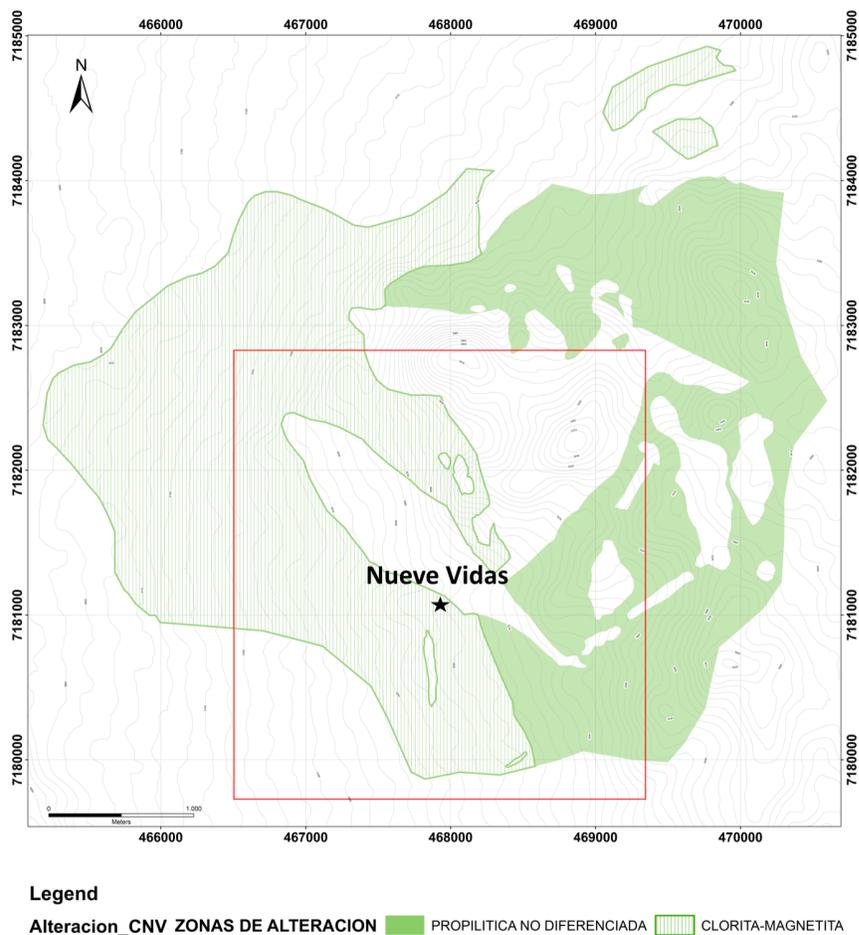


Figura 3.8: Mapa de alteración predominantes Nueve Vida; Clorita-magnetita y propilítica no diferenciada.

3.2.2. Franja Calco-sódica

Albitización (albita-caolín)

Se presenta mayormente en el área central (Figura 3.9), enmascarado por la superposición de caolín-sericita. También se observa en el Pórfido Ocoítico junto a las secuencias volcano-sedimentarias en la zona Este (Figura 3.5 y 3.6). Hacia el sector Este (Figura 3.9) la albitización se presenta más pervasiva asociada al Pórfido Ocoítico (Figura 3.6) y hacia el Oeste como remanentes dentro de la Monzodiorita (Figura 3.7).

Propilitica (epidota-clorita-calcita-pirita)

Su intensidad se presenta débil, regularmente como parches dentro de las secuencias volcánoclasticas. En algunos tramos se observa de tonos verde oscuros a verdes pardos con presencia de parches de especularita, vetillas de calcita e incluso brechas con matriz epidota.

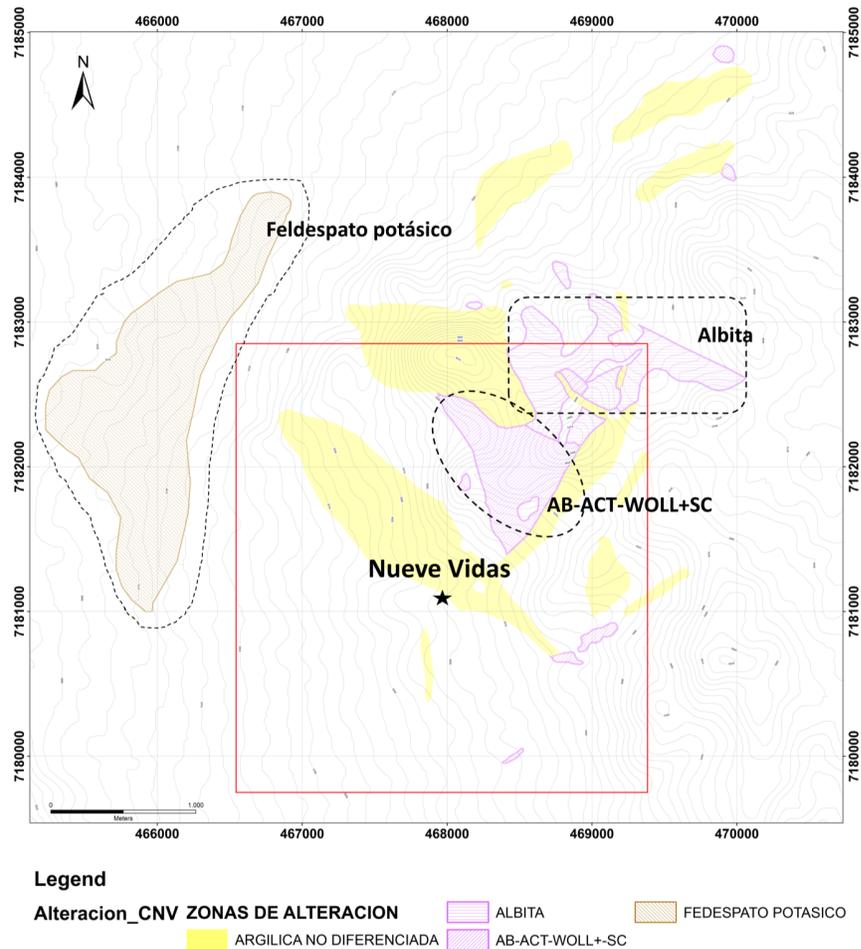


Figura 3.9: Mapa alteración Nueve Vidas; Feldespato potásico y albitización.

3.2.3. Franja Clorita-Magnetita-Feldespato Potásico

Clorita-Magnetita

Esta asociación se observa principalmente hacia el sector central (Figura 3.8), desarrollándose en la diorita con fenocristales de hornblenda y en la monzodiorita (Figura 3.7), con clorita y magnetita alterando minerales máficos y en vetillas. Este ensamble presenta una mayor intensidad en las zonas de contacto entre monzodioritas y areniscas calcáreas/Diorita de Hornblenda (Figura 3.5 y 3.7). Esta asociación podría derivar de una cloritización de los minerales máficos de las asociaciones más características, como lo es biotita-magnetita o hornblenda-magnetita (¿?).

Feldespato Potásico

Afecta principalmente a la Monzodiorita en el sector Oeste (Figura 3.7 y 3.9). Se observa con tono rosáceo, en vetillas de Feldespato Potásico y como parches de clorita-magnetita. La distribución de feldespato potásico se encuentra restringida al sector Oeste, aparentemente

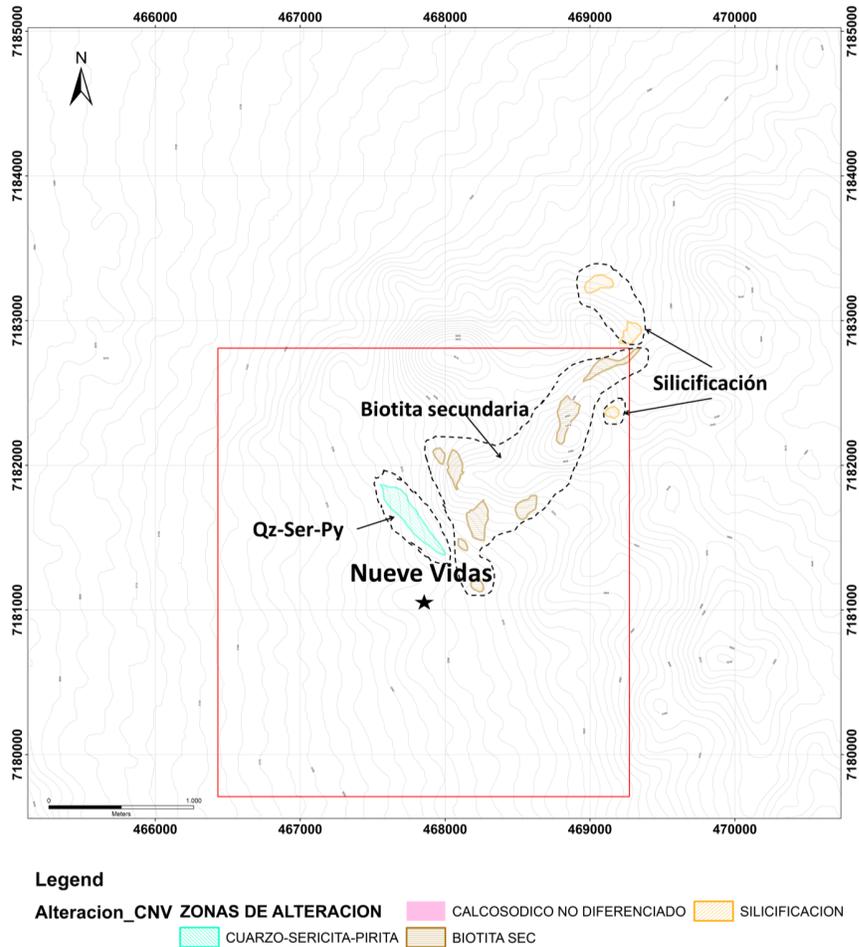


Figura 3.10: Mapa alteraciones menores Nueve Vidas; Biotita secundaria, silificación y asociación cuarzo-sericita-pirita.

siguiendo la misma elongación NNE-SSW sobre la monzodiorita.

3.2.4. Franja Turmalina-Sericita-Argilica

Cuarzo-Sericita

Asociada a estructuras y franjas de alteración de potencia no mayor a 1 m y orientados principalmente NW-SE (Figura 3.9). Se presentan *boxworks* de pirita diseminada (3%) alterados a jarosita, con abundante presencia de yeso intercrecido en fracturas y vetillas con contenido de sulfuros. A través de los canales de alteración se observa una sutura silícea llegando a formar incluso sílice calcedónico a manera de vetas.

Turmalinización

Presente en las brechas de turmalina y en forma pervasiva afectando parte de los cuerpos volcanoclásticos, produciendo blanqueamiento con sobreimpresión de sericita. Se observaron soles de turmalina en intrusivos indiferenciados (Figura 3.11).

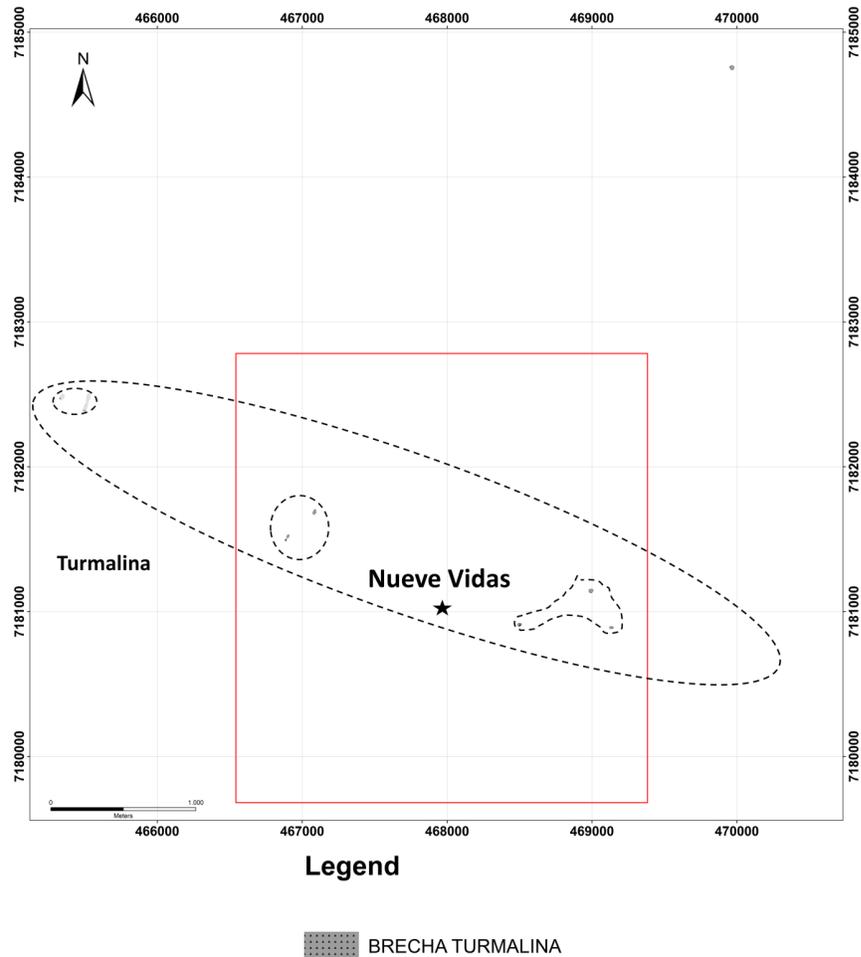


Figura 3.11: Ubicación turmalina en el área de Nueve Vidas.

Argílica

Se presenta asociado a canales de caolín-sericita relacionados a brechas hidrotermales. También se desarrolla en los halos de alteración que generan los contactos de los sedimentos y como una capa de alteración supérgena, generalmente caolín asociada al incremento de yeso, y limonitas supérgenas a lo largo de los principales alineamientos estructurales (Figura 3.9).

3.2.5. Franja Metasomatismo de Contacto

Marmolización

Observado principalmente en los contactos de la caliza y sedimentos calcáreos con los intrusivos Pórfido Ocoítico y dioríticos (Figura 3.6 y 3.7), como bandas de tonos pardos (posible diseminación de esfalerita?). Existe un mayor desarrollo en zonas de plegamiento local.

Jasperoides

Presentes de color rojizo (hematita hipógena) con algunas bandas color lechosa. Se exhiben en canales de reemplazamiento en sedimentos finos que intercalan en lavas y volcánoclasticos andesíticos.

3.3. Mineralización Nueve Vidas

A continuación se presentan las ocurrencias minerales observadas en Nueve Vidas organizadas en diseminación de sulfuros, limonitas, venillas de cuarzo, vetas-brecha, ocurrencias de minerales oxidados de cobre, vetas de baritina, venillas de calcita y venillas de yeso.

3.3.1. Sulfuros

Predomina la ocurrencia de pirita (Figura 3.12). Esta se presenta diseminada, en parches y en venillas. Con mayor porcentaje dentro de cuerpos volcánoclasticos y el Pórfido Ocoítico (Figura 3.5 y 3.6), dentro de las franjas de albita, sericita, y cuarzo-sericita (Figura 3.9).

3.3.2. Limonitas y Óxidos de Hierro

Las limonitas se desarrollan ampliamente en el área de estudio, predomina dentro de la caja volcánoclasticas y Pórfido Ocoítico (Figura 3.5 y 3.6), acompañados por una argilización supérgena producto de la lixiviación de sulfuros (pirita). También se presenta en venillas tipo stockwork. Estos óxidos presentan, por lo general, mayor contenido de jarosita (entre 90-100%) y menor hematita - goetita (0-10%). Asimismo, están presentes junto con venillas de cuarzo hialino y calcedónico. Desde el centro y hacia el NW de Nueve Vidas se concentra magnetita en venillas de potencia mayor a 5 cm. En menor cantidad existen pequeñas venillas de especularita (Figura 3.13).

3.3.3. Venillas de Cuarzo

Vetillas De Cuarzo Hialino

Cuarzo granular hialino sinuoso a levemente sinuoso, en ocasiones acompañado con leve presencia de sulfuros intercrecidos. En el área de Nueve Vidas se presenta puntualmente tipo stockwork, en los bordes del pórfido biotítico y en cuerpos Volcanoclásticos (Figura 3.5 y 3.7), alterados a albita con relictos de biotita secundaria.

Venillas cuarzo-sulfuros

Vetillas rectas de cuarzo hialino, potencia <5 mm con boxworks de sulfuros alterados principalmente a jarosita y en menor proporción a hematita. Se presenta únicamente al centro de la zona de Nueve Vidas (Figura 3.14), asociada directamente a stockwork de sulfuros, y de forma errática como vetas de cuarzo dentro del lineamiento NNE-SSW de las franjas de cuarzo sericita.

Vetas sílice calcedónico

Se presentan de forma muy débil y errática en toda el área, asociados principalmente a los canales de turmalina (Figura 3.11). Mayormente rectas a leve sinuosidad, de potencias que varían desde menos a 1 mm hasta 5 mm. El mejor desarrollo se presenta al sur del área de estudio, en general deformada y rellenado espacios abiertos en las brechas tipo craquel, también como sutura dentro de los canales de alteración cuarzo sericita, a veces con débil turmalina asociada.

3.3.4. Vetas-Brechas

Estructuras irregulares, compuestas principalmente de óxidos de hierro y manganeso más calcita, con menor cuarzo-baritina-óxidos de cobre, de potencias variables desde 10 cm hasta 2 m, poli-direccionales. Tienen una mayor exposición en el sector Este del proyecto.

3.3.5. Minerales Oxidados de Cobre

Se presenta mayormente como Malaquita, Turquesa, y Crisocola dentro de hornblendas en la parte NE del área de Nueve Vidas (Figura 3.14).

3.3.6. Vetas de Baritina

Se presentan en el lado NW del área de estudio, dentro de la quebrada del Chaco, con potencias de 20 cm, de dirección N70°E/30S mayormente y de forma irregular intercrecida con algunas brechas hidrotermales en el lado Este.

3.3.7. Venillas de Calcita

Se presentan como mineral de ganga dentro de las Vetas-Brecha, a lo largo de las lavas Andesíticas del sector Este del proyecto (Figura 3.5). También como venillas y vetas dentro de Calizas marmolizadas en las zonas más periféricas.

3.3.8. Venillas de Yeso

Se presenta principalmente al sur del área de estudio, con potencias menores a 20 cm, se encuentra inter-creciendo con venillas de sulfuros y cuarzo, destruyendo la textura original de la roca, y reemplazando sulfuros en venillas de Sílice Calcedónico.

Además de estas ocurrencias, en el área se pueden apreciar diferentes tipos de venillas de minerales de alteración como magnetita, clorita-magnetita, clorita-epidota, clorita-actinolita-wollastonita, clorita-albita, Albita, feldespato potásico, especularita, epidota-especularita y turmalina, los cuales no llevan asociada mineralización importante y de ocurrencia muy errática.

3.4. Sondajes RC Nueve Vidas

En el año 2010 se realizaron 3 campañas de perforación sobre distintos blancos del proyecto Victoria. Dentro de estos se encuentra el blanco Nueve Vidas que posee un total de 14 sondajes de aire reverso o RC (*Reverse Circulation*). En la Figura 3.15 es posible observar la distribución espacial de estos 14 sondajes y en la tabla 3.1 se encuentra información con mayor detalle de estos mismos.

Los sondajes de aire reverso fueron muestreados y logueados en 2010 y 2011 con intervalos cada 1 metro en las perforaciones VCNRC10001 a VCNRC10016, y cada 2 metros para los sondajes VCNRC10017 a VCNRC10026 y VCNRC11027 a VCNRC11030. En 2012 SAMSA realizó un relagueo de los *cuttings*, y es esa información que se presenta en este apartado y de la cual se fundamenta la discusión de este trabajo.

Debido a que se trataba de sondajes del tipo aire reverso ligado a etapas de exploración primaria, la mayoría de las muestras obtenidas se analizaron con el objetivo de caracterizar oro y plata, y multielementos con ayuda de ICP (*inductively coupled plasma*); para mayor información ver apartado de Metodologías de este trabajo.

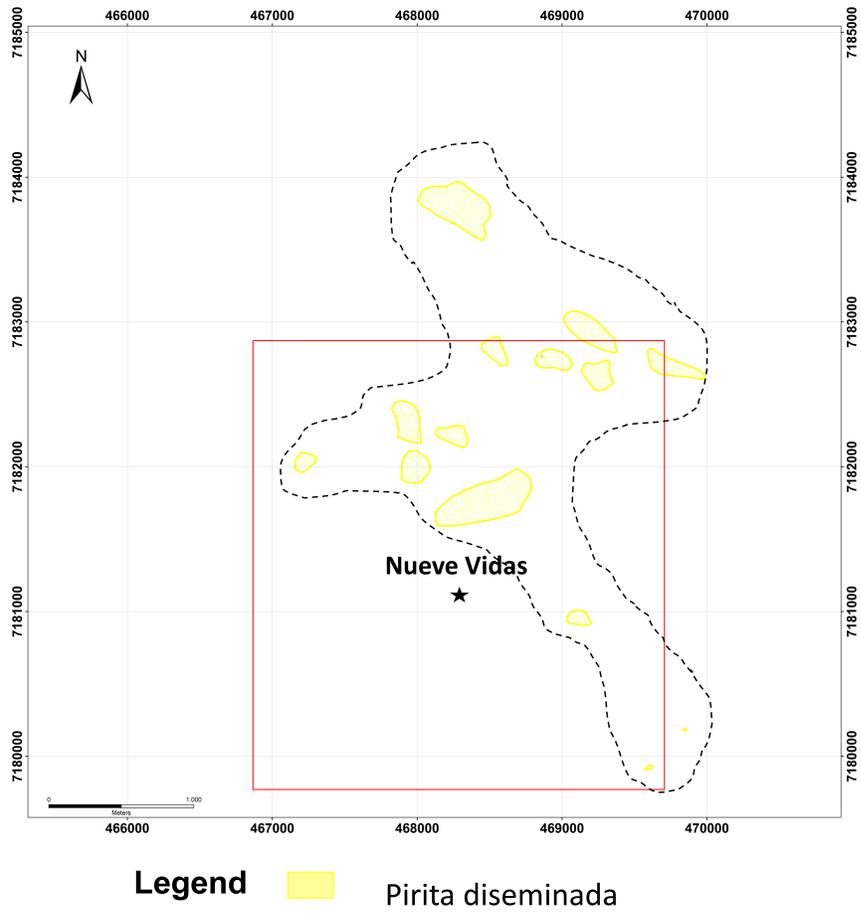


Figura 3.12: Sector de mineralización de sulfuros; pirita diseminada .

Tabla 3.1: Detalle ubicación Sondajes VCNRC Nueve Vidas.

Sondaje	Este	Norte	Cota (m)	Metros	Azimut	Inclinación
VCNRC10003	467527	7180450	3266	414	270	-75
VCNRC10004	467065	7181348	3241	350	45	-50
VCNRC10005	467899	7180379	3290	414	0	-50
VCNRC10006	467097	7181387	3238	350	45	-50
VCNRC10007	466989	7181411	3230	326	45	-50
VCNRC10008	467142	7181282	3246	350	45	-50
VCNRC10011	467883	7180657	3310	285	45	-50
VCNRC10013	466948,53	7182192,09	3236,67	353	90	-60
VCNRC10016	467197	7181491	3241	340	225	-60
VCNRC10017	467605	7181151	3293	300	195	-60
VCNRC10013	466948,53	7182192,09	3236,67	353	90	-60
VCNRC10021	467052	7180830	3225	306	30	-60
VCNRC11027	468022	7180852	3273	320	260	-60
VCNRC11030	467911	7181406	3279	300	60	-60

Las perforaciones en Nueve Vidas fueron realizadas bajo fundamento basado en mapeo geofísico, información geológica conceptual, geoquímica superficial y geología descriptiva (Ver

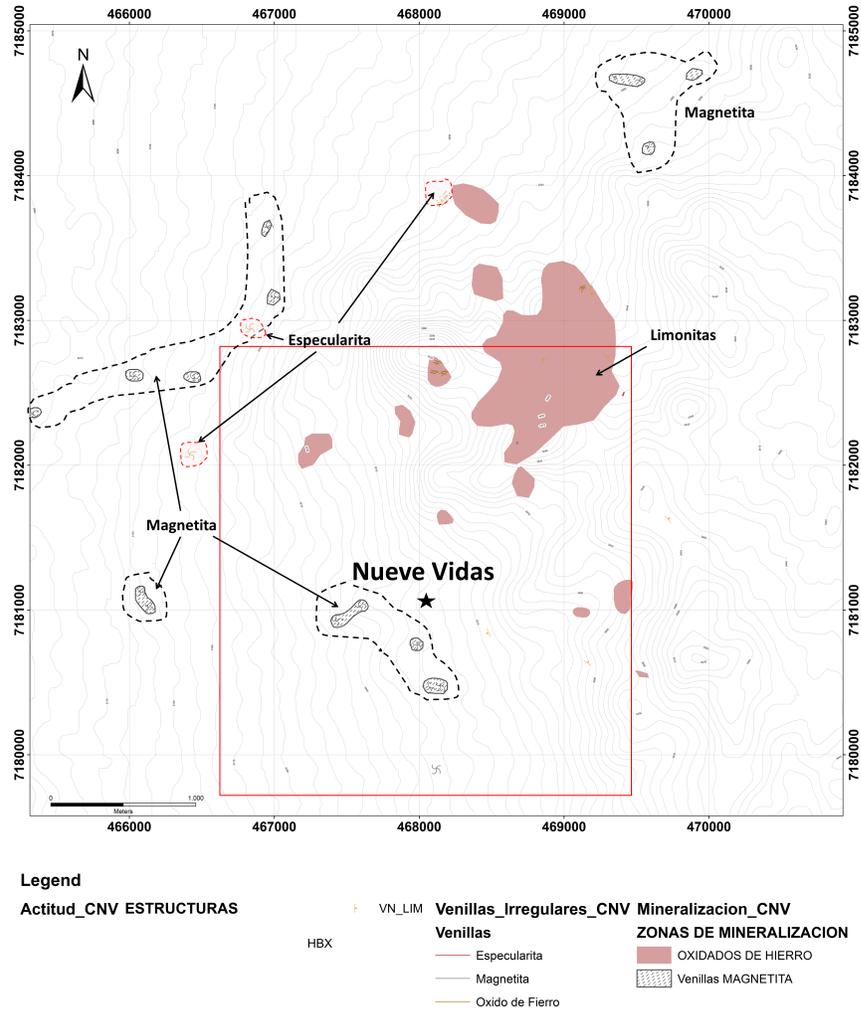


Figura 3.13: Sectores de mineralización de limonitas y óxidos de hierro.

Tabla 3.2).

Las litologías y alteraciones observadas en superficie se correlacionan muy bien con la geología observada en los sondajes (ver perfiles esquemáticos en el Anexo E al final de este trabajo). En estos es posible observar paquetes volcánicos-sedimentarios (ligados a una alteración de albita, clorita, sericita y pirita diseminada, dentro de los cuales se destacan areniscas, areniscas calcáreas, andesitas y volcánico-clástico. Todo este paquete ha sido intruido por cuerpos ígneos de composición intermedia, tales como cuerpos dioríticos (con alteración clorita-magnetita, principalmente), diorita de hornblenda, porfido biotítico y monzodiorita. El detalle de las principales observaciones realizadas se encuentra resumido en la Tablas 3.3 y 3.4.

De las rocas volcánicas-sedimentarias (63 % del total del mapeo en los sondajes: t.m.s) observadas en los sondajes se destaca una unidad volcánico-clástica predominantemente de grano fino pardusca (41 % t.m.s) alterada principalmente en albita, seguida por una argilización y tramos menores de clorita y sericita. En esta unidad se han descrito venillas de potencia entre 1 y 5 mm rellenas de pirita, magnetita, cuarzo acompañado con pirita, clorita, arcillas

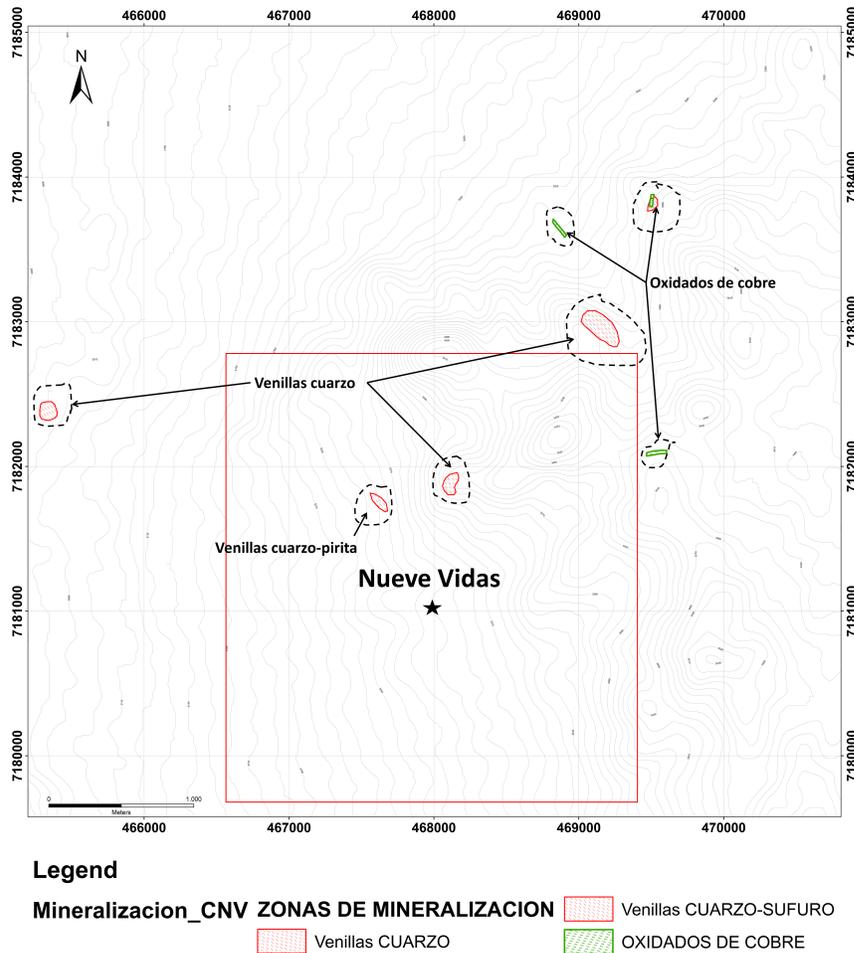


Figura 3.14: Mineralización de venillas de cuarzo, cuarzo-pirita y oxidados de cobre.

y turmalina. También se reconoce una arenisca fina de color beige (15% t.m.s) alterada en albita, clorita y con una argilización superficial, con venillas del mismo tipo que en la unidad anterior. En menor proporción existe una secuencia volcánica andesítica porfírica de color pardo rojizo (4% t.m.s) y volcánoclasticos indiferenciados subordinados (3% t.m.s), ambos alterados a clorita, clorita-magnetita y argilización superficial. Respecto a la mineralización, se encuentran las mismas venillas mencionadas anteriormente más otras de epidota-clorita-magnetita, hematita, especularita, yeso y anhidrita, que no se observaron en las 2 unidades anteriores. Parte de la descripción es posible de observar en el Anexo E, específicamente en las Figuras E.2, E.4, E.5, E.6, E.8, E.11 y E.14, de los sondeos VCNRC10004, VCNRC10006, VCNRC10007, VCNRC10008, VCNRC10013, VCNRC10020 y VCNRC11030, que corresponden a sondeos que cortaron mayor proporción de estas unidades volcánico-sedimentarias, probablemente ocasionado porque se perforó en dirección del manto de las capas, que según ? mantean 50° al NE con un rumbo de N40°W. Cabe señalar que en la parte NE fuera de Nueve Vidas también se identifica un pliegue sinclinal con un eje axial paralelo al rumbo de las secuencias anteriores. A pesar que en esa zona los estratos están altamente deformados, se ha optado por la simplificación de la geología estructural de la zona de estudio para un mayor entendimiento en la geología económica (ver Anexo F de perfiles esquemáticos).

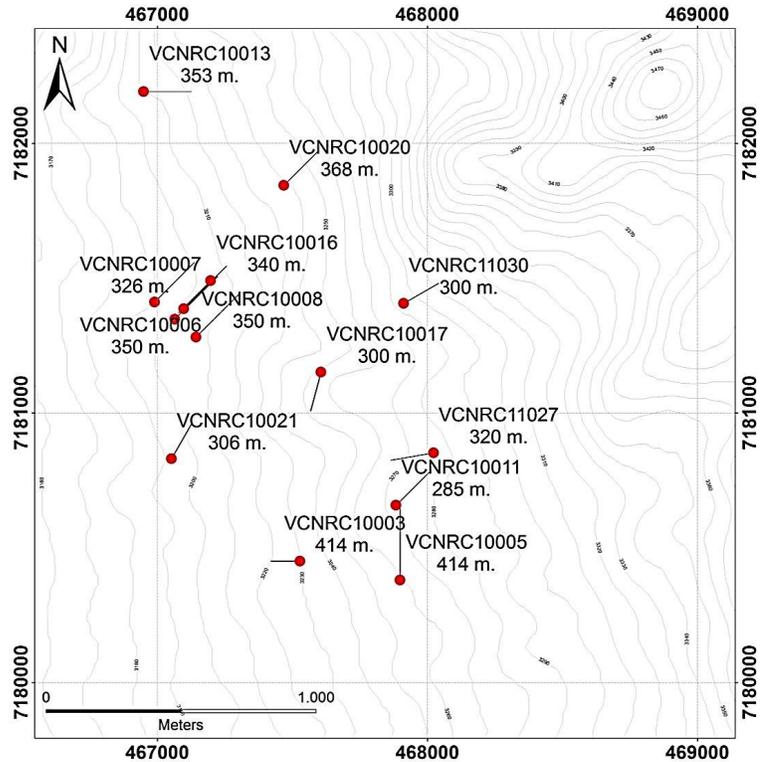


Figura 3.15: Vista en planta de la ubicación y traza de los sondajes en el área de Nueve Vidas.

La unidad volcánica-sedimentaria constituye la roca caja de cuerpos volcánicos intermedios de composición diorítica dominante (36 % t.m.s corresponden a intrusivos). De estos se destaca una diorita (20 % t.m.s) con una asociación mineral de alteración clorita-magnetita, seguida por albitización, clorita y feldespato potásico, ambos subordinados. Se destaca una mineralización de clorita-pirita, pirita-calcopirita (en muy baja proporción) y pirita-turmalina, todas estas en venillas fina de 1 a 2 mm de espesor (ver Anexo E, Figuras E.7, E.10, E.12 y E.13, de los sondajes VCNRC10011, VCNRC10017, VCNRC10021 y VCNRC10027, respectivamente).

A la anterior diorita le sigue en proporción una diorita de hornblenda (12 % t.m.s) alterada en clorita y clorita-magnetita, y una mineralización en venillas fina de pirita, pirita turmalina y magnetita (ver Anexo E, las Figuras E.1, E.3 y E.9, de los sondajes VCNRC10003, VCNRC10005 y VCNRC10016, respectivamente). En menor grado un pórfido biotítico (2 % t.m.s) alterado en albita y sin mineralización observada (Figuras E.1, E.6 y E.11, una monzo-diorita (1 % t.m.s) también alterada en albita y feldespato potásico subordinado, con clorita y pirita-turmalina en venillas, en muy baja proporción (Figuras E.5 y E.13). Finalmente un pórfido andesítico (1 % t.m.s) argilizado, albitizado y sericitizado sin mineralización importante descrita andesítico (Figuras E.5 y E.7).

Tabla 3.2: Objetivo de los sondeos realizados Nueve Vidas.

SONDAJE EJECUTADO	TIPO	OBJETIVO
VCNRC10003	Geofísico	Núcleo cargabilidad de potencial iónico (IP) profundo
VCNRC10004	Geológico Conceptual	Potencial proyección corredor mineralizado en borde magnetometría bajo gravas
VCNRC10005	Geofísico	Zona cargabilidad moderada en conjunción con patrón de magnetometría producto de magnetización
VCNRC10006	Geológico Conceptual	Intersección estructura alta ley cortada en sondeo vcnrc10004
VCNRC10007	Geológico Conceptual	Intersección estructura alta ley cortada en sondeo vcnrc10004
VCNRC10008	Geológico Conceptual	Intersección estructura alta ley cortada en sondeo vcnrc10004
VCNRC10011	Geológico Geoquímico	Intersección potencial corredor mineralizado en superficie según geoquímica histórica
VCNRC10013	Geofísico	intersección corredor resistivo interpretado entre nueve vidas y toro
VCNRC10016	Geológico Geoquímico	Tijera vcnrc10004, comprobación estructura alta ley au
VCNRC10017	Geológico	Comprobación estructura alta ley au
VCNRC10020	Geológico Geoquímico	Nivel tobas-sedimentos silicificados con anomalía en oro
VCNRC10021	Geológico	Zona skarn y endoskarn en contacto con diorita mineralizada en oro

SONDAJE	RESUMEN	MEJORES INTERCEPTOS
VCNRC10003	Cuerpo Diorítico dique-forme que va cortando secuencias volcanoclásticas finas y areniscas calcáreas. Alteración de clorita-magnetita, con pirita diseminada y en venillas que varía de 1 - 3%. Anomalías de Cu se asocian al incremento local de sulfuros (3-5% de pirita). Anomalías de Zn asocian a la presencia de epidota en la base del sondaje.	Diorita de hornblenda de grano medio, alterado a clorita+/magnetita++, intruido por diques microdioríticos, de 307 a 311m, 4 m @ 0.302 ppm (Au).
VCNRC10004	Depósitos volcanoclásticos con intercalaciones de niveles de areniscas finas. Presenta una Albitización moderada, y canales argílicos de sericita/pirita sobreimpuesta. Fuerte diseminación y venilleo de pirita y turmalina.	Volcanoclásticos con venillas de pirita, de 160 a 166m, 6m @ 0.336 ppm (Au). Volcanoclásticos con venillas de cuarzo-pirita, de 197 a 207 m, 10 m @ 8.54 ppm (Au), 26.8 ppm (Ag), incluyendo 2m @ 28.55 ppm (Au), 69.5 ppm (Ag). Volcanoclástico con venillas de pirita, de 304 a 311 m, 7m @ 0.257 ppm (Au).
VCNRC10005	Cuerpo Diorítico dique-forme que va cortando secuencias volcanoclásticas finas, areniscas y andesitas. Alteración dominante de clorita-magnetita-albita, con pirita diseminada en trazas < 1% Las débiles anomalías de Cu se asocian a la presencia de la diorita fina. Las anomalías de Zn posiblemente se asocian a la alteración de albita-clorita.	Andesita/Volcanoclásticos finos, de 214 a 215 m, 1m @ 1.747 ppm (Au). Diorita de hornblenda de grano medio, de 224 a 225 m, 1m @ 1.09 ppm (Au). Andesita/Volcanoclástico finos cortado por diques dioríticos, 212 a 218 m, 6m @ 685.15 ppm (Pb), y 2212 ppm (Zn).
VCNRC10006	Secuencia de Volcanoclásticos intercalada con paquetes andesíticos? Alterados a albita++, con sobreimposición de trazas de sericita?, y relictos de clorita en parches. Pirita diseminada de 3-5%. Las anomalías de Cu-Mo están asociadas a las zonas de	Volcanoclástico cortado por pequeños diques de diorita, de 106 a 108 m, 2m @ 0.131 ppm (Au). Zona de falla, de 138 a 140 m, 2m @ 0.131 ppm (Au).
VCNRC10007	Volcanoclásticos intercalados con pórfido andesítico, cortado por diques dioríticos y monzodioríticos. Alteración en general albita++/clorita++, y diques con clorita++/magnetita++. Pirita diseminada 3%, y esporádicas venillas de pirita.	Volcanoclástico, Andesita, en contacto con monzodiorita, con pirita (3-5%), de 02 a 42 m, 40 m @ 0.136 ppm (Au), incluyendo 1 m @ 0.759 ppm (Au). Volcanoclástico, de 73 a 79m, 6 m @ 0.321 ppm (Au). Andesita con venillas de pirita, de 116 a 119 m, 3 m @ 0.187 ppm (Au). De 139 a 143 m, 4 m @ 0.105 ppm (Au). Volcanoclásticos intercalando con areniscas, de 222 a 223 m, 1 m @ 42 ppm (Ag), y de 321 a 322m, 1 m @ 0.251 ppm (Au).
VCNRC10008	Depósitos volcanoclásticos con intercalaciones de niveles de areniscas finas. Alteración albita++/feldespato potásico+/clorita+actinolita-. Venillas de pirita y cuarzo.	Volcánico retrabajado con venillas de limonitas, de 50 a 51 m, 1 m @ 0.448 ppm (Au). Volcanoclásticos con pirita 5%, de 110 a 111 m, 1 m @ 0.143 ppm (Au); y de 127 a 129 m, 2 m @ 0.126 ppm (Au). Contacto de Volcanoclásticos y sedimentos, de 250 a 258 m, 8 m @ 0.40 ppm (Au), incluyendo 1 m @ 1.191 ppm (Au).

Tabla 3.3: Resumen 1 características importantes sondajes Nueve Vida.

