



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA**



**GEOLOGÍA Y EXPLORACIÓN GEOQUÍMICA EN ZONA PARCIALMENTE CUBIERTA,  
DEL PROSPECTO PAMPA LAS TORRES (22°11'S – 69°11'W) EN LA FRANJA  
PALEOCENA DEL NORTE DE CHILE.**

**Memoria para optar al Título de Geóloga**

**Alejandra Marisela Manríquez Aguilar**

**Profesora Guía:**

Dra. Laura Beatriz Hernández Olguín

**Profesores de la Comisión:**

Dra. Verónica Laura Oliveros Clavijo

Msc. Abraham González Martínez

Concepción, 2018



*A mi familia...*

# ÍNDICE

	Página
<b>RESUMEN</b> .....	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO</b> .....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
<b>1.2. UBICACIÓN, ACCESOS Y CLIMA</b> .....	3
<b>1.3. TRABAJOS ANTERIORES</b> .....	5
<b>1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	6
1.4.1. Etapa de gabinete I .....	6
1.4.1.1. Preparación de muestreo .....	7
1.4.1.2. Recopilación de información .....	7
1.4.2. Etapa de terreno .....	7
1.4.2.1. Muestreo geoquímico de gravas .....	7
1.4.2.2. Mapeo superficial .....	7
1.4.3. Etapa de laboratorio .....	8
1.4.3.1. Análisis geoquímico de gravas y de rocas frescas .....	8
1.4.4. Etapa de gabinete II .....	9
<b>1.5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO</b> ....	9
<b>1.6. AGRADECIMIENTOS</b> .....	12
<b>2. MARCO GEOLÓGICO</b> .....	14
<b>2.1. MARCO GEOLÓGICO DISTRITAL</b> .....	14
2.1.1. Generalidades .....	14
2.1.2. Rocas Metamórficas .....	14
2.1.2.1. Paleozoico .....	14
2.1.3. Rocas Estratificadas .....	16
2.1.3.1. Jurásico Inferior-Cretácico Inferior .....	16
2.1.3.2. Cretácico Superior-Oligoceno .....	18
2.1.3.3. Mioceno-Cuaternario .....	19
2.1.4. Rocas Intrusivas .....	20
2.1.4.1. Intrusivos Paleozoicos .....	20
2.1.4.2. Intrusivos Cretácico Superior-Eoceno inferior .....	21
<b>2.2. EVOLUCIÓN TECTÓNICA</b> .....	22
<b>3. GEOLOGÍA SECTOR PAMPA LAS TORRES</b> .....	25
<b>3.1. GENERALIDADES</b> .....	25

<b>3.2. ROCAS ESTRATIFICADAS</b> .....	25
<b>3.2.1. Formación Quehuita miembro inferior</b> .....	25
<b>3.2.2. Formación Quehuita miembro superior</b> .....	26
<b>3.3. DEPÓSITOS SEMI-CONSOLIDADOS Y NO CONSOLIDADOS</b> .....	28
<b>3.3.1. Unidad Gravas</b> .....	28
<b>3.3.2. Depósitos Aluviales</b> .....	29
<b>3.4. ROCAS INTRUSIVAS</b> .....	30
<b>3.4.1. Unidad Gabro</b> .....	31
<b>3.4.2. Unidad Complejo Intrusivo Pampa Las Torres (PLT)</b> .....	32
<b>3.4.3. Unidad Monzonita Cuarcífera Montecristo</b> .....	33
<b>3.4.4. Filones manto andesíticos y basálticos</b> .....	34
<b>3.4.5. Unidad Pórfido Dacítico</b> .....	35
<b>3.5. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL</b> .....	37
<b>3.5.1. Alteración argílica intermedia</b> .....	39
<b>3.5.2. Alteración propilitica</b> .....	40
<b>3.5.3. Silicificación</b> .....	42
<b>4. GEOQUÍMICA DE GRAVAS</b> .....	43
<b>4.1. MUESTREO GEOQUÍMICO</b> .....	43
<b>4.1.1. Protocolo de envío y procesamiento de muestras</b> .....	47
<b>4.2. BASE DE DATOS GEOQUÍMICOS DEL SECTOR PAMPA LAS TORRES</b> .....	47
<b>4.2.1. Distribución tipos de clastos</b> .....	48
<b>4.3. METODOLOGÍA</b> .....	50
<b>4.3.1. Estadística Univariable</b> .....	51
<b>4.3.2. Diagrama de cajas y bigotes para elementos</b> .....	51
<b>4.4. ANÁLISIS DE CLÚSTERS</b> .....	53
<b>4.4.1. Análisis de clúster muestras A</b> .....	54
<b>4.4.2. Análisis de clúster muestras B</b> .....	55
<b>4.5. RELACIÓN CA-S EN LAS MUESTRAS TIPO A Y TIPO B</b> .....	56
<b>5. GEOQUÍMICA DE ROCA</b> .....	58
<b>5.1. ESTADÍSTICA UNIVARIABLE</b> .....	58
<b>5.2. ESTADÍSTICA MULTIVARIABLE</b> .....	60
<b>5.2.1. Matriz de correlación</b> .....	60
<b>5.2.2. Análisis de componentes principales</b> .....	62

<b>5.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL .....</b>	<b>63</b>
<b>6. DISCUSIÓN Y POTENCIAL DEL ÁREA .....</b>	<b>64</b>
<b>6.1. COMPARACIÓN CON DEPÓSITOS CONOCIDOS DE LA FRANJA PALEOCENA .....</b>	<b>68</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>8. REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. 1. Ubicación del área de estudio .....	4
1. 2. Modelo conceptual de ascensión de cationes y formación de anomalías geoquímicas en los suelos .....	11
2. 1. Mapa Geológico de las principales unidades en el sector cercano al área de estudio .....	15
2. 2. Franjas metalogénicas de Chile y sur de Perú .....	24
3. 1. Distribución de la Formación Quehuita en el área de estudio .....	26
3. 2. Distribución de los depósitos semi-consolidados y no consolidados en el área de estudio .....	30
3. 3. Distribución de las rocas intrusivas dentro del área de estudio .....	31
3. 4. Distribución de la Unidad Pórfido Dacítico en el área de estudio .....	36
3. 5. A) Distribución de las unidades litológicas y estructuras en el área de estudio. B) Perfil donde se aprecia la relación entre las unidades intrusivas y las sedimentarias en el área .....	37
3. 6. Zonas en el área de estudio con anomalías de color .....	39
3. 7. Modificado del modelo de Corbett y Leach .....	41
4. 1. Mapa de ubicación de sectores de muestreo geoquímico de gravas .....	44
4. 2. A) Evolución de gravas a través del tiempo B) Maquinaria utilizada para la toma de muestra .....	45
4. 3. Esquema de perforación bajo cobertura con los distintos casos encontrados, en donde S: sobrecarga, A: caliche, B': grava bajo el caliche .....	46

4.	4.	Distribución de los tipos de clastos en cada pozo perforado en el sector PLT ...	50
4.	5.	Histogramas de algunos elementos, en rojo muestra A y en verde muestra B ...	52
4.	6.	Diagrama de caja y bigotes .....	53
4.	7.	Diagrama de caja y bigotes para los elementos Ca, Cu, Fe, Hf, Mo, Pb, S y Zn	54
4.	8.	Dendograma de los datos de las muestras A .....	55
4.	9.	Dendograma de los datos de las muestras B .....	56
4.	10.	Relación entre Ca, S y yeso en los niveles. A: caliche B: gravas bajo caliche ...	57
5.	1.	Diagrama de caja y bigotes para los elementos Cu, Fe, Mo, Na, S y Zn en las unidades litológicas .....	60
5.	2.	A) Razón (Pb+Zn)/Cu en la zona. B) Razón Zn/Mo en la zona .....	63
6.	1.	Mapa de concentraciones de elementos Cu y Mo en gravas y rocas .....	65
6.	2.	Modelo de alteración y mineralización de un pórfido cuprífero .....	66
6.	3.	Mapa de mineralización, acercamiento zona de pórfidos .....	67
6.	4.	Valores de Cu y Mo en Spence .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>	
4. 1.	Cantidad de áreas y pozos perforados .....	45
4. 2.	Elementos entregados lectura ICP; pct: porcentaje en peso; ppt: partes por millón; N/A: elementos analizados sin problemas en el límite de detección .....	49
4. 3.	Estadística básica elementos de prospección cuprífera .....	51
5. 1.	Estadígrafos estadística básica elementos prospectivos .....	59
5. 2.	Matriz de correlación con los elementos principales base de datos de pórfidos .	61
5. 3.	Matriz de correlación con los elementos principales base de datos de PLT .....	61
5. 4.	Matriz de correlación con los elementos principales base de datos Fm. Quehuíta .....	62
5. 5.	Factores en bases de datos, explicando hasta un 93% de los datos .....	62

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía</b>	<b>Página</b>
3. 1. Rocas carbonatadas de la Fm. Quehuita marino .....	27
3. 2. A) Estratos Fm. Quehuita continental NS/53°W. B) Dique volcánico N10°W/50°SW en Fm. Quehuita continental .....	28
3. 3. Anomalía de color de sedimentitas clásticas en diorita .....	33
3. 4. Muestra 83, Roca volcánica .....	35
3. 5. A) <i>Stockworks</i> de vetillas B) Vetas de cuarzo .....	36
3. 6. Zona de alteración hidrotermal vista desde la Pampa .....	38

## ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFÍAS

<b>Fotomicrografía</b>	<b>Página</b>
3. 1. Muestra 2376. Formación Quehuita miembro inferior .....	27
3. 2. Muestra 1438, arenisca fina .....	29
3. 3. Muestra 2330, gabro de anfíbol y piroxeno .....	32
3. 4. Muestras 2302 y 2373, dioritas .....	33
3. 5. Muestra 2331, granodiorita de grano medio .....	34
3. 6. Muestra 2308, pórfido dacítico .....	36
3. 7. Muestra 2374, pórfido dacítico .....	40
3. 8. Muestra 2297, alteración propilítica .....	41

# RESUMEN

La búsqueda de depósitos mineralizados en profundidad ha tomado mayor relevancia en los últimos años debido a la escasez del recurso no renovable en superficie. Las técnicas prospectivas en estos casos suelen ser complejas y de alto valor monetario; por ello, la geoquímica se transforma en una herramienta más rápida y de menor costo.