SONDAJE	RESUMEN	MEJORES INTERCEPTOS
VCNRC10011	Diorita porfírica intercalada con volcanoclásticos/areniscas finas. Alterado a clorita++/albita+, con superposición de canales de sericita débil. Pirita diseminada y en venillas.	Volcanoclástico con limonitas en fracturas, de 06 a 09m, 3 m @ 0.177 ppm (Au). Volcanoclástico con pirita 5%, de 38 a 40 m, 2 m @ 0.973 ppm (Au). Volcanoclástico con venillas de pirita, de 61 a 62 m, 1 m @ 0.114 ppm (Au), de 71 a 72 m, 1 m @ 0.889 ppm (Au), de 79 a 80 m, 1m @ 0.695 ppm (Au), de 85 a 89 m, 4 m @ 0.503 ppm (Au). Volcanoclásticos, de 112 a 113 m, 1m @ .172 ppm (Au). Arenisca con venillas de clorita, de 155 a 157 m, 2 m @ 0.129 ppm (Au); y de 175 a 176 m, 1m @ 0.307 ppm (Au).
VCNRC10013	Intercalación de volcanoclásticos y areniscas calcáreas finas, alterado a albita++ cortado por pequeños diques dioríticos alterados a albita++/clorita-. pirita diseminada de 1-2%.	Areniscas finas alteradas a albita+. pirita diseminada 2%, de 304 a 305 m, 1 m @ 0.038 ppm (Au).
VCNRC10016	Paquetes de Volcanoclástico grano fino, cortados por diques de diorita fina y Diorita de hornblenda, alterados a albita. Anomalías de Ag-Cu-Zn, asociadas puntualmente a venillas de pirita.	De 74 a 75 m, 1 m @ 6.38 ppm (Au), 53.2 ppm (Ag). De 79 a 80 m, 1 m @ 0.389 ppm (Au), 90.8 ppm (Ag). De 81 a 82 m, 1 m @ 1.56 ppm (Au). De 108 a 110 m, 2 m @ 0.262 ppm (Au). De 121 a 124 m, 3 m @ 0.179 ppm (Au). De 266 a 267 m, 1 m @ 0.114 ppm (Au). De 312 a 315 m, 3 m @ 81.57 ppm(Ag), 1518 ppm (Cu).
VCNRC10017	Diorita de grano fino, matriz recristalizada. Alteración Magnetita-Clorita. Venillas de pirita.	Diorita zona de limonitas, de 24 a 30m, 6 m @ 1215 ppm (Zn). diorita alt clorita++magnetita+++, de 42 a 64 m, 22 m @ 0.847 ppm (Au), incluyendo 4 m @ 2.86 ppm (Au). diorita de 236 a 246 m, 10 m @ 0.160 ppm (Au), y 266 a 268 m, 2 m @ 14.7 ppm (Ag).
VCNRC10020	Secuencias volcanoclásticas con intercalaciones de niveles de areniscas finas, cortadas por Pórfido Biotítico?, y Diorita fina. Alteración clorita++/magnetita++, con menor albita.	Areniscas finas con venillas de Esp-clorita, de 218 a 220 m, 2 m @ 0.15 ppm (Au). Diorita alterado a clorita-magnetita, de 250 a 252 m, 2 m @ 0.247 ppm (Au). Diorita y Arenisca, de 270 a 284 m, 14 m @ 0.78 ppm (Au), incluyendo 2 m @ 4.35 ppm (Au). Areniscas con venillas de Esp-pirita [albita], de 296 a 300 m, 4 m @ 0.10 ppm (Au). Volcanoclástico, de 350 a 352 m, 2m @ 0.42 ppm (Au).
VCNRC10021	Diorítico de Hornblenda de grano grueso. Alteración clorita++/magnetita++. pirita y magnetita diseminada, en parches y micro-venillas.	Diorita grano grueso alterado a clorita-magnetita fuerte, de 66 a 70 m, 4 m @ 0.50 ppm (Au), de 80 a 82 m, 2 m @ 1.22 ppm (Au), de 92 a 170 m, 78 m @ 0.38 ppm (Au). Diorita con fuerte pirita 5%, de 236 a 246 m, 10 m @ 5.32 ppm (Au), 29,76 ppm (Ag), 598 ppm (Cu), 8172 ppm (Zn), incluyendo de 4 m @ 8.94 ppm (Au). Diorita, de 246 a 252 m, 6 m @ 0.135 ppm (Au), y de 286 a 288 m, 2 m @ 0.498 ppm (Au).
VCNRC11027	Diorita de grano fino, con intercalaciones de niveles volcanoclásticos y areniscas finas. Hacia la base Monzodiorita de grano grueso. Alteración de albita++/clorita+/EPD-. diseminación de pirita, y venillas de clorita-pirita.	Diorita con venillas de clorita-pirita, de 120 a 128 m, 8m @534 ppm (Zn). Contacto de Diorita con Arenisca, de 252 a 254 m, 2 m @ 723 ppm (Zn). Areniscas con venillas de pirita, de 278 a 286 m, 8 m @ 686 ppm (Zn).
VCNRC11030	Intercalación de Areniscas finas y volcanoclásticos, alterados a albita+, con débil clorita+ y superposición de alteración argílica+. Mayormente venillas de pirita, y esporádica venillas de turmalina, cuarzo-pirita, y cuarzo-clorita-pirita.	Volcanoclástico con venillas de pirita, de 88 a 90 m, 2 m @ 2.21 ppm (Au). Areniscas con venillas de pirita, de 274 a 276 m, 2 m @ 0.154 ppm (Au).

Tabla 3.4: Resumen 2 características importantes sondajes Nueve Vida.

Anomalías Químicas según Litología y Alteración

Las anomalías más altas de oro se dan en la secuencia volcániclaística descritas en el sondeo VCNRC10004 (201-203m de profundidad, Figura E.2). Este intercepto está asociado a una alteración sericítica y a venillas de cuarzo-pirita (alcanzando 25,60 y 31,50 ppm de Au). Le sigue la diorita con una alteración de clorita-magnetita (con valores que bordean los 2 ppm) y finalmente la arenisca alterada en albita (valores máximos entre 0,3 y 1,2 ppm). También existen valores altos de oro, sobre 1 ppm que se encuentran en la diorita alterada en clorita-magnetita y en la secuencia volcániclaística albitizada y sericitizada (Figuras E.2 y E.12).

De los *Strip Log* del Anexo E, es posible observar que la mayoría de los peaks de anomalías de oro se asocian a la presencia de la diorita en sectores donde se pone en contacto con las unidades volcánico-sedimentarias y en algunos contactos con otros intrusivos. También se puede apreciar que las anomalías se presentan en zonas de brechización (Figuras E.4 y E.5). Por el contrario, En aquellos sondeos donde no se cortaron cuerpos intrusivos intrusivos (Figura E.6) las anomalías se asocian a zonas de contactos o zonas de variación de litología; zonas de debilidad.

Para la plata la tendencia es similar a la del oro, se observan las mayores anomalías en el paquete volcániclaístico asociado a la albitización (máximo de 142 ppm y promedio de 43 ppm), seguido por la diorita con clorita-magnetita (máximo 47 ppm y promedio 27 ppm) y el pórfido andesítico con predominante alteración de clorita (escasos valores con un promedio de 5 ppm).

El Arsénico se concentra mayoritariamente en la diorita alterada a clorita-magnetita (máx. 4220 ppm en VCNRC10017 y promedio de 45 ppm), seguido por el paquete volcániclaístico albitizado (máx. 1830 ppm y 42 ppm de promedio).

El Bismuto presenta las anomalías más grandes en la diorita (alteración clorita-magnetita) con valores máximos sobre los 20 ppm y le sigue la unidad volcániclaística albitizada con valores promedios de 1,5 ppm. El Cadmio está presente en la diorita (clorita-magnetita) con las mayores anomalías (200ppm), seguida por la andesita (albita) con valores máximos de 30 ppm.

El Cobalto se concentra en la unidad volcániclaística (clorita-manetita) y en la diorita (argilización) mayoritariamente, con valores máximos de 550 ppm y 200 ppm, respectivamente.

El Cobre predomina en la diorita (clorita-magnetita) con valores por sobre los 1000 ppm y en los volcániclaísticos (albita) con valores de hasta 1000 ppm.

El Hierro se concentra en la diorita (clorita-magnetita), diorita hornblenda (albita) y los volcániclaísticos (magnetita) mayoritariamente con valores promedios de 10 %.

El Molibdeno predomina en los volcániclaísticos (albita), arenisca (argílica), diorita (clorita-magnetita) y diorita de hornblenda (clorita), con valores promedios sobre los 10 ppm y máximos sobre los 50 ppm.

El Fósforo se concentra mayormente en la diorita (clorita-magnetita), volcaniclástico (albita), diorita de hornblenda (argización-propilitización), arenisca (sericita), con valores máximos que oscilan en 5000 ppm.

El Plomo predomina en la andesita (clorita-magnetita), diorita de hornblenda (albita), diorita (argílica-clorita), volcaniclástico y arenisca (sericita-argílica) con valores máximos que varían entre 200 y 1000 ppm.

El Azufre es bastante homogéneo en las muestras analizadas, una mayor anomalía en la diorita de hornblenda (albita) con un máximo promedio de 8 ppm, diorita (clorita-magnetita) con 6 ppm, volcaniclástico y arenisca (argílica y clorita) con un promedio de 4 ppm.

El Antimonio presenta sus mayores anomalías en los volcaniclásticos (albita y sericita) y la diorita (clorita-magnetita). Valores máximos sobre los 100 ppm en el primero y 50 ppm en el segundo.

El Zinc presenta sus máximos valores en la diorita (clorita-magnetita) sobre 2000 ppm, le sigue la andesita (albita) con valores de hasta 3000 ppm y finalmente la diorita de hornblenda (propilítica) con valores bajo los 1000 ppm. Finalmente se puede realizar una asociación general de las anomalías según litología, quedando de la siguiente forma:

Unidad Volcaniclástica: Ag, As, Au, Bi, Co, Cu, Mn, S, Sb.

Diorita: Ag, As, Au, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Mo, P, Sb, Zn.

Diorita de Hornblenda: Fe, P, Pb y S.

Andesita: Cd, Cu, P, Pb y Zn.

Arenisca: Au, Co, Fe, P y Sb.

Capítulo 4

Geoquímica

La obtención y el posterior análisis de la información geoquímica, dentro del marco de la exploración de recursos minerales, tiene como objetivo determinar zonas de concentraciones anómalas de elementos con preciado valor económico, para así enfocar estudios de mayor detalle en zonas acotados que poseen elevado potencial económico.

Durante las campañas de exploración en Nueve Vidas realizadas por Minera Hochschild entre 2010 y 2012, relacionadas a perforaciones de aire reverso, se prepararon alrededor de 3000 muestras que fueron analizadas geoquímicamente. Estas fueron obtenidas sistemáticamente a partir de cada sondaje en intervalos de 1 o 2 metros (14 sondajes de unos 300 metros de profundidad en promedio).

4.1. Metodología de Análisis Geoquímicos

A continuación se presenta el procedimiento utilizado para analizar geoquímicamente las muestras de rocas superficiales y de sondaje.

El laboratorio encargado de realizar los análisis geoquímicos corresponde a *ALS minerals*. A esta entidad, Minera Hochschild ha recurrido para solicitar dos métodos para la caracterización geoquímica de sus muestras; Ensaye al fuego y absorción atómica (AAS; *atomic absorption spectroscopy*) para el oro y digestión con *agua regia* e ICP (*inductively coupled plasma*) para el análisis multi-elementos.

4.1.1. Ensayo Geoquímico para el Oro

La primera etapa trata de un protocolo de preparación de muestras que consiste principalmente en el chancado y pulverización de la roca a ser analizada (2-3 kg de muestra). Para este protocolo se tritura la roca hasta que el 70 % de la muestra sea de una granulometría menor a 2mm. Luego de 8 horas de secado como mínimo se separan entre 0,25 y 1 Kg de

muestras que son finalmente pulverizadas hasta que el 85% de material sea menor o igual a 75 micrones. Después de la preparación mecánica de la muestra ALS minerals obtiene los valores de oro (en ppm), utilizando la descomposición de las muestras mediante el método de ensaye al fuego (*Fire Assay Fusion* o Au-AA23(23) y Au-GRA21(22), denominado por el laboratorio), que consiste básicamente en producir una fusión de la muestra usando reactivos fundentes adecuados para obtener dos fases líquidas; una escoria constituida principalmente por silicatos complejos y una fase metálica constituida por plomo (litargirio PbO), el cual reúne los metales nobles de interés (Au y Ag). Los dos líquidos se separan en dos fases debido a su respectiva inmiscibilidad y su gran diferencia de densidad, estos solidifican al enfriar. El plomo sólido (con los metales nobles colectados) es separado de la escoria como un régulo. Este régulo de plomo obtenido es oxidado (copelación) a altas temperaturas en donde se elimina el plomo, dejando los metales preciosos en un cordón metálico llamado prill. Tradicionalmente el prill es disuelto parcialmente en ácido nítrico para quitar la plata y el oro que queda determinado por peso (gravimetría). Alternativamente, la pepita se puede disolver en una mezcla de ácido clorhídrico y nítrico (agua regia) y la concentración es determinada por métodos espectroscópicos (AAS, ICPAES o ICPMS. Para este caso se utilizó AAS). La concentración se expresa normalmente en partes por millón (ppm), lo que equivale a gramos por tonelada (g/t). Los límites de detección son 0,005 ppm para el mínimo y 10 ppm para el máximo (ver Tabla 4.1). Si la muestra supera el límite máximo de detección se utiliza el método gravimétrico que alcanza hasta 10.000 ppm en su límite máximo.

Tabla 4.1: Detalle método absorción atómica para Au.

Código Método	Elemento	Símbolo	Unidad de medida	Masa muestra (g)	Límite Inferior	Límite Superior	Método sobre límite detección
Au-AA23	Oro	Au	ppm	30	0.005	10.0	Au-GRA20
Au-AA24	Oro	Au	ppm	50	0.005	10.0	Au-GRA21

4.1.2. Ensayo Geoquímico Multi-elemento

En este caso, la preparación de las muestras a ser analizadas comienza con el método de agua regia (Aqua Regia Digestion o ME-ICP41, denominado por el laboratorio). El agua regia consiste en una solución altamente corrosiva y fumante, de color amarillo, formada por la mezcla de ácido nítrico concentrado y ácido clorhídrico concentrado, generalmente en la proporción de uno a tres en volumen, respectivamente. Es uno de los pocos reactivos que son capaces de disolver el oro, el platino y el resto de los metales. Finalmente se utiliza el método de *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES) para obtener los valores de los elementos requeridos en ppm y % (ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2: Límites de detección para el método ME-ICP41 multi-elemento.

Elemento	Símbolo	Unidad medida	Límite inferior	Límite superior
Plata	Ag	ppm	0.2	100
Aluminio	Al	%	0.01	25
Arsénico	As	ppm	0.1	10000
Oro	Au	ppm	0.2	25
Boro	B	ppm	10	10000
Bario	Ba	ppm	10	10000
Berilio	Be	ppm	0.05	1000
Bismuto	Bi	ppm	0.01	10000
Calcio	Ca	%	0.01	25
Cadmio	Cd	ppm	0.01	1000
Cerio	Ce	ppm	0.02	500
Cobalto	Co	ppm	0.1	10000
Cromo	Cr	ppm	1	10000
Cesio	Cs	ppm	0.05	500
Cobre	Cu	ppm	0.2	10000
Hierro	Fe	%	0.01	50
Galio	Ga	ppm	0.05	10000
Germanio	Ge	ppm	0.05	500
Hafmio	Hf	ppm	0.02	500
Mercurio	Hg	ppm	0.01	10000
Indio	In	ppm	0.005	500
Potasio	K	%	0.01	10
Lantano	La	ppm	0.2	10000
Litio	Li	ppm	0.1	10000
Magnesio	Mg	%	0.01	25

Elemento	Símbolo	Unidad medida	Límite inferior	Límite superior
Manganeso	Mn	ppm	5	50000
Sodio	Na	%	0.01	10
Niobio	Nb	ppm	0.05	500
Niquel	Ni	ppm	0.2	10000
Fósforo	P	ppm	10	10000
Plomo	Pb	ppm	0.2	10000
Rubidio	Rb	ppm	0.1	10000
Renio	Re	ppm	0.001	50
Azufre	S	%	0.01	10
Antimonio	Sb	ppm	0.05	10000
Escandio	Sc	ppm	0.1	10000
Selenio	Se	ppm	0.2	1000
Estaño	Sn	ppm	0.2	500
Estroncio	Sr	ppm	0.2	10000
Tantalio	Ta	ppm	0.01	500
Telurio	Te	ppm	0.01	500
Torio	Th	ppm	0.2	10000
Titanio	Ti	%	0.005	10
Talio	Tl	ppm	0.02	10000
Uranio	U	ppm	0.05	10000
Vanadio	V	ppm	1	10000
Tungsteno	W	ppm	0.05	10000
Itrio	Y	ppm	0.05	500
Zinc	Zn	ppm	2	10000
Zirconio	Zr	ppm	0.5	500

4.2. Control de Calidad Geoquímica Sondajes RC Nueve Vidas

En este capítulo se presentan las metodologías y resultados de dos tipos de control de calidad para datos geoquímicos. El primero, es preparado y realizado regularmente por minera Hochschild y es denominado como control QAQC. El segundo, es un método alternativo basado en Stanley & Smea (2007), que también es un método que se utiliza bastante al momento de observar errores en el procedimiento que involucra la obtención de datos geoquímicos. Se optó por hacer un segundo control de calidad para comparar y complementar el control de calidad QAQC que hace la empresa.

4.2.1. Metodología 1: QA/QC

En el siguiente apartado se presenta en forma resumida el procedimiento y los objetivos relacionados al control de calidad realizado por Minera Hochschild en la construcción de una base de datos geoquímica, según un informe realizado el 2007.

El objetivo de un programa QA/QC (*Quality Assurance/Quality Control* o Aseguramien-

to y Control de Calidad) es asegurar la integridad de los datos utilizados para el manejo de un programa de exploraciones u operación minera, para la revelación de publicaciones corporativas, y últimamente para asegurar que los datos generados son de una naturaleza y estándares que pueden ser utilizados para estimaciones de recursos, control de producción, etc. Los objetivos de un buen programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) son:

1. Prevenir el ingreso de grandes errores a la base de datos utilizada para el modelado de recursos.
2. Demostrar que los muestreos y las discrepancias analíticas son pequeños, con relación a las variaciones geológicas.
3. Garantizar que la precisión de la información en la que se basa el modelo de recursos pueda ser confirmada, dentro de los límites razonables, por otros laboratorios.

A demás, el programa QA/QC debe cubrir las siguientes componentes del programa de exploración:

- Recolección de Muestras
- Seguridad (contaminación)
- Preparación de muestras
- Método analítico
- Exactitud y Precisión
- Administración de la Base de Datos
- Análisis de la Información Geológica y Analítica

Ensayos Geoquímicos

El Control de Calidad relacionado a los ensayos geoquímicos consiste en los procedimientos utilizados para mantener el nivel de calidad deseado en la base de datos de los ensayos.

Los programas de QA/QC detallados son diseñados para monitorear el muestreo rutinario y el desempeño del laboratorio en un esfuerzo por controlar (minimizar) el posible error total en la secuencia muestreo-cuarteo-análisis. QA/QC en el muestreo y ensayo se logra con el monitoreo y control de cuatro componentes esenciales de dicha secuencia:

- Recolección y cuarteo de las muestras (campo, logueo)
- Preparación y sub-muestreo (cuarteo) de las muestras en laboratorio
- Exactitud y precisión analítica
- Exactitud del informe (del personal o transferencia de datos)

Para realizar los ensayos geoquímicos se utilizan diversos laboratorios especializados, a los que se les clasifica como laboratorio primario; en donde se ensayan todas las muestras, y los laboratorios secundarios; en donde se analizan algunas de las muestras para validar los resultados del laboratorio primario.

Inserción de Material QA/QC

Los programas de QA/QC relacionados al muestreo y ensayos, consisten en un programa de inserción rutinaria de materiales de control de calidad en diferentes etapas críticas del proceso de recolección, preparación y ensayo de muestras, con determinaciones analíticas desarrolladas en varios laboratorios.

La inserción rutinaria de materiales de control de calidad incluye una cantidad de diferentes tipos de materiales de control de calidad para monitorear y medir el desempeño del laboratorio. Estos incluyen:

- Material de Referencia estándar.
- Material en blanco, consistente en material desprovisto del (los) elemento(s) o producto de interés económico, o desprovisto de un contaminante que afecta el costo de un proceso o decisión.
- Muestras duplicadas.
- Muestras gemelas.

Los estándares son muestras certificadas con una composición química bien conocida que sirven para monitorear la exactitud (reproducibilidad) del análisis.

Los blancos son muestras de material estéril desprovistas del elemento que está siendo analizado. Los blancos ayudan a monitorear la contaminación y desarreglo de las muestras durante la preparación y análisis de la muestra.

Un duplicado grueso da información sobre la variación de la separación de la muestra entre muestra original, duplicado grueso y los rechazos. Duplicados Finos indican la precisión del análisis geoquímico del laboratorio.

Las muestras gemelas son muestras que se recolectan en el mismo sitio. Sirven para monitorear la homogeneidad de la mineralización y la variación inducida por el método de muestreo.

La frecuencia de inserción de los controles y los límites de tolerancia se detallan en la Tabla 4.3 y 4.4, respectivamente.

Tabla 4.3: Detalle frecuencia de inserción de muestras en el control de calidad.

Tipo de Muestra	Frecuencia	Encargado	Lugar
Gemela (1/4 testigo)	1/30	Geólogo	Proyecto
Blanco Grueso	1/30	Geólogo	Proyecto
Blanco Fino	1/30	Geólogo	Proyecto
Duplicado grueso(#10)	1/30	QAQC encargado	Laboratorio
Duplicado fino (pulpa, #200)	1/30	QAQC encargado	Laboratorio
Estándar Bajo		Geólogo	Proyecto
Estándar Medio	Alternando 1/30	Geólogo	Proyecto
Estándar alto		Geólogo	Laboratorio
Muestra de chequeo	1/30	QAQC encargado	Laboratorio

Tabla 4.4: Límite de tolerancia por material QAQC.

Material QAQC	Observación	Límite de Tolerancia
Gemela	Diferencia del par dividido entre la media del par para los 90% de la población no deben pasar una variación de:	30%
Duplicado Grueso		20%
Duplicado Fino		10%
Blancos Gruesos		< 3 x Límite de detección
Blancos Finos		≤ 1 x Límite de detección
Estándares	Límite superior	Mediana + 2σ (Mediana + 1 intervalo de confianza al 95%)
	Límite inferior	Mediana - 2σ (Mediana - 1 intervalo de confianza al 95%)

Resultados Control de Calidad QA/QC

Minera Hochschild ha brindado una pequeña batería de datos para la realización del control de calidad en ensayos geoquímicos, relacionados a los 14 sondajes de aire reverso ejecutados en el sector de Nueve Vidas. Estos datos se central en la medición de la concentración de oro y plata en muestras de control del tipo: Estándares, blancos finos y gruesos, gemelas y duplicados finos y gruesos.

El detalle de la metodología y los resultados numéricos del control de calidad se exponen en el Anexo A de este trabajo, por tanto, aquí solo se presentan los resultados resumidos de dicho procedimiento (ver tabla 4.5).

En este tipo de control solo hubo problemáticas con las muestras duplicadas (laboratorio) y gemelas (campo) cuyos valores de Au y Ag eran muy cercanos al límite de detección. De este modo, variaciones muy pequeñas en esos rangos de medida hacen resaltar errores muy

grandes, pero este fenómeno no es de preocupar y aun así las muestras pasaron conformemente el control de calidad.

Tabla 4.5: Resumen control de calidad QA/QC.

Tipo Control	Elemento	ppm original	N° Muestras	Cumple Condición %	No Cumple Condición %	Pasa Control QA/QC
Estándar	Ag	28	33,00	100,00	0,00	Si
Estándar	Ag	165	32,00	100,00	0,00	Si
Estándar	Au	0,07	4,00	100,00	0,00	Si
Estándar	Au	0,08	39,00	94,87	5,13	Si
Estándar	Au	0,09	8,00	87,5	12,50	Si
Estándar	Au	2	38,00	97,37	2,63	Si
Estándar	Au	2,46	14,00	92,86	7,14	Si
Estándar	Au	9,65	10,00	100,00	0,00	Si
Tipo de Muestra		Variable	N° Muestras	Cumple Condición %	No Cumple Condición %	Pasa Control QA/QC
Duplicado	Fino	Ag	38	60,53	39,47	No
		Au	39	61,54	38,46	No
	Grueso	Ag	38	57,89	42,11	No
		Au	38	60,53	39,47	No
Blancos	Fino	Ag	117	73,50	26,50	No
		Au	117	89,74	10,26	Si
	Grueso	Ag	116	91,38	8,62	Si
		Au	116	100,00	0,00	Si
Gemelas		Ag	78	82,05	17,95	No
		Au	78	55,13	44,87	No

4.2.2. Metodología 2: Según Stanley

Un control de calidad se realiza para determinar el nivel de confianza que presenta una determinada base de datos. El resultado indica la sumatoria de todos los errores, los que pueden ser introducidos por diversos procedimientos como en el tratamiento de las muestras, incluyendo el muestreo, la preparación y el análisis geoquímico de las muestras ([Stanley & Smee, 2007](#)).

Existen dos tipos de errores: Errores aleatorios, que consisten en la inherente variación de cualquier muestreo o proceso de medición y un error no aleatorio, que causa una desviación sistemática (negativa o positiva) del valor real. La exactitud, es la cercanía de un resultado al valor verdadero y es dependiente tanto de los errores aleatorios, como de los errores sistemáticos, mientras que la precisión es la capacidad de obtener el mismo resultado repetidamente y es solamente una medida de los errores aleatorios. Esto significa que los resultados pueden ser precisos, sin ser exactos ([Fletcher, 1981](#)).

La determinación de la reproducibilidad de los datos (precisión) se mide a través de la toma de muestras en terreno y en el laboratorio con los duplicados. La exactitud se puede evaluar utilizando muestras con concentraciones de valor conocido (muestras estándares).

Históricamente la medida del error se ha realizado mediante dos aproximaciones distintas. Ambas utilizan un grupo de n muestras duplicadas: análisis de Thompson- Howard, a través del cual se obtiene una función que estima la magnitud del error, de acuerdo a un rango de

composición; la segunda técnica implica el cálculo del promedio del error relativo directamente desde el grupo de muestras duplicadas (Stanley & Lawie, 2007).

El error relativo se mide, preferentemente, utilizando el coeficiente de variación (CV), debido a que corresponde a la desviación estándar (σ) dividido por la media (μ) (i); ambos son los estadígrafos de mayor uso en la caracterización de una distribución de frecuencia (Stanley & Lawie, 2007).

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \text{(i)}$$

El CV es una estimación descriptiva del error relativo para un grupo de mediciones replicadas, de este modo representa una relación estructural entre la concentración del elemento y la medida del error (Stanley & Lawie, 2007).

El cálculo del error relativo debe realizarse utilizando la raíz del promedio del cuadrado del CV (ii), debido a que la varianza (μ^2) es aditiva, no así la desviación estándar. De este modo, a través de los cuadrados de los errores relativos se puede obtener el error introducido durante cada proceso (muestreo, análisis, etc.) en que se cuente con muestras duplicadas (Stanley & Lawie, 2007).

$$\overline{CV} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{CV_i^2}{n}} \text{(ii)}$$

Para el control de calidad de los procedimientos realizados durante la preparación de la muestra y el análisis químico en el/los laboratorio/s, se utilizan duplicados analíticos y muestras estándares. A partir de los duplicados analíticos se calcula el porcentaje del error relativo analítico mediante la varianza relativa (RV), la cual corresponde al coeficiente de variación al cuadrado (Stanley & Lawie, 2007), mediante las siguientes fórmulas (iii) (iv):

$$RV = CV^2 = \frac{\sigma^2}{\mu^2} = 2 \frac{(x_1 - x_2)^2}{(x_1 + x_2)^2} \text{(iii)}$$

$$\overline{CV} \% = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[2 \frac{(x_{1i} - x_{2i})^2}{(x_{1i} + x_{2i})^2} \right]} \times 100 \text{(iv)}$$

En donde n corresponde al número de pares duplicados y (x_1, x_2) son un par de muestras original y duplicado. La exactitud de las mediciones se evalúa a través de las muestras estándares, para todas las variables cuyos estándares superen el 50 % de los datos con respuesta analítica. Para ello se calcula el porcentaje del CV, mediante la fórmula (v).

$$CV \% = \frac{\sigma_{st}}{\mu_t} \times 100 \text{(v)}$$

Finalmente, el error analítico (EA) se estima como el promedio de la suma cuadrática del CV de los duplicados y el CV de los estándares (vi).

$$E_A = \sqrt{\frac{CV_{Dup}^2 + CV_{St}^2}{2}}(vi)$$

VARIABLES QUE POSEAN ERROR ANALÍTICO MENOR AL 10 % SON CONSIDERADAS ANALÍTICAMENTE CONFIABLES, LAS VARIABLES CON ERROR ENTRE 10 % A 20 % DEBEN SER ESTUDIADAS EN RELACIÓN AL ERROR TOTAL (ET) Y PARA VARIABLES CON VALORES SUPERIORES 20 % SE CONSIDERAN NO APTAS Y SON ELIMINADAS DEL SUBSECUENTE ESTUDIO.

El error total (ET) se mide a través de los duplicados de terreno (gemelas), ya que estas muestras poseen la suma de los errores introducidos durante el muestreo y en el análisis químico. El cálculo del error total se realiza sólo para las variables con error analítico inferior a 20 %. El procedimiento es análogo al utilizado en la determinación del error analítico, ocupando las fórmulas (iii) y (iv) y obteniendo el porcentaje del coeficiente de variación (CV %), a partir de la varianza relativa (RV). Finalmente, el error de muestro (EM) es determinado a través de la fórmula (vii):

$$E_M = \sqrt{E_T^2 - E_A^2}(vii)$$

Cabe destacar que existen variables en donde el error analítico es superior al error total. Esto puede deberse a un bajo número de duplicados de terreno o a graves problemas analíticos, de cualquier modo, en este caso el error de muestreo resulta desconocido.

Resultados Control de Calidad según Stanley

Con la misma batería de datos con la que se hizo el control QA/QC, se ha realizado el control de los datos según Stanley, con el fin de encontrar los valores finales del error de muestreo, analítico y total. Se decidió utilizar esta metodología para compararla con el procedimiento QA/QC que ejecuta minera Hochschild, y con esto formular algunas recomendaciones al respecto.

En la tabla 4.6 es posible observar los resultados finales del control. Al igual que en el caso anterior el detalle numérico y gráfico de esta metodología se encuentran en el Anexo B de este trabajo.

Del mismo modo que con el control QAQC, aquí existen errores elevados >20 % que se vinculan al número bajo de muestras y a las bajas concentraciones de Au y Ag cercanas al límite de detección que presentan las muestras.

Tabla 4.6: Resumen control de calidad según Stanley.

Estándar		Duplicado		Gemelas	
CV Ag	CV Au	CV Ag	CV Au	CV Ag	Cv Au
4,07	7,97	37,27	24,89	28,59	38,38

	Ag	Au
Error Analítico (%)	26,51	18,48
Error Total (%)	33,22	32,34
Error Muestreo (%)	20,01	26,55

4.3. Estadística de la Geoquímica de Sondajes de Aire Reverso

Para comenzar con la interpretación geoquímica, primero es necesario condensar grandes volúmenes de datos numéricos y extraer de estos la información principal, y la forma de hacerlo más objetiva y confiable es a través de la estadística.

Por lo antes señalado, en este apartado se presenta el análisis estadístico básico realizado a los datos geoquímicos obtenidos de las muestras de sondajes de aire reverso en 2012 en el sector de Nueve Vidas. Este análisis consta de dos cuerpos fundamentales; un Análisis Univariante y un Análisis Multivariante. Cabe destacar que estos datos geoquímicos han pasado satisfactoriamente el control de calidad detallado en el apartado anterior de Control de Calidad.

De un total de 51 elementos analizados con los ensayos geoquímicos correspondientes, tan solo 36 de estos serán caracterizados estadísticamente, debido principalmente a que 15 elementos del total no presentan valores. Estos corresponden a: Ce, Cs, Ge, Hf, In, Li, Nb, Rb, Re, Se, Sn, Ta, Te, T y Zr. De este modo, los elementos estudiados han sido: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W y Zn.

4.3.1. Análisis Univariante

Para cada uno de los elementos presentes en este análisis, se desarrolló una caracterización estadística básica que se centra en obtener los valores correspondientes al promedio, error estándar, mediana, moda, desviación estándar, asimetría, rango, mínimo, máximo y percentiles, también se incluye el número de datos total, el *Background* y la abundancia promedio de los elementos en la corteza superficial. Todo esto se puede observar en las Tablas 4.7, 4.8 y 4.9, en donde se encuentran las variables ordenadas alfabéticamente y separadas en 3 grupos respectivos a cada tabla.

En el Anexo C es posible observar histogramas en base log normal, construidos en *ioGAS 64*, para cada una de las 36 variables analizadas. En estos se denota el comportamiento normal en casi todos los elementos graficados (ver Figura 4.1), excepto con B, Be, Bi, Cd, Ga, Hg,

Th, Tl, U y W, en donde se observa un comportamiento anormal, que incluso en algunas de estas variables (Ga, Hg, Th, Tl y U) tan solo existe uno o dos valores que se repiten en todas las muestras analizadas (ver Figura 4.2). Debido a este comportamiento tan limitado en la variación de datos, estos 10 elementos no serán incluidos en el análisis multivariable.

Para un mejor entendimiento del comportamiento univariable de los datos, en el Anexo C se adjuntan los respectivos diagramas de caja (*Box Plot*) para cada uno de los elementos analizados.

De esta simple forma se identifican los siguientes elementos anómalos, respecto a la concentración de elementos promedio en la corteza terrestre: Au, Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Mo, P, Pb, S y Zn. Detalle que puede ser observado en las siguiente Tablas de resumen del análisis univariable.

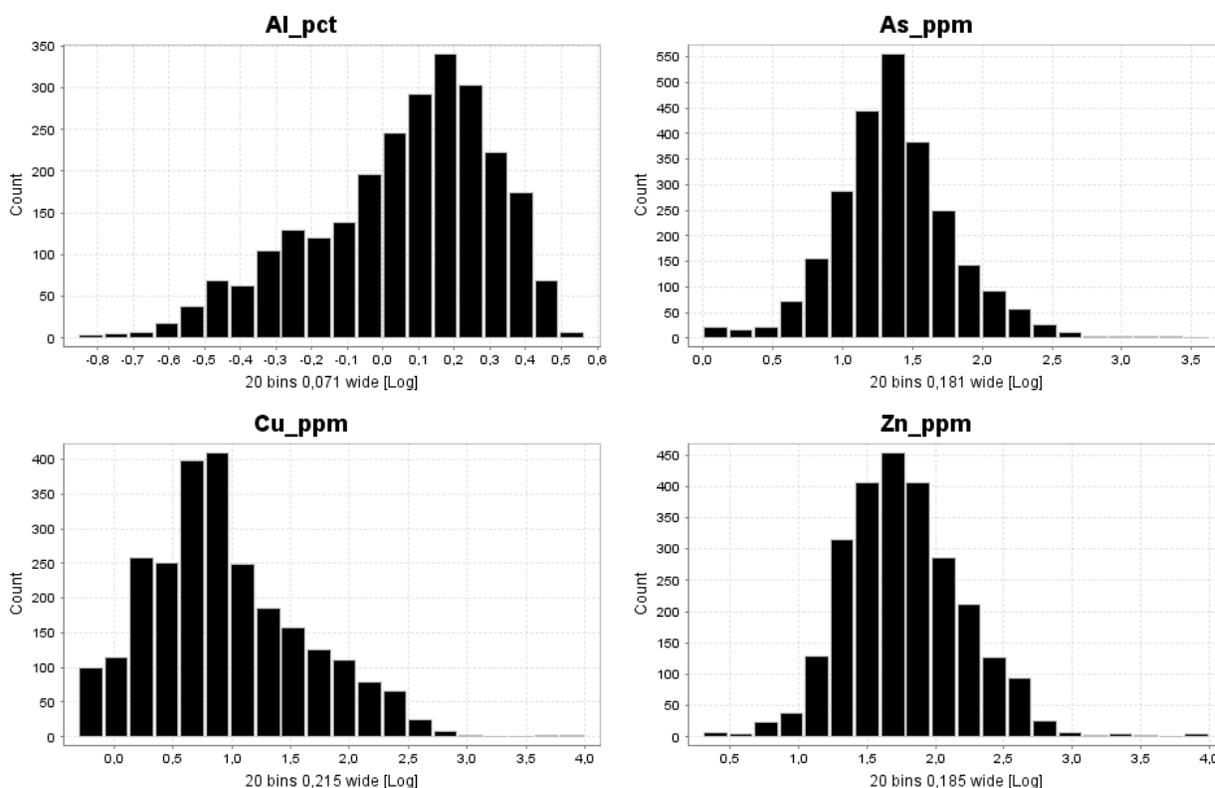


Figura 4.1: Histogramas representativos del comportamiento normal de la mayoría de la variables analizadas.

4.4. Análisis Multivariable

El análisis multivariable se ha realizado de dos formas distintas; una, en la que se incluyen todos los datos geoquímicos de cada elemento y otra en la que se excluyen los valores atípicos o *outliers* para cada elemento. Este procedimiento se ha realizado así para observar la variación que pueden presentar los resultados en relación a datos atípicos. Este análisis

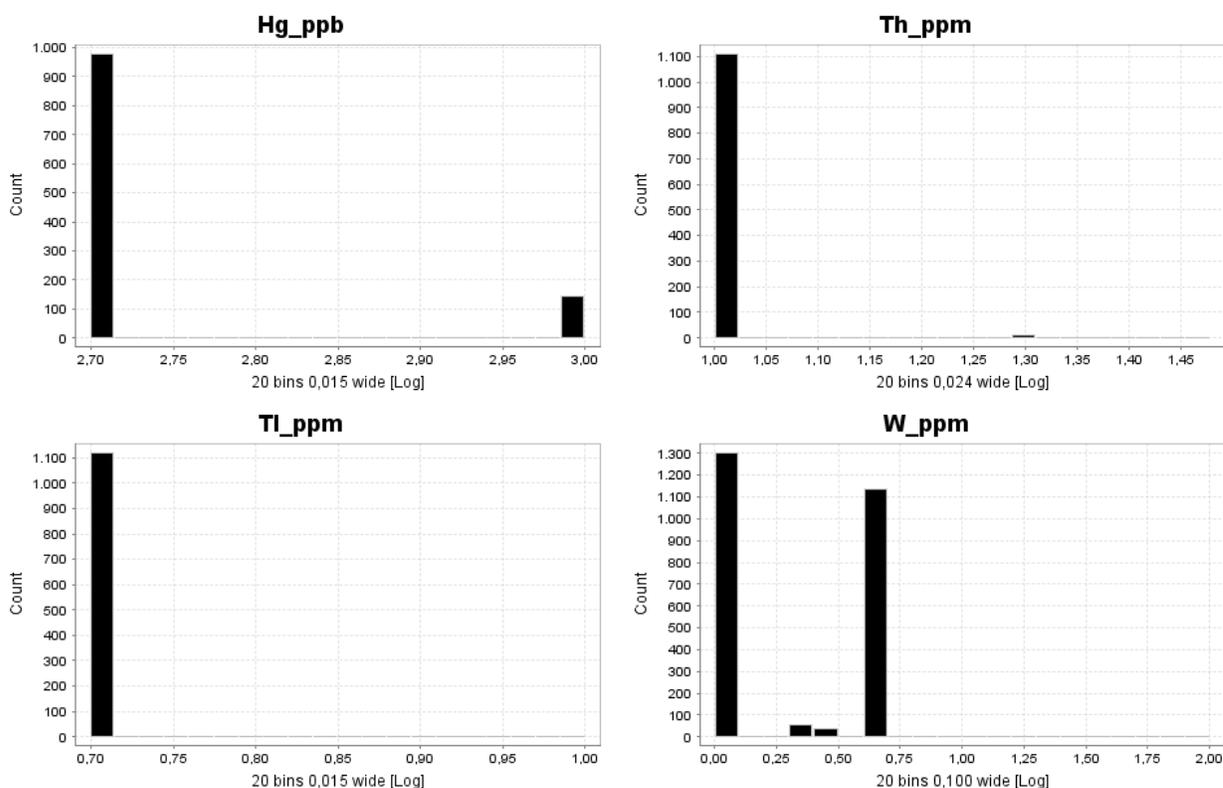


Figura 4.2: Histogramas representativos del comportamiento anormal de algunas de la variables analizadas.

Tabla 4.7: Resumen estadística univariable de elementos geoquímicos Ag-Cr.*Calculado como el promedio más 2 veces el error estándar **Rangos obtenidos de Taylor (1964); Le Maitre (1976); Wedepohl (1995) y Whalen et al. (1987).

Elemento	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr
Número Total de Datos	3945	1121	1121	3945	1121	1121	1721	1121	1121	1121	1121	1121
Unidad de Medida	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm
Promedio	0,62	1,31	44,99	0,07	10,29	22,07	0,38	1,42	2,29	1,00	19,11	18,88
Error Estándar	0,06	0,01	2,71	0,01	0,12	0,42	0,01	0,02	0,03	0,13	0,47	0,36
Mediana	0,15	1,26	22,00	0,01	10,00	17,00	0,25	1,50	2,16	0,25	15,00	15,00
Moda	0,15	1,13	13,00	0,00	10,00	10,00	0,25	1,50	1,19	0,25	11,00	4,00
Desviación Estándar	3,87	0,65	136,88	0,73	6,04	21,31	0,20	0,85	1,27	6,75	23,66	18,12
Asimetría	23,53	0,43	17,70	33,15	4,25	4,94	1,81	15,63	1,23	25,00	8,93	3,26
Rango	142	4	4219	31	72	338	2	23	15	201	580	169
Mínimo	0,10	0,14	1,00	0,00	5,00	2,00	0,25	1,00	0,10	0,25	0,50	0,50
Máximo	142	4	4220	32	77	340	2	24	15	201	580	169
Percentil 25	0,2	0,8	13,0	0,0	10,0	10,0	0,3	1,0	1,3	0,3	9,0	7,0
Percentil 50	0,2	1,3	22,0	0,0	10,0	17,0	0,3	1,5	2,2	0,3	15,0	15,0
Percentil 75	0,5	1,7	40,0	0,0	10,0	30,0	0,5	1,5	3,1	0,6	22,0	24,0
Percentil 95	1,1	2,5	132,6	0,1	20,0	59,0	0,8	2,0	4,5	3,0	46,0	47,0
Background*	0,74	1,34	50,42	0,09	10,53	22,91	0,39	1,46	2,34	1,27	20,05	19,60
Abundancia Promedio Corteza**	0,07-0,08	7,96 - 8,2	1,7-2,0	0,0025- 0,0036	10,0 - 20	425 - 584	2 - 2,8	0,09 - 0,17	2,95 - 4,15	0,1 - 0,2	24-27	20 - 126

consiste básicamente en la generación de una matriz de correlación de Pearson y un análisis de componentes principales con la ayuda de del *software ioGAS-64*.

Tabla 4.8: Resumen estadística univariable de elementos geoquímicos Cu-P.

Elemento	Cu	Fe	Ga	Hg	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P
Número Total de Datos	1121	1121	1721	1721	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121
Unidad de Medida	ppm	%	ppm	ppb	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Promedio	43,15	5,10	7,87	563,73	0,12	9,35	1,27	710,57	4,47	0,08	14,42	1448,00
Error Estándar	5,64	0,07	0,08	4,98	0,00	0,20	0,01	14,72	0,26	0,00	0,24	23,69
Mediana	6,00	4,02	10,00	500,00	0,08	7,00	1,22	529,00	2,00	0,07	12,00	1290,00
Moda	2,00	3,27	10,00	500,00	0,04	10,00	1,21	1200,00	2,00	0,06	8,00	1390,00
Desviación Estándar	284,31	3,72	2,63	166,81	0,14	10,24	0,64	742,13	13,36	0,07	12,10	1194,51
Asimetría	24,65	2,86	0,25	2,24	3,59	4,56	0,68	6,27	15,15	4,09	4,79	4,93
Rango	9900	45	15	500	1	110	7	14284	367	1	166	15410
Mínimo	0,50	0,47	5,00	500,00	0,01	0,50	0,03	16,00	0,50	0,01	1,00	60,00
Máximo	9900	45	20	1000	1	110	7	14300	367	1	167	15470
Percentil 25	3,0	3,0	5,0	500,0	0,1	5,0	0,8	322,0	1,0	0,1	8,0	830,0
Percentil 50	6,0	4,0	10,0	500,0	0,1	7,0	1,2	529,0	2,0	0,1	12,0	1290,0
Percentil 75	22,0	5,7	10,0	500,0	0,1	10,0	1,7	872,0	4,0	0,1	18,0	1640,0
Percentil 95	162,8	12,6	10,0	1000,0	0,4	22,8	2,4	1683,2	15,0	0,2	32,0	2648,0
Background*	54,42	5,25	8,03	573,69	0,13	9,76	1,30	740,01	5,00	0,09	14,90	1495,37
Abundancia Promedio Corteza**	14 - 55	3,1 - 5,3	14 - 18	40 - 80	2,1 - 2,9	30 - 36	1,35 - 2,33	500 - 1500	1 - 1,5	2,3 - 2,6	20 - 75	665 - 1050

Tabla 4.9: Resumen estadística univariable de elementos geoquímicos Pb-Zn.

Elemento	Pb	S	Sb	Sc	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	W	Zn
Número Total de Datos	1121	1121	1121	1721	1121	1721	1121	1721	1121	1121	1121	1121
Unidad de Medida	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Promedio	29,93	2,53	3,28	5,66	48,67	10,11	0,10	5,00	4,63	85,02	2,96	115,47
Error Estándar	1,33	0,05	0,25	0,09	1,04	0,03	0,00	0,00	0,02	1,26	0,07	8,08
Mediana	10,00	1,89	1,50	5,00	34,00	10,00	0,10	5,00	4,00	67,00	1,00	55,00
Moda	1,50	0,03	1,50	5,00	25,00	10,00	0,01	5,00	4,00	44,00	1,00	25,00
Desviación Estándar	67,18	2,50	12,54	2,90	52,38	1,11	0,08	0,15	1,18	63,71	3,44	407,67
Asimetría	8,50	1,50	24,98	0,67	5,44	11,40	0,54	33,50	3,57	2,39	17,93	19,60
Rango	1340	20	422	18	811	20	0	5	6	598	99	9998
Mínimo	1,00	0,01	1,00	0,50	5,00	10,00	0,01	5,00	4,00	2,00	1,00	2,00
Máximo	1341	20	423	18	816	30	0	10	10	600	100	10000
Percentil 25	5,0	0,6	1,5	4,0	22,0	10,0	0,0	5,0	4,0	45,0	1,0	29,0
Percentil 50	10,0	1,9	1,5	5,0	34,0	10,0	0,1	5,0	4,0	67,0	1,0	55,0
Percentil 75	28,0	3,7	3,0	7,0	53,0	10,0	0,2	5,0	5,0	104,0	5,0	109,0
Percentil 95	114,8	8,0	8,0	11,0	137,6	10,0	0,3	5,0	5,0	209,8	5,0	347,8
Background*	32,59	2,63	3,77	5,83	50,74	10,17	0,11	5,01	4,68	87,55	3,10	131,64
Abundancia Promedio Corteza**	12,5 - 15	0,026 - 0,1	0,2 - 0,3	7,0 - 22	315 - 450	6-9,6	5,6-6,6	0,3 - 0,8	1,8-2,7	50 - 135	1,1-2,5	50 - 70

4.4.1. Análisis de Datos con *Outliers*

En esta sección se ha trabajado con 26 elementos químicos que no han sido filtrados, por tanto, son incluidos los valores atípicos en el análisis.

Matriz de Correlación de Pearson

Se ha realizado una matriz de correlación de Pearson para todos los elementos existentes en la base de datos (Ver Tabla 4.11). Dada la baja correlación que se tiene se han considerado importantes todas aquellas que presenten un porcentaje mayor o igual a 0,5. Para esta discriminación se tienen las siguientes correlaciones positivas (Tabla 4.10):

En lo que respecta a la correlación negativa, tan solo se presentan casos mayores a -0.34 (titani-calcio y titanio-azufre, con mínimos valores negativos iguales a -0,34, ver Tabla 4.11), por tanto, no se presenta una buena correlación negativa de los datos analizados.

Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales fue realizado en el programa especializado *ioGAS-64* y se encuentra resumido en la Tabla 4.12. Para simplificar su interpretación solo se eligieron 6 componentes principales (CP) que representan el 57,71 % de la varianza de los datos. Solo las correlaciones mayores al 5 % fueron consideradas importantes y estas son resaltadas en la Tabla 4.12 con azul para los valores positivos y rojo para valores negativos. De esta forma, los CP han quedado construidos como sigue:

- CP1: Plata, Oro, cobre, hierro, fósforo y zinc, todos con correlaciones positivas mayores a 0,5.
- CP2: Aluminio, magnesio, titanio y vanadio, todos con correlaciones negativas menores a -0,5.
- CP3: Cobre con una correlación positiva mayor a 0,5 y azufre con una correlación negativa menor a -0,5.
- CP4: Cromo, manganeso y escandio, todos con una correlación positiva mayor a 0,5.
- CP5: Calcio con una correlación negativa menor a -0,5 y Sodio positiva.
- CP6: Niquel con una correlación positiva mayor a 0,5.

Dentro del análisis de componente realizado es relevante CP1 que se caracteriza por una asociación de elementos metálicos de importancia económica, que pueden ser típicos de sistemas epitermales de baja sulfuración (?). En CP3 posiblemente se está observando que el cobre contenido en el sistema puede estar relacionado con óxidos y no con sulfuros. CP5 asociado, posiblemente, con la solución sólida de plagioclasa en los extremos Ca-Na.

4.4.2. Análisis de Datos sin Outliers

En el siguiente apartado se ha realizado el mismo procedimiento que en la sección anterior, pero excluyendo los datos atípicos. Para esto, se tomó como referencia los valores atípicos definidos según [Tukey \(1977\)](#). Para esto se ha tomado como referencia la diferencia entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3), denominada valor intercuartil. Luego, en un diagrama de caja se considera un valor atípico todo aquel valor que se encuentre a 1,5 veces el valor intercuartil de uno de los dos cuartiles mencionados (atípico leve) o a 3 veces esa distancia (atípico extremo). Finalmente, se han eliminado los valores atípicos, tanto leves como extremos) y se ha generado una nueva base de datos.

Matriz de correlación de Pearson

Se ha realizado una matriz de correlación de Pearson para todos los elementos existentes en la base de datos modificada sin outliers (Ver Tabla 4.10). Dada la baja correlación que se tiene se han considerado importantes todas aquellas que presenten un porcentaje mayor o igual a 0,5. Para esta discriminación se tienen las siguientes correlaciones positivas (Tabla 4.10):

Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales fue realizado en el programa especializado *ioGAS-64* y se encuentra resumido en la Tabla 4.12. Para simplificar su interpretación solo se eligieron 6 componentes principales (CP) que representan el 64,54 % de la varianza de los datos. De esta forma, los CP han quedado constituidos como sigue:

- CP1: Aluminio, calcio, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, escandio, estroncio y vanadio, todos con correlaciones positivas mayores a 0,5.
- CP2: Cromo, sodio, níquel, todos con correlaciones negativas menores a -0,5. Arsénico, manganeso y plomo con valores positivos mayores a 0,5.
- CP3: Cobalto, cromo, níquel y azufre con una correlación negativa menor a -0,5.
- CP4: Bario con una correlación negativa menor a -0,5.
- CP5: Plomo y zinc con una correlación negativa menor a -0,5.
- CP6: Cobalto con una correlación positiva mayor a 0,5 y lantano con una negativa.

Tabla 4.10: Correlaciones positivas mayores a 0,5 para datos que incluyen *outliers* a la izquierda y los que no a la derecha.

Elemento	correlación	Elemento	Correlación
Plata-antimonio	0,86	Aluminio-magnesio	0,71
Aluminio-magnesio	0,70	Plomo-zinc	0,66
Cobre-zinc	0,68	Aluminio-vanadio	0,63
Hierro-vanadio	0,59	Magnesio-vanadio	0,54
Oro-antimonio	0,56	Manganeso-zinc	0,52
Plata-oro	0,53	Cromo-níquel	0,51
Sodio-estroncio	0,53	Cromo-escandio	0,5
Lantano-fósforo	0,52		
Cobalto-níquel	0,51		

Tabla 4.11: Matriz de Correlación de Pearson con datos que incluyen *Outliers* arriba y las que no lo incluyen abajo.

Correlación	Ag_ppm	Al_pct	As_ppm	Au_ppm	Ba_ppm	Ca_pct	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_pct	K_pct	La_ppm	Mg_pct	Mn_ppm	Mo_ppm	Na_pct	Ni_ppm	P_ppm	Pb_ppm	S_pct	Sb_ppm	Sc_ppm	Sr_ppm	Ti_pct	V_ppm	Zn_ppm
Ag_ppm	1,00	0,00	0,27	0,53	0,02	0,06	0,02	-0,05	0,48	0,11	0,03	-0,01	-0,07	0,22	-0,01	-0,06	-0,02	0,01	0,25	0,16	0,86	0,01	-0,02	-0,08	-0,03	0,26
Al_pct	0,00	1,00	-0,01	-0,04	0,17	0,19	0,07	0,29	0,04	0,25	0,19	0,11	0,70	0,17	-0,03	0,22	0,12	0,22	-0,08	-0,18	-0,02	0,13	0,35	0,25	0,47	0,05
As_ppm	0,27	-0,01	1,00	0,04	-0,04	0,12	0,11	-0,07	0,13	0,19	0,00	0,06	-0,10	0,22	0,00	-0,02	0,03	0,20	0,21	0,29	0,26	0,00	-0,01	-0,06	0,01	0,10
Au_ppm	0,53	-0,04	0,04	1,00	0,04	0,02	0,02	-0,05	0,32	0,11	0,00	0,00	-0,08	0,06	-0,01	-0,06	-0,02	0,02	0,24	0,13	0,56	-0,02	-0,03	-0,07	-0,03	0,22
Ba_ppm	0,02	0,17	-0,04	0,04	1,00	-0,02	0,09	-0,06	0,08	0,06	0,29	0,06	-0,05	0,13	0,03	-0,01	0,02	0,03	-0,04	-0,19	-0,01	-0,10	0,16	0,03	0,03	0,14
Ca_pct	0,06	0,19	0,12	0,02	-0,02	1,00	0,10	0,09	0,01	0,18	-0,17	0,23	0,26	0,21	0,03	-0,18	0,05	0,35	-0,04	0,32	0,03	-0,02	0,11	-0,34	0,04	0,01
Co_ppm	0,02	0,07	0,11	0,02	0,09	0,10	1,00	-0,02	0,05	0,24	-0,04	0,13	-0,06	0,31	0,25	-0,06	0,51	0,09	0,07	0,28	0,00	0,06	0,08	-0,10	0,03	0,04
Cr_ppm	-0,05	0,29	-0,07	-0,05	-0,06	0,09	-0,02	1,00	-0,05	-0,04	-0,06	-0,10	0,41	-0,03	0,02	0,02	0,33	-0,04	-0,07	-0,04	-0,07	0,38	0,02	0,01	0,22	-0,05
Cu_ppm	0,48	0,04	0,13	0,32	0,08	0,01	0,05	-0,05	1,00	0,14	0,03	0,03	-0,05	0,07	0,00	-0,04	0,03	0,04	0,12	0,06	0,24	0,03	-0,02	-0,04	0,05	0,68
Fe_pct	0,11	0,25	0,19	0,11	0,06	0,18	0,24	-0,04	0,14	1,00	0,05	0,30	0,08	0,04	0,06	0,07	0,17	0,43	0,08	0,32	0,10	-0,17	0,13	0,08	0,59	0,12
K_pct	0,03	0,19	0,00	0,00	0,29	-0,17	-0,04	-0,06	0,03	0,05	1,00	-0,04	0,15	0,06	-0,05	-0,05	-0,08	-0,02	-0,01	-0,19	0,02	-0,01	-0,07	0,31	0,10	0,03
La_ppm	-0,01	0,11	0,06	0,00	0,06	0,23	0,13	-0,10	0,03	0,30	-0,04	1,00	-0,02	0,01	0,00	0,03	0,09	0,52	-0,05	0,08	0,00	0,02	0,16	-0,14	0,25	0,02
Mg_pct	-0,07	0,70	-0,10	-0,08	-0,05	0,26	-0,06	0,41	-0,05	0,08	0,15	-0,02	1,00	0,04	-0,03	-0,14	0,11	0,09	-0,08	-0,07	-0,07	0,39	-0,03	0,19	0,33	-0,04
Mn_ppm	0,22	0,17	0,22	0,06	0,13	0,21	0,31	-0,03	0,07	0,04	0,06	0,01	0,04	1,00	0,03	-0,17	0,20	0,01	0,30	0,02	0,22	0,08	0,01	-0,07	-0,01	0,17
Mo_ppm	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,03	0,03	0,25	0,02	0,00	0,06	-0,05	0,00	-0,03	0,03	1,00	0,02	0,21	-0,07	-0,03	0,13	-0,02	0,03	0,12	-0,09	-0,07	-0,02
Na_pct	-0,06	0,22	-0,02	-0,06	-0,01	-0,18	-0,06	0,02	-0,04	0,07	-0,05	0,03	-0,14	-0,17	0,02	1,00	0,05	0,04	-0,03	-0,09	-0,04	-0,25	0,53	0,29	0,09	-0,04
Ni_ppm	-0,02	0,12	0,03	-0,02	0,02	0,05	0,51	0,33	0,03	0,17	-0,08	0,09	0,11	0,20	0,21	0,05	1,00	0,10	0,00	0,23	-0,04	0,06	0,09	-0,02	0,11	0,02
P_ppm	0,01	0,22	0,20	0,02	0,03	0,35	0,09	-0,04	0,04	0,43	-0,02	0,52	0,09	0,01	-0,07	0,04	0,10	1,00	-0,01	0,15	0,03	-0,14	0,14	-0,03	0,30	0,04
Pb_ppm	0,25	-0,08	0,21	0,24	-0,04	-0,04	0,07	-0,07	0,12	0,08	-0,01	-0,05	-0,08	0,30	-0,03	-0,03	0,00	-0,01	1,00	0,19	0,27	-0,02	-0,03	0,03	-0,10	0,34
S_pct	0,16	-0,18	0,29	0,13	-0,19	0,32	0,28	-0,04	0,06	0,32	-0,19	0,08	-0,07	0,02	0,13	-0,09	0,23	0,15	0,19	1,00	0,12	-0,06	-0,06	-0,34	-0,19	0,03
Sb_ppm	0,86	-0,02	0,26	0,56	-0,01	0,03	0,00	-0,07	0,24	0,10	0,02	0,00	-0,07	0,22	-0,02	-0,04	0,03	0,27	0,12	1,00	0,02	-0,02	0,00	-0,02	0,00	-0,02
Sc_ppm	0,01	0,13	0,00	-0,02	-0,10	-0,02	0,06	0,38	0,03	-0,17	-0,01	0,02	0,39	0,08	0,03	-0,25	0,06	-0,14	-0,02	-0,06	0,02	1,00	-0,12	-0,03	0,28	0,00
Sr_ppm	-0,02	0,35	-0,01	-0,03	0,16	0,11	0,08	0,02	-0,02	0,13	-0,07	0,16	-0,03	0,01	0,12	0,53	0,09	0,14	-0,03	-0,06	-0,02	-0,12	1,00	0,06	0,16	-0,02
Ti_pct	-0,08	0,25	-0,06	-0,07	0,03	-0,34	-0,10	0,01	-0,04	0,08	0,31	-0,14	0,19	-0,07	-0,09	0,29	-0,02	-0,03	0,03	-0,34	0,00	-0,03	0,06	1,00	0,26	-0,01
V_ppm	-0,03	0,47	0,01	-0,03	0,03	0,04	0,03	0,22	0,05	0,59	0,10	0,25	0,33	-0,01	-0,07	0,09	0,11	0,30	-0,10	-0,19	-0,02	0,28	0,16	0,26	1,00	0,03
Zn_ppm	0,26	0,05	0,10	0,22	0,14	0,01	0,04	-0,05	0,68	0,12	0,03	0,02	-0,04	0,17	-0,02	-0,04	0,02	0,04	0,34	0,03	0,05	0,00	-0,02	-0,01	0,03	1,00

Correlación	Ag_ppm	Al_pct	As_ppm	Au_ppm	Ba_ppm	Ca_pct	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_pct	K_pct	La_ppm	Mg_pct	Mn_ppm	Mo_ppm	Na_pct	Ni_ppm	P_ppm	Pb_ppm	S_pct	Sb_ppm	Sc_ppm	Sr_ppm	Ti_pct	V_ppm	Zn_ppm
Ag_ppm	1,00	-0,07	0,23	0,05	-0,03	0,01	0,18	-0,09	0,07	0,14	-0,01	-0,06	-0,11	0,10	0,06	0,00	0,09	-0,06	0,22	0,23	0,19	-0,12	-0,03	0,00	-0,08	0,15
Al_pct	-0,07	1,00	-0,11	-0,11	0,15	0,25	0,03	0,11	-0,08	0,26	0,15	0,19	0,71	0,25	-0,27	0,05	0,08	0,44	-0,10	-0,20	0,02	0,14	0,45	0,24	0,63	0,11
As_ppm	0,23	-0,11	1,00	0,21	0,01	0,01	0,24	-0,15	0,05	0,23	0,08	-0,10	-0,18	0,18	0,10	-0,06	0,00	0,04	0,25	0,21	0,11	-0,12	-0,10	-0,03	-0,09	0,17
Au_ppm	0,05	-0,11	0,21	1,00	0,02	0,18	0,25	-0,03	0,00	0,16	0,01	0,03	-0,14	0,01	0,15	-0,09	0,12	0,00	0,07	0,35	-0,01	0,04	0,08	-0,27	-0,13	0,00
Ba_ppm	-0,03	0,15	0,01	0,02	1,00	-0,03	-0,07	-0,09	0,06	0,01	0,46	0,11	0,01	0,11	0,07	-0,07	-0,10	0,14	-0,01	-0,16	0,05	-0,10	0,09	0,11	0,05	0,01
Ca_pct	0,01	0,25	0,01	0,18	-0,03	1,00	0,07	0,05	-0,21	0,10	0,00	0,02	0,29	0,35	-0,15	-0,26	0,11	0,27	-0,07	0,31	-0,07	0,10	0,35	-0,34	0,05	-0,06
Co_ppm	0,18	0,03	0,24	0,25	-0,07	0,07	1,00	0,06	0,09	0,43	0,05	0,02	0,02	0,04	0,19	-0,03	0,35	-0,09	0,10	0,38	-0,01	0,06	0,06	-0,06	0,07	0,07
Cr_ppm	-0,09	0,11	-0,15	-0,03	-0,09	0,05	0,06	1,00	0,01	0,04	-0,20	-0,03	0,28	-0,12	0,03	0,14	0,51	-0,18	-0,09	0,06	-0,24	0,50	0,04	-0,10	0,26	-0,07
Cu_ppm	0,07	-0,08	0,05	0,00	0,06	-0,21	0,09	0,01	1,00	-0,01	0,06	0,02	-0,15	-0,06	0,10	0,15	0,14	-0,19	0,08	-0,12	0,08	-0,08	0,01	0,13	0,05	0,05
Fe_pct	0,14	0,26	0,23	0,16	0,01	0,10	0,43	0,04	-0,01	1,00	0,18	0,12	0,14	0,08	-0,01	-0,04	0,20	0,11	0,03	0,37	0,08	-0,01	0,17	0,06	0,36	0,05
K_pct	-0,01	0,15	0,08	0,01	0,46	0,00	0,05	-0,20	0,06	0,18	1,00	0,11	-0,08	0,15	0,04	-0,22	-0,16	0,17	0,03	-0,11	0,11	-0,11	0,04	0,05	0,06	0,02
La_ppm	-0,06	0,19	-0,10	0,03	0,11	0,02	0,02	-0,03	0,02	0,12	0,11	1,00	0,03	-0,01	-0,02	0,15	-0,05	0,27	-0,08	-0,12	0,04	0,17	0,31	0,05	0,20	0,02
Mg_pct	-0,11	0,71	-0,18	-0,14	0,01	0,29	0,02	0,28	-0,15	0,14	-0,08	0,03	1,00	0,22	-0,29	-0,04	0,16	0,30	-0,07	-0,03	-0,07	0,48	0,20	0,19	0,54	0,08
Mn_ppm	0,10	0,25	0,18	0,01	0,11	0,35	0,04	-0,12	-0,06	0,08	0,15	-0,01	0,22	1,00	-0,17	-0,28	-0,11	0,19	0,37	-0,06	0,16	0,06	0,01	0,05	0,07	0,52
Mo_ppm	0,06	-0,27	0,10	0,15	0,07	-0,15	0,19	0,03	0,10	-0,01	0,04	-0,02	-0,29	-0,17	1,00	0,06	0,13	-0,25	0,01	0,12	-0,09	0,01	-0,07	-0,13	-0,20	-0,05
Na_pct	0,00	0,05	-0,06	-0,09	-0,07	-0,26	-0,03	0,14	0,15	-0,04	-0,22	0,15	-0,04	-0,28	0,06	1,00	0,15	-0,04	-0,09	-0,15	0,07	-0,02	0,27	0,37	0,13	-0,06
Ni_ppm	0,09	0,08	0,00	0,12	-0,10	0,11	0,35	0,51	0,14	0,20	0,16	-0,05	0,16	-0,11	0,13											

Tabla 4.12: Análisis de componentes principales con datos que incluyen *outliers* a la izquierda y los que no a la derecha.

Elemento	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Ag_ppm	0,61	0,33	0,40	0,23	0,23	0,06
Al_pct	0,18	-0,72	0,39	0,13	0,12	-0,08
As_ppm	0,48	0,14	-0,07	0,11	0,39	-0,12
Au_ppm	0,56	0,19	0,34	-0,19	-0,39	0,23
Ba_ppm	0,08	0,02	0,24	-0,37	-0,30	-0,13
Ca_pct	0,48	-0,09	-0,36	0,10	-0,64	-0,35
Co_ppm	0,37	-0,01	-0,44	0,07	-0,11	0,40
Cr_ppm	-0,15	-0,34	0,08	0,51	-0,15	0,31
Cu_ppm	0,58	0,23	0,50	-0,07	-0,32	0,27
Fe_pct	0,60	-0,46	-0,22	-0,27	-0,02	0,03
K_pct	0,02	-0,16	0,26	-0,05	-0,18	-0,11
La_ppm	0,45	-0,28	-0,36	-0,24	-0,20	-0,30
Mg_pct	0,05	-0,58	0,12	0,55	-0,16	-0,16
Mn_ppm	0,37	0,21	0,05	0,35	0,31	-0,32
Mo_ppm	0,00	0,08	-0,27	0,14	-0,07	0,42
Na_pct	-0,13	-0,35	0,22	-0,35	0,51	0,41
Ni_ppm	0,17	-0,26	-0,36	0,16	-0,02	0,64
P_ppm	0,53	-0,39	-0,31	-0,33	0,03	-0,27
Pb_ppm	0,35	0,21	0,09	0,12	0,36	-0,01
S_pct	0,49	0,10	-0,57	0,13	0,13	0,29
Sb_ppm	0,47	0,25	0,27	0,30	0,44	-0,05
Sc_ppm	-0,01	-0,18	0,08	0,68	-0,33	-0,04
Sr_ppm	0,00	-0,36	0,19	-0,28	0,42	0,22
Ti_pct	-0,15	-0,58	0,37	-0,04	0,26	0,13
V_ppm	0,34	-0,73	0,08	0,02	-0,13	-0,10
Zn_ppm	0,51	0,18	0,45	-0,15	-0,33	0,18
Cum %	14,25	26,17	35,64	43,52	50,77	57,71

Elemento	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Ag_ppm	0,10	0,14	-0,16	-0,19	-0,38	0,04
Al_pct	0,88	-0,22	0,17	-0,04	0,05	-0,10
As_ppm	0,06	0,55	-0,19	-0,26	-0,11	0,43
Au_ppm	0,30	0,38	-0,15	-0,32	0,15	-0,15
Ba_ppm	0,07	0,12	0,22	-0,51	0,41	-0,14
Ca_pct	0,59	0,37	-0,12	0,13	0,25	-0,04
Co_ppm	0,29	0,20	-0,69	-0,33	0,04	0,97
Cr_ppm	0,15	-0,66	-0,51	0,17	0,06	-0,04
Cu_ppm	-0,26	-0,41	-0,12	-0,36	-0,15	-0,45
Fe_pct	0,56	0,14	-0,08	-0,48	0,01	0,31
K_pct	0,14	0,15	0,36	-0,40	0,49	-0,27
La_ppm	0,36	0,11	-0,03	-0,15	-0,04	-0,58
Mg_pct	0,84	-0,25	-0,06	0,26	0,04	0,04
Mn_ppm	0,53	0,55	-0,13	0,19	0,02	-0,23
Mo_ppm	-0,49	-0,17	-0,41	-0,37	-0,15	-0,28
Na_pct	-0,01	-0,51	0,19	-0,37	-0,48	0,09
Ni_ppm	0,19	-0,56	-0,54	-0,14	-0,04	0,00
P_ppm	0,65	0,15	0,34	0,01	0,06	0,13
Pb_ppm	0,13	0,51	-0,25	-0,08	-0,57	-0,05
S_pct	0,01	0,15	-0,71	-0,22	0,23	0,38
Sb_ppm	0,15	0,28	0,33	-0,03	-0,45	-0,08
Sc_ppm	0,55	-0,30	-0,37	0,46	0,05	-0,12
Sr_ppm	0,55	-0,36	0,18	-0,48	-0,08	-0,02
Ti_pct	0,40	-0,37	0,43	-0,17	-0,37	0,30
V_ppm	0,78	-0,39	-0,01	0,06	-0,05	0,02
Zn_ppm	0,28	0,49	-0,15	0,20	-0,55	-0,29
Cum %	19,36	32,64	43,15	51,35	58,94	64,54

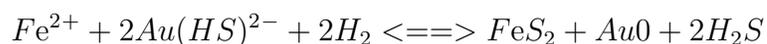
Lo único que se logra en este apartado, al descartar los datos atípicos del total, es centrarse en el estudio de la geoquímica sin sus anomalías positivas importantes, que para este trabajo pueden resultar la clave en resolver el objetivo principal. Por esta razón, es que a partir de aquí se toma en consideración los resultados que incluyen los *Outliers*.

Capítulo 5

Discusión

El prospecto Nueve Vidas se enmarca en una configuración geológica aparentemente sencilla, en donde una secuencia volcano-sedimentaria correlacionada con la Formación Llanta (73-68 Ma) es intruida por cuerpos magmáticos del Eoceno Medio (41 Ma) (Venegas et al., 2013) de composición intermedia, que han aprovechado los múltiples planos de debilidad ocasionados por el plegamiento y fallamiento que sufrió la unidad huésped, posiblemente debido a la fase de deformación contraccional K-T (Cornejo et al., 2003). En esta configuración domina una unidad volcánoclastica con niveles menores de areniscas y lavas andesíticas que actúan como roca caja de intrusivos, en los que predominan una diorita y una diorita de hornblenda. La configuración anterior, pensando simplemente en la litología, es una característica típica de la mayoría de los depósitos minerales Chilenos situados en la franja metalogénica Eoceno-Oligoceno (Zentilli, 1975; Clark et al., 1976; Sillitoe, 1976), como lo es por ejemplo minera Escondida, en donde una secuencia volcánica es intruida por stocks cuarzo-monzoníticos y dioríticos de 37,9 + 1,1 Ma según U-Pb en zircones (Padilla et al., 2001), y minera El Salvador con cuerpos intrusivos granodioríticos (41 + 2 Ma, U-Pb en zircones) intruyendo secuencias volcano-sedimentarias (Gustafson & Hunt, 1975). Estos corresponden a los depósitos minerales más grandes y más próximos a Nueve Vidas, ambos catalogados como pórfidos cupríferos gigantes.

Respecto a la alteración observada en Nueve Vidas, destaca una asociación de clorita-magnetita que predomina tanto en el mapeo superficial como en los sondeos y se relaciona principalmente con los intrusivos dioríticos. Esta asociación podría ser una alteración temprana relacionada a los intrusivos, tal como se observa en descripciones anteriores, o a los contactos intrusivo-rocas estratificadas (unidad volcánica-sedimentaria) que introdujo óxido de hierro y al que se sobre impuso una alteración más tardía, en donde el Fe contenido en las rocas reaccionó con fluidos hidrotermales para precipitar pirita y oro (sulfuración de Fe), características que precisamente están presentes en el prospecto estudiado. Lo antes mencionado queda expresado por la siguiente reacción química:



La derivación directa de la magnetita podría relacionarse con mineralización primaria,

vinculada con los intrusivos, y la clorita podría ser posterior y estar relacionada con la alteración de minerales máficos primarios ricos en hierro contenidos en los mismos intrusivos. Aseveración que podría ser comprobada fácilmente con cortes transparentes y pulidos, y que además se confirma en [Venegas et al. \(2013\)](#).

La segunda alteración importante en el área estudiada es una del tipo calco-sódica, predominantemente una albitización, tanto superficial como en los sondajes, que afecta principalmente parte de la secuencia volcano sedimentaria, en donde plagioclasas son reemplazadas por albita ([Venegas et al., 2013](#)), y una asociación superficial de albita-actinolita-wollastonita-escapolita presente en una unidad volcánicoclástica indiferenciada rodeada por diversos intrusivos (diorita y pórfido biotítico), ver Anexo D, justo en el Noreste. Al igual que la alteración anterior, esta podría relacionarse directamente con la intrusión de los cuerpos ígneos en la unidad volcánica-sedimentaria, en donde se produjo una inyección de fluidos calientes ($<300^{\circ}\text{C}$) ricos en sodio en una etapa tardía de cristalización del magma, que progresivamente alteraron a la roca huésped y en pequeña proporción al mismo intrusivo. La incorporación de pirita puede interpretarse mediante el mismo fenómeno que se describe más arriba.

También se describe una alteración solamente superficial propilítica débil afectando principalmente a las secuencias volcano-sedimentarias (epidota-clorita-calcita-pirita) que se entiende como una alteración externa o periférica que envuelve por el Este a las otras dos alteraciones anteriores, asociada posiblemente a eventos intrusivos posteriores más hacia el Este.

Finalmente se sobre impone una alteración argílica superficial de caolinita-sericita en el centro de Nueve Vidas, en donde también [Venegas et al. \(2013\)](#) pudieron distinguir montmorillonita y trazas de illita, lo que hace inferir una alteración argílica intermedia. Más al Norte se reconoce un aumento en el grado de argilización, con presencia de minerales arcillosos de mayor temperatura.

Bien claro está que esta configuración litológica-alteracional de Nueve Vidas puede darse en diversos modelos metalogénicos, como en sistemas Pórfidos de Cu-Au ([Sillitoe, 2010](#)) y en sistemas tipo IOCG ([Sillitoe, 2003](#)). La problemática principal es tratar de dilucidar con cual modelo existe una mayor afinidad, tomando en cuenta el conjunto de características claves que ayuden a la interpretación; por ejemplo:

La presencia de pirita, tanto en venillas como diseminada, es una característica más a fin con las de un sistema porfídico que con un IOCG ([Richard & Mumin, 2013](#)). También, las anomalías geoquímicas de hierro presentes en los sondajes de Nueve Vidas tienen promedios entre 5 y 9 %, lo que contrasta significativamente con los promedios típicos de IOCG's que varían entre 16 y 36 %, llegando incluso a valores sobre el 40 % ([Hitzman et al., 1992](#); [Williams et al., 2005](#)).

Ahora bien, hablando de la mineralización de mena, se identificaron muy pocos minerales en muestra de mano, tanto en el mapeo superficial (oxidados de cobre en el NE de Nueve Vidas), como en los sondajes (un solo tramo con presencia de calcopirita acompañada de pirita), posiblemente debido a que el tamaño de los minerales de mena sea de un orden microscópico, y por tanto, imperceptible al ojo humano. Nuevamente, una observación en cortes pulidos y transparentes podría servir de ayuda para comprender la casi ausencia de

minerales de mena. Aun así, las anomalías de oro (correlacionadas muy bien con anomalías de Cu, Ag y Pb) son relevantes y las más importantes que se observaron respecto a elementos de relevancia económica. La presencia anómala de oro no sigue un patrón específico, pero algunos de los peaks observados están presentes en zonas de contacto entre la diorita y la roca caja, y en zonas de contactos estratigráficos dentro de la unidad volcánica-sedimentaria, acompañados por peaks de cobre y hierro. De esto se puede inferir que el oro podría estar asociado a vetillas, no más de 5 mm de potencia, principalmente rellenas de pirita-cuarzo y probablemente óxidos de hierro y cobre. Estas vetillas pudieron ser provocadas por fluidos hidrotermales ricos en oro que aprovecharon ascender a través de planos de debilidad. En general, se podría señalar que la mineralización de mena no está tan desarrollada posiblemente porque la fuente era pobre en metales o quizás porque la mineralización fue interrumpida repentinamente.

Respecto a las anomalías geoquímicas presentes en el área de estudio, existe una asociación de Au, Ag, As, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Mo, P, Pb, S y Zn, que es típica de sistemas epitermales y skarn, a pesar que el Bi y Co son más típicos en sistemas IOCG ([Robert et al., 2007](#)). Las anomalías de Ag, As, Au, Bi, Cd, Co, Cu, Fe, Mo, P, Sb y Zn son anomalías propias de la diorita alterada en clorita-magnetita, y es de notar que es este cuerpo ígneo el que controla la mayoría de las firmas geoquímicas importantes, y que además es compartido con la unidad volcánoclastica, debido a la intrusión de la diorita en la roca de caja volcánico-sedimentaria.

Al Este y Noreste de Nueve Vidas, SAMSA observó evidencias de marmolización, precisamente en el contacto entre unidades volcánico-sedimentarias más ricas en carbonatos e intrusivos como el Pórfido Ocoítico y la Diorita. Por otro lado, [Cornejo et al. \(2009\)](#) definen zonas de skarnoide de piroxeno-magnetita y aureolas de rocas córneas en el extremo Norte de Nueve Vidas. Lamentablemente en la geología de sondajes central de Nueve Vidas no se observaron estas características, porque la observación se basó principalmente en los cuerpos dioríticos guiada por las anomalías químicas superficiales e información geofísica de subsuperficie, y que además estas manifestaciones tienden a ser extensas en superficie y pobremente desarrolladas en profundidad. De esta forma, Nueve Vidas presenta un metasomatismo de contacto que lo rodea por el Norte y por el Este.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

A pesar que la configuración geológica de Nueve Vidas es sencilla, conforme el nivel de información lo permite, la asociación de estas características con un modelo metalogénico conocido es bastante complejo, pero se puede delinear una tendencia a base de un modelo sencillo que a futuro pueda ser corregido y ajustado con un nivel de investigación más profundo. Es conocido que existen depósitos que han llevado decenas de años de investigación y aun así los expertos aun no logran definirlos dentro de modelos aceptados por la mayoría; como es el caso de La mina Minto en el territorio de Yukon, Canadá. Minto presenta características de alteración y de mineralización similares a las que se han observado en Nueve Vidas (ver [Hood et al. \(2009\)](#)), y el nivel de dificultad al momento de asociarlo a un sistema IOCG o un Pórfido mineralizado es bastante alto, como en Nueve Vidas.

De esta forma se llevan las características geológicas de Nueve Vidas a un modelo sencillo (ver Figura 6.1) que consiste en stocks dioríticos que han intruido una secuencia volcansedimentaria. La alteración predominante es una alteración central clorita-magnetita (CHL-MGT) ligada directamente a una diorita (DRT) que controla la mayoría de las anomalías geoquímicas observadas. La circunda una alteración de clorita (CHL) entre el contacto de una unidad volcániclastica predominante y la misma diorita. A esta última se sobrepone una alteración más extensa de albitización (ALB) más relacionada con la unidad volcániclastica. Superficialmente existe una alteración argílica moderada. Finalmente, parches de sericitización y feldespato potásico son observados en muy poca proporción. En este sistema la presencia de pirita es abundante (diseminada y en vetillas). Por otro lado, al norte de Nueve Vidas se desarrolla un metasomatismo calcosilicatado, asociado a las mismas intrusiones en contacto con unidades más carbonatadas, y finalmente se infieren vetillas ricas en Au, Ag, Cu y Pb.

Sin duda Nueve Vidas reúne características de sistemas porfídicos, epitermales y de IOCG (Skarn), pero ninguno de esto tan desarrollados, como para realizar la discriminación. Más bien, se postula un sistema magmático-hidrotermal 'abortado', impulsado por un probable pórfido mineralizado escondido, que podría encontrarse a gran profundidad y quizás relacionado directamente con los prospecto Ceniza e Incahuasi, ambos interpretados como pórfidos Au-Cu profundos (?). De este modo, Nueve Vidas pertenece a los clanes relacionados a intrusiones oxidadas o *oxidized intrusion-related clan (OIR)* descrito por [Robert et al. \(2007\)](#),

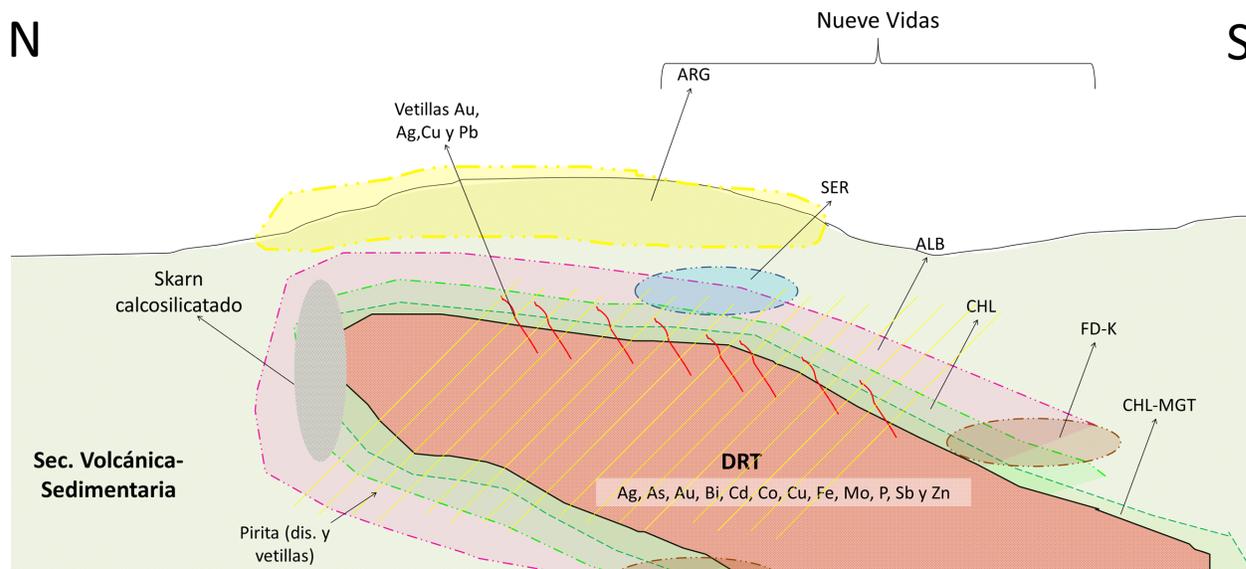


Figura 6.1: Esquema modelo simplificado final de Nueve Vidas.

en donde una intrusión porfídica diorítica desarrolla a medias un Skarn al que se sobreimpone hacia el sur un pobre sistema epitermal intermedio principalmente en vetillas, todos con una precaria mineralización de mena.