El sector de Pampa Las Torres, propiedad de Codelco, se ubica a unos 30 km al oeste de la mina Chuquicamata y unos 50 km al norte del yacimiento Spence. Corresponde a una zona casi en su totalidad cubierta por gravas, donde el cemento que las une resulta ser una mezcla de sales cuyo mayor componente es yeso.

La litología de los clastos en las gravas corresponde a rocas sedimentarias continentales y marinas, rocas volcánicas e intrusivos que van desde gabros, dioritas, tonalitas, monzonitas hasta pórfidos dacíticos. En su zona central, con un relieve más bajo, algo más erosionada que sus alrededores, se distinguió una anomalía de color correspondiente a una alteración argílica intermedia, con una cubierta limonítica de tonalidad anaranjada-parda, principalmente con limonitas jarosílicas y goethíticas y que limita por el nor-oeste con la pampa aluvional. Le sigue una alteración propilítica por los bordes.

Se tomaron 31 muestras en la zona de gravas según profundidad máxima de 3 m, clasificándose entre muestras A y B. Esto para establecer una diferencia de niveles a través del caliche y corroborar la hipótesis de que ciertas señales provenientes de profundidad quedarían atrapadas bajo la capa de este nivel. Sin embargo, en la zona, no se encontró una capa de caliche competente que pudiera ayudar en la comprobación de este supuesto.

Estas muestras fueron analizadas con ICP-MS, previa digestión con agua regia. Posteriormente se realizó un muestreo y mapeo de rocas aflorantes, inmediatamente al lado de la pampa, definiendo 9 unidades litológicas: Formación Quehuita miembros inferior y superior, Gravas, Depósitos Aluviales, Gabro, Complejo Intrusivo Pampa Las Torres, Cuarcífera Montecristo, Filones andesíticos y basálticos y Pórfido dacítico. En estas rocas la digestión fue realizada con 4 ácidos y la lectura ICP-OES. Todo esto fue complementado con un análisis *Specterra* y revisión con microscopio óptico de cortes transparentes, para terminar con la confección de un mapa a escala 1:10.000.

Los resultados de las mediciones *Specterra* en la zona de alteración hidrotermal indican una asociación de minerales del grupo de la illita – caolín, mientras que los valores máximos obtenidos en la geoquímica, de las gravas en las cercanías del afloramiento son 43 ppm para Cu, y 7 ppm para Mo. Los valores para las rocas de los afloramientos asociados a esta alteración y con anomalía de color, alcanzan un peak de 200 ppm para Cu y 5 ppm para Mo en la zona de pórfidos dacíticos. Estas cantidades superan ampliamente los del umbral de exploración para esa zona (25 ppm para Cu y 2 ppm para Mo) y se asemejan a los encontrados en una transecta sobre el depósito Spence (100 ppm de Cu y 5 ppm de Mo), localizados bajo cobertura de gravas.

Con estos resultados se infiere que la superficie de pampa inmediatamente cercana a la zona de alteración hidrotermal está abierta a la prospección, y se sugieren dos perforaciones: uno en grava y otro en roca, para aportar más información.

# 1. INTRODUCCIÓN

Vivimos tiempos en que los recursos minerales se hacen cada vez más escasos, con yacimientos del tipo pórfidos cupríferos superficiales en su mayoría explotados en las últimas décadas. Esto ha hecho que nuevos métodos prospectivos para depósitos bajo cobertura, hayan tomado mayor relevancia en la generación de blancos, dada la facilidad y acotamiento de su búsqueda con ayuda de imágenes satelitales y la ausencia de vegetación en zonas áridas, situación que antiguamente era compleja sin la tecnología que disponemos en la actualidad. Entre las nuevas técnicas destacan la geofísica, la magnetometría y la geoquímica de zonas cubiertas y parcialmente cubiertas. Esta última ha empezado a usarse desde la década del 90 como método de exploración (Kelley y otros, 2003), basada en modelos conceptuales y metodologías variadas, con la ventaja de tener menor costo y requerir menos tiempo de análisis que otros procedimientos.

En la franja metalogénica del Paleoceno-Eoceno del norte chileno (Camus, 2003), a unos 30 km al oeste del yacimiento cuprífero Chuquicamata y 60 km al norte en línea recta del depósito de pórfido cuprífero denominado Spence, y con similar cobertura de gravas, se ubica el sector Pampa Las Torres, propiedad de Codelco, Región de Antofagasta, Chile. Pertenece a un área que no ha sido estudiada en detalle, compuesta por una extensa zona recubierta por gravas y una serie de afloramientos acotados. En esta zona dentro del proyecto de esta memoria, se aborda por un lado el mapeo geológico de superficie de las rocas aflorantes a escala 1:10.000, incluyendo estructuras, litología, alteración y mineralización, y por otro, se realizó geoquímica de superficie en las gravas para la potencial localización de depósitos de tipo pórfido de cobre en zonas cubiertas.

La geoquímica de superficie (sin sondajes) ha sido una técnica usada comúnmente para la exploración en geología económica, desarrollándose diversos métodos con el fin de acotar una superficie de prospección y enfocada en el descubrimiento de distribuciones anómalas de elementos. En este trabajo, se utilizará la geoquímica de superficie, con la hipótesis de que en la zona de gravas algunos elementos químicos prospectivos (Cu, Au, Ag, Zn y Pb) presentes en un eventual cuerpo sulfurado en profundidad, podrían ascender e interactuar con la superficie, quedando atrapados bajo una capa de caliche formada por evaporación en suelos con clima

desértico, resultando en señales anómalas en el techo de capas de gravas, bajo la cobertura aluvial más reciente (Cameron, 2004).

Para esto, se efectuaron análisis litogeoquímicos con el método espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) y disolución de agua regia, con el fin de obtener señales de estos elementos químicos en la zona cubierta por gravas. Se complementa este estudio con análisis geoquímicos con el método de espectrometría de masas con espectrofotómetro de emisión óptico (ICP-OES) y digestión de 4 ácidos en las rocas aflorantes. Por otra parte, se profundiza el conocimiento del sector con observaciones petrográficas y petrológicas de las rocas en superficie, que permita determinar la geología del área a una escala más detallada que la existente.

La presente memoria evalúa el uso de herramientas de prospección geoquímica aplicadas en una cobertura aluvial que potencialmente podría cubrir un depósito en profundidad, donde se desconoce la naturaleza del sustrato. Fue desarrollada con el apoyo de Exploraciones Mineras S.A. (EMSA), bajo el título “Estudio Geoquímico Piloto en Áreas Cubiertas”.

## **1.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar el potencial metalogénico del sector denominado Pampa Las Torres, con el propósito de identificar la eventual presencia en profundidad de un sistema mineralizado del tipo pórfido cuprífero con interés económico.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Obtener información de la litología, alteración, estructuras mineralización y geoquímica, tanto de las gravas como de los afloramientos rocosos, a escala 1:10.000.

- Definir la alteración y mineralogía de las zonas de afloramientos mediante análisis SWIR (*Short Wave Infrared Reflectance*) y el estudio de cortes transparentes.
- Identificar potenciales anomalías geoquímicas de cobre que indiquen zonas mineralizadas bajo superficie, utilizando composición de las gravas muestreadas y afloramientos.
- Contrastar resultados con depósitos conocidos con cobertura aluvial.
- Proponer sitios de perforación para un futuro análisis.

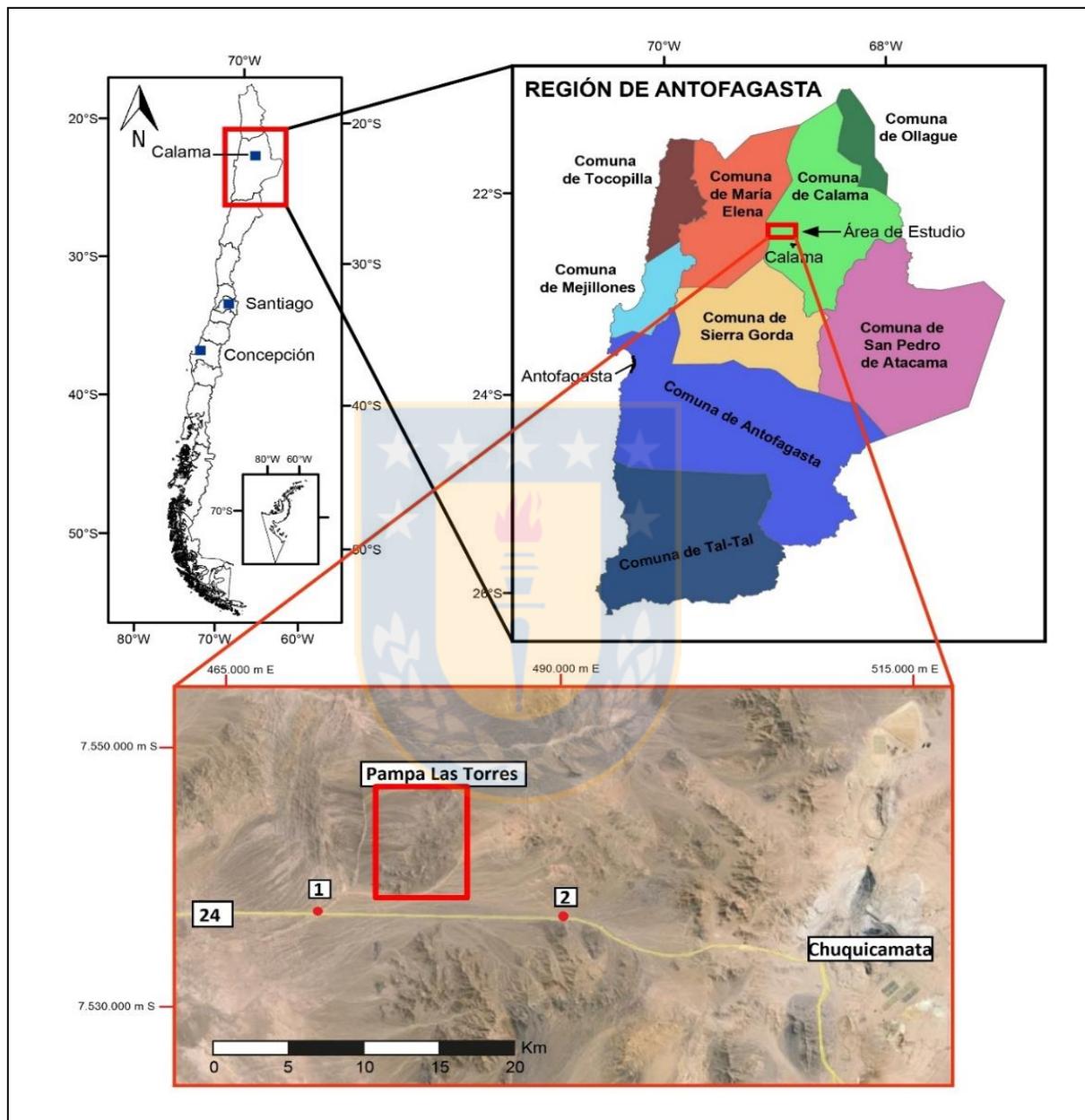
## 1.2. UBICACIÓN, ACCESOS Y CLIMA

La localidad Pampa Las Torres se ubica a 60 km en línea recta al noroeste de la ciudad de Calama, Región de Antofagasta, y a unos 30 km al oeste de la mina Chuquicamata (Figura 1.1). Se encuentra a una altitud promedio de 2.000 m s.n.m., entre las coordenadas UTM huso 19S 7.545.000-7.538.000 N y 475.000-481.000 E. Es parte de los cuadrángulos “Cerros de Montecristo” y “Quebrada Chug-Chug”, ambos a escala 1:50.000.

Para acceder al sitio, desde la ciudad de Calama se toma la Ruta 24 hacia Tocopilla por unos 40 km y se continúa por el camino lateral de las torres de tensión unos 15 km (punto 1 en Figura 1.1). Alternativamente, se puede ingresar por la Ruta 24 desde Calama por unos 25 km y se continúa por un camino de tierra en buen estado y señalizado (punto 2 en Figura 1.1), en dirección a los petroglifos de Chug-Chug, hasta llegar al camino principal, desviándose hacia el oeste unos 5 km aproximadamente.

Durante el Paleoceno-Eoceno hasta finales del Oligoceno el clima en el norte de Chile se clasifica como árido a semi árido, donde la tasa de erosión era en promedio de 50 m/Ma, destacándose el período entre el Eoceno al Oligoceno con una tasa de 100-200 m/Ma (Camus, 2003). Ya en el Mioceno, antecedentes de dataciones e interpretación de ambientes supérgenos, indican que la hiperaridez se habría iniciado en el Mioceno medio, a los 14 Ma (Alpers y Brimhall, 1988; Sillitoe y McKee, 1996, en Olivares, 2006) o a los 9 Ma (Arancibia y otros, 2005), como resultado del alzamiento y la posterior creación de una barrera para el paso de las

masas de aire caliente proveniente del Amazonas que estabilizaron el anticiclón del Pacífico SW en su posición actual (Alpers y Brimhall, 1988, en Camus, 2003). Estas condiciones son responsables del paisaje desértico y la acumulación de gravas en el sector en la actualidad.



**Figura 1.1:** Ubicación del área de estudio. Los puntos 1 y 2 corresponden a los caminos existentes para llegar desde la Ruta 24. Rectángulo rojo corresponde a la zona de estudio.

El clima actual en el área de estudio corresponde al desértico normal, el que se presenta sobre los 1.000 m de altura. Caracterizado por una baja humedad relativa, sin influencia

marítima, fuertes cambios entre el día y la noche y ausencia de precipitaciones. Esporádicamente, por efecto del Invierno Boliviano, se registran precipitaciones durante el verano de moderada intensidad y en periodos de corta duración. Bajo los 2.500 m la región tiene un promedio de temperaturas moderadas entre 12,2° a 19,8°C.

### 1.3. TRABAJOS ANTERIORES

Marinovic y Lahsen (1984) describen la geología general de la zona comprendida entre los 22°-23° S y los 69°30' W y la frontera de Bolivia, en la Hoja Calama escala 1:250.000.

Lira (1989) realiza un estudio de la geología del área pre-andina de Calama con énfasis en la estratigrafía y paleogeografía, ayudando en la identificación de fósiles de la Formación Quehuita, aflorante en gran parte del área de este trabajo.

Boric y otros (1990) entregan una base geológica para el mapa metalogénico de la Región de Antofagasta, con una reasignación de las edades de las unidades litoestratigráficas y una modificación de la cartografía geológica preexistente.

Chong y Pardo (1993) describen la geología del distrito de Chuquicamata, Región de Antofagasta, donde catalogan y asignan edades a fósiles de la Formación Quehuita.

Maksaev y Mpodozis (1994) generan un mapa metalogénico de la frontera argentino-chilena a escala 1:1.000.000 entre los 22° y 34° S. En ese mismo año, Maksaev y otros (1994) estudian la geología de la franja longitudinal comprendida entre Quebrada Blanca y Chuquicamata, entre las coordenadas 20°30'-22°30' S y 68°30'- 69°00' W, a escala 1:50.000, con énfasis en la geología estructural y evolución geológica del "Terciario".

Ladino (1998) hace un levantamiento geológico de la parte occidental de los cuadrángulos Quebrada Chug-Chug y Cerros de Montecristo, Región de Antofagasta, Chile.

Tomlinson y otros (1994 y 2001) confeccionan la geología de la “Precordillera Andina de Quebrada Blanca-Chuquicamata entre los 20°30’-22°30’S”, generando un mapa a escala 1:50.000 de gran parte de las unidades litológicas de este estudio. Este trabajo está enfocado en los principales sistemas estructurales e historia cronológica, en forma especial a los vinculados espacial y temporalmente con los yacimientos de cobre tipo pórfido del “Terciario inferior” como también del Mesozoico.

Hintze (2014) hace un reconocimiento geológico de blancos del sector La Joya (zona de Chug-Chug, sur de Quillagua, ubicadas hacia el lado este del área de estudio). Informe inédito EMSA.

Baeza (2015) en un reconocimiento geológico del Área A-05 a escala 1:25.000, de la cual es parte el sector Pampa Las Torres, ubicado al noroeste de El Inca, recolecta un total de 62 muestras de roca para estudios químicos, espectrales y especiales, 21 de las cuales fueron tomadas en el área de este trabajo. Informe inédito EMSA.

## **1.4. MÉTODOLOGÍA DE TRABAJO**

Se realizó un muestreo litológico y geoquímico de gravas y rocas en el área entre los meses de marzo a diciembre de 2015. En primera instancia, se analizaron geoquímicamente gravas de ocho zonas de propiedad de CODELCO. Sin embargo, debido a limitaciones de tiempo, esta investigación se acotó a un sector denominado Pampa Las Torres, con una superficie de ~35 km<sup>2</sup>. En este lugar, además, se realizó un segundo estudio geoquímico, esta vez en roca fresca. Finalmente, se confeccionó un mapa geológico de los afloramientos presentes.

### **1.4.1. Etapa de gabinete I**

Se elaboró una carta Gantt que contemplaba los terrenos de los ocho sectores mencionados inicialmente, el tiempo de análisis y la interpretación de los resultados.

#### **1.4.1.1. Preparación de muestreo**

Consistió en: a) la selección de los lugares para los dos estudios geoquímicos, b) el reconocimiento digital de imágenes satelitales para distinguir cursos intermitentes de agua que pudieran interferir con los resultados de los análisis geoquímicos, c) el diseño de las mallas de muestreo considerando lugares topográficos bajos, y d) el establecimiento del protocolo de toma de muestras y perforación.