Una probable causa del pobre desarrollo en el sistema mineralizado de Nueve Vidas podría estar relacionada con un alzamiento acelerado del terreno acompañado por excesiva erosión, lo que provocó la rápida exhumación del cuerpo ígneo, alterando las condiciones físico-químicas favorables con el buen desarrollo del sistema. [Maksaev \(1999\)](#) apoyan la idea que la formación de depósitos gigantes de tipo pórfido cuprífero se relaciona a tectónica compresiva, engrosamiento cortical y alzamiento de la cordillera como también se evidencia por otros datos geológicos regionales y petroquímicos ([Maksaev, 1990](#); [Kay et al., 1995](#); [Camus, 2002](#)).

Recomendaciones

Afinar el estudio con la ayuda de cortes transparentes y pulidos, junto con incluir ensayos de RDX para caracterizar arcillas y detallar temperaturas en el sistema. Ambas son tareas que no requieren de grandes sumas de dinero y para el nivel de exploración en el que se trabaja será de bastante ayuda en detllar el nivel de información de los tipos de alteración en Nueve Vidas.

Un estudio geológico estructural avanzado, de algún alumno de postgrado, podría ayudar bastante a delinear nuevos blancos de exploración y a comprender la evolución que vivió el sistema y sobre todo a escalrecer la problemática general del trabajo; apoyar que Nueve Vidas se incluye dentro de un sistema Porfírico Mineralizado, o no.

Un estudio integrado de la litología, alteración, mineralización y geoquímica de todos los prospectos explorados dentro del área de la propiedad Victoria, para general una interpretación más global y vectores de mineralización a nivel macro para focalizar la exploración en puntos de elevada potencialidad. Claramente, apoyado de trabajos bibliográficos más actualizados.

Si bien, las recomendaciones anteriores son directrices para seguir un estudio científico-geológico"que sirvan para esclarecer el tipo de sistema mineralizado en el que se encuentra Nueve Vidas, sumado a las características propias del prospecto, basadas en la información que se tuvo disponible para este estudio, se recomienda finalmente el abandono del punto de vista económico de Nueve Vidas, .

Bibliografía

- Barton M.D., Johnson D.A., 1996. Evaporitic source model for igneous-related Fe oxide-(REE-Cu-Au-U) mineralization. *Geology* 24:259-262
- Barton MD, Johnson DA (2004) Footprints of Fe-oxide(-Cu-Au) systems. In: SEG 2004: Predictive mineral discovery under cover. Centre for Global Metallog., Spec. Publ. 33, 112-116
- Boric, P., Díaz, F., Maksaev, V. 1990. Geología y Yacimientos Metalíferos de la Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, boletín N°40, p 14-103.
- Camus, F., 2002. The Andean porphyry systems. In *Giant Ore Deposits: Characteristics, genesis and exploration*. Cooke, D.R. and Pongratz, J. (Eds.), CODES Special Publication 4, Australia, p. 5-21.
- Carlile, J.C., Kirkegaard, A.G., 1985. Porphyry copper-gold deposits 01 the Tombulilato district, North Sulawesi, Indonesia: an extension 01 the Philippine porphyry copper-gold province. In *Asian Mining 85 Conference*, Manila Feb.11-14, 1985. The Institution of Mining and Metallurgy, Londres, p. 351-363.
- Cass, D., 2007. The Vaquillas Property, Eocene-Oligocene Porphyry Copper Belt, Antofagasta Region, Northern Chile. Iron Creek Capital Corp.
- Chaffee, M. A., 1982. A geochemical study 01 the Kalamazoo porphyry copper deposit. In *Advances in Geology 01 the Porphyry Copper Deposits, Southwestern North America* (Titley, S.R., editor). The University of Arizona Press, p. 211-226. Tucson.
- Chong, G. 1973. Reconocimiento Geológico del área Catalina Sierra de Varas y estratigrafía del jurásico del Profeta. Memoria de Título. Departamento de Geología. Universidad de Chile, 294 p.
- Clark, A.H., Caelles, J.C., Farrar, E., Haynes, S.J., Lortie, R.B., Mc.Bride, S.L., Quirt, G.S., Robertson, R.C.R. and Zentilli, M., 1976. Longitudinal variations in the metallogenic evolution of the Central Andes: a progress report. In: Strong, D.F. (Editor), *Metallogeny and Plate Tectonics*. Geol. Assoc. of Canada, Special Paper N°14, pp. 23-58.
- Cornejo, P., Mpodozis, C., Ramírez, C.F., Tomlinson, A.J. 1993. Estudio Geológico de la Región de Potrerillos y El Salvador (26°-27° Lat. S). Servicio Nacional de Geología y

- Minería-CODELCO, Informe Registrado, IR-93-01: 258 p. 12 mapas escala 1:50.000. Santiago.
- Cornejo, P., Mpodozis, C., 1996. Geología de la Región de Sierra Exploradora (25°-26° S). Servicio Nacional de Geología y Minería - Corporación Nacional del Cobre (Chile). Informe Registrado, IR - 96 - 09, Two volumes.
- Cornejo, P., Matthews S., Pérez de Arce, C. 2003. The ?K-T? Compressive Deformation Event in Northern Chile (24-27°). In Congreso Geológico Chileno, No. 10, in CD-Rom (Thematic session 1): 11 p. Concepción.
- Cornejo, P., Mpodozis, C., Rivera, O., Matthews, S. 2009. Carta Exploradora, Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 119:103 p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Cox, O. P., 1985. Geology the Tanamá and Helecho porphyry copper deposits and vicinity, Puerto Rico. US. Geological Survey, Professional Paper, No. 1327,57 p.
- Cox, O.P., Singer, DA 1988. Distribution of gold in porphyry copper deposits. US. Geological Survey, Open File Report, No. 88-46, 22 p.
- Fletcher, W. 1981. Analytical methods in geochemical prospecting. Handbook of exploration geochemistry, Elsevier. Vol. 1, 255 p.
- Frietsch, R., 1978. On the magmatic origin of iron ores of the Kiruna type: ECONOMIC GEOLOGY, v. 73, p. 478-485.
- Frutos, J., Tobar, A., Thomas, A. 1975. Geología del área de Sierra del Jardín, Salvador y Potrerillos, Provincia de Atacama. Instituto de Investigaciones Geológicas, Informe (Inédito), No. 4684: 1-41. Santiago.
- Gaal, G., Isohanni, M. 1979. Characteristics of igneous intrusions and various wallrocks in some Precambrian porphyry copper molybdenum deposits in Pohjanmaa, Finland. Economic Geology, Vol. 74, p. 1198-1210.
- García, F. 1967 Geología del Norte Grande de Chile. Simposium sobre el Geosinclinal Andino. Sociedad Geológica de Chile N° 3, 183 p. Santiago Chile, 1962.
- Gunther, A., Haschke, M., Reutter, K-J., and Scheubert, E., 1997. Repeated reactivation of an ancient fault zone under changing kinematic conditions: the Sierra-de-Moreno fault system (SMFS) (N-Chilean PreCORDILLERA): VIII Congreso Geológico Chileno, Proceedings, pp. 85-89.
- Gustafson, L.B., and Hunt, J.P., 1975, The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile: Economic Geology, v.70, p. 857-912
- Hammerschmidt, K., Dobel, R., and Friedrichsen, H., 1992. Implications of $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ dating of Early Tertiary volcanic rocks from the north-Chilean PreCORDILLERA: Tectonophysics, v. 202, pp. 55-81.

- Hitzman, M.W., Oreskes, N., Einaudi, M. T. 1992. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic ironoxide (Cu-U-Au-REE) deposits. *Precambrian Research*, 58, p. 241-287.
- Hitzman, M.W., 2000. Iron oxide-Cu-Au deposits: what, where, when, and why. In: Porter TM (ed) *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective*. Australian Mineral Foundation, Adelaide, pp 9-25
- Hood, S., Hickey, K., Colpron, M. and Mercer, B., 2009. High-grade hydrothermal copper-gold mineralization in foliated granitoids at the Minto mine, central Yukon. In: *Yukon Exploration and Geology 2008*, L.H. Weston, L.R. Blackburn and L.L. Lewis (eds.), Yukon Geological Survey, p. 137-146.
- Hub, C., Muñoz, A., 2011. Informe Anual Exploración 2010. Proyecto Victoria, Chile. Hochschild Mining.
- Jones, B.K., 1992, Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 43, p. 127-155.
- Kay, S.M., Kurtz, A., Godoy, E., 1995. Tertiary magmatic and tectonic framework of the El Teniente copper deposit, southern Chile (34°-35°S). *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, V. 27, N°6, p. 409.
- Kirkham, R.V., 1972, Porphyry deposits, in Blackadar, R.G., ed., *Report of Activities Part B, November 1971 to March 1972: Geological Survey of Canada, Paper 72-1b*, p. 62-64.
- Kosaka, H. , Wakita, K., 1978. Some geologic lectures the Mamut porphyry copper deposit, Sabah, Malaysia. *EconomicGeology*, Vol. 73, p. 618-627.
- Le Maitre, R.W. (1976). The chemical variability of some common igneous rocks. *Journal of Petrology* 17: 589-637.
- Lowell, J.D., and Guilbert, J.M., 1970, Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits: *Economic Geology*, v. 65, p. 373-408.
- Maksaev, V, Zentilli, M. 1988. Marco metalogénico regional de los megadepósitos de tipo pórfido cuprífero del norte grande de Chile. In *Congreso Geológico Chileno*, No. 5, Actas 1: B109-B131. Santiago.
- Maksaev, V., 1990. Metallogeny, geological evolution, and thermochronology of the Chilean Andes between latitudes 21° and 26° South, and the origin of major porphyry copper deposits. Ph.D. Thesis, Dalhousie University, Department of Geology, Halifax, Nova Scotia, Canada, 554 p.
- Maksaev, V. and Zentilli, M., 1999. Fission Track Thermochronology of the Domeyko Cordillera, Chile: Metallogenetic Implications for Andean Porphyry Copper Metallogenesis. *Exploration and Mining Geology, Special Issue on Latin American Mineral Deposits*, Vol. 8, Nos. 1 & 2, pp. 65-89.

- Mark, G., Foster, D.R.W. 2000. Magmatic hydrothermal albite actinolite apatite rich rocks from the Cloncurry district, NW Queensland, Australia. *Lithos*, 51, p. 223-245.
- Marinovic et al., 1995. Hoja Aguas Blancas, Región de Antofagasta, SERNAGEOMIN, Carta Geológica 1:250.000, N° 70, 150 p.
- Mason, R., Melnik, N. 1986a. The McIntyre-Hollinger investigation, Timmins, Ontario: a gold dominated porphyry copper system. Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, Paper , No. 86-1 B, p. 577-583.
- McKee, E.H., and Noble, D.C., 1989. Cenozoic tectonic events, magmatic pulses, and base- and precious-metal mineralization in the central Andes: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources earth Science Series, v. 11, pp.189-194.
- Mortimer, C., 1973. The Cenozoic history of the southern Atacama desert, Chile: *Journal of the Geological Society of London*, c. 129, p. 505-526.
- Mpodozis C., Marinovic N., Smoje I., Cuitino. 1993b. estudio Geologico estructural de la Cordillera Domeyko entre Sierra Limon Verde y Sierra Mariposas: Region de Antofagasta. Report.
- Mumin, A.H., Somarin, A.K., Jones, B., Corriveau, L., Ootes, L., and Camier, J., 2010, The IOCG-porphyry- epithermal continuum of deposit types in the Great Bear magmatic zone, Northwest Territories, Canada, in Corriveau, L., and Mumin, H., eds., *Exploring for Iron Oxide Copper-Gold Deposits: Geological Association of Canada Short Course Notes 20*, p. 59-78.
- Naranjo, J. A., Puig, A., 1984. Hojas Talta y Chañaral: Servicio Nacional de Geología y minería, Carta Geológica de Chile, N° 62-63, (1:250.000), p. 1-140, Santiago.
- Padilla, N. D., Merchán, M. E., Valotto, C. A., Lambas, D. G., Maia, M. A. G. 2001. Geology of the Escondida Porphyry Copper Deposit, Antofagasta Region, Chile. *Economic Geology* Vol. 96, pp. 307-324
- Parra, A. , 1983. Petrografía y petrología de los cuerpos intrusivos de la Mina Potrerillos, Región de Atacama. Memoria de título (Inédito). Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica, 154 p. Santiago.
- Perelló, J., Arancibia, O., Burt, P.D., Clark, A.H., Clarke, G., Fleming, J., Himes, M., Leitch, C., Reeves, A., 1989. Porphyry Cu-Mo-Au mineralization at Island Copper, Vancouver Island, B.C. In *Copper-Gold Porphyry Workshop*, Mineral Deposits Division Geological Association of Canada, 2p. Vancouver, April, 1989.
- Pollard, P.J., 2000, Evidence of a magmatic fluid and metal source for Fe-oxide Cu-Au mineralization, in Porter, T. M., ed., *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective*: Adelaide, Australian Mineral Foundation, p. 27-41.
- Richards, J.P., 2011, Magmatic to hydrothermal metal fluxes in convergent and collided margins: *Ore Geology Reviews*, v. 40, p. 1-26, doi:10.1016 /j.oregeorev.2011.05.006.

- Richard, J. P., and Mumin, A. H., 2013. Magmatic-hydrothermal processes within an evolving Earth: Iron oxide-copper-gold and porphyry Cu - Mo - Au deposits *Geology*, 41, 767-770.
- Richardson, S.V., Kesler, S.R., Essene, E.J. 1986. Origin and geochemistry the Chapada Cu-Au deposit, Goias, Brazil: a metamorphosed wall-rock 'porphyry copper' deposit. *Economic Geology*, Vol. 81, p. 1884-1898.
- Robert, F., Brommecker, R., Bourne, B. T., Dobak, P. J., McEwan, C. .J., Rowe, R. R., Zhou, X., 2007. Models and Exploration Methods for Major Gold Deposit Types."Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration." edited by B. Milkereit, 2007, p. 691-711.
- Roeschmann, C., 1979. El oro en el yacimiento de cobre El Salvador. Memoria de título (Inédito). Universidad de Chile, Departamento de Geología, 130 p. Santiago.
- Salfity, J.A., 1985. Lineamientos transversales al rumbo andino en el noroeste Argentino: IV Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, August 1985, Part 2, pp 119-137.
- Salfity, J.A. and Gorustovich, S.A. 1998. The geological evolution of the province of Salta (Argentina) and neighboring regions: Ministry of Production and Employment, Secretariat of Mining, Industry and Energy Resources, Salta, Argentina, Atlas of 67 figures with explanations.
- Seedorff, E., Dilles, J.H., Proffett, J.M., Jr., Einaudi, M.T., Zurcher, L., Stavast, W.J.A., Johnson, D.A., and Barton, M.D., 2005, Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features: *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 251-298.
- Sillitoe, R.H., 1976. Andean mineralization a model for the metallogeny of convergent plate margins. In: Strong, D.F. (Editor) *Metallogeny and plate tectonics*, Geol. Assoc. Canada, Special Paper, N°14, pp. 59-100.
- Sillitoe, R.H. 1979. Some thoughts on gold-rich porphyry copper deposits. *Mineralium Deposita*, Vol. 14, p. 161- 174.
- Sillitoe, R.H., 1983a. Enargite-bearing massive sulfide deposits high in porphyry copper systems. *Economic Geology*, Vol. 78, p. 348-352.
- Sillitoe, R.H. 1988a. Gold and silver deposits in porphyry systems. In *8th International Symposium on Precious Metal Deposits of the Western United States* (Schaler, R.N., et al., editors). Symposium Proceedings, Geological Society of Nevada, p. 233-257.
- Sillitoe, R.H. . 1988b. Environments, styles and origins of gold deposits in western Pacific island areas. In *Bicentennial Gold 88. Extended Abstracts Oral Programme*, Geological Association of Australia. [Abstr]. No. 22, p.127-138.
- Sillitoe, R.H., 1991. Gold metallogeny of Chile an introduction: *Economic Geology*, v. 86, p. 1187-1205.
- Sillitoe, R.H., 1993b, Gold-rich porphyry copper deposits: geological model and exploration

- implications, in Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and Duke, J.M., eds., *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada, Special Paper 40*, p. 465-478.
- Sillitoe, R.H., 2003. IOCG deposits: An Andean view: *Mineralium Deposita*, v. 38, p. 787-812.
- Sillitoe, R.H., 2010, Porphyry copper systems: *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, v. 105, p. 3741, doi:10.2113/gsecongeo.105.1.3.
- Sillitoe, R.H., Gappe, I.M., 1984. Philippine porphyry copper deposits: Geologic setting and characteristics. United Nations ESCAP, CCOP Technical Publication, NO.14, 89 p.
- Stanley, C., Lawie, D. 2007. Average relative error in geochemical determination: Clarification, calculation, and a plea for consistency. *Exploration and mining geology*, Vol. 16, N° 3-4, pp. 265-274.
- Stanley, C., Smee, B. 2007. Strategies for reducing sampling errors in exploration and resource definition drilling programmes for gold deposits. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, Vol. 7, pp. 1-12.
- Taylor, S. R., 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28, 1273-1285.
- Titley, S.R., Beane, R.E., 1981. Porphyry copper deposits Part I: Geologic settings, petrology, and tectogenesis: *Economic Geology*, 75th anniversary volume, p. 214-235.
- Tornos, F., Casquet, C., Relvas, J., 2005. Transpressional tectonics, lower crust decoupling and intrusion of deep mafic sills: A model for the unusual metallogenesis of SW Iberia. *Ore Geology Reviews*, 27, p. 133-163.
- Tukey, J. W., 1977. *Exploratory Data Analysis*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Venegas, C., Cervetto, M., Astudillo, N., Espinoza, F. 2013. Carta Sierra Vaquillas Altas, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica No. 159, 1 mapa escala 1:100.000.
- Wedepohl, K.H., 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59: 1,217-1,239. doi: 10.1016/0016-7037(95)00038-2.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. and Chappell, B.W., 1987. A-Type Granites - Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95(4): 407-419.
- Williams, P., Barton, M.D., Johnson, D.A., Fontboté, L., Haller, A.d., Mark, G., Oliver, N.H.S., Marschik, R., 2005. Iron Oxide Copper Gold Deposits: Geology, Space Time Distribution, and Possible Modes of Origin in: Hedenquist J.W., Thompson J.F.H., Goldfarb R.J., Richards J.P. (eds) *Economic Geology One hundredth anniversary Volume*. Society of Economic Geologists, Littleton, p. 371-406.
- Zentilli, M., 1975. Zonación regional y evolución metalogénica de los Andes entre las latitudes

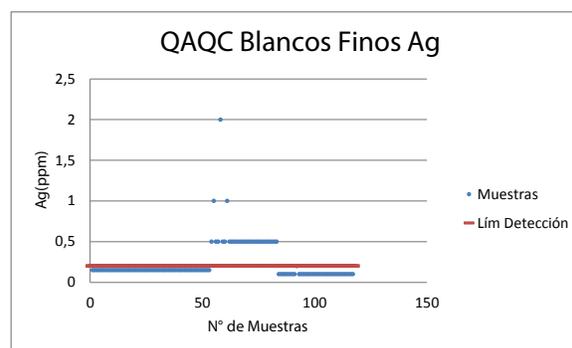
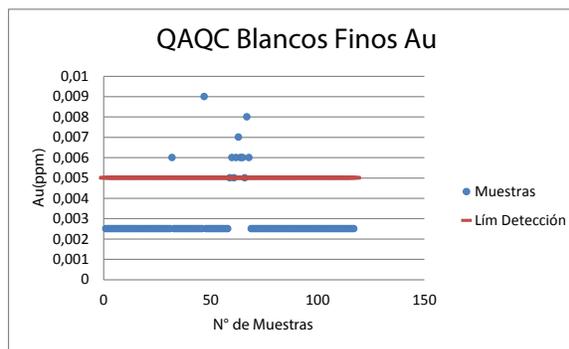
26° y 29° Sur. Actas II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Tomo V, Buenos Aires, Argentina, pp 531-544.

Anexos A

Control de Calidad QA/QC Muestras Geoquímicas de Sondajes RC, Nueve Vidas

Tabla A.1: Control de calidad QA/QC Blancos Finos Ag y Au.

Au ppm	Lim Det. Au	N° Muestras	Ag ppm	Lim Det.	N° Muestras
0,0025	0,005	1	0,15	0,2	1
0,0025	0,005	2	0,15	0,2	2
0,0025	0,005	3	0,15	0,2	3
0,0025	0,005	4	0,15	0,2	4
0,0025	0,005	5	0,15	0,2	5
0,0025	0,005	6	0,15	0,2	6
0,0025	0,005	7	0,15	0,2	7
0,0025	0,005	8	0,15	0,2	8
0,0025	0,005	9	0,15	0,2	9
0,0025	0,005	10	0,15	0,2	10
0,0025	0,005	11	0,15	0,2	11
0,0025	0,005	12	0,15	0,2	12
0,0025	0,005	13	0,15	0,2	13
0,0025	0,005	14	0,15	0,2	14
0,0025	0,005	15	0,15	0,2	15
0,0025	0,005	16	0,15	0,2	16
0,0025	0,005	17	0,15	0,2	17
0,0025	0,005	18	0,15	0,2	18
0,0025	0,005	19	0,15	0,2	19
0,0025	0,005	20	0,15	0,2	20
0,0025	0,005	21	0,15	0,2	21
0,0025	0,005	22	0,15	0,2	22
0,0025	0,005	23	0,15	0,2	23
0,0025	0,005	24	0,15	0,2	24
0,0025	0,005	25	0,15	0,2	25
0,0025	0,005	26	0,15	0,2	26
0,0025	0,005	27	0,15	0,2	27
0,0025	0,005	28	0,15	0,2	28
0,0025	0,005	29	0,15	0,2	29
0,0025	0,005	30	0,15	0,2	30
0,0025	0,005	31	0,15	0,2	31
0,006	0,005	32	0,15	0,2	32
0,0025	0,005	33	0,15	0,2	33
0,0025	0,005	34	0,15	0,2	34
0,0025	0,005	35	0,15	0,2	35
0,0025	0,005	36	0,15	0,2	36
0,0025	0,005	37	0,15	0,2	37
0,0025	0,005	38	0,15	0,2	38
0,0025	0,005	39	0,15	0,2	39
0,0025	0,005	40	0,15	0,2	40
0,0025	0,005	41	0,15	0,2	41
0,0025	0,005	42	0,15	0,2	42
0,0025	0,005	43	0,15	0,2	43
0,0025	0,005	44	0,15	0,2	44
0,0025	0,005	45	0,15	0,2	45
0,0025	0,005	46	0,15	0,2	46
0,009	0,005	47	0,15	0,2	47
0,0025	0,005	48	0,15	0,2	48
0,0025	0,005	49	0,15	0,2	49
0,0025	0,005	50	0,15	0,2	50
0,0025	0,005	51	0,15	0,2	51
0,0025	0,005	52	0,15	0,2	52
0,0025	0,005	53	0,15	0,2	53
0,0025	0,005	54	0,5	0,2	54
0,0025	0,005	55	1	0,2	55
0,0025	0,005	56	0,5	0,2	56
0,0025	0,005	57	0,5	0,2	57
0,0025	0,005	58	2	0,2	58



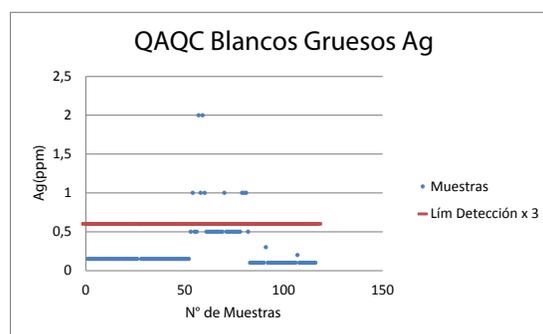
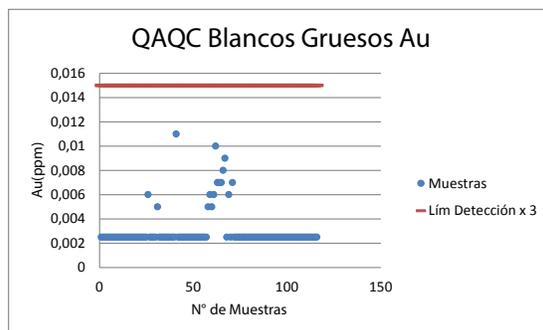
	Au %	Ag %
Indica el número de muestras que son menor o igual al límite de detección	89,74359	73,50427
Muestras por sobre el límite de detección	10,25641	26,49573

Tabla A.2: Continuación control de calidad QA/QC Blancos Finos Ag y Au.

0,005	0,005	59	0,5	0,2	59
0,006	0,005	60	0,5	0,2	60
0,005	0,005	61	1	0,2	61
0,006	0,005	62	0,5	0,2	62
0,007	0,005	63	0,5	0,2	63
0,006	0,005	64	0,5	0,2	64
0,006	0,005	65	0,5	0,2	65
0,005	0,005	66	0,5	0,2	66
0,008	0,005	67	0,5	0,2	67
0,006	0,005	68	0,5	0,2	68
0,0025	0,005	69	0,5	0,2	69
0,0025	0,005	70	0,5	0,2	70
0,0025	0,005	71	0,5	0,2	71
0,0025	0,005	72	0,5	0,2	72
0,0025	0,005	73	0,5	0,2	73
0,0025	0,005	74	0,5	0,2	74
0,0025	0,005	75	0,5	0,2	75
0,0025	0,005	76	0,5	0,2	76
0,0025	0,005	77	0,5	0,2	77
0,0025	0,005	78	0,5	0,2	78
0,0025	0,005	79	0,5	0,2	79
0,0025	0,005	80	0,5	0,2	80
0,0025	0,005	81	0,5	0,2	81
0,0025	0,005	82	0,5	0,2	82
0,0025	0,005	83	0,5	0,2	83
0,0025	0,005	84	0,1	0,2	84
0,0025	0,005	85	0,1	0,2	85
0,0025	0,005	86	0,1	0,2	86
0,0025	0,005	87	0,1	0,2	87
0,0025	0,005	88	0,1	0,2	88
0,0025	0,005	89	0,1	0,2	89
0,0025	0,005	90	0,1	0,2	90
0,0025	0,005	91	0,1	0,2	91
0,0025	0,005	92	0,2	0,2	92
0,0025	0,005	93	0,1	0,2	93
0,0025	0,005	94	0,1	0,2	94
0,0025	0,005	95	0,1	0,2	95
0,0025	0,005	96	0,1	0,2	96
0,0025	0,005	97	0,1	0,2	97
0,0025	0,005	98	0,1	0,2	98
0,0025	0,005	99	0,1	0,2	99
0,0025	0,005	100	0,1	0,2	100
0,0025	0,005	101	0,1	0,2	101
0,0025	0,005	102	0,1	0,2	102
0,0025	0,005	103	0,1	0,2	103
0,0025	0,005	104	0,1	0,2	104
0,0025	0,005	105	0,1	0,2	105
0,0025	0,005	106	0,1	0,2	106
0,0025	0,005	107	0,1	0,2	107
0,0025	0,005	108	0,1	0,2	108
0,0025	0,005	109	0,1	0,2	109
0,0025	0,005	110	0,1	0,2	110
0,0025	0,005	111	0,1	0,2	111
0,0025	0,005	112	0,1	0,2	112
0,0025	0,005	113	0,1	0,2	113
0,0025	0,005	114	0,1	0,2	114
0,0025	0,005	115	0,1	0,2	115
0,0025	0,005	116	0,1	0,2	116
0,0025	0,005	117	0,1	0,2	117

Tabla A.3: Control de calidad QA/QC Blancos Gruesos Ag y Au.

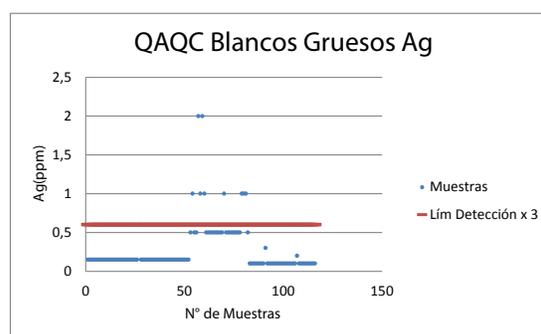
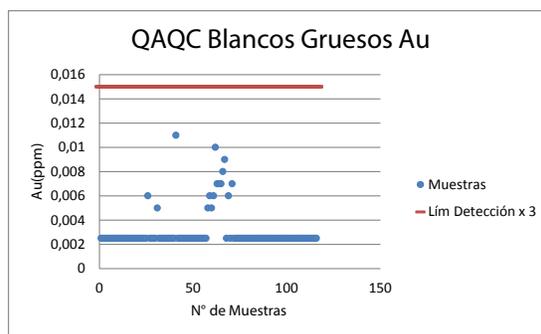
Au ppm	Lim Det. Au x3	N° Muestras	Ag ppm	Lim Det. Ag x3	N° Muestras
0,0025	0,015	1	0,15	0,6	1
0,0025	0,015	2	0,15	0,6	2
0,0025	0,015	3	0,15	0,6	3
0,0025	0,015	4	0,15	0,6	4
0,0025	0,015	5	0,15	0,6	5
0,0025	0,015	6	0,15	0,6	6
0,0025	0,015	7	0,15	0,6	7
0,0025	0,015	8	0,15	0,6	8
0,0025	0,015	9	0,15	0,6	9
0,0025	0,015	10	0,15	0,6	10
0,0025	0,015	11	0,15	0,6	11
0,0025	0,015	12	0,15	0,6	12
0,0025	0,015	13	0,15	0,6	13
0,0025	0,015	14	0,15	0,6	14
0,0025	0,015	15	0,15	0,6	15
0,0025	0,015	16	0,15	0,6	16
0,0025	0,015	17	0,15	0,6	17
0,0025	0,015	18	0,15	0,6	18
0,0025	0,015	19	0,15	0,6	19
0,0025	0,015	20	0,15	0,6	20
0,0025	0,015	21	0,15	0,6	21
0,0025	0,015	22	0,15	0,6	22
0,0025	0,015	23	0,15	0,6	23
0,0025	0,015	24	0,15	0,6	24
0,0025	0,015	25	0,15	0,6	25
0,006	0,015	26	0,15	0,6	26
0,0025	0,015	27	0,6	0,6	27
0,0025	0,015	28	0,15	0,6	28
0,0025	0,015	29	0,15	0,6	29
0,0025	0,015	30	0,15	0,6	30
0,005	0,015	31	0,15	0,6	31
0,0025	0,015	32	0,15	0,6	32
0,0025	0,015	33	0,15	0,6	33
0,0025	0,015	34	0,15	0,6	34
0,0025	0,015	35	0,15	0,6	35
0,0025	0,015	36	0,15	0,6	36
0,0025	0,015	37	0,15	0,6	37
0,0025	0,015	38	0,15	0,6	38
0,0025	0,015	39	0,15	0,6	39
0,0025	0,015	40	0,15	0,6	40
0,011	0,015	41	0,15	0,6	41
0,0025	0,015	42	0,15	0,6	42
0,0025	0,015	43	0,15	0,6	43
0,0025	0,015	44	0,15	0,6	44
0,0025	0,015	45	0,15	0,6	45
0,0025	0,015	46	0,15	0,6	46
0,0025	0,015	47	0,15	0,6	47
0,0025	0,015	48	0,15	0,6	48
0,0025	0,015	49	0,15	0,6	49
0,0025	0,015	50	0,15	0,6	50
0,0025	0,015	51	0,15	0,6	51
0,0025	0,015	52	0,15	0,6	52
0,0025	0,015	53	0,5	0,6	53
0,0025	0,015	54	1	0,6	54
0,0025	0,015	55	0,5	0,6	55
0,0025	0,015	56	0,5	0,6	56
0,0025	0,015	57	2	0,6	57
0,005	0,015	58	1	0,6	58



	Au %	Ag %
Indica el número de muestras que son menor o igual a 3 veces el límite de detección	100	91,37931
Muestras por sobre 3 veces el límite de detección	0	8,62069

Tabla A.4: Continuación control de calidad QA/QC Blancos Gruesos Ag y Au.

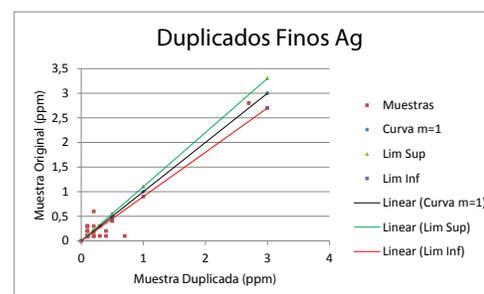
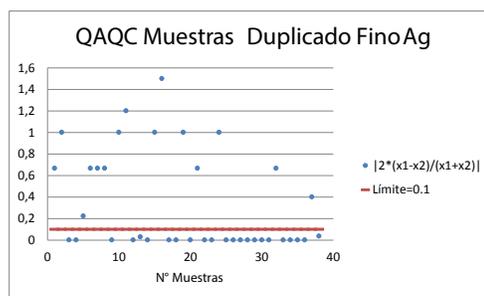
Au ppm	Lim Det. Au x3	N° Muestras	Ag ppm	Lim Det. Ag x3	N° Muestras
0,0025	0,015	1	0,15	0,6	1
0,0025	0,015	2	0,15	0,6	2
0,0025	0,015	3	0,15	0,6	3
0,0025	0,015	4	0,15	0,6	4
0,0025	0,015	5	0,15	0,6	5
0,0025	0,015	6	0,15	0,6	6
0,0025	0,015	7	0,15	0,6	7
0,0025	0,015	8	0,15	0,6	8
0,0025	0,015	9	0,15	0,6	9
0,0025	0,015	10	0,15	0,6	10
0,0025	0,015	11	0,15	0,6	11
0,0025	0,015	12	0,15	0,6	12
0,0025	0,015	13	0,15	0,6	13
0,0025	0,015	14	0,15	0,6	14
0,0025	0,015	15	0,15	0,6	15
0,0025	0,015	16	0,15	0,6	16
0,0025	0,015	17	0,15	0,6	17
0,0025	0,015	18	0,15	0,6	18
0,0025	0,015	19	0,15	0,6	19
0,0025	0,015	20	0,15	0,6	20
0,0025	0,015	21	0,15	0,6	21
0,0025	0,015	22	0,15	0,6	22
0,0025	0,015	23	0,15	0,6	23
0,0025	0,015	24	0,15	0,6	24
0,0025	0,015	25	0,15	0,6	25
0,006	0,015	26	0,15	0,6	26
0,0025	0,015	27	0,6	0,6	27
0,0025	0,015	28	0,15	0,6	28
0,0025	0,015	29	0,15	0,6	29
0,0025	0,015	30	0,15	0,6	30
0,005	0,015	31	0,15	0,6	31
0,0025	0,015	32	0,15	0,6	32
0,0025	0,015	33	0,15	0,6	33
0,0025	0,015	34	0,15	0,6	34
0,0025	0,015	35	0,15	0,6	35
0,0025	0,015	36	0,15	0,6	36
0,0025	0,015	37	0,15	0,6	37
0,0025	0,015	38	0,15	0,6	38
0,0025	0,015	39	0,15	0,6	39
0,0025	0,015	40	0,15	0,6	40
0,011	0,015	41	0,15	0,6	41
0,0025	0,015	42	0,15	0,6	42
0,0025	0,015	43	0,15	0,6	43
0,0025	0,015	44	0,15	0,6	44
0,0025	0,015	45	0,15	0,6	45
0,0025	0,015	46	0,15	0,6	46
0,0025	0,015	47	0,15	0,6	47
0,0025	0,015	48	0,15	0,6	48
0,0025	0,015	49	0,15	0,6	49
0,0025	0,015	50	0,15	0,6	50
0,0025	0,015	51	0,15	0,6	51
0,0025	0,015	52	0,15	0,6	52
0,0025	0,015	53	0,5	0,6	53
0,0025	0,015	54	1	0,6	54
0,0025	0,015	55	0,5	0,6	55
0,0025	0,015	56	0,5	0,6	56
0,0025	0,015	57	2	0,6	57
0,005	0,015	58	1	0,6	58



	Au %	Ag %
Indica el número de muestras que son menor o igual a 3 veces el límite de detección	100	91,37931
Muestras por sobre 3 veces el límite de detección	0	8,62069

Tabla A.5: Control de calidad QA/QC Duplicado Fino Ag.

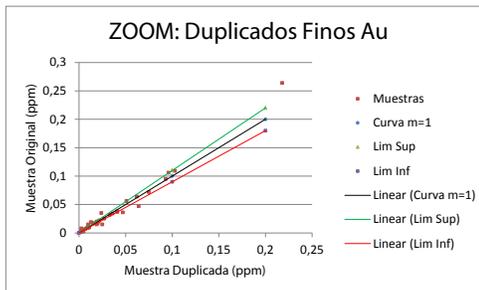
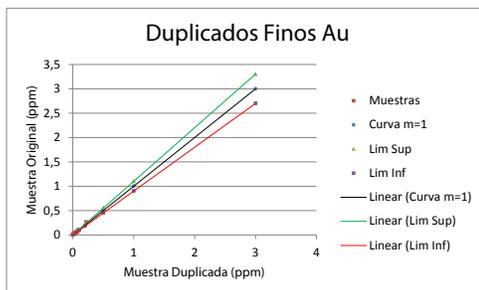
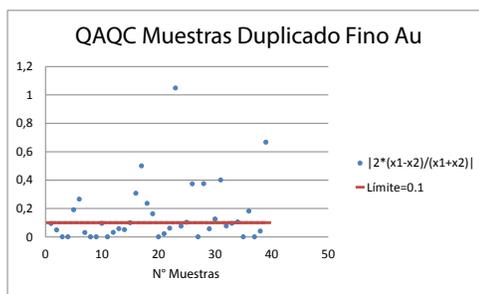
n	X1	X2	(x1-x2)	(x1+x2)	$2*(x1-x2)/(x1+x2)$	Valor Absoluto	Lim < 0,1
1	0,4	0,2	0,2	0,6	0,666666667	0,666666667	0,1
2	0,1	0,3	-0,2	0,4	-1	1	0,1
3	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
4	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
5	0,5	0,4	0,1	0,9	0,222222222	0,222222222	0,1
6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,666666667	0,666666667	0,1
7	0,1	0,2	-0,1	0,3	-0,666666667	0,666666667	0,1
8	0,1	0,2	-0,1	0,3	-0,666666667	0,666666667	0,1
9	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
10	0,1	0,3	-0,2	0,4	-1	1	0,1
11	0,4	0,1	0,3	0,5	1,2	1,2	0,1
12	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
13	142	138	4	280	0,028571429	0,028571429	0,1
14	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
15	0,2	0,6	-0,4	0,8	-1	1	0,1
16	0,7	0,1	0,6	0,8	1,5	1,5	0,1
17	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
18	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
19	0,1	0,3	-0,2	0,4	-1	1	0,1
20	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
21	0,2	0,1	0,1	0,3	0,666666667	0,666666667	0,1
22	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
23	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
24	0,3	0,1	0,2	0,4	1	1	0,1
25	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
26	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
27	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
28	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
29	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
30	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
31	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
32	0,2	0,1	0,1	0,3	0,666666667	0,666666667	0,1
33	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
34	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
35	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1
36	0,3	0,3	0	0,6	0	0	0,1
37	0,2	0,3	-0,1	0,5	-0,4	0,4	0,1
38	2,7	2,8	-0,1	5,5	-0,036363636	0,036363636	0,1



	Ag %
Indica el número de muestras que son menor al límite establecido	60,52632
Muestras por sobre el límite	39,47368

Tabla A.6: Control de calidad QA/QC Duplicado Fino Au.

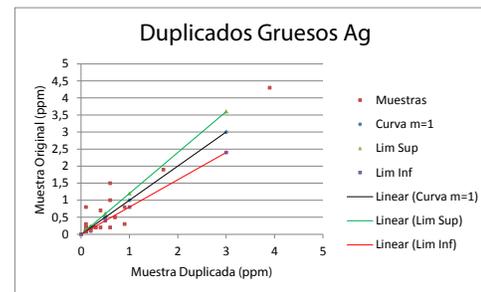
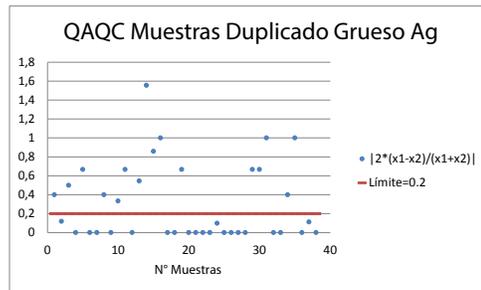
n	X1	X2	(x1-x2)	(x1+x2)	$2*(x1-x2)/(x1+x2)$	Valor Absoluto	Lim < 0,1
1	0,051	0,056	-0,005	0,107	-0,093457944	0,093457944	0,1
2	0,021	0,02	0,001	0,041	0,048780488	0,048780488	0,1
3	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,1
4	0,009	0,009	0	0,018	0	0	0,1
5	0,218	0,264	-0,046	0,482	-0,190871369	0,190871369	0,1
6	0,047	0,036	0,011	0,083	0,265060241	0,265060241	0,1
7	0,033	0,032	0,001	0,065	0,030769231	0,030769231	0,1
8	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,1
9	0,009	0,009	0	0,018	0	0	0,1
10	0,011	0,01	0,001	0,021	0,095238095	0,095238095	0,1
11	0,022	0,022	0	0,044	0	0	0,1
12	0,062	0,064	-0,002	0,126	-0,031746032	0,031746032	0,1
13	0,036	0,034	0,002	0,07	0,057142857	0,057142857	0,1
14	0,019	0,02	-0,001	0,039	-0,051282051	0,051282051	0,1
15	0,096	0,106	-0,01	0,202	-0,099009901	0,099009901	0,1
16	0,064	0,047	0,017	0,111	0,306306306	0,306306306	0,1
17	0,025	0,015	0,01	0,04	0,5	0,5	0,1
18	0,019	0,015	0,004	0,034	0,235294118	0,235294118	0,1
19	0,02	0,017	0,003	0,037	0,162162162	0,162162162	0,1
20	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,1
21	0,093	0,095	-0,002	0,188	-0,021276596	0,021276596	0,1
22	0,016	0,017	-0,001	0,033	-0,060606061	0,060606061	0,1
23	0,0025	0,008	-0,0055	0,0105	-1,047619048	1,047619048	0,1
24	0,041	0,038	0,003	0,079	0,075949367	0,075949367	0,1
25	0,041	0,037	0,004	0,078	0,102564103	0,102564103	0,1
26	0,024	0,035	-0,011	0,059	-0,372881356	0,372881356	0,1
27	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,1
28	0,013	0,019	-0,006	0,032	-0,375	0,375	0,1
29	0,103	0,109	-0,006	0,212	-0,056603774	0,056603774	0,1
30	0,015	0,017	-0,002	0,032	-0,125	0,125	0,1
31	0,01	0,015	-0,005	0,025	-0,4	0,4	0,1
32	0,027	0,025	0,002	0,052	0,076923077	0,076923077	0,1
33	0,011	0,01	0,001	0,021	0,095238095	0,095238095	0,1
34	0,01	0,009	0,001	0,019	0,105263158	0,105263158	0,1
35	0,007	0,007	0	0,014	0	0	0,1
36	0,005	0,006	-0,001	0,011	-0,181818182	0,181818182	0,1
37	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,1
38	0,075	0,072	0,003	0,147	0,040816327	0,040816327	0,1
39	0,005	0,0025	0,0025	0,0075	0,666666667	0,666666667	0,1



	Au %
Indica el número de muestras que son menor al límite establecido	61,53846
Muestras por sobre el límite	38,46154

Tabla A.7: Control de calidad QA/QC Duplicado Grueso Ag.