#### **1.4.1.2. Recopilación de información**

Compilación de la información publicada: informes de consultores, archivos de *geodatabase* disponibles y cartas geológicas existentes para el área de estudio. Todo esto con el fin de preparar una imagen satelital a escala 1:10.000 de la zona Pampa Las Torres, junto con un plan de mapeo de las gravas.

### **1.4.2. Etapa de terreno**

#### **1.4.2.1. Muestreo geoquímico de gravas**

Tomó lugar entre el 26 de marzo y el 26 de abril de 2015 en varias zonas del distrito Codelco Norte. En esta campaña se perforaron 349 pozos a una profundidad máxima de 3 m en una malla equidistante y regular, obteniéndose un total de 605 muestras.

Para la zona Pampa Las Torres, las perforaciones se hicieron entre el 5 y 7 de abril de 2015, tomándose 31 muestras, las que fueron empaquetadas en bolsas y enviadas al laboratorio Andes Analytical Assay (3aaa). Más detalles en el Capítulo 4.1.

#### **1.4.2.2. Mapeo superficial**

La primera campaña de reconocimiento y de terreno en los afloramientos en el área de Pampa Las Torres tuvo lugar durante el mes de junio de 2015.

Luego, en el mes de agosto del mismo año, en compañía del geólogo Luis Baeza, se llevó a cabo la segunda campaña, donde se recolectan: a) 52 muestras para análisis geoquímico de chips de roca lo más fresca posible, b) 31 muestras para análisis de la mineralogía de alteración mediante SWIR (*Short Wave Infra Red*), utilizando *Specterra*, c) 12 muestras para sulfuros relictos, y d) 12 muestras para cortes transparentes. Además, se completa la caracterización del área a una escala 1:10.000 con el estudio de la litología, la mineralización y zona de alteración principal, digitándolo con el software ArcGIS versión 10.1.

### **1.4.3. Etapa de laboratorio**

#### **1.4.3.1. Análisis geoquímico de gravas y de rocas frescas**

Se envía para chancado, molienda y posterior análisis de geoquímica de suelo las 31 muestras tomadas en el área. El tratamiento incluyó digestión con agua regia y lectura ICP-MS en laboratorio 3aaa. Las 52 muestras de chips de rocas para análisis geoquímico se analizaron con digestión de 4 ácidos y lectura ICP-OES en laboratorios 3aaa y SGS CIMM T&S, respectivamente. Luego se genera un compendio de la información obtenida en terreno en una base de datos, para poder analizarla e interpretarla de manera estadística.

La siguiente etapa consiste en el envío de muestras de estudios especiales. La espectrometría infrarroja se realiza con el instrumento *Specterra*, propiedad de EMSA y se aplica a las 31 muestras para geoquímica y las 14 muestras de mano. Se efectúa entre 2 y 7 lecturas por muestra, dependiendo de la heterogeneidad de la muestra. Los espectros se interpretan con el software SPECMIN de *Spectral International*, el cuál entrega posibles minerales según conjugaciones de espectros.

La espectrometría de onda corta de infrarrojo discrimina minerales por el efecto de absorción selectiva según amplitudes y longitudes de onda, generando zonas deprimidas y *peaks* en reflectividad en función del material utilizado (Thompson y otros, 1999). Sin embargo, algunas muestras podrían no poseer minerales sensibles al infrarrojo y no generar señal. Esta técnica se aplica a 14 muestras, mostrando minerales supérgenos como caolinita, illita (*peak* de

~2,2  $\mu\text{m}$ ), illita-esmectita (*peak* ~1,4 y 2,2  $\mu\text{m}$ ), esmectita, montmorillonita, y en menor medida, arcillas amorfas en reemplazo de plagioclasa.

Se confeccionan cortes pulido-transparentes de 14 muestras de mano, cuya descripción se realiza con los microscopios ópticos de la Universidad de Concepción. Doce muestras fueron enviadas para conteo de sulfuros relictos en la empresa Geomaq Limitada.

#### **1.4.4. Etapa de gabinete II**

Finalmente se integra la información obtenida sintetizándola en un mapa geológico para exploración, incluyendo alteración, mineralización, envoltentes geoquímicas de elementos enfocados en prospección de pórfidos cupríferos (Ag, Au, Cu, Mo, Pb, Zn), litología y estructuras. El análisis de la información permitió definir una propuesta donde realizar sondajes. Finalmente, se redactó esta memoria.

### **1.5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Durante el período 2013-2014 la empresa Western Mining Services (WMS) desarrolla trabajos de búsqueda (*targeting*) para el Distrito Codelco Norte (DCN) con el fin de encontrar nuevas áreas de exploración. Realizaron un procesamiento de datos geofísicos y geotectónicos basándose en estructuras de primer orden, llamadas también corredores estructurales fundamentales, las cuales son interpretadas como límites a nivel litosférico y que facilitarían la ascensión de fluidos mineralizados.

Hintze (2014) en un informe interno, efectuó un reconocimiento geológico y muestreo del sector sureste del área de este trabajo, señalando una “ocurrencia dual de afloramientos de la *suite* cretácica/jurásica de intrusivos y cajas”. Recomendó efectuar un estudio geoquímico para definir elementos que avalen la ocurrencia, en profundidad o lateralmente, de intrusivos productivos.

Durante el 2015, el geólogo consultor Luis Baeza y el equipo de la División de Codelco Norte determinan nuevas zonas de interés basándose en los estudios previos antes mencionados.

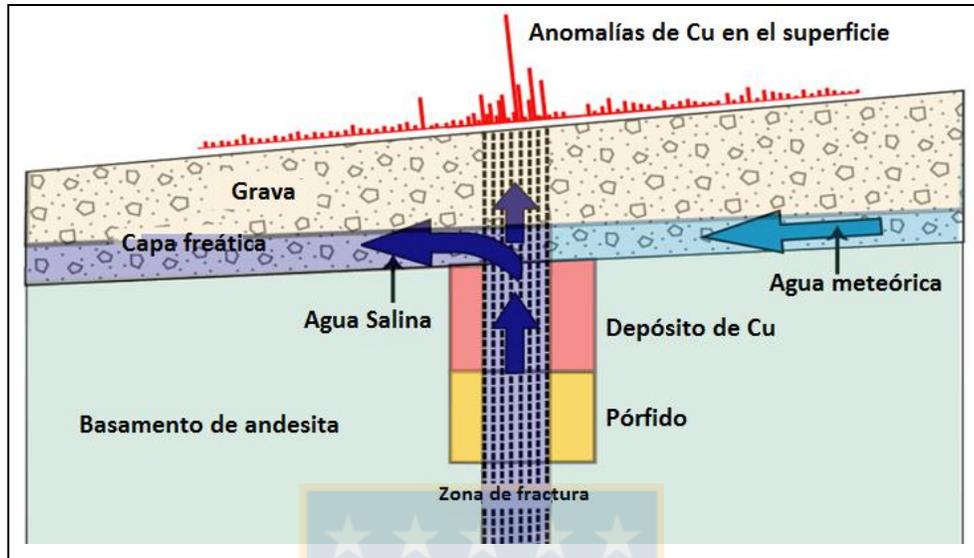
Se enfocaron en franjas de intrusivos productivos en áreas donde no se tenía más información. Entre estas zonas está A-05, lugar que se reconoce geológicamente en febrero de 2015, definiéndose 3 sectores de interés, uno de los cuales abarca Pampa Las Torres. Al ser ésta un área en su mayoría cubierta, con pocos afloramientos, se elige sector para poner a prueba la hipótesis de prospección geoquímica a través de ascenso de cationes en profundidad. Gran parte de la información de esto último proviene de la investigación de contención de residuos nucleares enterrados (Cameron, 2004). A partir de eso, numerosos autores han propuesto diversas teorías sobre la ascensión a la superficie de elementos relacionados a un cuerpo mineral bajo cobertura en climas áridos a semiáridos.

Cómo método de ascensión a la superficie de material enterrado Cameron (2004) propone dos mecanismos: a) transporte advectivo a través de aguas subterráneas durante actividad sísmica; b) burbujas de gas en ascenso barométrico. Xie y otros (2011) sugieren que los sulfuros de cobre en un ambiente árido a semiárido ascenderían a la superficie mediante dos procesos: a) a través de las capas de gravas como una solución salina, b) adherida a las burbujas de gas o agua. Ambos mecanismos requieren rocas fracturadas (Cameron, 2004), donde el flujo advectivo es más eficiente que la difusión.

El ascenso del primer mecanismo, por medio de bombeo tectónico, ha sido ampliamente reconocido (Tchalenko, 1973; Tchalenko y Berberian, 1974; Sibson y otros, 1975; Sibson, 1981, todos en Cameron, 2004). Esta hipótesis propone que en períodos pre-sísmicos la extensión produce fracturas en la corteza superior frágil y con esto, se generan vías para que puedan ascender las aguas subterráneas. Durante los terremotos estas vías se cierran por compresión, obligando a las aguas a ascender a través de fallas (como en el caso de Spence Figura 1.2) resultando en una continua efusión del líquido hasta semanas después donde los fluidos emigran hacia la superficie a través de fracturas.

Por otro lado, el ascenso barométrico se refiere a un proceso cíclico de altas y bajas presiones, en donde el aire del exterior que posee mayor volumen entra a la roca fracturada con menor volumen, mezclándose con los gases de la roca, y luego, al bajar la presión, esta mezcla es expulsada, y después de varios ciclos alcanza la superficie. Estos gases pueden migrar por

difusión a través de agua o aire, o en forma advectiva como el resultado de un movimiento de masas de agua o aire que contienen los gases. Esto se puede aplicar sólo a rocas fracturadas.



**Figura 1.2:** Modelo conceptual de ascenso de cationes y formación de anomalías geoquímicas en los suelos. Los cationes vinculados a mineralización de cobre asociada a pórfidos son introducidos a través de zonas de fracturas en el pórfido cuprífero Spence. Se aprecia la zona de mayor anomalía de Cu en superficie en ppm justo encima de la ubicación del pórfido, a través de las gravas. Modificado de Cameron (2005).

La búsqueda convencional de anomalías geoquímicas en suelos ocupando una digestión total no ha dado resultados para depósitos relacionados a elementos como Pb, Zn, Cu y Ag (Wang y otros, 2014). Es por eso que se pensó en métodos de lixiviación parcial y/o selectiva como agua desionizada, acetato de amonio, hidrocloreto hidroxilamina, *enzyme leach*, *mobile metal ion* (MMI) y agua regia. El propósito de utilizar esta última técnica de lixiviación parcial en este trabajo es remover los pequeños iones metálicos y nano-partículas de otros minerales considerados exógenos del suelo, dejando el sustrato endógeno sin efecto, es decir, minerales primarios derivados de rocas que se estabilizan en otros minerales a temperaturas bajas. Este método ataca agresivamente a óxidos, carbonatos, sulfuros, cloruros, la mayoría de los sulfatos y parcialmente arcillas (Kelley, 2003).

Si bien con otras técnicas de lixiviación selectiva se obtiene un mayor contraste entre las anomalías y los valores de fondo, la disolución con agua regia funciona bien para dar información de la composición total de los suelos y puede dar buenos resultados para anomalías

maduras, donde los elementos ya no interactúan de gran manera con la superficie, como en este caso lo son las gravas formadas hace millones de años, tiempo en el cual, los metales con origen exógeno son incorporados como minerales secundarios. Además, al afectar débilmente a numerosos elementos, la correlación geoquímica entre elementos aumenta.

Así, en este estudio, se utilizó agua regia para atacar la matriz de carbonatos y minerales solubles neo-formados presentes en los niveles de caliche que pudieran captar la señal geoquímica producto de los procesos de óxido-reducción generados en yacimientos cubiertos, fruto de la interacción del depósito sulfurado con oxígeno y agua en cercanía con el nivel freático (López, 2014).

Al ser la prospección geoquímica un método indirecto, para ratificar que los resultados obtenidos corresponden a una anomalía propia de las gravas o no, se ocupa geoquímica de rocas para evaluar los valores de fondo obtenidos en los afloramientos y compararlos con los valores anómalos obtenidos en los estudios geoquímicos de gravas, contrarrestando la cercanía al afloramiento y el tipo de roca al que se ven relacionadas las anomalías.

## **1.6. AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecer en primer lugar, a la empresa EMSA, la cual me permitió llevar a cabo este trabajo. A los compañeros de labores que conocí, a los asistentes. Muchas gracias por haberme acogido de tan lejos y brindarme su ayuda y conocimiento.

Agradezco de igual modo a la profesora Laura, por su paciencia y sus ánimos para terminar la memoria. A los académicos y asistentes del departamento de Geología y del GEA, muchas gracias.

Aprovecho esta instancia para tributarles mi agradecimiento a mis amigos: Frodo, Rommy y Macca, por sus buenas vibras, los almuerzos compartidos y tantas experiencias vividas a lo largo de todos estos años de carrera.

Mención especial a Ricardo y su familia, gracias por el apoyo constante y por acogerme en su hogar.

Por último, pero no por ello menos importante, manifestar mi profusa e inestimable gratitud a mi familia, que siempre ha estado ahí para apoyarme: A mi madre por su amor, confianza y apoyo irrestricto en esta aventura académica que decidí seguir; mis hermanos por sus buenos augurios y cariño constante; mis tías, que de algún u otro modo han manifestado con su afecto y preocupación por mí a pesar de la distancia; mis sobrinas, quienes me recuerdan el valor de maravillarse con el entorno con ojos de niños, y descubrir en ello la magia de la vida; y finalmente a Rrrñau, cuya ser sólo puede ser rotulado de magnífico. Son lo más importante en mi vida.



## 2. MARCO GEOLÓGICO

### 2.1. MARCO GEOLÓGICO DISTRITAL

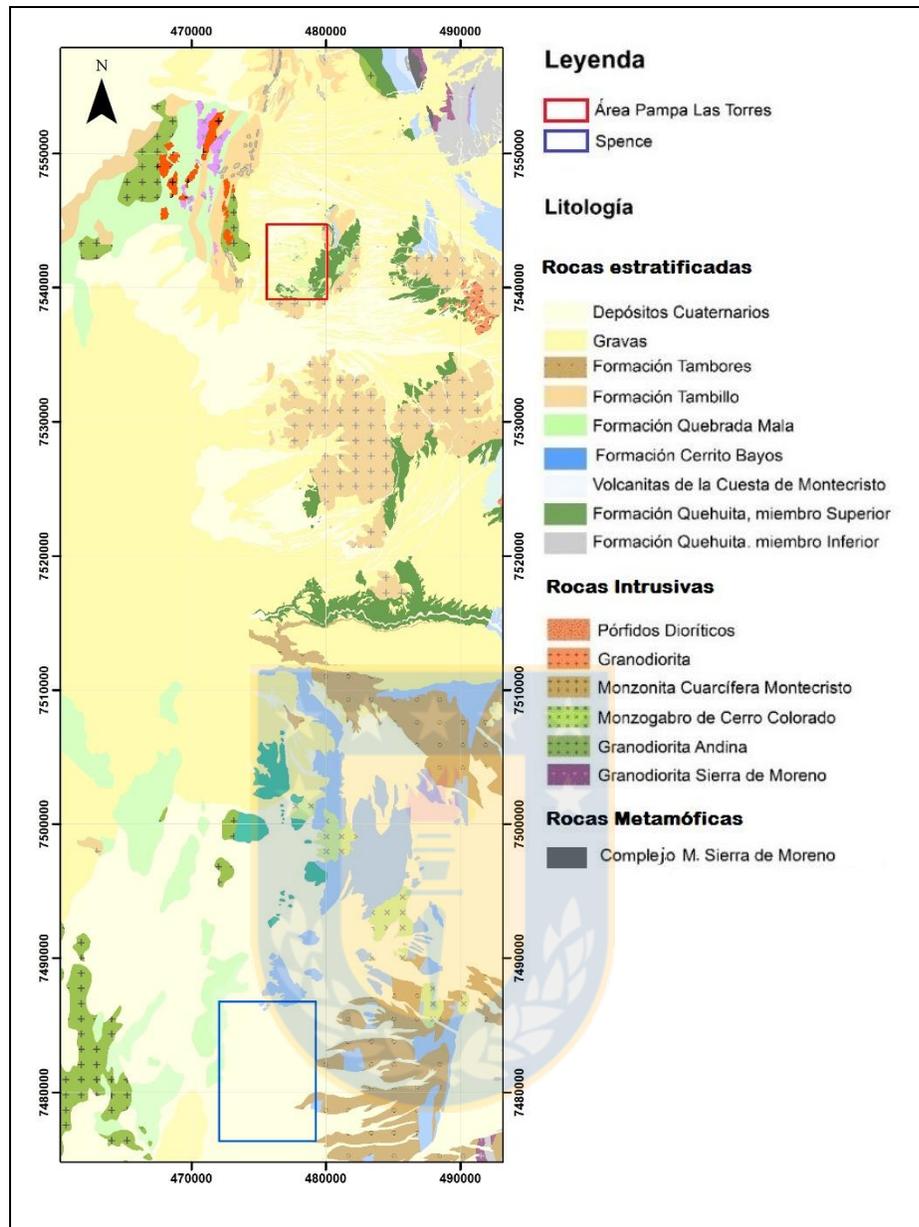
#### 2.1.1. Generalidades

El área de estudio, ubicada en el distrito Codelco Norte pertenece a la franja de pórfidos cupríferos del Paleoceno (Camus, 2003), donde se encuentran depósitos tipo pórfido cuprífero como Spence, Cerro Verde, Cerro Colorado, Sierra Gorda, entre otros. Está limitada al NW por la Sierra de Moreno y al SE por la Sierra Limón Verde, elemento topográfico más elevado de la Cordillera de Domeyko. A su vez, se encuentra restringida por quebradas que la separa de los afloramientos más cercanos. A continuación, se describen las unidades geológicas más importantes presentes en el área (Figura 2.1).

#### 2.1.2. Rocas Metamórficas

##### 2.1.2.1. Paleozoico

El Complejo Metamórfico de Sierra de Moreno es la unidad más antigua aflorante en el distrito. Es producto de un metamorfismo regional medio a alto y una compleja deformación tectónica durante el Cámbrico y el Silúrico. Está compuesto principalmente por esquistos y migmatitas en varias unidades agrupadas bajo la denominación de Rocas Metamórficas de Sierra de Moreno, puesto que dicho cordón montañoso constituye la localidad tipo de esta unidad (Skarmeta y Marinovic, 1981, en Tomlinson y otros, 2001). Presenta una base desconocida y un techo cubierto en discordancia angular y de erosión por rocas sedimentarias clásticas y marinas. Se encuentra intruido por granitos peraluminosos de muscovita y dioritas de edad Ordovícico-Silúrico, probablemente de emplazamiento sincrónico al metamorfismo, produciendo zonas de mezcla (migmatitas) en condiciones de alta plasticidad/movilidad. Coincide con la fase tectónica Oclóyica (Turner y Méndez, 1979, en Tomlinson y otros, 2001), que afectó al norte de Chile y noroeste de Argentina.