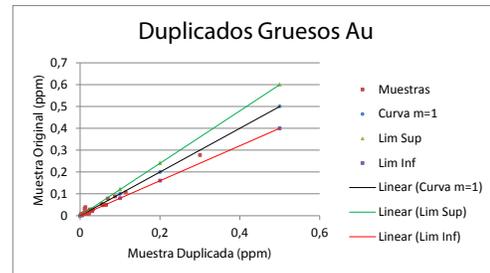
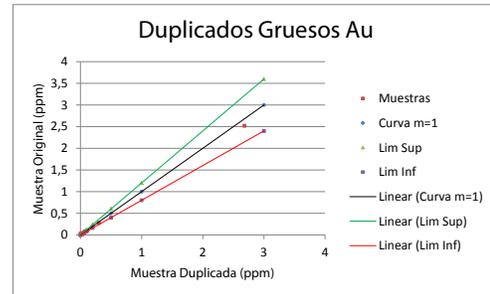
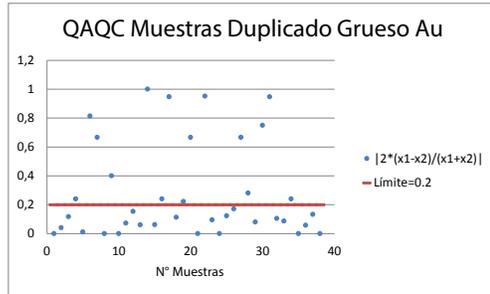
n	X1	X2	(x1-x2)	(x1+x2)	$2*(x1-x2)/(x1+x2)$	Valor Absoluto	Lim < 0,2
1	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	0,4	0,2
2	0,9	0,8	0,1	1,7	0,117647059	0,117647059	0,2
3	0,6	1	-0,4	1,6	-0,5	0,5	0,2
4	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
5	0,1	0,2	-0,1	0,3	-0,666666667	0,666666667	0,2
6	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
7	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
8	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	0,4	0,2
9	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
10	0,7	0,5	0,2	1,2	0,333333333	0,333333333	0,2
11	0,1	0,2	-0,1	0,3	-0,666666667	0,666666667	0,2
12	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
13	0,4	0,7	-0,3	1,1	-0,545454545	0,545454545	0,2
14	0,1	0,8	-0,7	0,9	-1,555555556	1,555555556	0,2
15	0,6	1,5	-0,9	2,1	-0,857142857	0,857142857	0,2
16	0,9	0,3	0,6	1,2	1	1	0,2
17	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
18	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
19	0,4	0,2	0,2	0,6	0,666666667	0,666666667	0,2
20	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
21	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
22	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
23	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
24	3,9	4,3	-0,4	8,2	-0,097560976	0,097560976	0,2
25	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
26	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
27	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
28	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
29	0,1	0,2	-0,1	0,3	-0,666666667	0,666666667	0,2
30	0,2	0,1	0,1	0,3	0,666666667	0,666666667	0,2
31	0,1	0,3	-0,2	0,4	-1	1	0,2
32	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
33	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,2
34	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	0,4	0,2
35	0,6	0,2	0,4	0,8	1	1	0,2
36	0,5	0,5	0	1	0	0	0,2
37	1,7	1,9	-0,2	3,6	-0,111111111	0,111111111	0,2
38	0,2	0,2	0	0,4	0	0	0,2



		Ag %
	Indica el número de muestras que son menor al límite establecido	57,89474
	Muestras por sobre el límite	42,10526

Tabla A.8: Control de calidad QA/QC Duplicado Grueso Au.

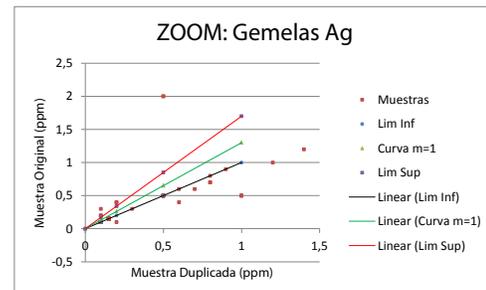
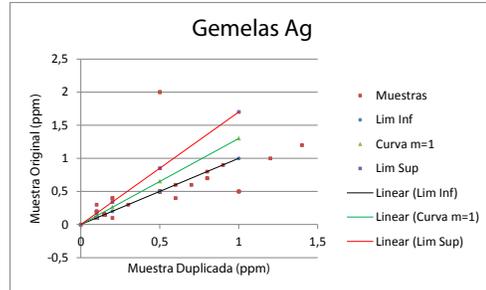
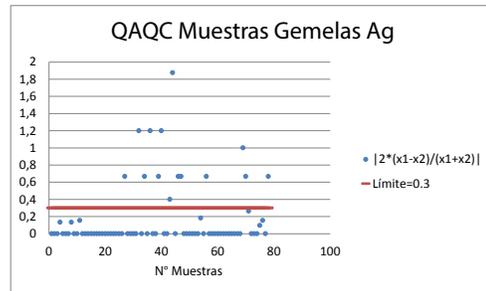
n	X1	X2	(x1-x2)	(x1+x2)	$2*(x1-x2)/(x1+x2)$	Valor Absoluto	Lim < 0,2
1	0,02	0,02	0	0,04	0	0	0,2
2	0,024	0,025	-0,001	0,049	-0,040816327	0,040816327	0,2
3	0,008	0,009	-0,001	0,017	-0,117647059	0,117647059	0,2
4	0,014	0,011	0,003	0,025	0,24	0,24	0,2
5	0,087	0,088	-0,001	0,175	-0,011428571	0,011428571	0,2
6	0,019	0,008	0,011	0,027	0,814814815	0,814814815	0,2
7	0,005	0,0025	0,0025	0,0075	0,666666667	0,666666667	0,2
8	0,018	0,018	0	0,036	0	0	0,2
9	0,03	0,02	0,01	0,05	0,4	0,4	0,2
10	0,054	0,054	0	0,108	0	0	0,2
11	0,114	0,106	0,008	0,22	0,072727273	0,072727273	0,2
12	0,014	0,012	0,002	0,026	0,153846154	0,153846154	0,2
13	0,017	0,016	0,001	0,033	0,060606061	0,060606061	0,2
14	0,013	0,039	-0,026	0,052	-1	1	0,2
15	2,68	2,52	0,16	5,2	0,061538462	0,061538462	0,2
16	0,028	0,022	0,006	0,05	0,24	0,24	0,2
17	0,0025	0,007	-0,0045	0,0095	-0,947368421	0,947368421	0,2
18	0,025	0,028	-0,003	0,053	-0,113207547	0,113207547	0,2
19	0,008	0,01	-0,002	0,018	-0,222222222	0,222222222	0,2
20	0,005	0,0025	0,0025	0,0075	0,666666667	0,666666667	0,2
21	0,006	0,006	0	0,012	0	0	0,2
22	0,011	0,031	-0,02	0,042	-0,952380952	0,952380952	0,2
23	0,01	0,011	-0,001	0,021	-0,095238095	0,095238095	0,2
24	0,014	0,014	0	0,028	0	0	0,2
25	0,069	0,078	-0,009	0,147	-0,12244898	0,12244898	0,2
26	0,057	0,048	0,009	0,105	0,171428571	0,171428571	0,2
27	0,005	0,0025	0,0025	0,0075	0,666666667	0,666666667	0,2
28	0,065	0,049	0,016	0,114	0,280701754	0,280701754	0,2
29	0,3	0,277	0,023	0,577	0,079722704	0,079722704	0,2
30	0,022	0,01	0,012	0,032	0,75	0,75	0,2
31	0,0025	0,007	-0,0045	0,0095	-0,947368421	0,947368421	0,2
32	0,01	0,009	0,001	0,019	0,105263158	0,105263158	0,2
33	0,011	0,012	-0,001	0,023	-0,086956522	0,086956522	0,2
34	0,014	0,011	0,003	0,025	0,24	0,24	0,2
35	0,017	0,017	0	0,034	0	0	0,2
36	0,017	0,018	-0,001	0,035	-0,057142857	0,057142857	0,2
37	0,032	0,028	0,004	0,06	0,133333333	0,133333333	0,2
38	0,009	0,009	0	0,018	0	0	0,2



	Au %
Indica el número de muestras que son menor al límite establecido	60,52632
Muestras por sobre el límite	39,47368

Tabla A.9: Control de calidad QA/QC Muestras Gemelas Ag.

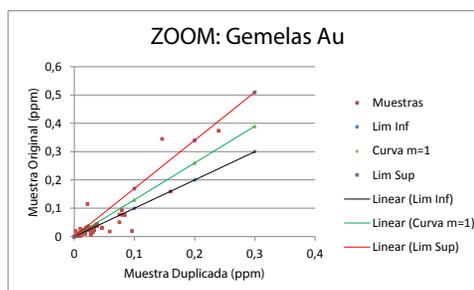
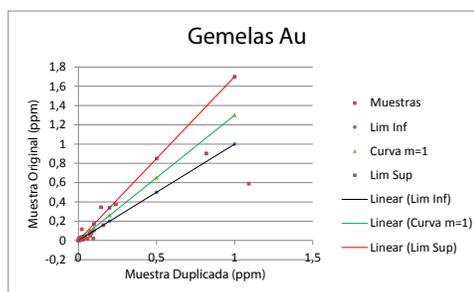
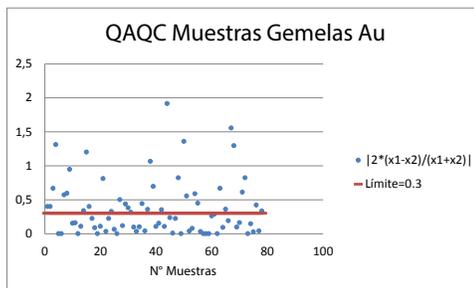
n	X1	X2	(x1-x2)	(x1+x2)	$2*(x1-x2)/(x1+x2)$	Valor Absoluto	Lim < 0,3
1	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
2	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
3	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
4	0,8	0,7	0,1	1,5	0,133333333	0,133333333	0,3
5	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
6	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
7	0,6	0,6	0	1,2	0	0	0,3
8	0,8	0,7	0,1	1,5	0,133333333	0,133333333	0,3
9	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
10	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
11	0,7	0,6	0,1	1,3	0,153846154	0,153846154	0,3
12	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
13	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
14	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
15	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
16	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
17	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
18	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
19	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
20	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
21	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
22	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
23	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
24	0,15	0,15	0	0,3	0	0	0,3
25	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
26	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
27	1	0,5	0,5	1,5	0,666666667	0,666666667	0,3
28	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
29	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
30	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
31	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
32	0,5	2	-1,5	2,5	-1,2	1,2	0,3
33	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
34	1	0,5	0,5	1,5	0,666666667	0,666666667	0,3
35	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
36	2	0,5	1,5	2,5	1,2	1,2	0,3
37	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
38	0,5	0,5	0	1	0	0	0,3
39	1	0,5	0,5	1,5	0,666666667	0,666666667	0,3
40	0,5	2	-1,5	2,5	-1,2	1,2	0,3
41	3	3	0	6	0	0	0,3
42	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
43	0,6	0,4	0,2	1	0,4	0,4	0,3
44	1,9	59,9	-58	61,8	-1,877022654	1,877022654	0,3
45	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
46	0,2	0,4	-0,2	0,6	-0,666666667	0,666666667	0,3
47	0,1	0,2	-0,1	0,3	-0,666666667	0,666666667	0,3
48	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
49	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
50	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
51	0,3	0,3	0	0,6	0	0	0,3
52	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
53	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
54	1,2	1	0,2	2,2	0,181818182	0,181818182	0,3
55	0,8	0,8	0	1,6	0	0	0,3
56	0,2	0,4	-0,2	0,6	-0,666666667	0,666666667	0,3
57	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
58	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
59	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
60	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3
61	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,3



	Ag %
Indica el número de muestras que son menor al límite establecido	82,05128
Muestras por sobre el límite	17,94872

Tabla A.10: Control de calidad QA/QC Muestras Gemelas Au.

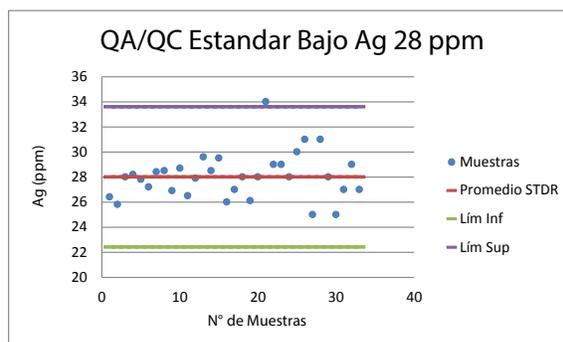
n	X1	X2	(x1-x2)	(x1+x2)	$2*(x1-x2)/(x1+x2)$	Valor Absoluto	Lim < 0,3
1	0,006	0,009	-0,003	0,015	-0,4	0,4	0,3
2	0,008	0,012	-0,004	0,02	-0,4	0,4	0,3
3	0,005	0,0025	0,0025	0,0075	0,66666667	0,66666667	0,3
4	0,096	0,02	0,076	0,116	1,310344828	1,310344828	0,3
5	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,3
6	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,3
7	0,018	0,01	0,008	0,028	0,571428571	0,571428571	0,3
8	1,09	0,59	0,5	1,68	0,595238095	0,595238095	0,3
9	0,01	0,028	-0,018	0,038	-0,947368421	0,947368421	0,3
10	0,006	0,007	-0,001	0,013	-0,153846154	0,153846154	0,3
11	0,027	0,023	0,004	0,05	0,16	0,16	0,3
12	0,011	0,011	0	0,022	0	0	0,3
13	0,035	0,039	-0,004	0,074	-0,108108108	0,108108108	0,3
14	0,031	0,022	0,009	0,053	0,339622642	0,339622642	0,3
15	0,01	0,0025	0,0075	0,0125	1,2	1,2	0,3
16	0,01	0,015	-0,005	0,025	-0,4	0,4	0,3
17	0,008	0,01	-0,002	0,018	-0,222222222	0,222222222	0,3
18	0,011	0,012	-0,001	0,023	-0,086956522	0,086956522	0,3
19	0,023	0,023	0	0,046	0	0	0,3
20	0,035	0,039	-0,004	0,074	-0,108108108	0,108108108	0,3
21	0,146	0,345	-0,199	0,491	-0,810590631	0,810590631	0,3
22	0,03	0,031	-0,001	0,061	-0,032786885	0,032786885	0,3
23	0,012	0,015	-0,003	0,027	-0,222222222	0,222222222	0,3
24	0,023	0,032	-0,009	0,055	-0,327272727	0,327272727	0,3
25	0,032	0,03	0,002	0,062	0,064516129	0,064516129	0,3
26	0,01	0,01	0	0,02	0	0	0,3
27	0,01	0,006	0,004	0,016	0,5	0,5	0,3
28	0,008	0,009	-0,001	0,017	-0,117647059	0,117647059	0,3
29	0,24	0,374	-0,134	0,614	-0,436482085	0,436482085	0,3
30	0,075	0,051	0,024	0,126	0,380952381	0,380952381	0,3
31	0,033	0,024	0,009	0,057	0,315789474	0,315789474	0,3
32	0,02	0,022	-0,002	0,042	-0,095238095	0,095238095	0,3
33	0,03	0,031	-0,001	0,061	-0,032786885	0,032786885	0,3
34	0,084	0,076	0,008	0,16	0,1	0,1	0,3
35	0,023	0,036	-0,013	0,059	-0,440677966	0,440677966	0,3
36	0,025	0,024	0,001	0,049	0,040816327	0,040816327	0,3
37	0,033	0,023	0,01	0,056	0,357142857	0,357142857	0,3
38	0,059	0,018	0,041	0,077	1,064935065	1,064935065	0,3
39	0,031	0,015	0,016	0,046	0,695652174	0,695652174	0,3
40	0,009	0,01	-0,001	0,019	-0,105263158	0,105263158	0,3
41	0,012	0,014	-0,002	0,026	-0,153846154	0,153846154	0,3
42	0,007	0,01	-0,003	0,017	-0,352941176	0,352941176	0,3
43	0,018	0,02	-0,002	0,038	-0,105263158	0,105263158	0,3
44	0,09	4,18	-4,09	4,27	-1,915690867	1,915690867	0,3
45	0,015	0,019	-0,004	0,034	-0,235294118	0,235294118	0,3
46	0,16	0,159	0,001	0,319	0,006269592	0,006269592	0,3
47	0,016	0,02	-0,004	0,036	-0,222222222	0,222222222	0,3
48	0,006	0,0025	0,0035	0,0085	0,823529412	0,823529412	0,3
49	0,006	0,006	0	0,012	0	0	0,3
50	0,022	0,115	-0,093	0,137	-1,357664234	1,357664234	0,3
51	0,013	0,023	-0,01	0,036	-0,555555556	0,555555556	0,3
52	0,08	0,077	0,003	0,157	0,038216561	0,038216561	0,3
53	0,025	0,027	-0,002	0,052	-0,076923077	0,076923077	0,3
54	0,011	0,006	0,005	0,017	0,588235294	0,588235294	0,3
55	0,019	0,03	-0,011	0,049	-0,448979592	0,448979592	0,3
56	0,032	0,033	-0,001	0,065	-0,030769231	0,030769231	0,3
57	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,3
58	0,0025	0,0025	0	0,005	0	0	0,3
59	0,014	0,014	0	0,028	0	0	0,3
60	0,013	0,01	0,003	0,023	0,260869565	0,260869565	0,3



		Au %
	Indica el número de muestras que son menor al límite establecido	55,12821
	Muestras por sobre el límite	44,87179

Tabla A.11: Control de calidad 1 QA/QC Muestras Estándar Ag.

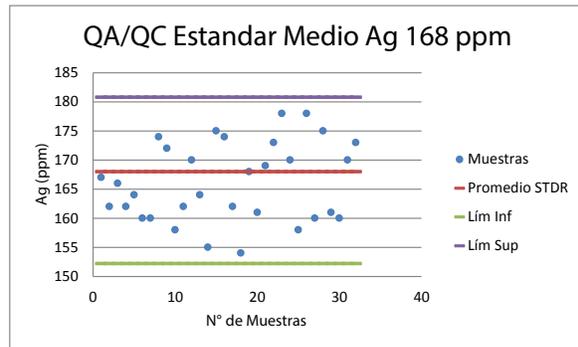
Ag 28 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N° muestras
26,4	28,00	22,40	33,60	1
25,8	28,00	22,40	33,60	2
28	28,00	22,40	33,60	3
28,2	28,00	22,40	33,60	4
27,8	28,00	22,40	33,60	5
27,2	28,00	22,40	33,60	6
28,4	28,00	22,40	33,60	7
28,5	28,00	22,40	33,60	8
26,9	28,00	22,40	33,60	9
28,7	28,00	22,40	33,60	10
26,5	28,00	22,40	33,60	11
27,9	28,00	22,40	33,60	12
29,6	28,00	22,40	33,60	13
28,5	28,00	22,40	33,60	14
29,5	28,00	22,40	33,60	15
26	28,00	22,40	33,60	16
27	28,00	22,40	33,60	17
28	28,00	22,40	33,60	18
26,1	28,00	22,40	33,60	19
28	28,00	22,40	33,60	20
34	28,00	22,40	33,60	21
29	28,00	22,40	33,60	22
29	28,00	22,40	33,60	23
28	28,00	22,40	33,60	24
30	28,00	22,40	33,60	25
31	28,00	22,40	33,60	26
25	28,00	22,40	33,60	27
31	28,00	22,40	33,60	28
28	28,00	22,40	33,60	29
25	28,00	22,40	33,60	30
27	28,00	22,40	33,60	31
29	28,00	22,40	33,60	32
27	28,00	22,40	33,60	33



	Ag %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	96,30
Muestras fuera del límite anterior	3,70

Tabla A.12: Control de calidad 2 QA/QC Muestras Estándar Ag.

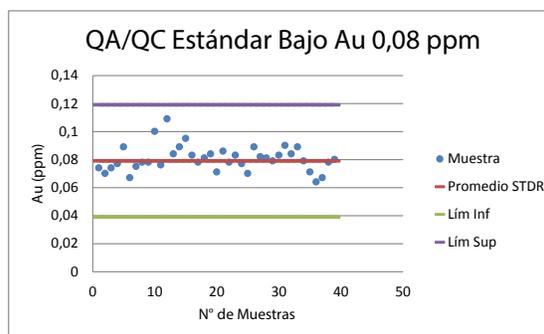
Ag 168 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N° muestras
167	168,00	152,20	180,80	1
162	168,00	152,20	180,80	2
166	168,00	152,20	180,80	3
162	168,00	152,20	180,80	4
164	168,00	152,20	180,80	5
160	168,00	152,20	180,80	6
160	168,00	152,20	180,80	7
174	168,00	152,20	180,80	8
172	168,00	152,20	180,80	9
158	168,00	152,20	180,80	10
162	168,00	152,20	180,80	11
170	168,00	152,20	180,80	12
164	168,00	152,20	180,80	13
155	168,00	152,20	180,80	14
175	168,00	152,20	180,80	15
174	168,00	152,20	180,80	16
162	168,00	152,20	180,80	17
154	168,00	152,20	180,80	18
168	168,00	152,20	180,80	19
161	168,00	152,20	180,80	20
169	168,00	152,20	180,80	21
173	168,00	152,20	180,80	22
178	168,00	152,20	180,80	23
170	168,00	152,20	180,80	24
158	168,00	152,20	180,80	25
178	168,00	152,20	180,80	26
160	168,00	152,20	180,80	27
175	168,00	152,20	180,80	28
161	168,00	152,20	180,80	29
160	168,00	152,20	180,80	30
170	168,00	152,20	180,80	31
173	168,00	152,20	180,80	32



	Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	Ag %
		100,00
	Muestras fuera del límite anterior	0,00

Tabla A.13: Control de calidad 1 QA/QC Muestras Estándar Au.

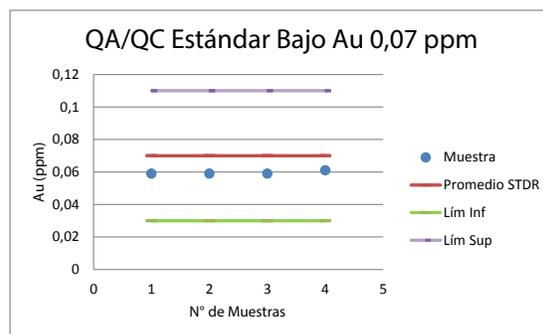
Au 0,08 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N°Muestras
0,074	0,08	0,04	0,12	1
0,07	0,08	0,04	0,12	2
0,074	0,08	0,04	0,12	3
0,077	0,08	0,04	0,12	4
0,089	0,08	0,04	0,12	5
0,067	0,08	0,04	0,12	6
0,075	0,08	0,04	0,12	7
0,078	0,08	0,04	0,12	8
0,078	0,08	0,04	0,12	9
0,1	0,08	0,04	0,12	10
0,076	0,08	0,04	0,12	11
0,109	0,08	0,04	0,12	12
0,084	0,08	0,04	0,12	13
0,089	0,08	0,04	0,12	14
0,095	0,08	0,04	0,12	15
0,083	0,08	0,04	0,12	16
0,078	0,08	0,04	0,12	17
0,081	0,08	0,04	0,12	18
0,084	0,08	0,04	0,12	19
0,071	0,08	0,04	0,12	20
0,086	0,08	0,04	0,12	21
0,078	0,08	0,04	0,12	22
0,083	0,08	0,04	0,12	23
0,077	0,08	0,04	0,12	24
0,07	0,08	0,04	0,12	25
0,089	0,08	0,04	0,12	26
0,082	0,08	0,04	0,12	27
0,081	0,08	0,04	0,12	28
0,079	0,08	0,04	0,12	29
0,083	0,08	0,04	0,12	30
0,09	0,08	0,04	0,12	31
0,084	0,08	0,04	0,12	32
0,089	0,08	0,04	0,12	33
0,079	0,08	0,04	0,12	34
0,071	0,08	0,04	0,12	35
0,064	0,08	0,04	0,12	36
0,067	0,08	0,04	0,12	37
0,078	0,08	0,04	0,12	38
0,08	0,08	0,04	0,12	39



	Au %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	100,00
Muestras fuera del límite anterior	0,00

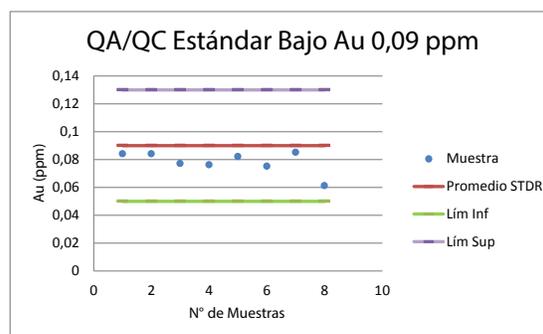
Tabla A.14: Control de calidad 2 QA/QC Muestras Estándar Au.

Au 0,07 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N°Muestras
0,059	0,0700	0,0300	0,1100	1
0,059	0,0700	0,0300	0,1100	2
0,059	0,0700	0,0300	0,1100	3
0,061	0,0700	0,0300	0,1100	4



	Au %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	100,00
Muestras fuera del límite anterior	0,00

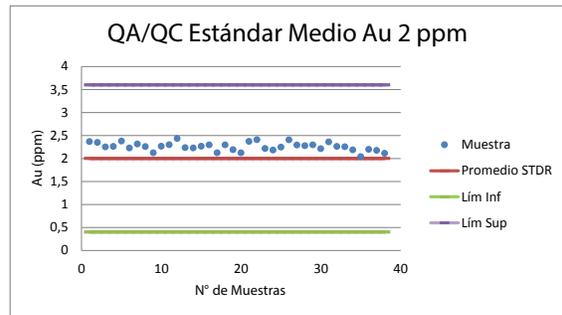
Au 0,09 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N°Muestras
0,084	0,09	0,05	0,13	1
0,084	0,09	0,05	0,13	2
0,077	0,09	0,05	0,13	3
0,076	0,09	0,05	0,13	4
0,082	0,09	0,05	0,13	5
0,075	0,09	0,05	0,13	6
0,085	0,09	0,05	0,13	7
0,061	0,09	0,05	0,13	8



	Au %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	100,00
Muestras fuera del límite anterior	0,00

Tabla A.15: Control de calidad 3 QA/QC Muestras Estándar Au.

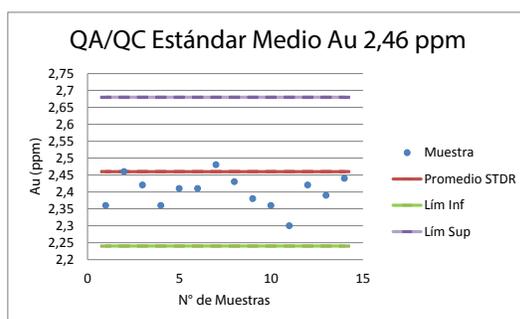
Au 2 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N°Muestras
2,366	2,00	0,40	3,60	1
2,345	2,00	0,40	3,60	2
2,247	2,00	0,40	3,60	3
2,259	2,00	0,40	3,60	4
2,377	2,00	0,40	3,60	5
2,226	2,00	0,40	3,60	6
2,314	2,00	0,40	3,60	7
2,256	2,00	0,40	3,60	8
2,119	2,00	0,40	3,60	9
2,265	2,00	0,40	3,60	10
2,296	2,00	0,40	3,60	11
2,431	2,00	0,40	3,60	12
2,233	2,00	0,40	3,60	13
2,226	2,00	0,40	3,60	14
2,263	2,00	0,40	3,60	15
2,293	2,00	0,40	3,60	16
2,119	2,00	0,40	3,60	17
2,292	2,00	0,40	3,60	18
2,187	2,00	0,40	3,60	19
2,12	2,00	0,40	3,60	20
2,369	2,00	0,40	3,60	21
2,406	2,00	0,40	3,60	22
2,214	2,00	0,40	3,60	23
2,182	2,00	0,40	3,60	24
2,245	2,00	0,40	3,60	25
2,403	2,00	0,40	3,60	26
2,291	2,00	0,40	3,60	27
2,274	2,00	0,40	3,60	28
2,295	2,00	0,40	3,60	29
2,212	2,00	0,40	3,60	30
2,357	2,00	0,40	3,60	31
2,261	2,00	0,40	3,60	32
2,252	2,00	0,40	3,60	33
2,183	2,00	0,40	3,60	34
2,038	2,00	0,40	3,60	35
2,196	2,00	0,40	3,60	36
2,173	2,00	0,40	3,60	37
2,108	2,00	0,40	3,60	38



	Au %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	100,00
Muestras fuera del límite anterior	0,00

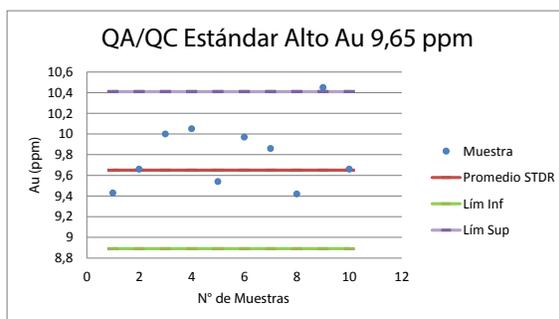
Tabla A.16: Control de calidad 4 QA/QC Muestras Estándar Au.

Au 2,46 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N°Muestras
2,36	2,46	2,24	2,68	1
2,46	2,46	2,24	2,68	2
2,42	2,46	2,24	2,68	3
2,36	2,46	2,24	2,68	4
2,41	2,46	2,24	2,68	5
2,41	2,46	2,24	2,68	6
2,48	2,46	2,24	2,68	7
2,43	2,46	2,24	2,68	8
2,38	2,46	2,24	2,68	9
2,36	2,46	2,24	2,68	10
2,3	2,46	2,24	2,68	11
2,42	2,46	2,24	2,68	12
2,39	2,46	2,24	2,68	13
2,44	2,46	2,24	2,68	14



	Au %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	100,00
Muestras fuera del límite anterior	0,00

Au 9,65 ppm	Promedio STDR	LIM INF	LIM SUP	N°Muestras
9,43	9,65	8,89	10,41	1
9,66	9,65	8,89	10,41	2
10	9,65	8,89	10,41	3
10,05	9,65	8,89	10,41	4
9,54	9,65	8,89	10,41	5
9,97	9,65	8,89	10,41	6
9,86	9,65	8,89	10,41	7
9,42	9,65	8,89	10,41	8
10,45	9,65	8,89	10,41	9
9,66	9,65	8,89	10,41	10



	Au %
Indica el número de muestras que están dentro de "Promedio STDR +/- 2*desviación estándar"	90,00
Muestras fuera del límite anterior	10,00

Anexos B

Control de Calidad Muestras según
Stanley Geoquímicas de Sondajes RC,
Nueve Vidas

Tabla B.1: Control de Calidad Stanley. Error Muestras Gemelas Ag.

Error Muestras Gemelas Ag						
Sum RV/n			sqrt(Sum RV/n)*100			
0,08			28,59			
Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa	Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa	
X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	
0,15	0,15	0,00000	0,50	2,00	0,72000	
0,15	0,15	0,00000	3,00	3,00	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,80	0,70	0,00889	0,60	0,40	0,08000	
0,15	0,15	0,00000	1,90	59,90	1,76161	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,60	0,60	0,00000	0,20	0,40	0,22222	
0,80	0,70	0,00889	0,10	0,20	0,22222	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,70	0,60	0,01183	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,30	0,30	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	1,20	1,00	0,01653	
0,15	0,15	0,00000	0,80	0,80	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,20	0,40	0,22222	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,15	0,15	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,50	0,50	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,50	0,50	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
1,00	0,50	0,22222	0,10	0,10	0,00000	
0,50	0,50	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,50	0,50	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
0,50	0,50	0,00000	0,10	0,30	0,50000	
0,50	0,50	0,00000	0,20	0,10	0,22222	
0,50	2,00	0,72000	18,10	23,60	0,03479	
0,50	0,50	0,00000	0,10	0,10	0,00000	
1,00	0,50	0,22222	0,10	0,10	0,00000	
0,50	0,50	0,00000	0,90	0,90	0,00000	
2,00	0,50	0,72000	4,00	4,40	0,00454	
0,50	0,50	0,00000	1,40	1,20	0,01183	
0,50	0,50	0,00000	2,70	2,70	0,00000	
1,00	0,50	0,22222	0,10	0,20	0,22222	

Tabla B.2: Control de Calidad Stanley. Error Muestras Gemelas Au.

Error Muestras Gemelas Au						
Sum RV/n			sqrt(Sum RV/n)*100			
0,15			38,38			
Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa	Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa	
X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	
0,01	0,01	0,08000	0,01	0,01	0,00554	
0,01	0,01	0,08000	0,01	0,01	0,01183	
0,01	0,00	0,22222	0,01	0,01	0,06228	
0,10	0,02	0,85850	0,02	0,02	0,00554	
0,00	0,00	0,00000	0,09	4,18	1,83494	
0,00	0,00	0,00000	0,02	0,02	0,02768	
0,02	0,01	0,16327	0,16	0,16	0,00002	
1,09	0,59	0,17715	0,02	0,02	0,02469	
0,01	0,03	0,44875	0,01	0,00	0,33910	
0,01	0,01	0,01183	0,01	0,01	0,00000	
0,03	0,02	0,01280	0,02	0,12	0,92163	
0,01	0,01	0,00000	0,01	0,02	0,15432	
0,04	0,04	0,00584	0,08	0,08	0,00073	
0,03	0,02	0,05767	0,03	0,03	0,00296	
0,01	0,00	0,72000	0,01	0,01	0,17301	
0,01	0,02	0,08000	0,02	0,03	0,10079	
0,01	0,01	0,02469	0,03	0,03	0,00047	
0,01	0,01	0,00378	0,00	0,00	0,00000	
0,02	0,02	0,00000	0,00	0,00	0,00000	
0,04	0,04	0,00584	0,01	0,01	0,00000	
0,15	0,35	0,32853	0,01	0,01	0,03403	
0,03	0,03	0,00054	0,01	0,01	0,04082	
0,01	0,02	0,02469	0,01	0,01	0,00000	
0,02	0,03	0,05355	0,03	0,01	0,22222	
0,03	0,03	0,00208	0,03	0,03	0,00426	
0,01	0,01	0,00000	0,05	0,03	0,06443	
0,01	0,01	0,12500	0,02	0,02	0,01814	
0,01	0,01	0,00692	0,00	0,02	1,20988	
0,24	0,37	0,09526	0,03	0,01	0,83737	
0,08	0,05	0,07256	0,82	0,90	0,00476	
0,03	0,02	0,04986	0,08	0,09	0,01325	
0,02	0,02	0,00454	4,35	8,17	0,18619	
0,03	0,03	0,00054	0,01	0,00	0,33910	
0,08	0,08	0,00500	0,02	0,02	0,00000	
0,02	0,04	0,09710	0,04	0,04	0,01071	
0,03	0,02	0,00083	0,04	0,04	0,00036	
0,03	0,02	0,06378	0,05	0,03	0,08864	
0,06	0,02	0,56704	0,08	0,08	0,00077	
0,03	0,02	0,24197	0,01	0,01	0,05556	

Tabla B.3: Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras duplicadas Ag.

Error Relativo Duplicados Ag					
Sum RV/n			sqrt(Sum RV/n)*100		
0,15			39,01		
Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa	Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa
X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$
0,40	0,20	0,22222	0,30	0,20	0,08000
0,10	0,30	0,50000	0,90	0,80	0,00692
0,10	0,10	0,00000	0,60	1,00	0,12500
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,50	0,40	0,02469	0,10	0,20	0,22222
0,20	0,10	0,22222	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,20	0,22222	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,20	0,22222	0,30	0,20	0,08000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,30	0,50000	0,70	0,50	0,05556
0,40	0,10	0,72000	0,10	0,20	0,22222
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
142,00	138,00	0,00041	0,40	0,70	0,14876
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,80	1,20988
0,20	0,60	0,50000	0,60	1,50	0,36735
0,70	0,10	1,12500	0,90	0,30	0,50000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,30	0,50000	0,40	0,20	0,22222
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,20	0,10	0,22222	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,30	0,10	0,50000	3,90	4,30	0,00476
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,20	0,22222
0,10	0,10	0,00000	0,20	0,10	0,22222
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,30	0,50000
0,20	0,10	0,22222	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,10	0,10	0,00000
0,10	0,10	0,00000	0,30	0,20	0,08000
0,10	0,10	0,00000	0,60	0,20	0,50000
0,30	0,30	0,00000	0,50	0,50	0,00000
0,20	0,30	0,08000	1,70	1,90	0,00617
2,70	2,80	0,00066	0,20	0,20	0,00000

Tabla B.4: Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras duplicadas Au.

Error Relativo Duplicados Au					
		Sum RV/n	sqrt(Sum RV/n)*100		
		0,06	24,89		
Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa	Original (ppm)	Duplicada (ppm)	Varianza Relativa
X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	X1	X2	$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$
0,05	0,06	0,00437	0,01	0,01	0,02880
0,02	0,02	0,00119	0,09	0,09	0,00007
0,00	0,00	0,00000	0,02	0,01	0,33196
0,01	0,01	0,00000	0,01	0,00	0,22222
0,22	0,26	0,01822	0,02	0,02	0,00000
0,05	0,04	0,03513	0,03	0,02	0,08000
0,03	0,03	0,00047	0,05	0,05	0,00000
0,00	0,00	0,00000	0,11	0,11	0,00264
0,01	0,01	0,00000	0,01	0,01	0,01183
0,01	0,01	0,00454	0,02	0,02	0,00184
0,02	0,02	0,00000	0,01	0,04	0,50000
0,06	0,06	0,00050	2,68	2,52	0,00189
0,04	0,03	0,00163	0,03	0,02	0,02880
0,02	0,02	0,00131	0,00	0,01	0,44875
0,10	0,11	0,00490	0,03	0,03	0,00641
0,06	0,05	0,04691	0,01	0,01	0,02469
0,03	0,02	0,12500	0,01	0,00	0,22222
0,02	0,02	0,02768	0,01	0,01	0,00000
0,02	0,02	0,01315	0,01	0,03	0,45351
0,00	0,00	0,00000	0,01	0,01	0,00454
0,09	0,10	0,00023	0,01	0,01	0,00000
0,02	0,02	0,00184	0,07	0,08	0,00750
0,00	0,01	0,54875	0,06	0,05	0,01469
0,04	0,04	0,00288	0,01	0,00	0,22222
0,04	0,04	0,00526	0,07	0,05	0,03940
0,02	0,04	0,06952	0,30	0,28	0,00318
0,00	0,00	0,00000	0,02	0,01	0,28125
0,01	0,02	0,07031	0,00	0,01	0,44875
0,10	0,11	0,00160	0,01	0,01	0,00554
0,02	0,02	0,00781	0,01	0,01	0,00378
0,01	0,02	0,08000	0,01	0,01	0,02880
0,03	0,03	0,00296	0,02	0,02	0,00000
0,01	0,01	0,00454	0,02	0,02	0,00163
0,01	0,01	0,00554	0,03	0,03	0,00889
0,01	0,01	0,00000	0,01	0,01	0,00000
0,01	0,01	0,01653	0,02	0,02	0,00000
0,00	0,00	0,00000	0,02	0,03	0,00083
0,08	0,07	0,00083	0,01	0,01	0,00692
0,01	0,00	0,22222			

Tabla B.5: Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras estándar Ag.