**Figura 2.1:** Mapa Geológico de las unidades aledañas al área de estudio. En rectángulo rojo sector de estudio, en rectángulo azul el yacimiento Spence. Modificado de Tomlinson, 2001.

El 80 a 90% de esta unidad corresponde a esquistos micáceos foliados de color gris metálico o negro, con venas claras de segregación de cuarzo. Posee texturas lepidoblásticas a granoblásticas constituidas por un agregado de cristales finos de cuarzo, plagioclasa muy subordinada, abundante biotita orientada en forma subparalela y reemplazada, en parte, por muscovita (en agregados subradiales) y clorita. En menor medida hay esquistos de anfíbol de color verde oscuro o negro con textura nematoblástica y están constituidas por un agregado fino

de cristales aciculares orientados de hornblenda, con plagioclasa subordinada, cuarzo y escaso esfeno.

### 2.1.3. Rocas Estratificadas

#### 2.1.3.1. Jurásico Inferior-Cretácico Inferior

La unidad sedimentaria más antigua en el área es la Formación Quehuita, definida por Vergara (1978) como una secuencia de areniscas, lutitas, calizas y depósitos evaporíticos, de origen marino y continental. Esta formación está dividida en dos miembros: uno inferior, marino y uno superior, continental. La formación se distribuye a lo largo de todo el distrito y es reconocida ampliamente en la zona estudiada, al lado oeste de la Falla Oeste.

El miembro inferior está constituido por rocas sedimentarias bien estratificadas en capas de 0,1 a 2 m de potencia, con abundantes fósiles marinos y con litología predominante de rocas calcáreas de color pardo, gris y amarillento (calizas, calcarenitas, areniscas calcáreas, calcilutitas) en la base y lutitas grises o negras en la porción superior. Mientras que hacia el techo predominan niveles de yeso. Se presenta en discordancia de erosión sobre la Formación Sama del Triásico Superior y en discordancia sobre rocas del basamento Paleozoico a Triásico Medio. Se le asigna la edad de Hettangiano-Oxfordiano por su contenido fosilífero de ammonites, que ordenados cronológicamente desde el más antiguo al más nuevo son: *Schlotheimia* sp., *Curviceras* sp., *Psiloceras* sp., *Badouxia* sp., *Euaspidoceras* sp., *Microsphinctes* sp., *Perisphinctes* sp. y *Exogyra vírgula* (Tomlinson y otros, 2001). Este miembro se habría depositado en un ambiente marino litoral a sublitoral, en una cuenca epicontinental denominada Cuenca de Tarapacá durante el Jurásico Inferior. Ya en el Jurásico Medio el ambiente cambia a un dominio de plataforma carbonática infralitoral para luego dar paso a una profundización de la cuenca o un aumento de aporte terrígeno con dominio de lutitas y evaporitas durante el Oxfordiano (Tomlinson y otros, 2001).

El miembro superior, por su parte, está formado por una secuencia de areniscas y limonitas bien estratificadas, de color rojizo a verdoso. Estas rocas presentan estratificación

cruzada, laminación paralela, ondulitas, grietas de barro y restos vegetales fósiles, con presencia de huellas de pisadas de dinosaurios en los niveles superiores arenosos (Tomlinson y otros, 2001). Subyace de manera concordante a las Volcanitas de la Cuesta de Montecristo, y en forma discordante angular a las formaciones Cerro Empexa, Tambillo y Tolar, del Cretácico Superior-Eoceno inferior.

La edad máxima de esta formación está dada por el miembro inferior de la Formación Quehuita y la edad mínima por relaciones de contacto con la Formación Tambillo, a la que infrayace y que está constituida por un conjunto de rocas sedimentarias clásticas y filones mantos andesíticos y basálticos, datados en  $73 \pm 1,5$  Ma (K-Ar en roca total, Chong y Pardo, 1993, en Tomlinson y otros, 2001) y  $61 \pm 1$  Ma (K-Ar en roca total, Tomlinson y otros, 2001). Por otra parte, está cortada por intrusivos de edad Cretácico Superior-Paleoceno. De esta forma, la edad para el miembro superior de la Formación Quehuita va desde el Kimmeridgiano al Cretácico Inferior.

Luego de la profundización de la cuenca, durante el Oxfordiano se inicia un período de regresión y aporte terrígeno, en el que colmata la Cuenca de Tarapacá y se forma una llanura que probablemente persistió durante el Cretácico Inferior, bajo condiciones aluviales y lacustres y con desarrollo de estructuras tipo ondulitas y grietas de desecación (Maksaev y otros, 1994, en Tomlinson y otros, 2001).

Sobreyaciendo al miembro Superior de la Formación Quehuita, en forma concordante, se encuentra la unidad informal Volcanitas de la Cuesta de Montecristo. Ésta corresponde a una secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas bien estratificadas, de color gris violáceo, intruida por diferentes *stocks* dentro del área. Se le otorga una edad Cretácico Inferior tardío por sus relaciones de contacto, ya que infrayace en forma discordante angular a rocas volcánicas asignadas a la Formación Cerro Empexa de edad Cretácico Superior-Paleoceno.

La litología consiste en brechas finas y areniscas tobáceas guijarrosas con clastos de basaltos de olivino amigdaloidales y andesitas basálticas, incluidos en una matriz detrítico-calcárea y brechas medias a gruesas de andesita basáltica amigdaloides, con matriz arenosa de cemento calcáreo y dacitas acotadas de anfíbol y/o piroxeno, con textura porfídica de grano fino a

medio, con fenocristales de plagioclasa y anfíbola alterada (Tomlinson y otros, 2001). Por lo general, estas rocas están argilizadas y epidotizadas y los fenocristales máficos alterados parcial o totalmente a calcita.

La Formación Cerritos Bayos se distribuye en la parte sur del distrito (Figura 2.1) y fue definida por Biese (1961) como una secuencia de calizas y margas, intercaladas con niveles de yeso, anhidrita y sales, evidenciando un período de regresión marina en una cuenca angosta a finales del depósito. Sobreyace en concordancia a rocas evaporíticas del Kimmeridgiano temprano e infrayace en forma concordante a rocas clásticas y volcánicas, areniscas y limonitas correspondientes a un ciclo continental árido desarrollado en el Cretácico Inferior. Por relaciones de contacto se le otorga una edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

### **2.1.3.2. Cretácico Superior-Oligoceno**

En este período se deposita la Formación Quebrada Mala, la cual aflora en los alrededores del yacimiento Spence (Figura 2.1) como parte de la roca huésped que alberga la mineralización. Fue definida por Montaña (1976) como una secuencia volcanosedimentaria continental, presente en la quebrada del mismo nombre, al sureste de Sierra Gorda. Litológicamente está compuesta de conglomerados en la base, lavas andesíticas, tobas y areniscas medias a finas en el techo. Se le asigna una edad de Cretácico Superior por dataciones radiométricas determinadas en andesitas, K-Ar en plagioclasas y K-Ar en sericita, dando una edad de  $67 \pm 5$  Ma y  $80 \pm 3$  Ma, respectivamente (Alvarado, 2008, en Zúñiga, 2009).

En el sector norte del área aflora la Formación Tambillo que fue definida por Skarmeta y Marinovic (1981), consiste un conjunto de rocas sedimentarias clásticas, de colores rojos y violáceos, que afloran entre las quebradas Tilpa y Tambillo, en el flanco oeste de la Sierra de Moreno. Sobreyace en discordancia angular a la Formación Quehuita al norte del área de estudio y está limitada en la parte superior por las fallas inversas Barrera y Quehuita, e infrayace en discordancia a la Formación Sichal de edad Oligoceno-Mioceno medio. Su edad es Cretácico Superior-Oligoceno sobre la base de correlaciones estratigráficas con la Formación Tolar y la Formación Altos de Pica (Tomlinson y otros, 2001).

Litológicamente se divide en dos unidades: Miembro 1 o inferior, el cual consiste en una secuencia alternada de areniscas finas a gruesas estratificadas y conglomerados rojos (evidenciando un depósito en condiciones climáticas semi áridas), con intercalaciones de sedimentitas carbonáticas (calcilitas y calizas margosas). El Miembro 2 o superior, constituido casi exclusivamente por conglomerados mal seleccionados rojizos, de finos hasta bolones, con intercalaciones subordinadas de areniscas gruesas de color rojo y con clastos esencialmente de andesitas y lutitas negras y rojas.

Al oriente del yacimiento Spence, aflora la Formación Tambores (Figura 2.1) de edad Oligoceno-Mioceno inferior. Definida por Dingman (1963), se dispone en discordancia angular sobre las formaciones Tuina, Purilactis y Barros Arana, y bajo la Ignimbrita Sifón. Se compone de gravas y conglomerados de color gris claro a oscuro, mal consolidados, con intercalaciones de areniscas finas a gruesas. Marinovic y Lahsen (1984) señalaron que esta unidad se depositó en un ambiente continental, aluvial y de piedemonte, con esporádicas corrientes fluviales. Tanto los conglomerados como las areniscas presentan estratificación cruzada e imbricación de los clastos que indican paleocorrientes desde el oeste.