Error Relativo Estándar Ag					
Estandar Ag (ppm)	Medido (ppm)	Sum RV/n	sqrt(Sum RV/n)*100	Medido (ppm)	Varianza Relativa
		0,002	4,07		
X1	X2	Varianza Relativa	Estandar Ag (ppm)	X2	Varianza Relativa
		$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$	X1		$RV=2*[(x1-x2)^2/(x1+x2)^2]$
28,00	28,70	0,00030	28,00	30,00	0,00238
28,00	28,50	0,00016	28,00	31,00	0,00517
28,00	25,70	0,00367	28,00	25,00	0,00641
28,00	24,70	0,00784	28,00	31,00	0,00517
28,00	24,30	0,01001	28,00	28,00	0,00000
28,00	25,10	0,00597	28,00	25,00	0,00641
28,00	28,60	0,00022	28,00	27,00	0,00066
28,00	26,40	0,00173	28,00	29,00	0,00062
28,00	25,80	0,00334	28,00	27,00	0,00066
28,00	28,00	0,00000	165,00	167,00	0,00007
28,00	28,20	0,00003	165,00	162,00	0,00017
28,00	27,80	0,00003	165,00	166,00	0,00002
28,00	27,20	0,00042	165,00	162,00	0,00017
28,00	28,40	0,00010	165,00	164,00	0,00002
28,00	28,50	0,00016	165,00	160,00	0,00047
28,00	26,90	0,00080	165,00	160,00	0,00047
28,00	28,70	0,00030	165,00	174,00	0,00141
28,00	26,50	0,00152	165,00	172,00	0,00086
28,00	27,90	0,00001	165,00	158,00	0,00094
28,00	29,60	0,00154	165,00	162,00	0,00017
28,00	28,50	0,00016	165,00	170,00	0,00045
28,00	29,50	0,00136	165,00	164,00	0,00002
28,00	26,00	0,00274	165,00	155,00	0,00195
28,00	27,00	0,00066	165,00	175,00	0,00173
28,00	28,00	0,00000	165,00	174,00	0,00141
28,00	26,10	0,00247	165,00	162,00	0,00017
28,00	28,00	0,00000	165,00	154,00	0,00238
28,00	34,00	0,01873	165,00	168,00	0,00016
28,00	29,00	0,00062	165,00	161,00	0,00030
28,00	29,00	0,00062	165,00	169,00	0,00029
28,00	28,00	0,00000	165,00	173,00	0,00112
165,00	178,00	0,00287	165,00	175,00	0,00173
165,00	170,00	0,00045	165,00	161,00	0,00030
165,00	158,00	0,00094	165,00	160,00	0,00047
165,00	178,00	0,00287	165,00	170,00	0,00045
165,00	160,00	0,00047	165,00	173,00	0,00112

Tabla B.6: Control de Calidad Stanley. Error relativo muestras estándar Au.

Error Relativo Estándar Au						
Estándar Au (ppm)	Medido (ppm)	Sum RV/n	sqrt(Sum RV/n)*100		Medido (ppm)	Varianza Relativa
		0,01	7,97			
		Varianza Relativa	Estándar Au (ppm)			
X1	X2	$RV=2*((x1-x2)^2/(x1+x2)^2)$	X1	X2	$RV=2*((x1-x2)^2/(x1+x2)^2)$	
0,08	0,07	0,00304	2,00	2,31	0,01060	
0,08	0,07	0,00889	2,00	2,26	0,00724	
0,08	0,07	0,00304	2,00	2,12	0,00167	
0,08	0,08	0,00073	2,00	2,27	0,00772	
0,08	0,09	0,00567	2,00	2,30	0,00949	
0,08	0,07	0,01564	2,00	2,43	0,01892	
0,08	0,08	0,00208	2,00	2,23	0,00606	
0,08	0,08	0,00032	2,00	2,23	0,00572	
0,08	0,08	0,00032	2,00	2,26	0,00761	
0,08	0,10	0,02469	2,00	2,29	0,00932	
0,08	0,08	0,00131	2,00	2,12	0,00167	
0,08	0,11	0,04709	2,00	2,29	0,00926	
0,08	0,08	0,00119	2,00	2,19	0,00399	
0,08	0,09	0,00567	2,00	2,12	0,00170	
0,08	0,10	0,01469	2,00	2,37	0,01427	
0,08	0,08	0,00068	2,00	2,41	0,01698	
0,08	0,08	0,00032	2,00	2,21	0,00516	
0,08	0,08	0,00008	2,00	2,18	0,00379	
0,08	0,08	0,00119	2,00	2,25	0,00666	
0,08	0,07	0,00710	2,00	2,40	0,01675	
0,08	0,09	0,00261	2,00	2,29	0,00920	
0,08	0,08	0,00032	2,00	2,27	0,00822	
0,08	0,08	0,00068	2,00	2,30	0,00944	
0,08	0,08	0,00073	2,00	2,21	0,00507	
0,08	0,07	0,00889	2,00	2,36	0,01343	
0,08	0,09	0,00567	2,00	2,26	0,00750	
0,08	0,08	0,00030	2,00	2,25	0,00702	
0,08	0,08	0,00008	2,00	2,18	0,00383	
0,08	0,08	0,00008	2,00	2,04	0,00018	
0,08	0,08	0,00068	2,00	2,20	0,00436	
0,08	0,09	0,00692	2,00	2,17	0,00344	
0,08	0,08	0,00119	2,00	2,11	0,00138	
0,08	0,09	0,00567	2,46	2,36	0,00086	
0,08	0,08	0,00008	2,46	2,46	0,00000	
0,08	0,07	0,00710	2,46	2,42	0,00013	
0,08	0,06	0,02469	2,46	2,36	0,00086	
0,08	0,07	0,01564	2,46	2,41	0,00021	
0,08	0,08	0,00032	2,46	2,41	0,00021	
0,08	0,08	0,00000	2,46	2,48	0,00003	
0,07	0,06	0,01454	2,46	2,43	0,00008	
0,07	0,06	0,01454	2,46	2,38	0,00055	
0,07	0,06	0,01454	2,46	2,36	0,00086	
0,07	0,06	0,00944	2,46	2,30	0,00226	
0,09	0,08	0,00238	2,46	2,42	0,00013	
0,09	0,08	0,00238	2,46	2,39	0,00042	
0,09	0,08	0,01212	2,46	2,44	0,00003	
0,09	0,08	0,01423	9,65	9,43	0,00027	
0,09	0,08	0,00433	9,65	9,66	0,00000	
0,09	0,08	0,01653	9,65	10,00	0,00063	
0,09	0,09	0,00163	9,65	10,05	0,00082	
0,09	0,06	0,07377	9,65	9,54	0,00007	
2,00	2,37	0,01405	9,65	9,97	0,00053	
2,00	2,35	0,01261	9,65	9,86	0,00023	
2,00	2,25	0,00676	9,65	9,42	0,00029	
2,00	2,26	0,00740	9,65	10,45	0,00317	
2,00	2,38	0,01484	9,65	9,66	0,00000	
2,00	2,23	0,00572				

Anexos C

Gráficas Estadísticas de Geoquímica de Sondajes RC Nueve Vidas

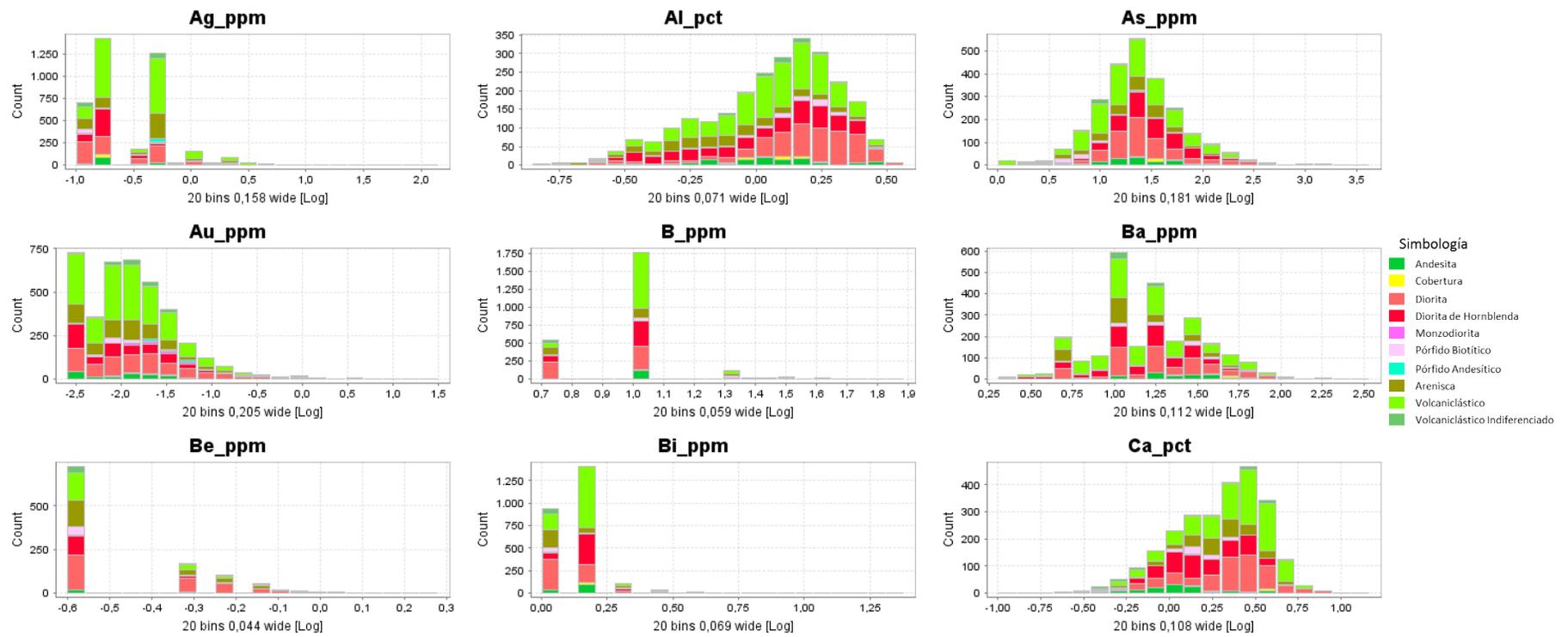


Figura C.1: Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Ag-Ca).

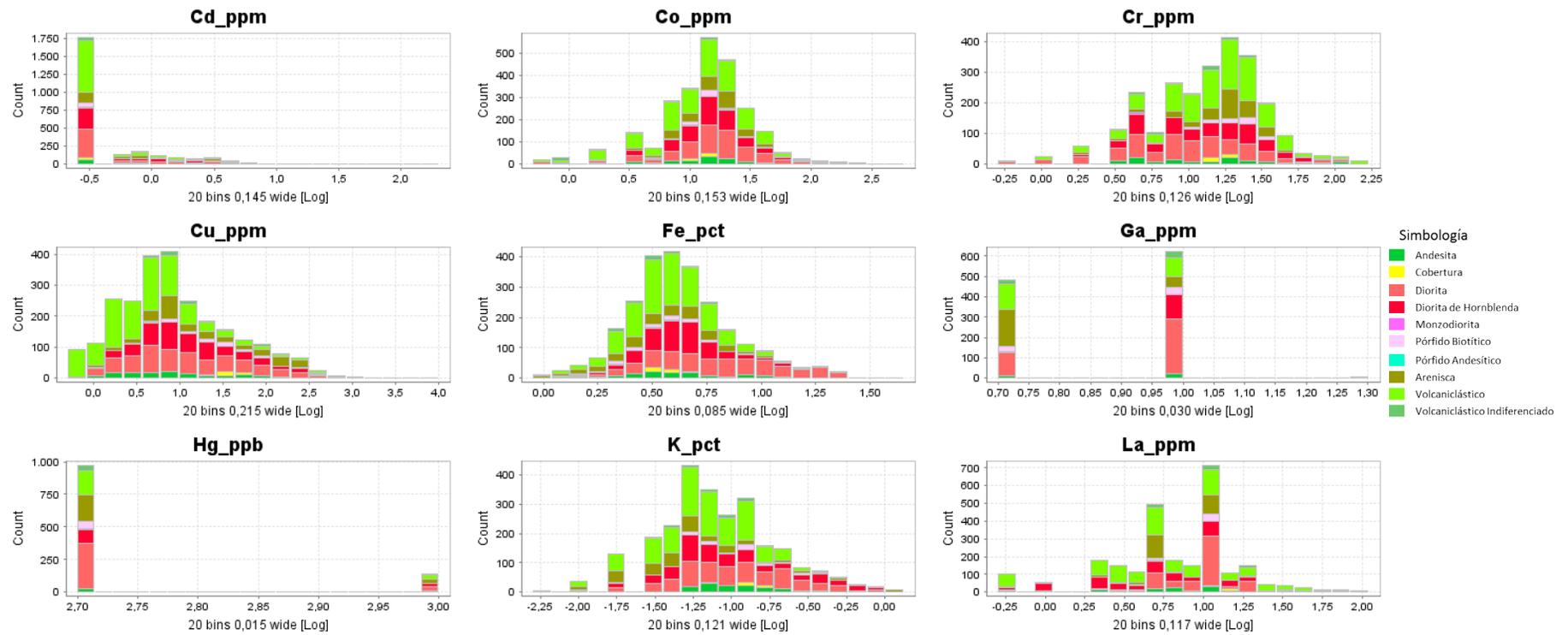


Figura C.2: Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Cd-La).

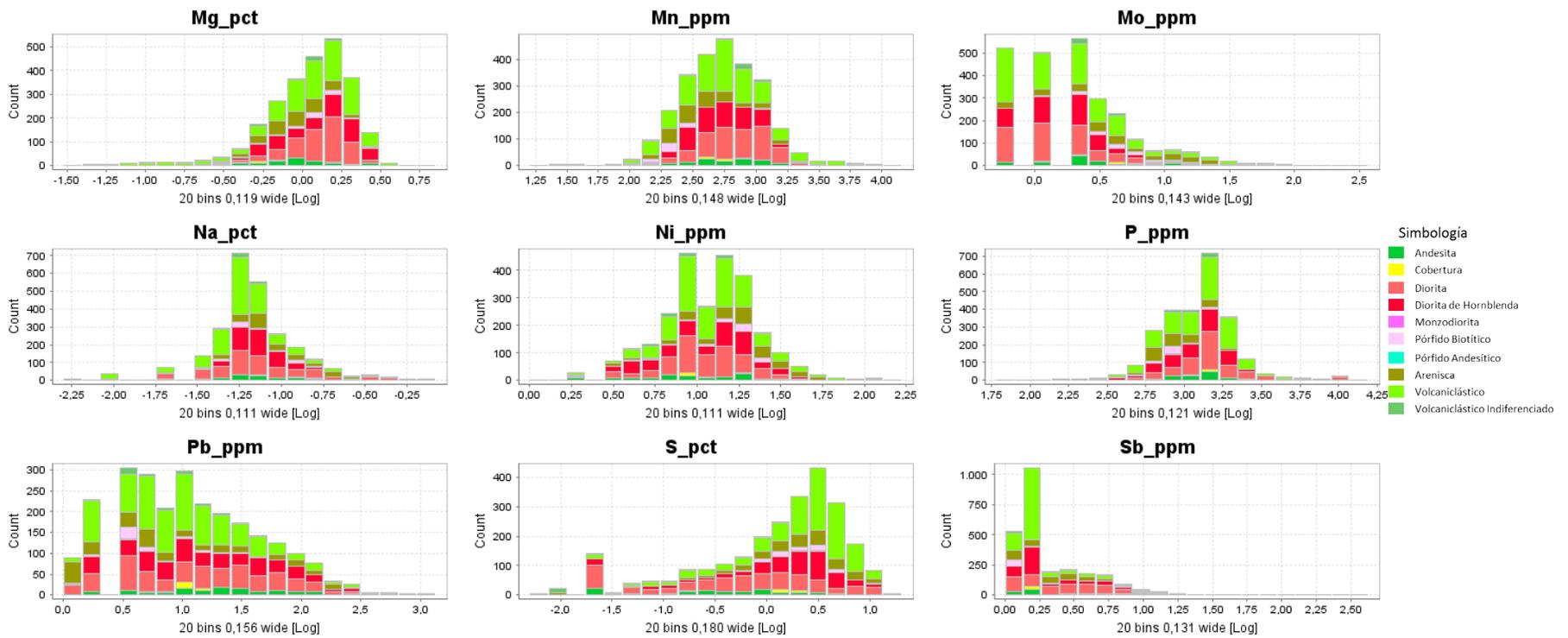


Figura C.3: Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Mg-Sb).

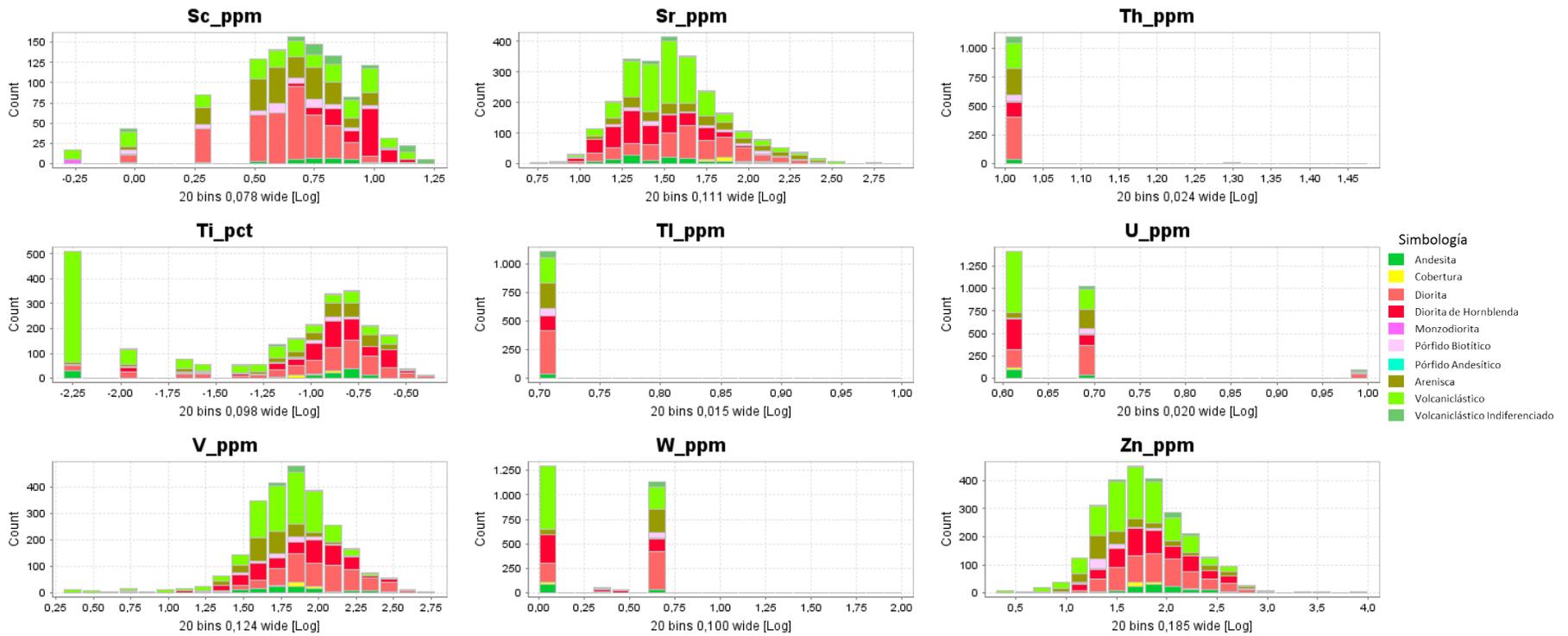


Figura C.4: Histogramas en Log de Geoquímica Nueve Vidas Asociados a Litología(Sc-Zn).

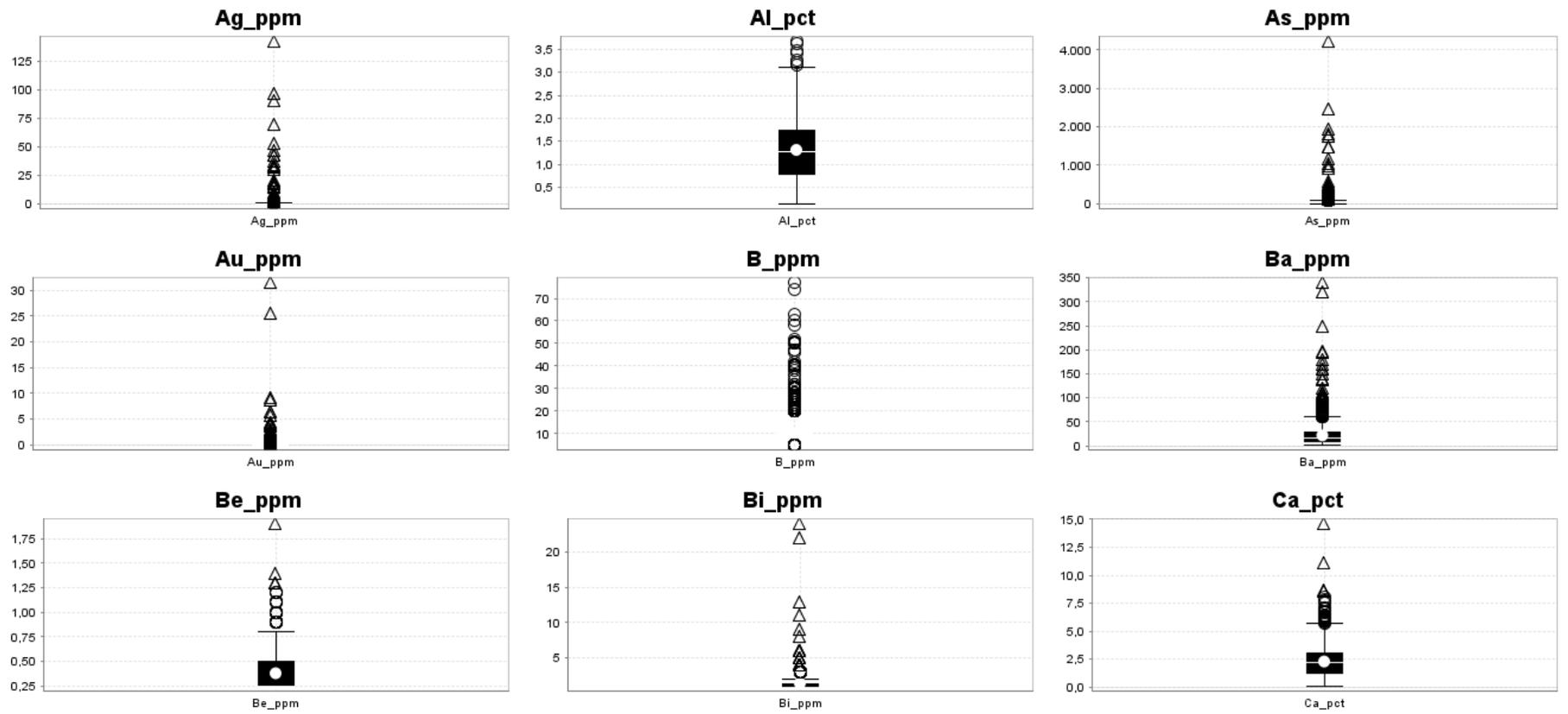


Figura C.5: Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Ag-Ca).

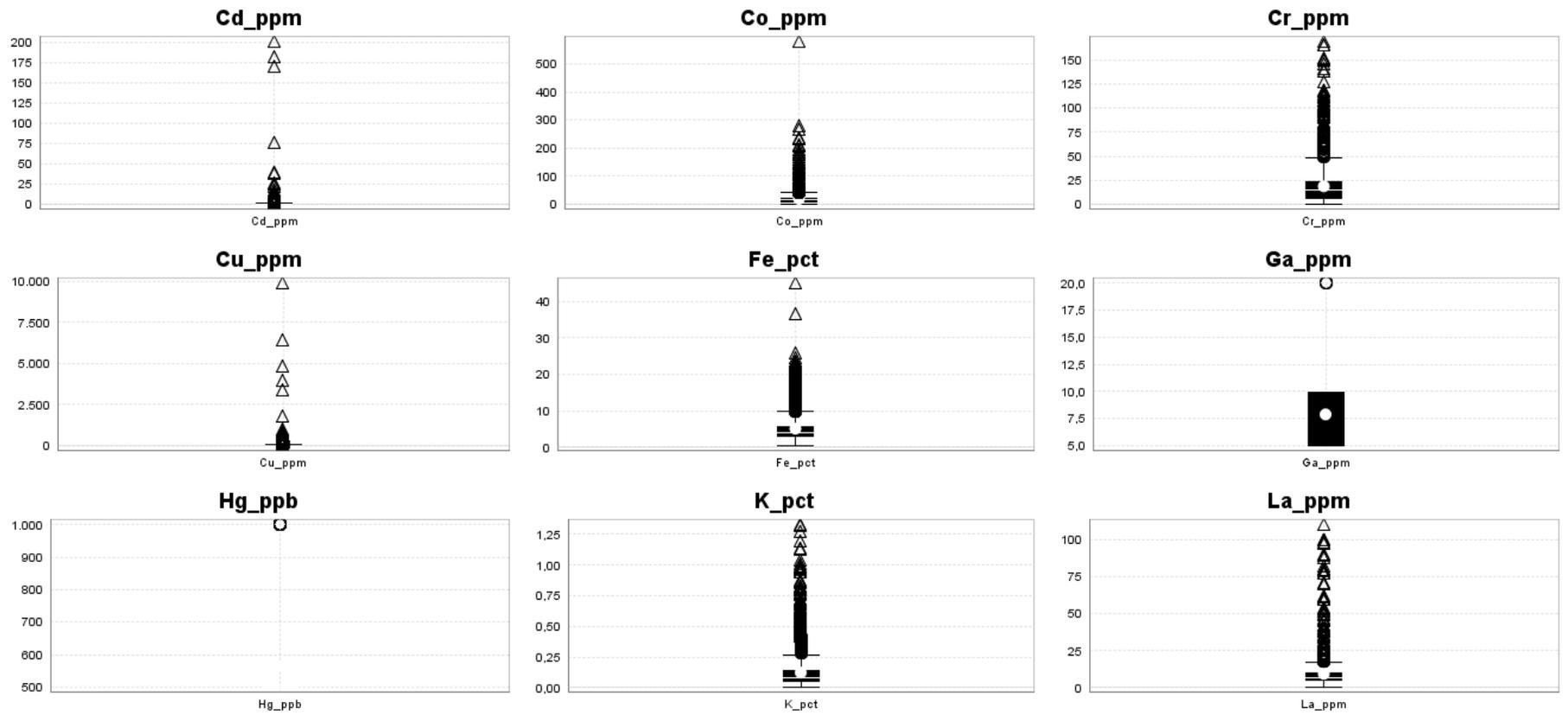


Figura C.6: Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Cd-La).

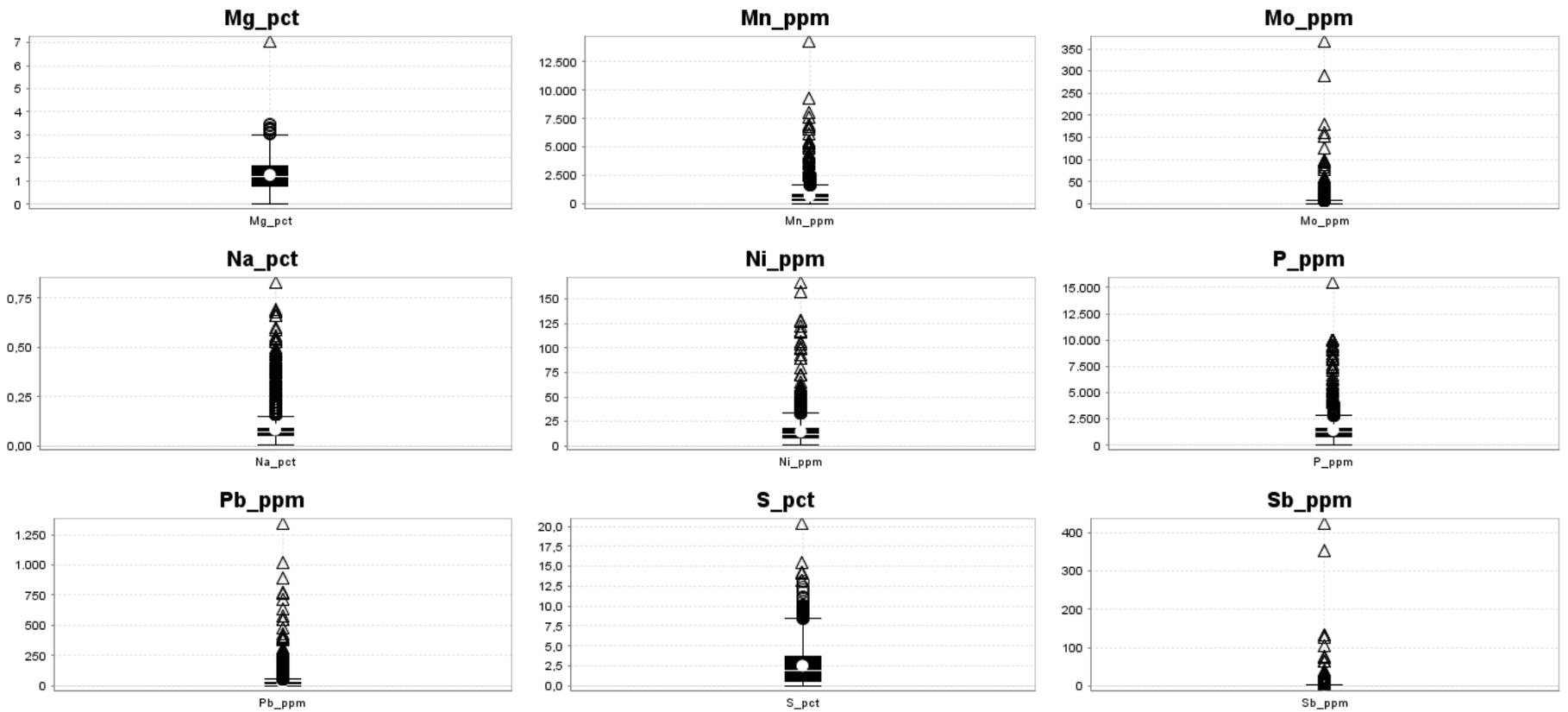


Figura C.7: Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Mg-Sb).

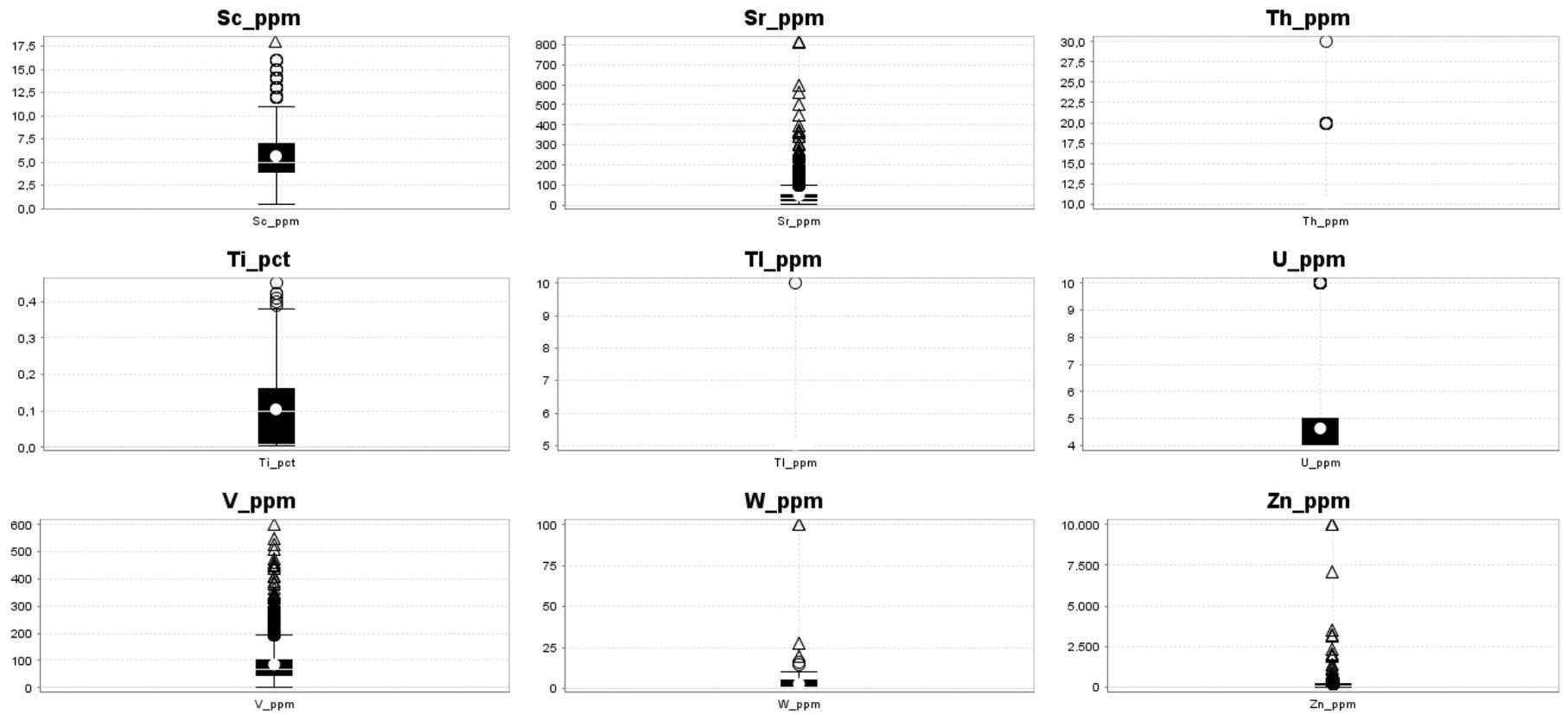


Figura C.8: Diagramas de cajas Geoquímica Nueve Vidas (Sc-Zn).

Anexos D

Mapas Superficiales Litología, Alteración y Mineralización Nueve Vidas

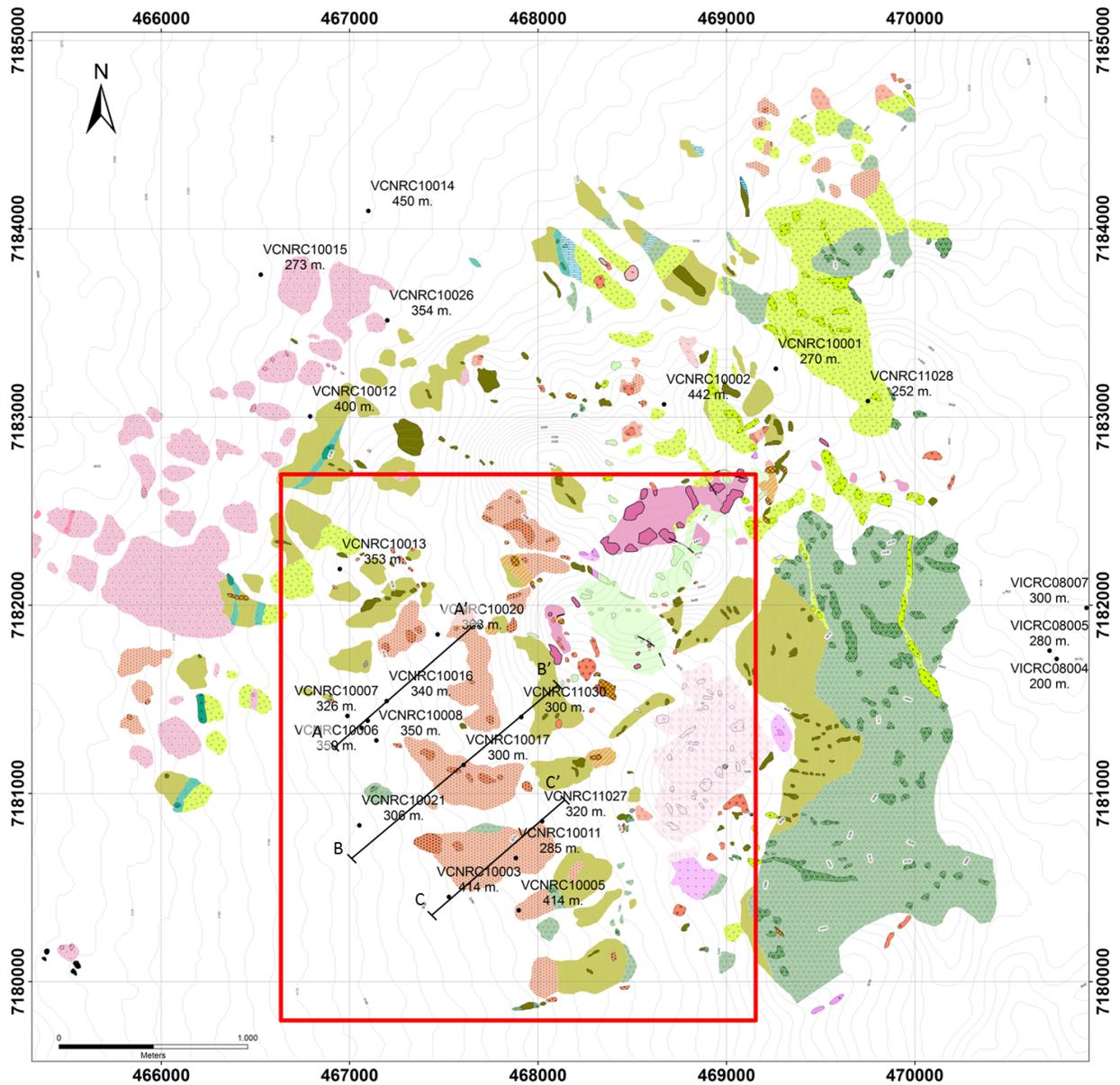


Figura D.1: Mapa superficial Litologías Nueve Vidas.

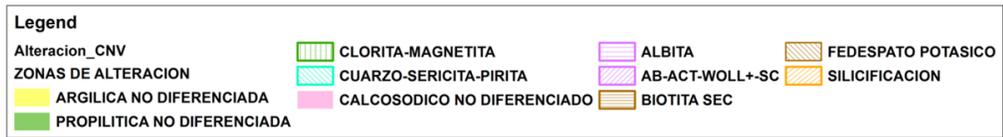
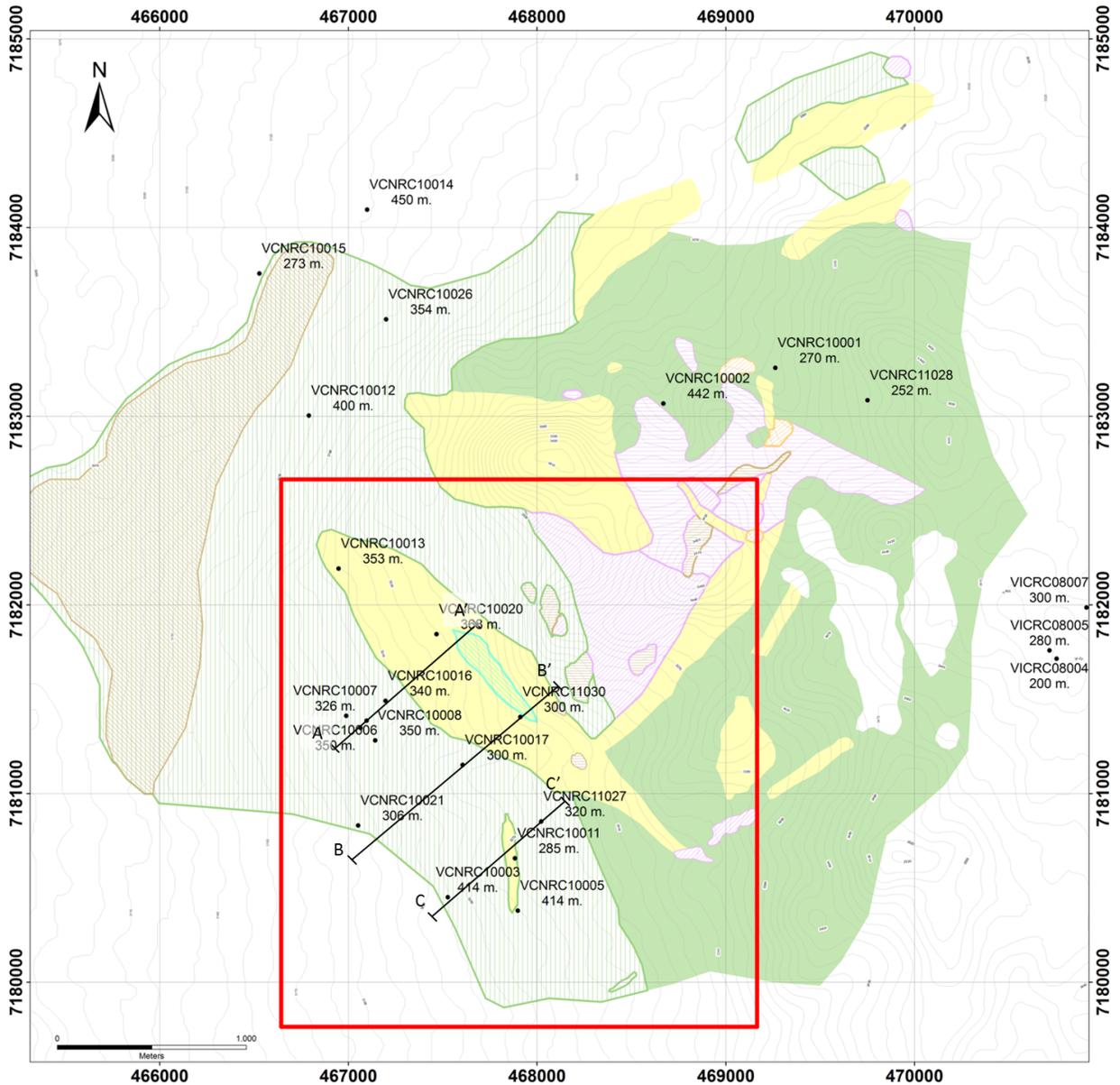
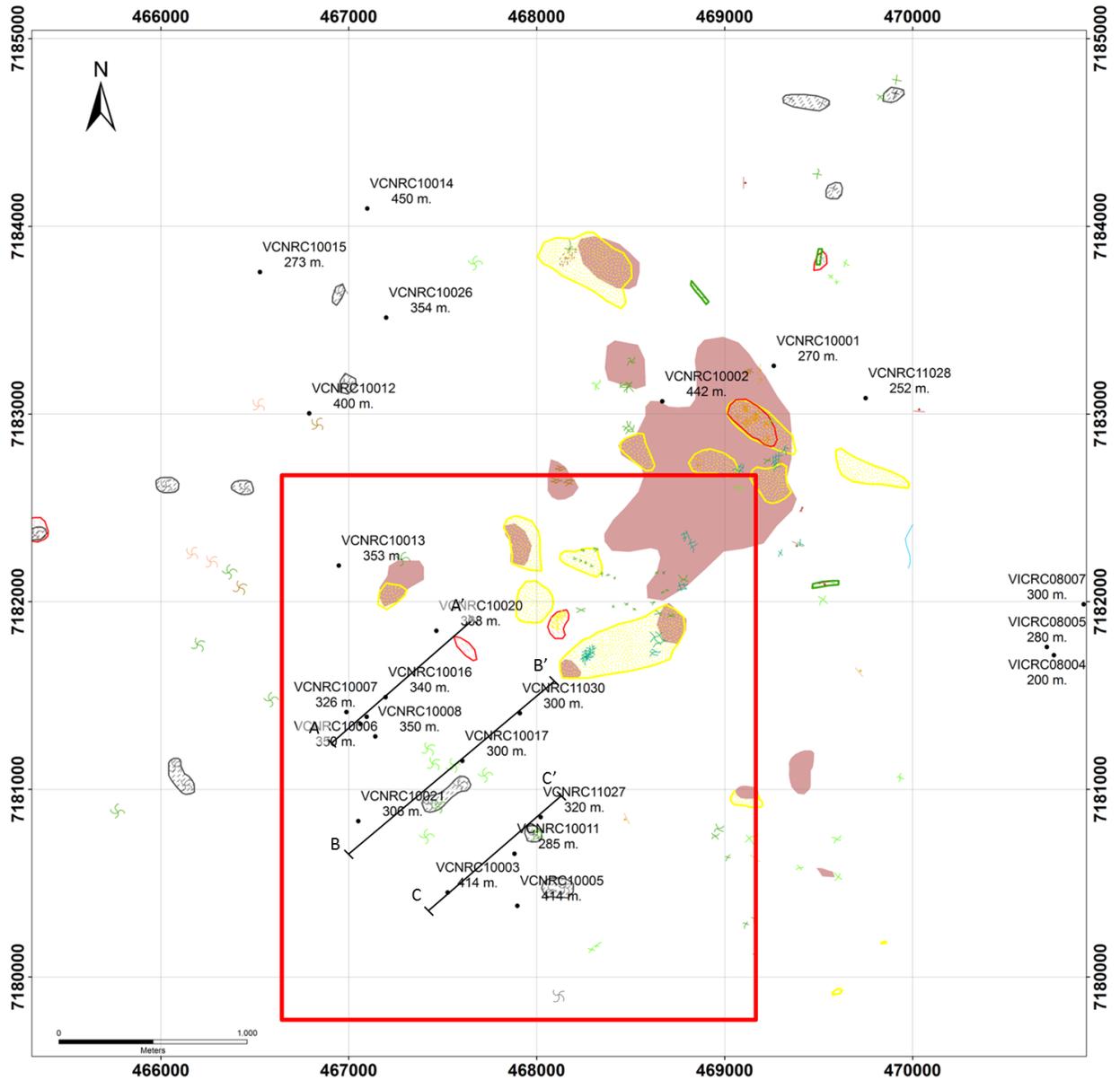


Figura D.2: Mapa superficial Alteración Nueve Vidas.



Legend				
Actitud_CNV	ESTRUCTURAS	VN_BA	Venillas_Irregulares_CNV	Mineralizacion_CNV
		VN_LIM	Venillas	ZONAS DE MINERALIZACION
		VN_PY	Clorita	Venillas CUARZO
	HBX	VN_QZCALCED	Clorita Magnetita	Venillas CUARZO-SUFURO
			Clorita con halo de Albita	SULFURO DISS
			Cuarzo	OXIDADOS DE COBRE
			Cuarzo Calcedonico	OXIDADOS DE HIERRO
			Cuarzo Opalino	Venillas MAGNETITA
				Epidota
				Especularita
				Feldespatu Potasico
				Magnetita
				Manto de Calcita
				Oxido de Hierro
				Turmalina

Figura D.3: Mapa superficial Mineralización Nueva Vidas.

Anexos E

Strip Log: Litología, Alteración y
Concentraciones de Fe, Cu y Au,
Sondajes RC, Nueve Vidas

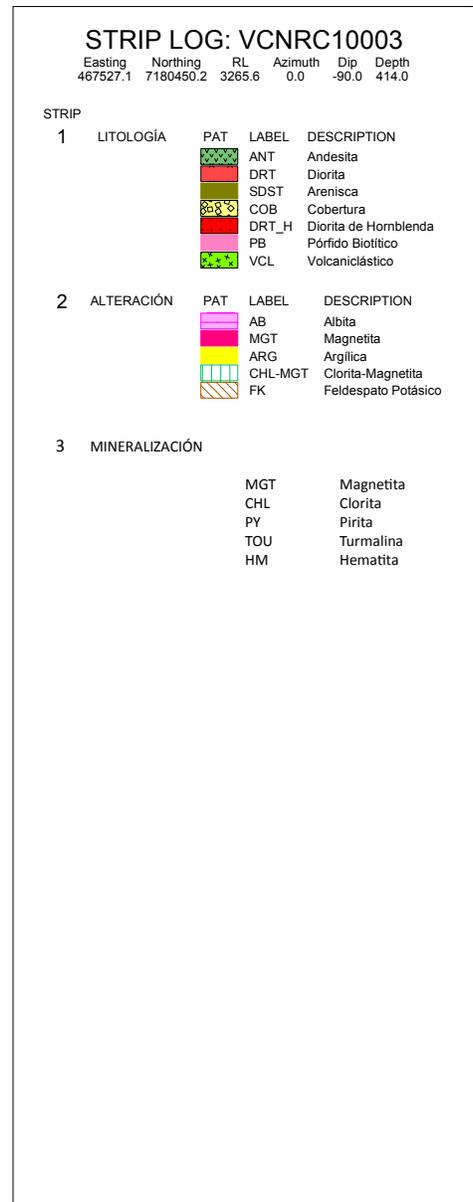
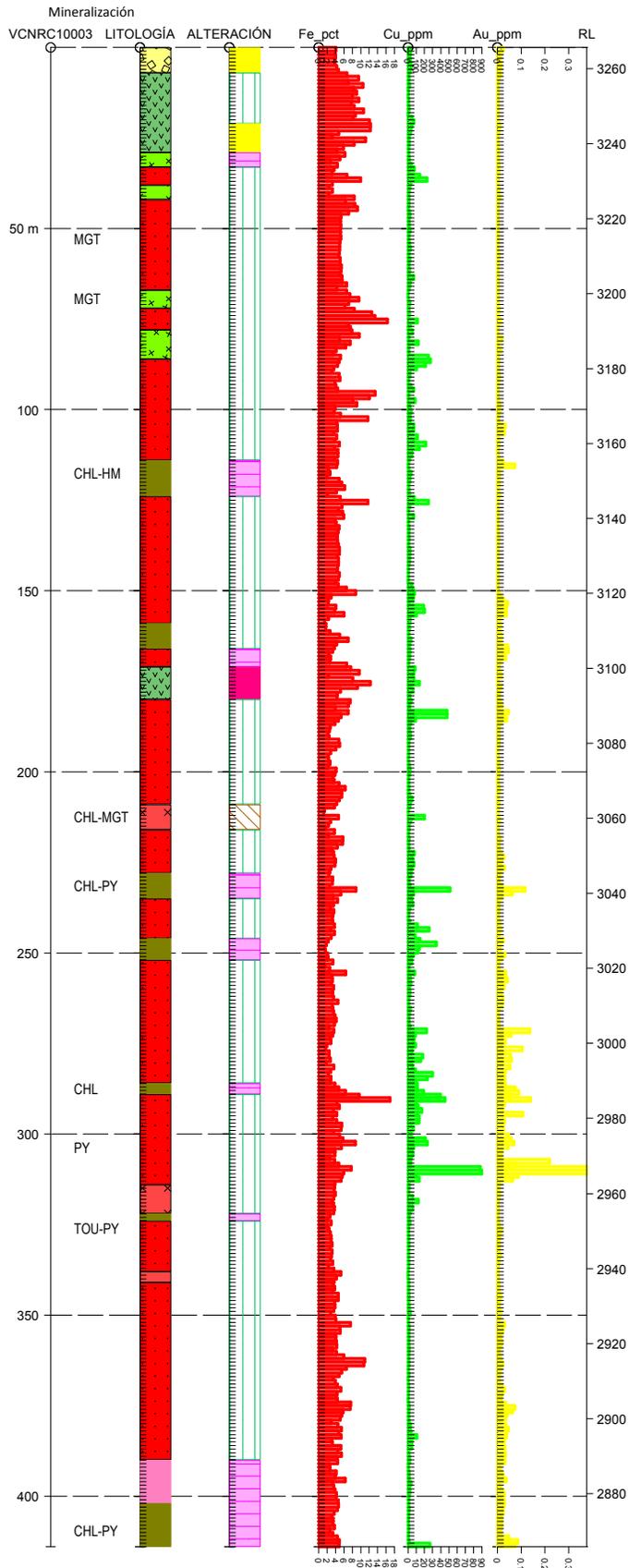


Figura E.1: Sondaje VCNRC-10003.

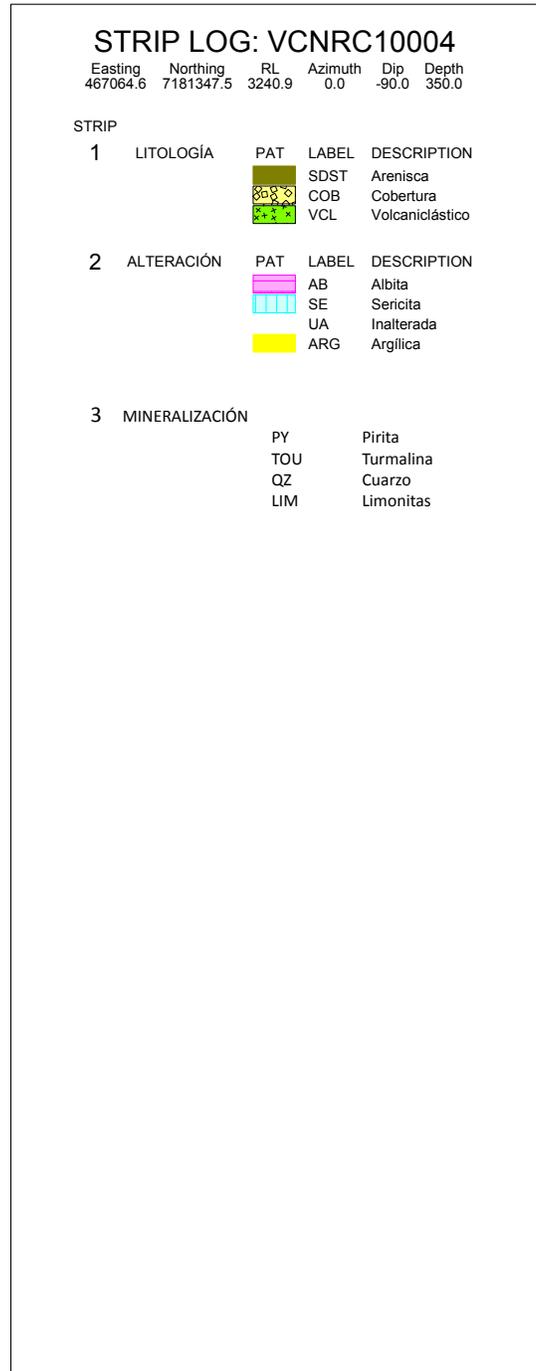
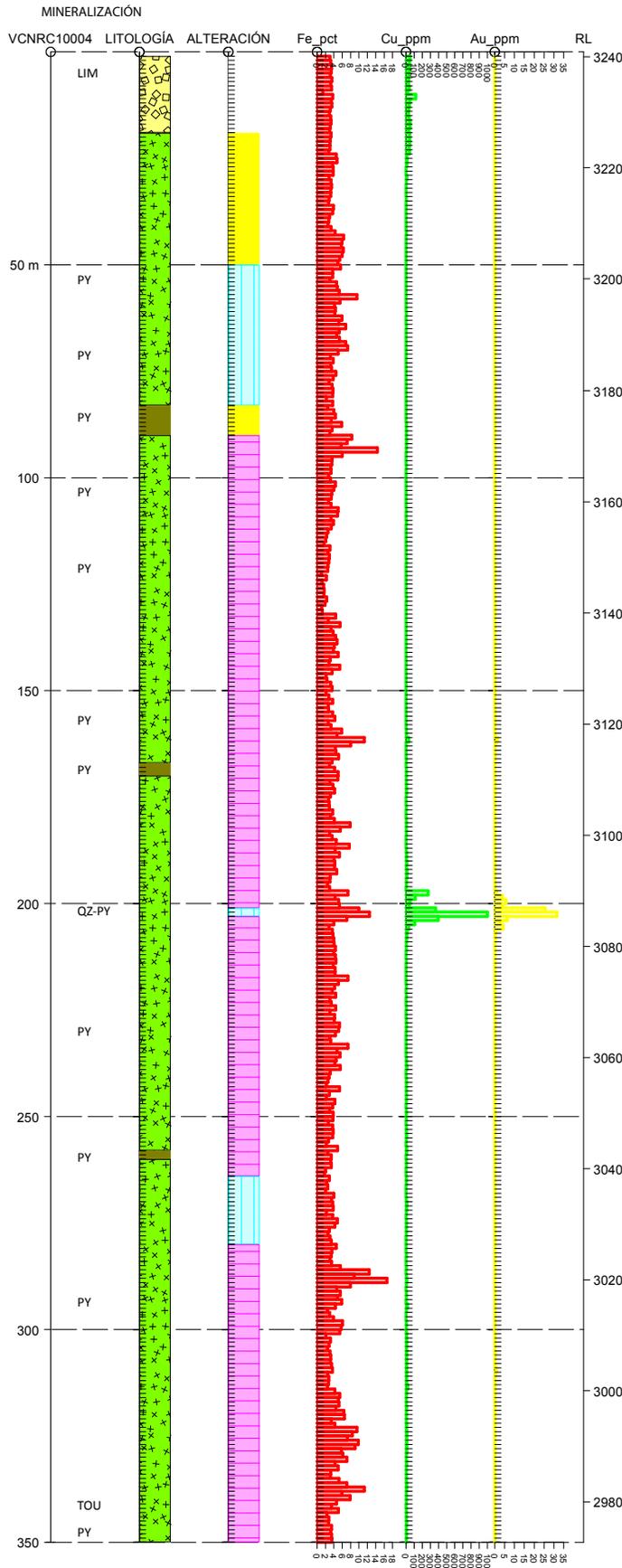
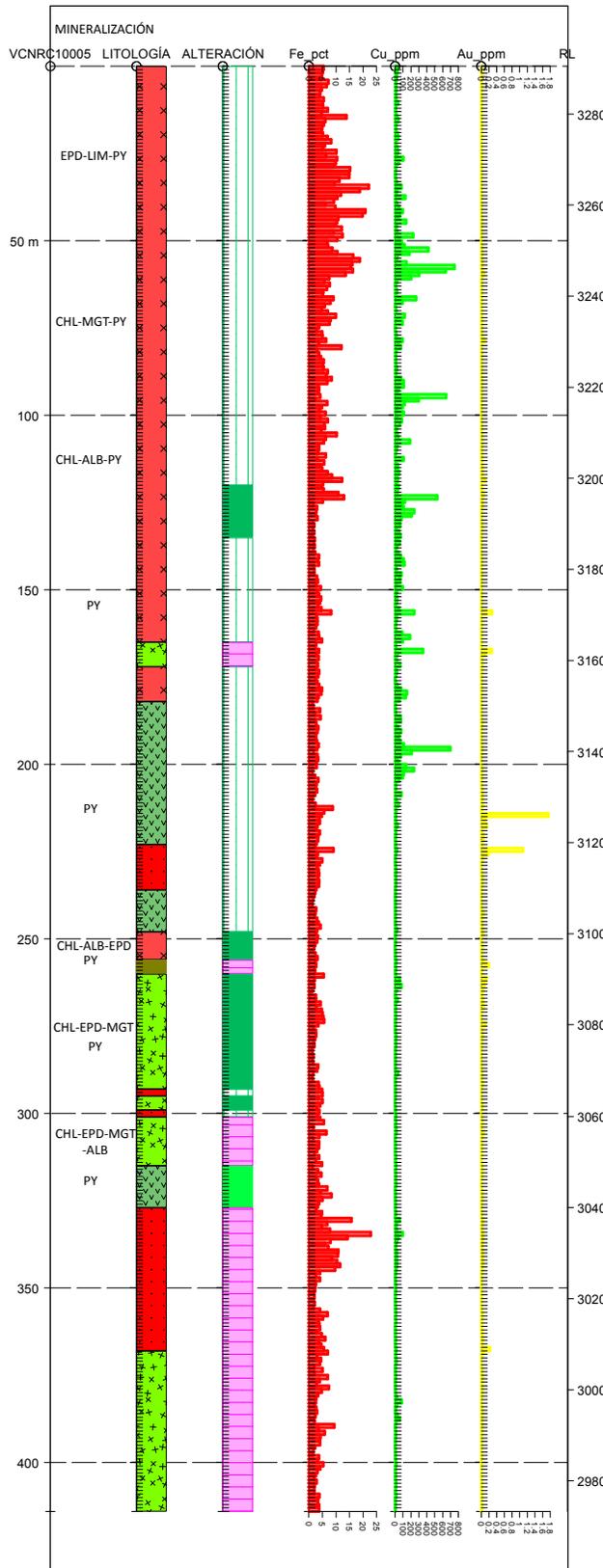


Figura E.2: Sondaje VCNRC-10004.



STRIP LOG: VCNRC10005

Easting 467898.5 Northing 7180379.4 RL 3290.4 Azimuth 0.0 Dip -90.0 Depth 414.0

STRIP

1 LITOLÓGIA

PAT	LABEL	DESCRIPTION
ANT	Andesita	Andesita
DRT	Diorita	Diorita
SDST	Arenisca	Arenisca
DRT_H	Diorita de Hornblenda	Diorita de Hornblenda
VCL	Volcaniclastico	Volcaniclastico

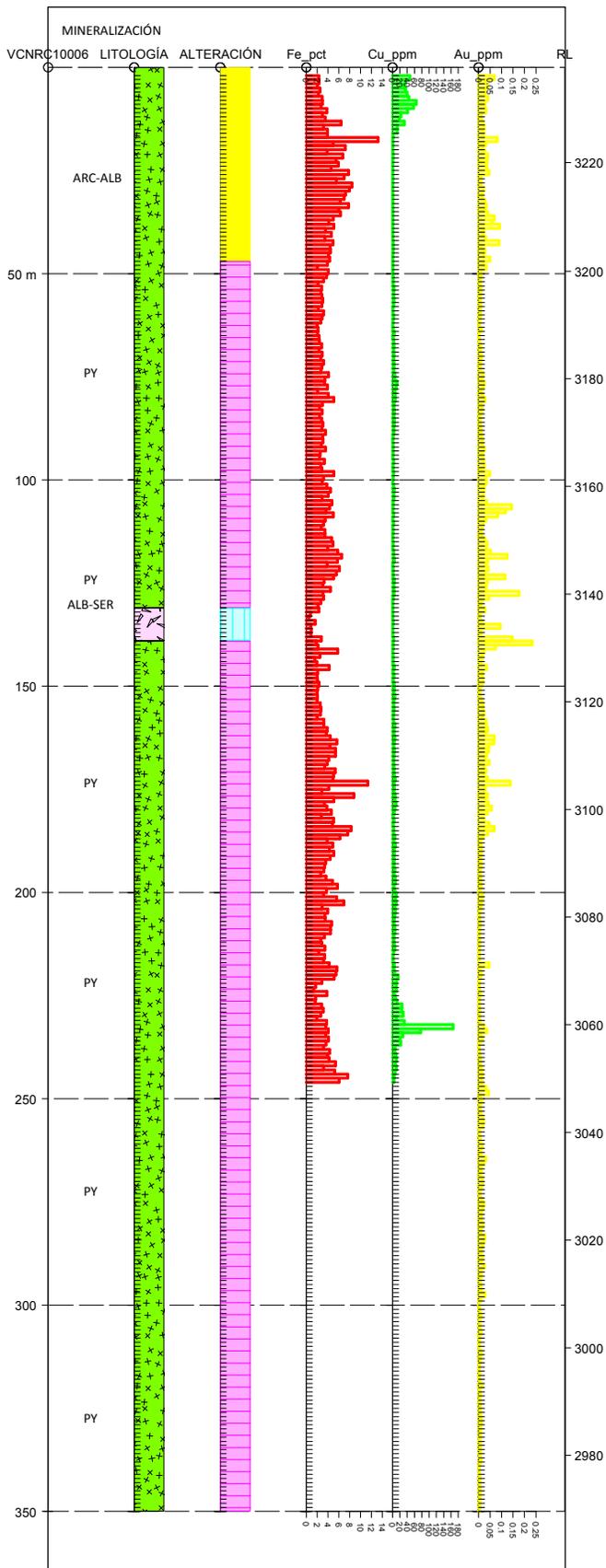
2 ALTERACIÓN

PAT	LABEL	DESCRIPTION
AB	Albita	Albita
CHL	Clorita	Clorita
CHL-MGT	Clorita-Magnetita	Clorita-Magnetita
CHL-MGT-EP	Clorita-Magnetita-Epidota	Clorita-Magnetita-Epidota

3 MINERALIZACIÓN

MGT	Magnetita
CHL	Clorita
PY	Pirita
TOU	Turmalina
EPD	Epidota
ALB	Albita

Figura E.3: Sondaje VCNRC-10005.



STRIP LOG: VCNRC10006

Easting 467096.9 Northing 7181386.6 RL 3237.8 Azimuth 0.0 Dip -90.0 Depth 350.0

STRIP 1 LITOLÓGIA

PAT	LABEL	DESCRIPTION
	?BX	Brecha desconocida
	VCL	Volcanoclástico

STRIP 2 ALTERACIÓN

PAT	LABEL	DESCRIPTION
	AB	Albita
	SE	Sericita
	ARG	Argilica

STRIP 3 MINERALIZACIÓN

PY	Pirita
ARC	Arcillas
SER	Sericita
ALB	Albita

Figura E.4: Sondaje VCNRC-10006.

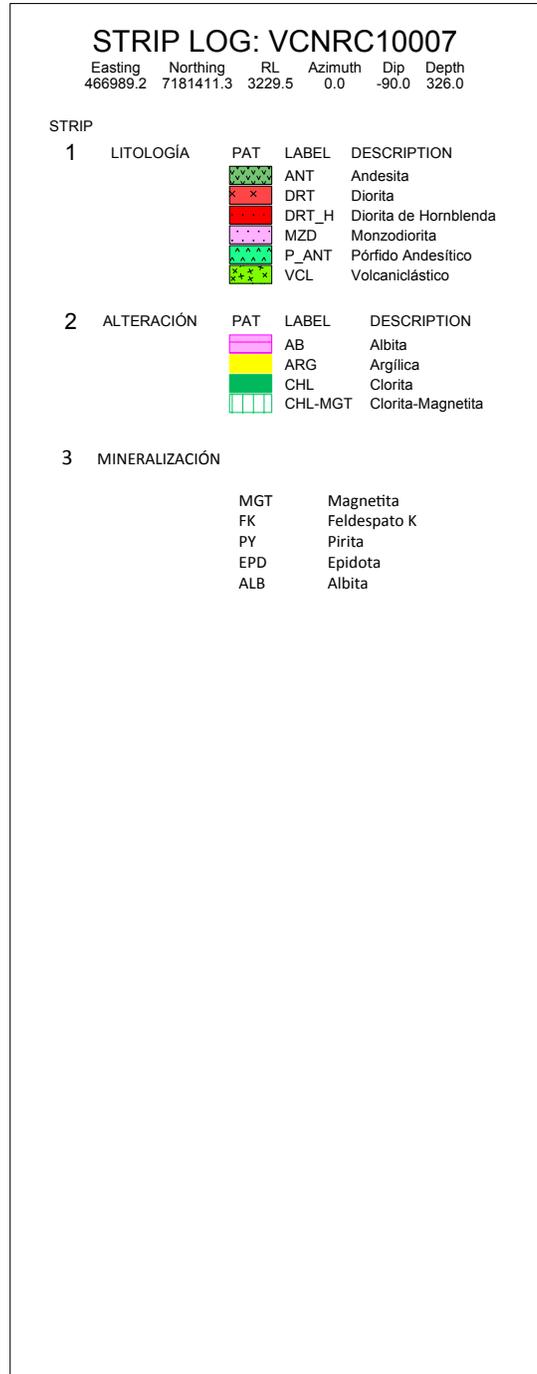
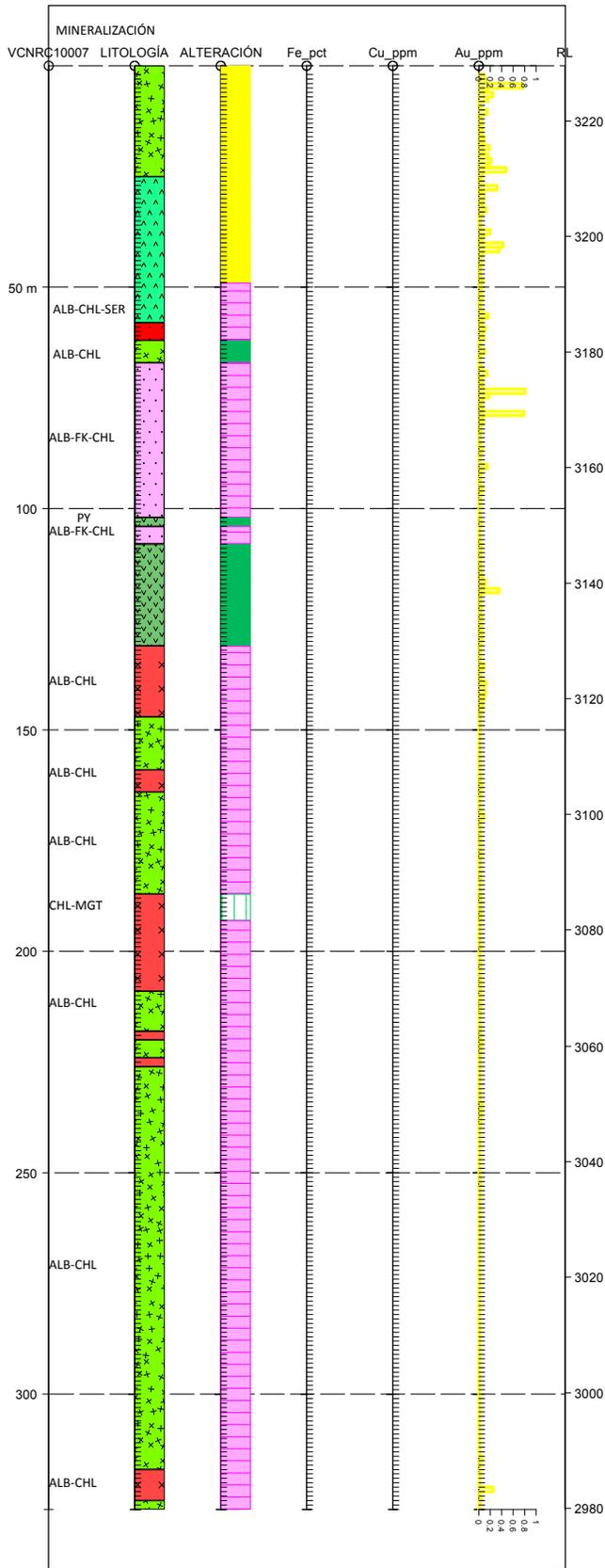


Figura E.5: Sondaje VCNRC-10007.

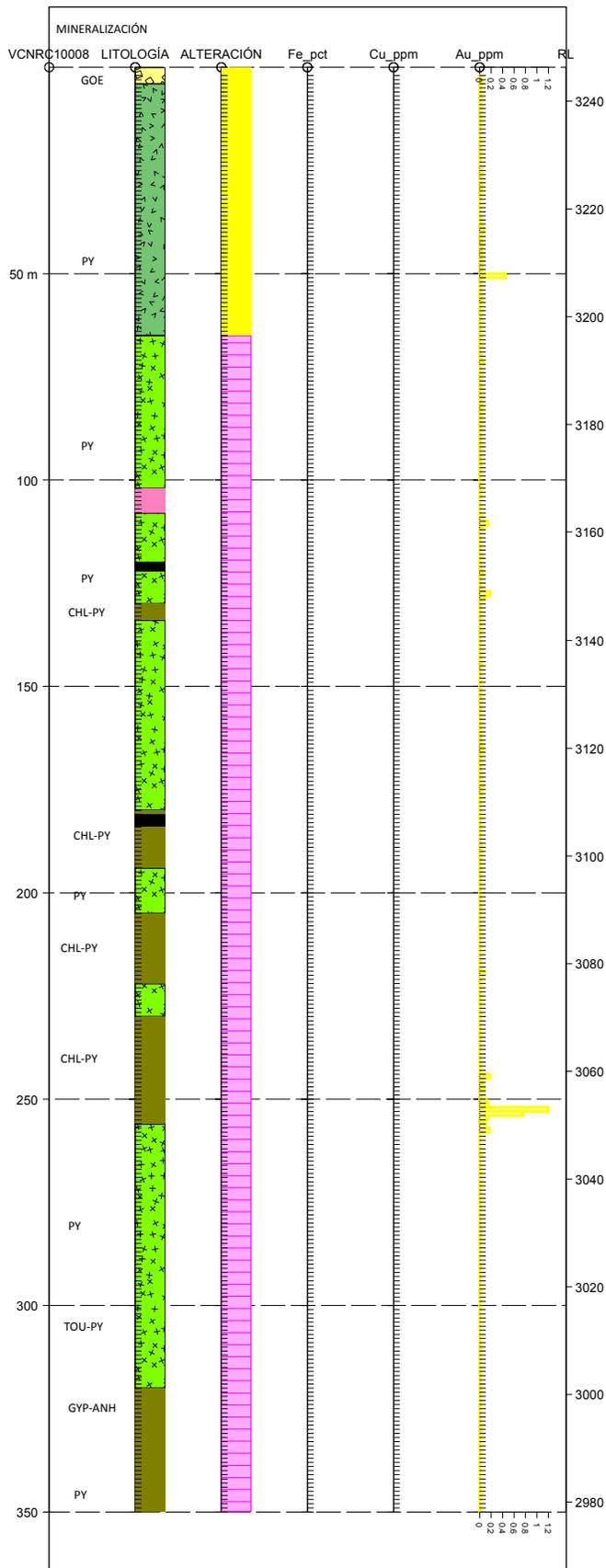


Figura E.6: Sondaje VCNRC-10008.

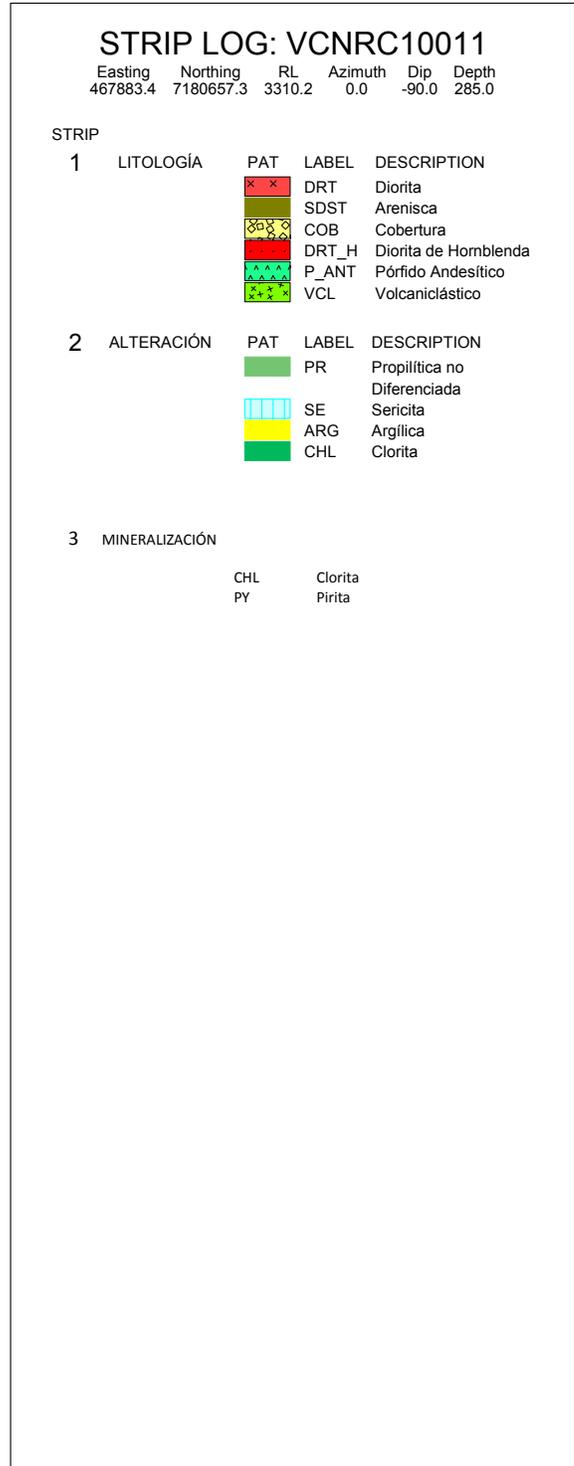
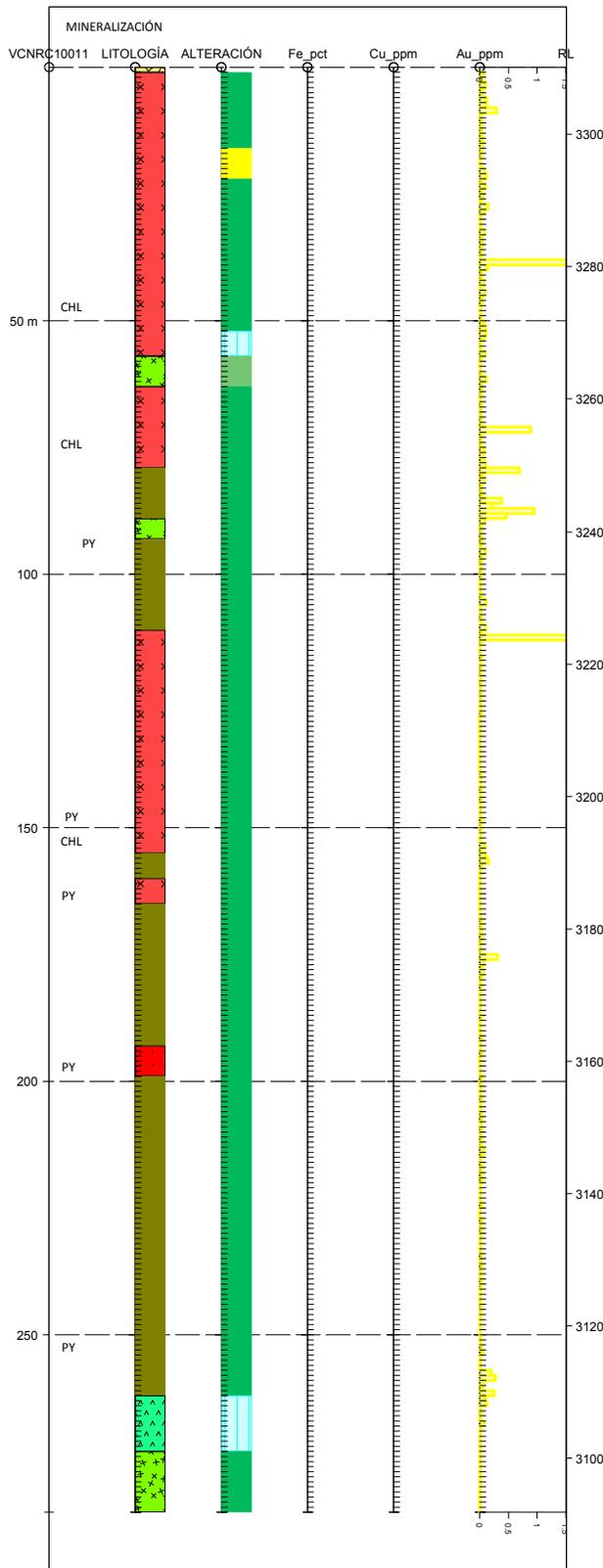


Figura E.7: Sondaje VCNRC-10011.

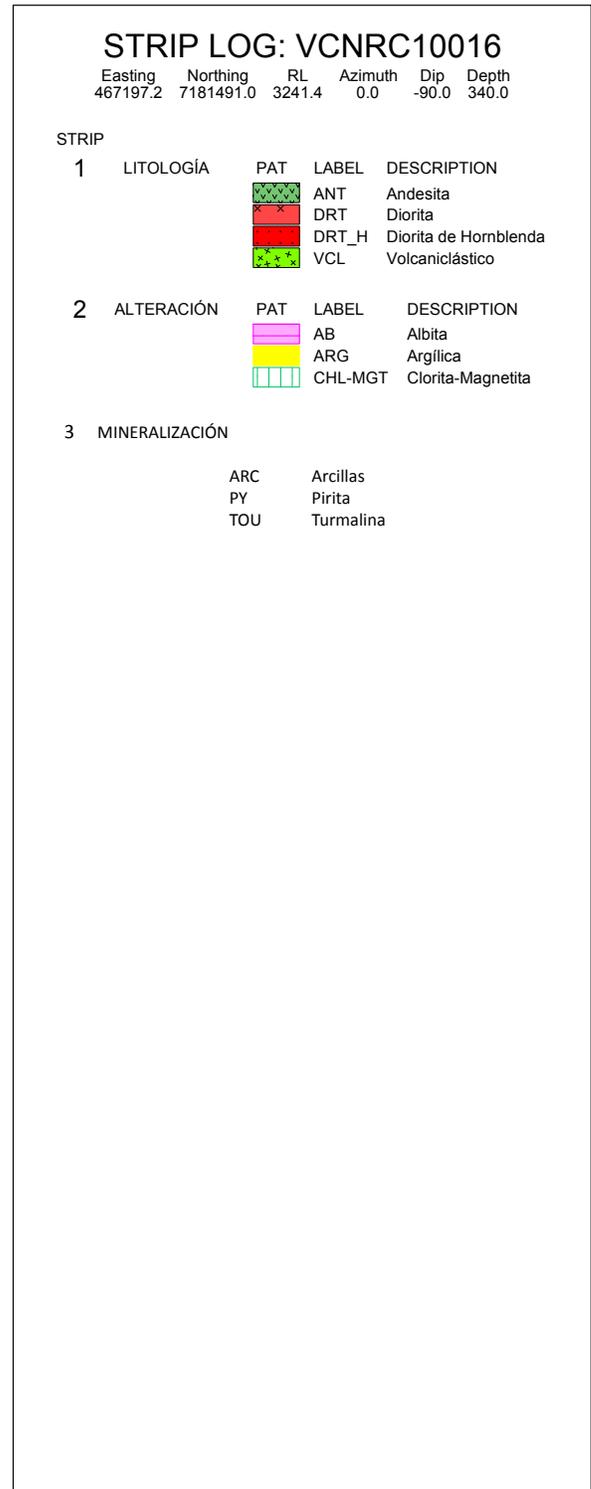
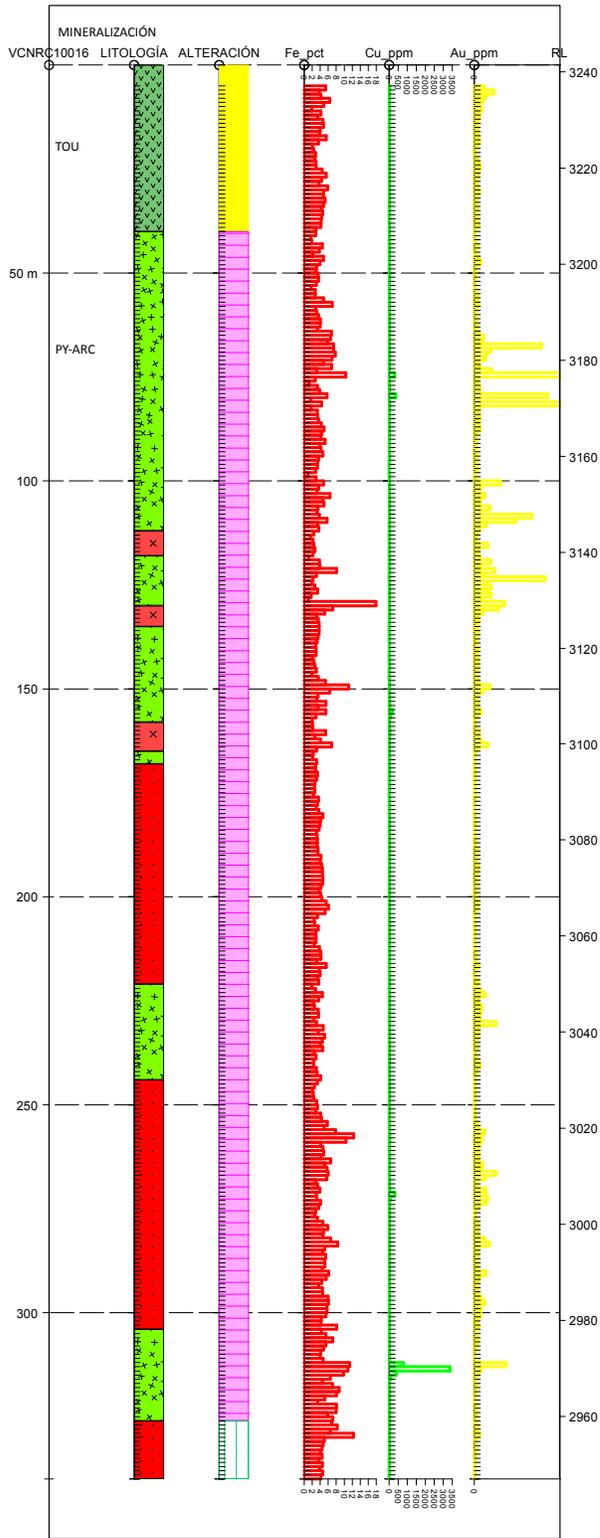


Figura E.9: Sondaje VCNRC-10016.