### **2.1.3.3. Mioceno-Cuaternario**

Dispuesta sobre todas las unidades descritas anteriores se encuentra la Unidad de Gravas, definida como depósitos semi consolidados y no consolidados, mal seleccionados y pobremente estratificados. Constituye extensas planicies aluviales o pampas y depósitos de piedemonte antiguos. Se encuentran intercalados con niveles de ignimbritas y tobas con edades entre 11 y 2,8 Ma por análisis K-Ar en biotitas y cementados parcialmente por sales de carbonatos, zeolitas y yodatos. Edades entre 21 y 15 Ma se obtuvieron para la mineralización exótica cuprífera manifestada como cemento de limonitas y óxidos de cobre en las gravas en los yacimientos de Chuquicamata, Mansa Mina y Ujina, basado en dataciones K-Ar en alunitas, otorgando una edad Mioceno–Plioceno para esta unidad (Tomlinson y otros, 2001). La litología consiste en clastos angulares a subangulares incluidos en una matriz de arena, limo y arcilla, donde la composición depende de las unidades erosionadas. Su origen se relaciona a sucesivas acumulaciones de flujos de detritos que depositan su carga en la porción intermedia a basal de los abanicos aluviales, facilitado por el clima árido en el área durante ese período.

Sobre la Unidad de Gravas, y distribuida por todo el sector, aflorando especialmente en quebradas y bajos topográficos, se encuentra la Formación Chiu Chiu. Esta fue definida por Naranjo y Paskoff (1981) para designar a una secuencia de limos y arcillas con componentes calcáreos, de color gris, pardo, verde claro y amarillento, mal seleccionados y subangulares a redondeados, con intercalaciones de diatomitas y yeso, que aflora típicamente en los alrededores de la localidad de Chiu Chiu y a lo largo del curso de los ríos Loa y Salado. Se encuentra parcialmente cubierta por sedimentos fluviales holocenos del río Loa, sedimentos aluviales recientes y depósitos salinos de los salares Rudolph y Brinkerhoff (Tomlinson y otros, 2001). Su edad es Plioceno superior tardío-Pleistoceno atribuida por relación de contacto al infrayacer a la Formación El Loa, de edad Mioceno inferior-Plioceno. Su potencia es variable, alcanzando hasta los 50 m. Su ambiente de depositación corresponde a lacustre de agua dulce o salobre, desarrollado en la Cuenca de Calama.

Finalmente, otros depósitos existentes en el área son cuaternarios, que consisten en gravas y ripios polimícticos, mal seleccionados con clastos subangulares a redondeados, producto de la erosión más reciente de las laderas pronunciadas adyacentes. Además, coexisten depósitos salinos, formados en cuencas de drenaje interno, compuestos por halita, sulfatos cálcicos y magnésicos, con costras sub-superficiales de sulfatos, cloruros y carbonatos de Na y Ca, y depósitos glaciares restringidos a las zonas más altas de la cadena volcánica neógena-cuaternaria.

## **2.1.4. Rocas Intrusivas**

### **2.1.4.1. Intrusivos Paleozoicos**

Estos intrusivos pertenecen al Complejo Sierra Moreno, y afloran en la parte norte del sector en estudio (Figura 2.1). Entre ellos está la unidad Granodiorita de Sierra Moreno, de color grisáceo, compuesta de biotita, anfíbol y cristales de microclina, ortoclasa y plagioclasa. La edad estimada es Carbonífero-Pérmico sobre la base de dataciones K-Ar en biotita de  $297 \pm 7$  Ma y  $332 \pm 7$  Ma (Tomlinson y otros, 2001). Producto de la intrusión de *stocks* Paleozoicos en la Unidad de Esquistos de Sierra Moreno se generan las migmatitas del mismo nombre. Estas fueron definidas por Vergara (1978) y asignadas al Cámbrico-Silúrico. Debido a la orientación de

sus minerales constituyentes en bandas irregulares de potencia de 1 a 4 cm, se le reconoce un aspecto gnéísico.

#### **2.1.4.2. Intrusivos Cretácico Superior-Eoceno inferior**

En este período se desarrolla una serie de *stocks* de granodioritas y dioritas de grano medio a grueso de hornblenda y biotita, y pórfidos acotados de grano medio de composición dacítica y riolítica.

El intrusivo Monzogabro de Cerro Colorado constituye la mayor parte del complejo del mismo nombre, de color rojizo en superficie alterada y gris oscuro en superficie fresca. Intruye a las formaciones jurásicas Cerritos Bayos y La Negra, y del Cretácico a formaciones Tolar, Quebrada Mala y miembro superior de la Formación Quehuita. En esta última, en la zona de contacto, se genera roca córnea, epidotizada y de color gris o verde. Petrográficamente se compone de piroxeno, olivino, plagioclasa y biotita, y en menor cantidad clinopiroxeno, con textura hipidiomórfica de grano grueso. Se asigna al Cretácico Superior por estudios radiométricos de K-Ar en biotita, dando una edad de  $68 \pm 2$  Ma y por ser intruido por unidades datadas en  $71 \pm 2$  Ma y  $72 \pm 2$  Ma (Tomlinson y otros, 2001).

La unidad Monzonita Cuarcifera Montecristo se compone de cuerpos intrusivos de composición monzonítico-granodiorítico, de color gris claro rosáceo, expuesto en el parte central del distrito y en el extremo sur del área estudiada (Figura 2.1). Intruye a rocas del miembro superior de la Formación Quehuita provocando metasomatismo intenso evidenciado por la presencia de sericita, biotita secundaria, y a rocas clásticas y volcánicas de la Formación Empexa más al norte. Petrográficamente corresponde a monzonita cuarcífera de biotita y hornblenda con textura hipidiomórfica equigranular de grano medio a grueso, con cristales euhedrales de plagioclasa, ortoclasa perfitica y cuarzo. Es de edad Paleoceno inferior por dataciones K-Ar en biotita (Tomlinson y otros, 2001).

Los datos geoquímicos existentes para los plutones de los Cerros de Montecristo y Cerro Colorado indican que se trata de rocas calcoalcalinas de alto potasio y rocas shoshoníticas típicas de magmatismo asociado a márgenes continentales activos (Rogers, 1985; Ladino y otros, 2000,

en Tomlinson y otros, 2001).

En la franja estudiada existe un gran número de *stocks*, de distribución acotada y de edad Eoceno de acuerdo con sus dataciones radiométricas y relaciones de contacto. La composición de estos intrusivos es variada, desde diorita a granito, existiendo así mismo una gran diversidad de granulometrías con texturas equigranulares y porfídicas. Dentro de las zonas de interés se desarrollan pórfidos de composición daciandesítica a dacítica, de color gris verdoso, con abundantes fenocristales de plagioclasa, hornblenda, escasas biotitas y cristales de cuarzo como “ojos de cuarzo” en una masa fundamental microfélsica y afectada por una alteración argílica moderada. La edad para este pórfido por datación radiométrica K-Ar en hornblenda es de  $50,5 \pm 2,5$  Ma (Tomlinson y otros, 2001).

Los pórfidos dioríticos, por su parte, son de piroxeno, biotita y, en menor medida hornblenda, incluidos en una matriz fundamental intergranular, de color gris oscuro a claro y afloran en la parte central del distrito (Figura 2.1). Intruyen a unidades del Cretácico Superior-Paleoceno y presentan silicificación como principal proceso de alteración. Por datación radiométrica K-Ar en roca total se le asigna una edad de  $45,5 \pm 2,5$  Ma (Tomlinson y otros, 2001).

## 2.2. EVOLUCIÓN TECTÓNICA

Durante el Ciclo Andino (Mesozoico-Cenozoico) ocurre el emplazamiento de los sistemas porfídicos. Este período de tiempo se divide en dos grandes etapas: una extensional que abarca desde el Jurásico al Cretácico Inferior y una contraccional que se extiende del Cretácico Superior al reciente.

En la etapa extensional se formó un arco magmático, que está representado por las formaciones La Negra y Aeropuerto, en la Región de Antofagasta, el cual estuvo activo hasta el Cretácico Inferior, con cuenca marginal de tras-arco. Durante este período la convergencia entre las placas Aluk y Sudamericana produjo un sistema de fallas dúctil/frágil con componente de desplazamiento sinistral en el rumbo, entre ellas la Zona de Falla de Atacama (ZFA) (Hervé, 1987, en Camus, 2003), la cual se extiende a lo largo de la Cordillera de la Costa por alrededor de