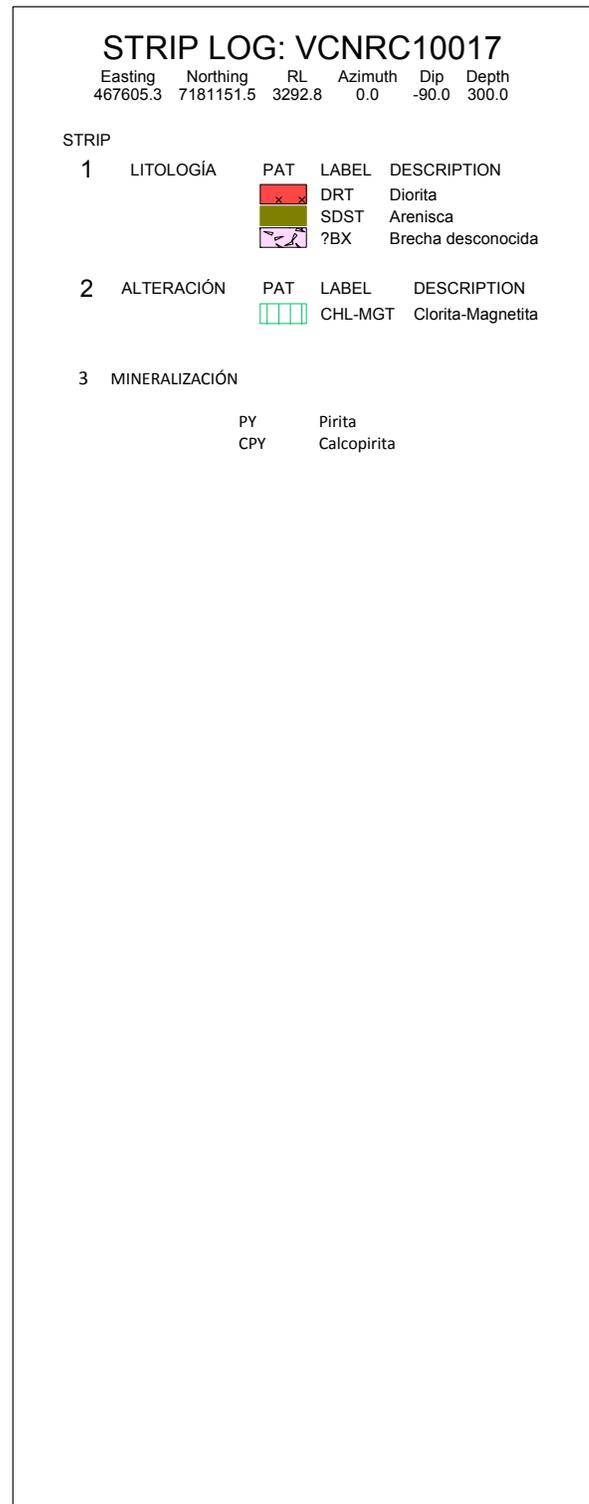
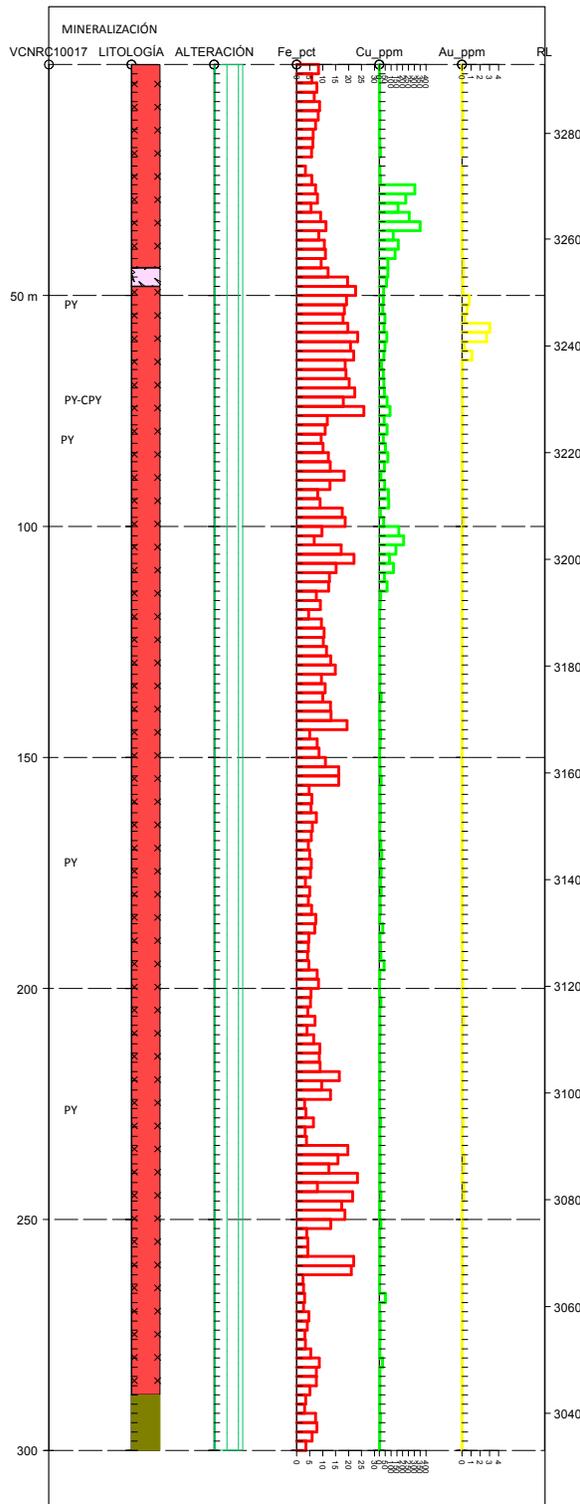
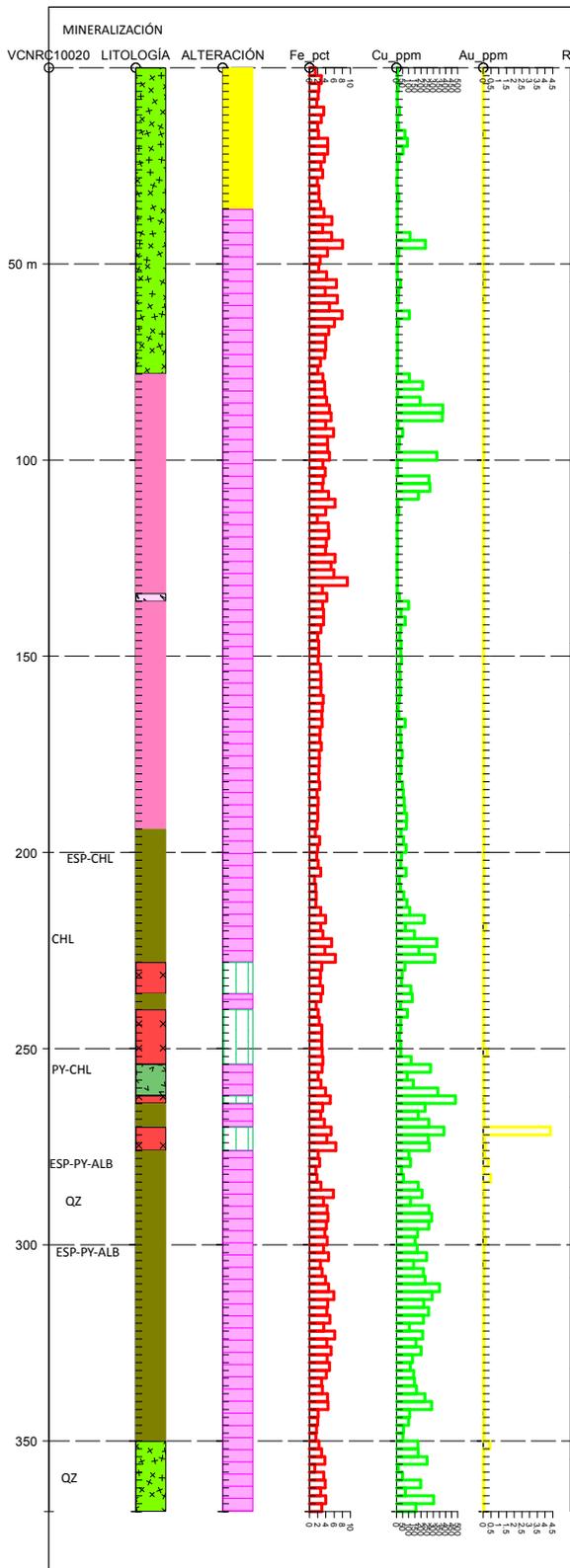


Figura E.10: Sondaje VCNRC-10017.



STRIP LOG: VCNRC10020

Easting 467467.6 Northing 7181844.3 RL 3267.1 Azimuth 0.0 Dip -90.0 Depth 368.0

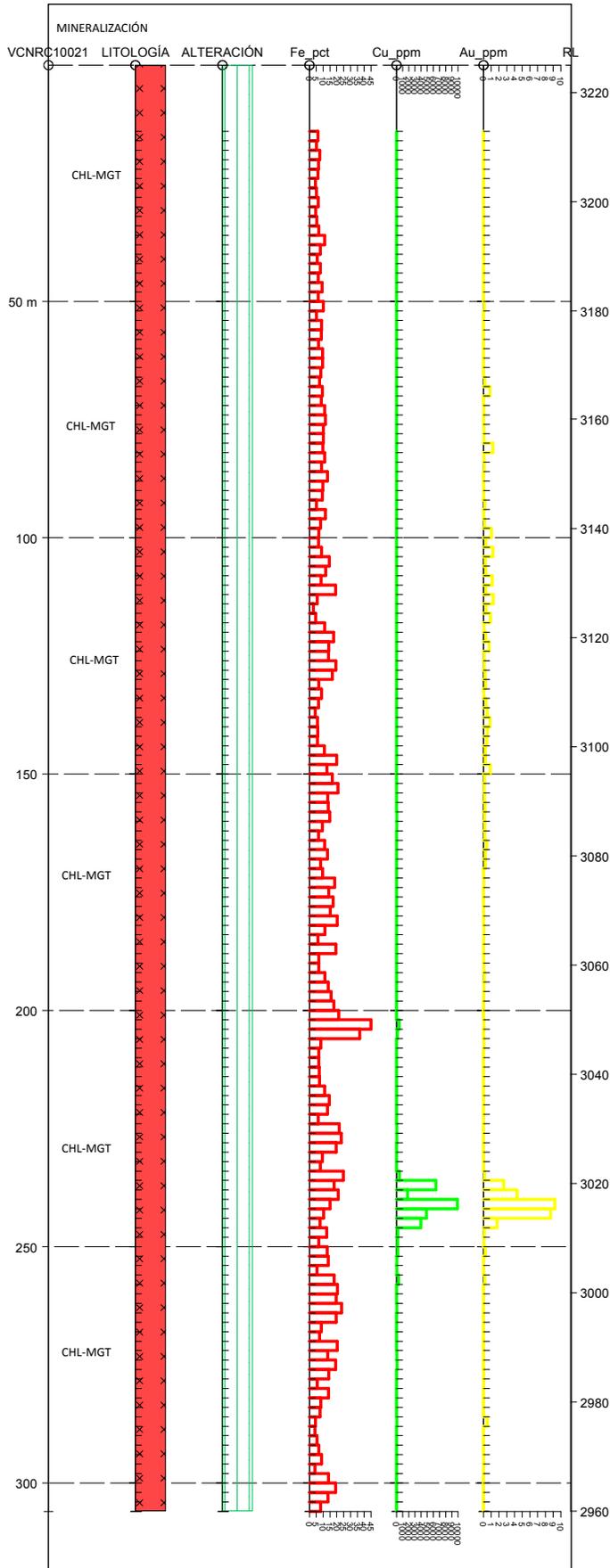
STRIP

1	LITOLÓGIA	PAT	LABEL	DESCRIPTION
		x	DRT	Diorita
		■	SDST	Arenisca
		+	VOLR	Volcánico Sin Diferenciar
		□	?BX	Brecha desconocida
		■	PB	Pórfido Biotítico
		+	VCL	Volcanoclástico

2	ALTERACIÓN	PAT	LABEL	DESCRIPTION
		■	AB	Albita
		■	ARG	Argílica
		■	CHL-MGT	Clorita-Magnetita

3	MINERALIZACIÓN	ESP	Especularita
		CHL	Clorita
		PY	Pirita
		ALB	Albita
		QZ	Cuarzo

Figura E.11: Sondaje VCNRC-10020.



STRIP LOG: VCNRC10021

Easting	Northing	RL	Azimuth	Dip	Depth
467051.5	7180830.2	3224.9	0.0	-90.0	306.0

STRIP

1	LITOLOGÍA	PAT	LABEL	DESCRIPTION
		x x	DRT	Diorita

2	ALTERACIÓN	PAT	LABEL	DESCRIPTION
			CHL-MGT	Clorita-Magnetita

3 MINERALIZACIÓN

CHL	Clorita
MGT	Magnetita

Figura E.12: Sondaje VCNRC-10021.

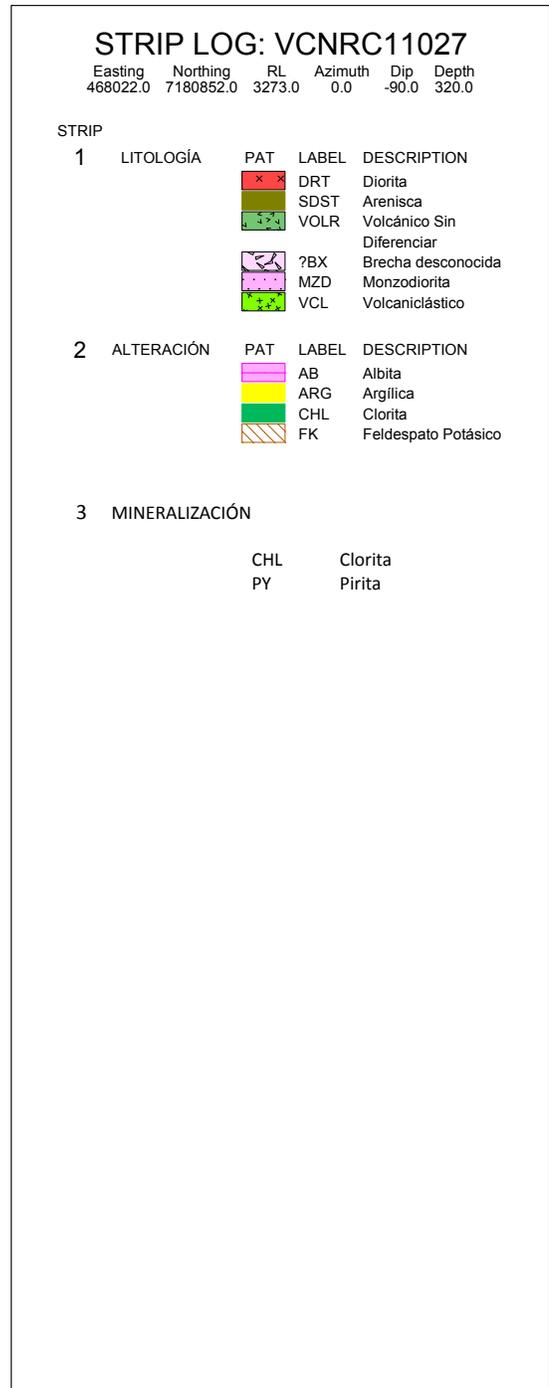
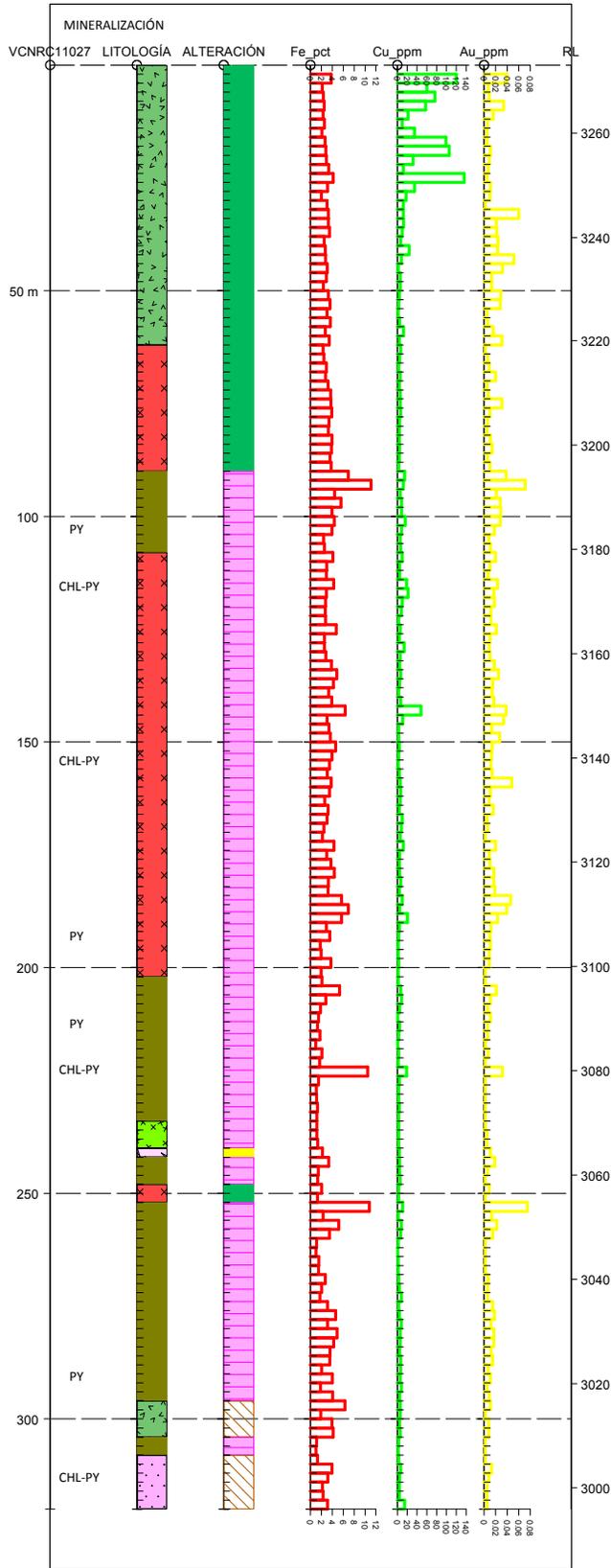
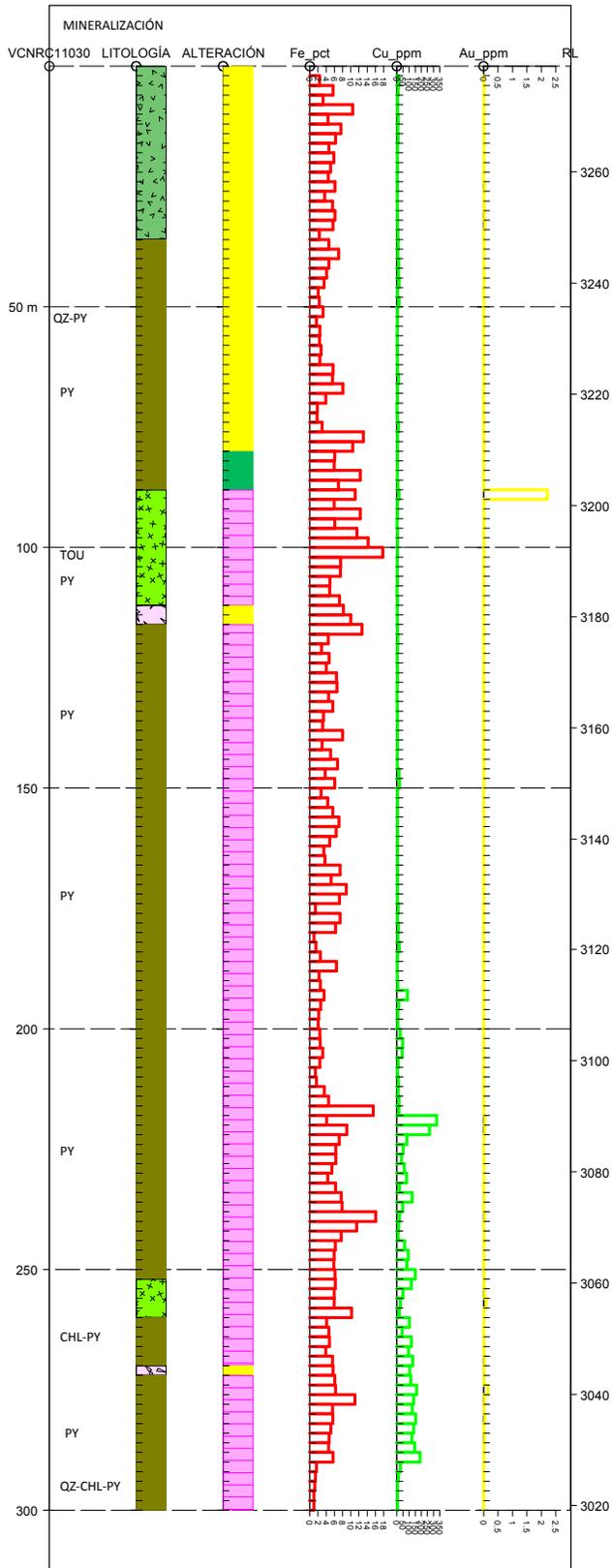


Figura E.13: Sondaje VCNRC-10027.



STRIP LOG: VCNRC11030

Easting 467911.0 Northing 7181406.0 RL 3279.0 Azimuth 0.0 Dip -90.0 Depth 300.0

STRIP

1 LITOLÓGÍA

PAT	LABEL	DESCRIPTION
SDST	Arenisca	
VOLR	Volcánico Sin Diferenciar	
?BX	Brecha desconocida	
VCL	Volcanicástico	

2 ALTERACIÓN

PAT	LABEL	DESCRIPTION
AB	Albita	
ARG	Argílica	
CHL	Clorita	

3 MINERALIZACIÓN

CHL	Clorita
PY	Pirita
TOU	Turmalina
QZ	Cuarzo

Figura E.14: Sondaje VCNRC-11030.

Anexos F

Perfiles Esquemáticos Nueve Vidas

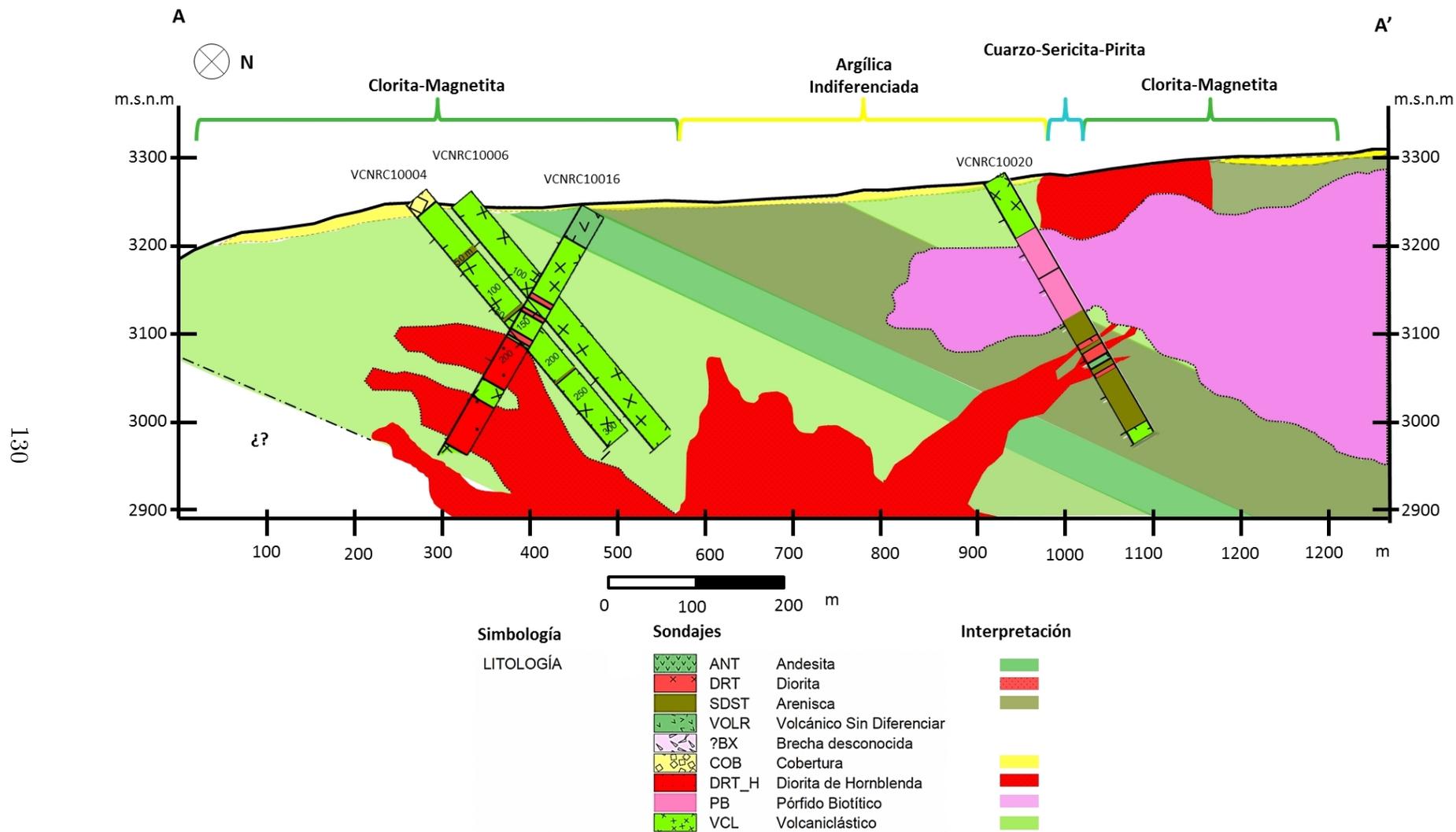


Figura F.1: Perfil esquemático litológico A-A'

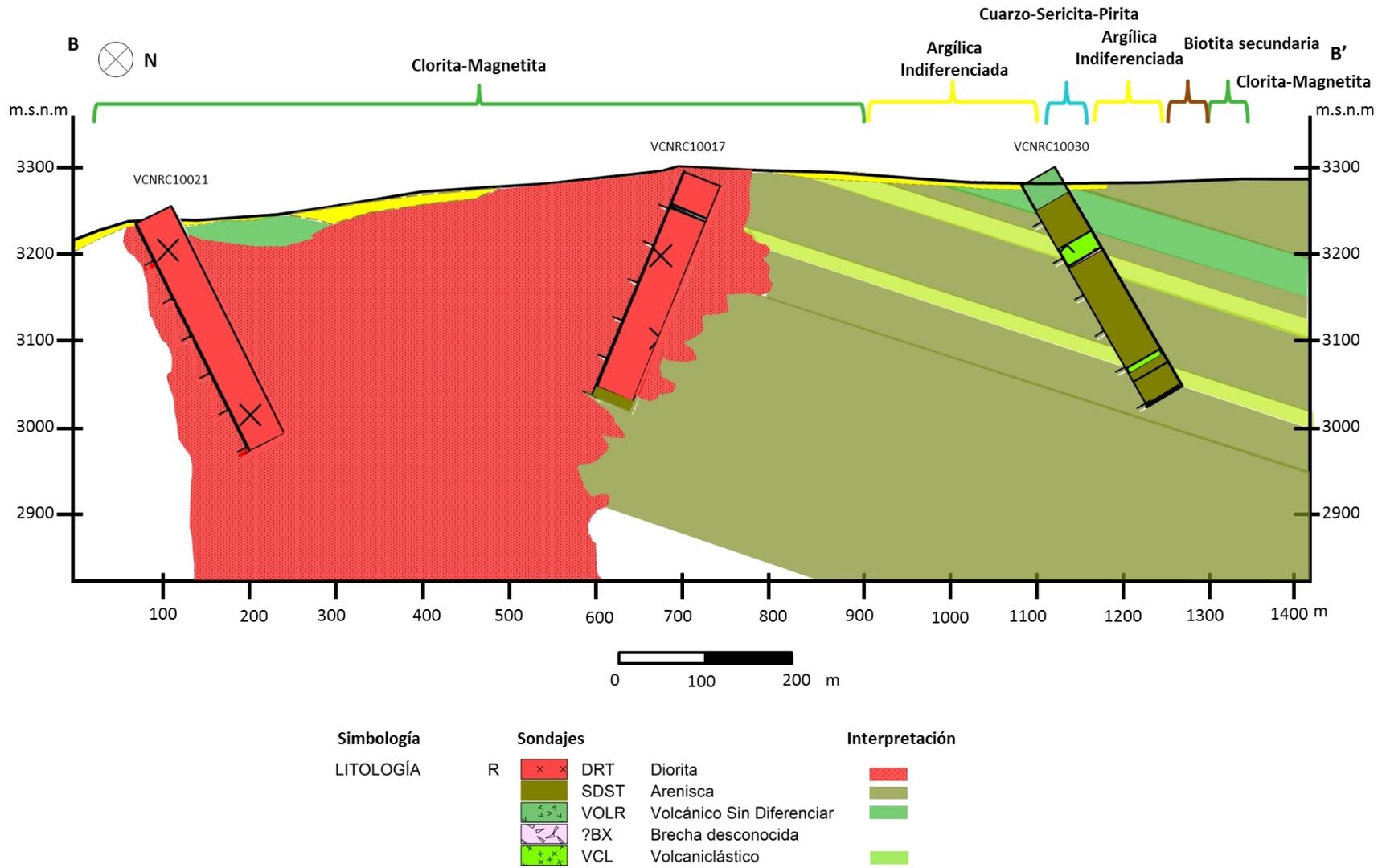


Figura F.2: Perfil esquemático litológico B-B'

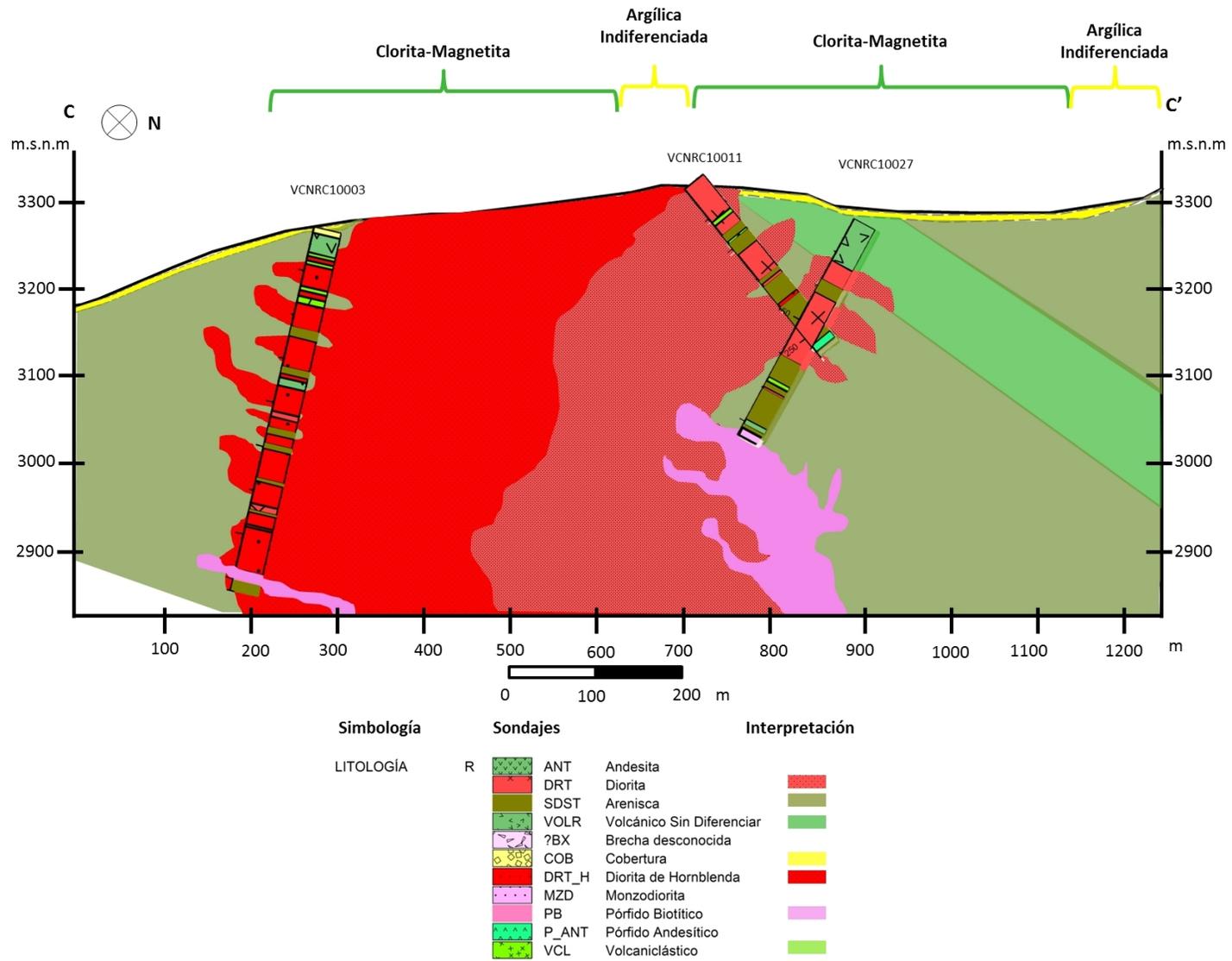


Figura F.3: Perfil esquemático litológico C-C'

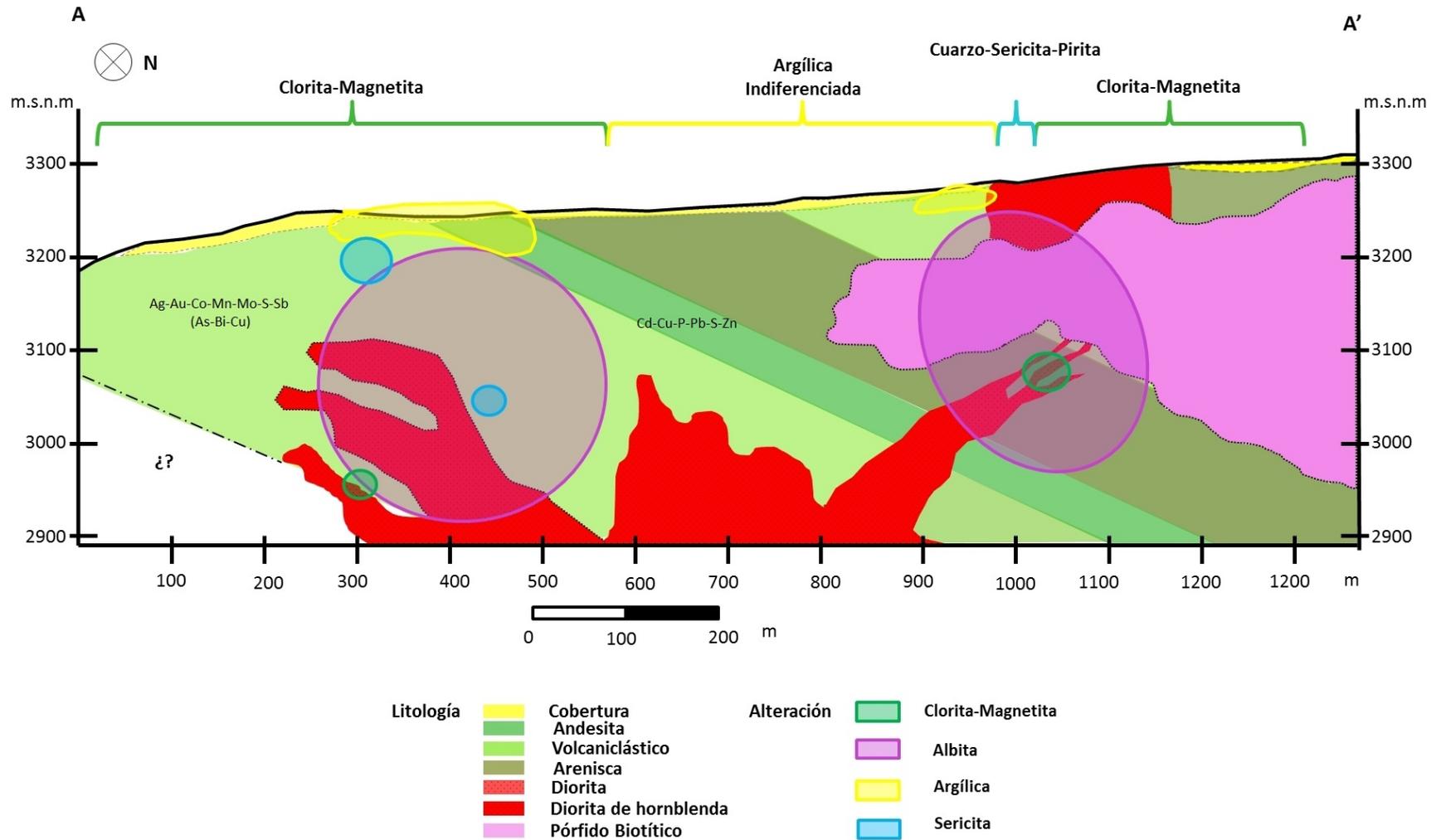


Figura F.4: Perfil esquemático litológico y alteracional A-A'

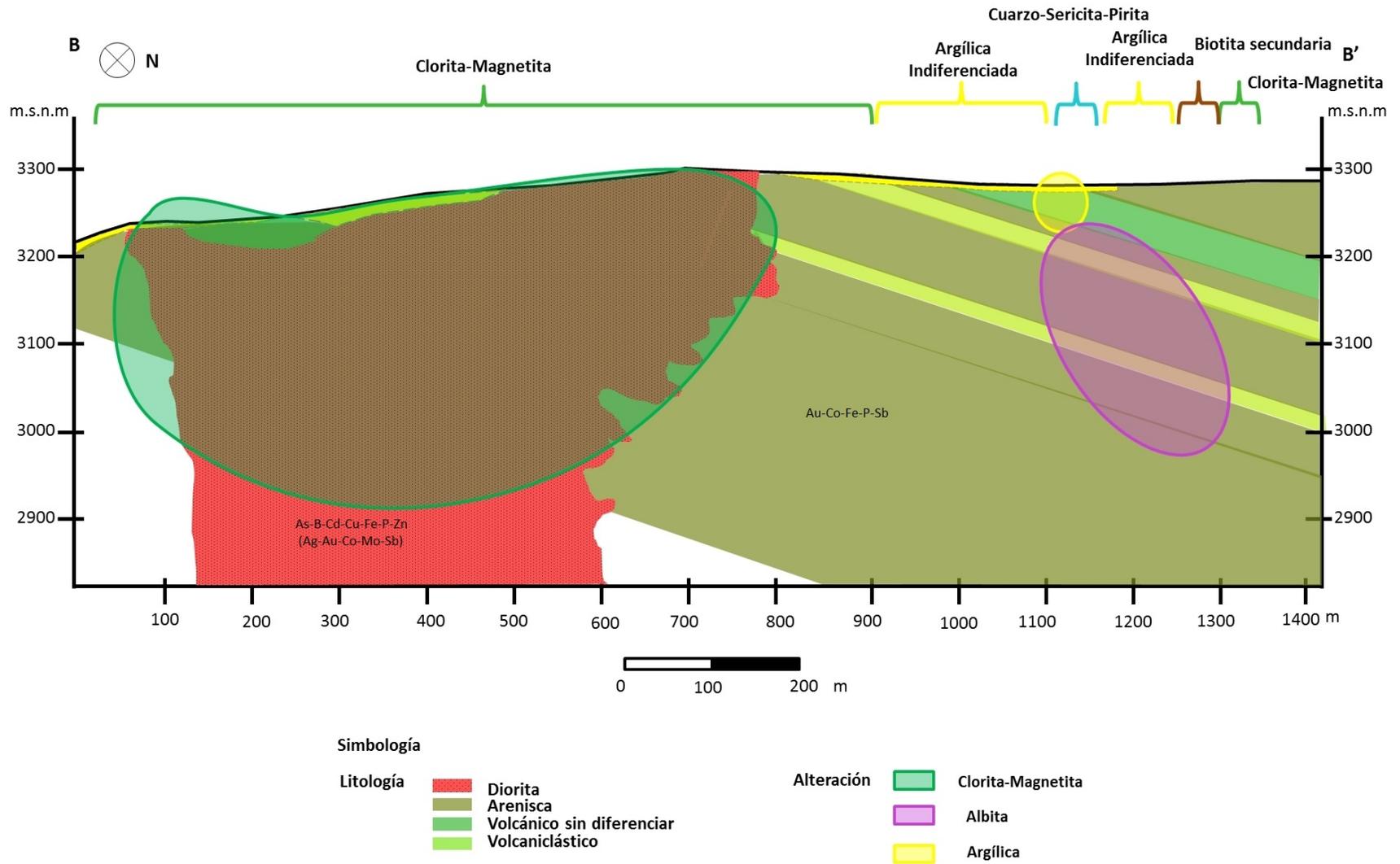


Figura F.5: Perfil esquemático litológico y alteracional B-B'