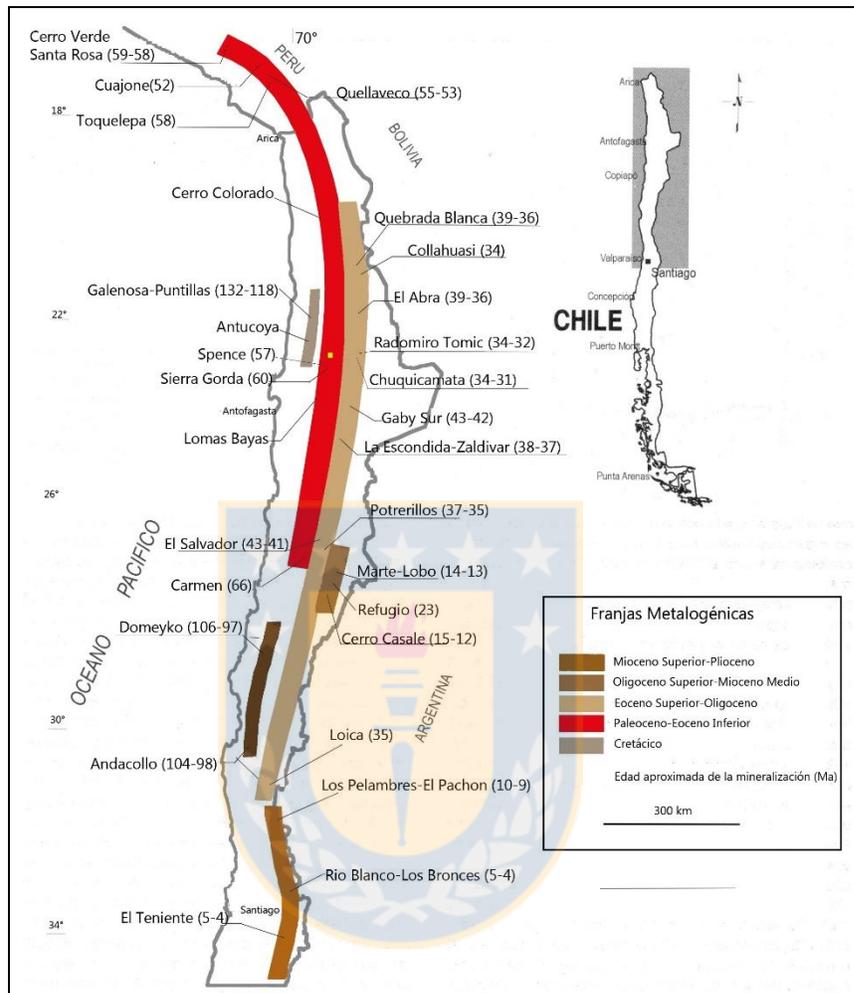
1.100 km. Este régimen extensivo permitió la formación de yacimientos de Fe y estratoligados de Cu, Cu-Au y Cu-Fe-Au. Se desarrolló en esta etapa la rasgo morfológico extensional marino denominado Cuenca de Tarapacá entre las latitudes 18° y 28°S al lado este del arco magmático del Paleozoico, el cual evolucionó hasta el Cretácico, transformándose en la protocordillera de Domeyko (pCD).

Durante la etapa contraccional, se cambia de un margen tipo Mariano a uno Chileno, con un ángulo de subducción menos inclinado, desarrollándose una faja de pliegues y fallas de trasarco (James y Sacks, 1999, en Camus, 2003). Esto detuvo la actividad magmática desarrollada antes y produjo una deformación compresiva, con la existencia de períodos de relajación como condiciones extensionales (Pardo-Casas y Molnar, 1987, en Camus, 2003). Esta inversión tectónica de las fallas normales del Cretácico Inferior produjo condiciones favorables para el emplazamiento de sistemas Cu-Mo, Cu-Au y Au, no formados durante la etapa previa. Durante el Cretácico Superior los depósitos sedimentarios de la Cuenca de Tarapacá fueron comprimidos y deformados, desarrollando fallas inversas e intenso plegamiento, período en el cual se produjo un alzamiento del bloque del basamento de Sierra de Moreno.

La convergencia entre la Placa Nazca y la Placa Sudamericana permite la generación de magmas, lo que da origen a un conjunto de yacimientos alineados con una determinada edad geológica, concentrados principalmente en el centro-norte del país, agrupados en franjas metalogénicas de orientación norte-sur. Según su edad de emplazamiento corresponden a: Cretácico, Paleoceno-Eoceno inferior, Eoceno superior-Oligoceno inferior, Oligoceno superior-Mioceno medio y Mioceno superior-Plioceno (Figura 2.2).

El área de estudio de este trabajo pertenece a la franja del Paleoceno-Eoceno inferior, la cual se extiende por más de 1.500 km desde el sur de Perú hasta el extremo sur de la Región de Atacama en Chile, a la altura de Vallenar (29°30'S) (Camus, 2003), ocupando lo que corresponde a la Depresión Central y Precordillera. Representa una de las etapas en la migración hacia el este del arco a partir del Cretácico Superior (Coira y otros, 1982; Mpodozis y Ramos, 1990, en Camus, 2003). En Perú, contiene los depósitos de mayor importancia económica en ese país, que son Cerro Verde-Santa Rosa, Cuajone, Quellaveco y Toquepala, y en Chile predominan pórfidos de cobre de tamaño pequeño como Sierra Gorda, El Peñón, El Guanaco, Cachinal, El Soldado, La Pólvara,

Quebrada Juncal y Pampa Rubia, y depósitos significativos como Cerro Colorado y Spence (Figura 2.2).



**Figura 2.2:** Franjas metalogénicas de Chile y sur de Perú. En rojo franja del Paleoceno-Eoceno inferior. El sector Pampa Las Torres indicado en amarillo. Modificado de Camus (2003).

## **3. GEOLOGÍA SECTOR PAMPA LAS TORRES**

### **3.1. GENERALIDADES**

El sector de estudio está delimitado por quebradas y se encuentra rodeado de pampas que lo separan de los yacimientos adyacentes. En su mayoría aflora un conjunto de rocas sedimentarias marinas y continentales, de carácter volcanoclásticos pertenecientes a la Formación Quehuita como unidad más antigua. Esta formación es intruida por rocas más básicas como dioritas y gabros, y más félsicas como variedad de granitoides. En el área central se distinguen zonas de alteración hidrotermal argílica intermedia, propilítica en los bordes, un metasomatismo provocado por intrusión de cuerpos ígneos en las rocas sedimentarias y una mineralización de óxidos de hierro. A continuación se detallan las unidades definidas por el trabajo de terreno en el marco de esta memoria (Capítulo 1.4.2) apoyadas en los estudios petrográficos y análisis SWIR dando como resultado la confección de un mapa a escala 1:10.000.

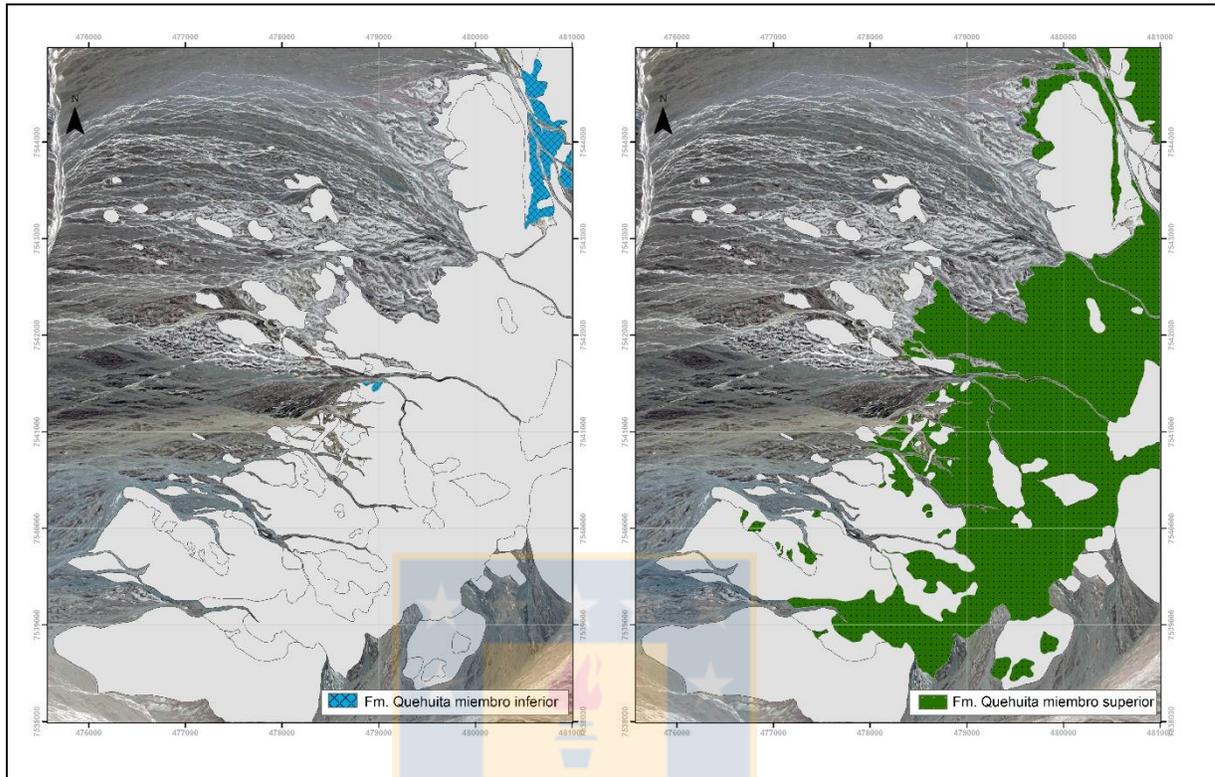
### **3.2. ROCAS ESTRATIFICADAS**

#### **3.2.1. Formación Quehuita miembro inferior**

Esta unidad en terreno se encuentra acotada en extensión. Expuesta en la zona norte y en menor medida en el área central (Figura 3.1), presenta rumbos cercanos a N-S y manteos mayormente hacia el oeste. Está afectada por un metamorfismo de contacto por la intrusión de rocas del Complejo Intrusivo Pampas Las Torres. Carece de fósiles y presenta un límite difuso con el miembro superior, y contacto por falla inversa en el noreste del área. Los contactos con formaciones del Triásico Superior y rocas metamórficas no fueron observados. La composición original permite una acción más favorable para los fluidos que lo hace más susceptible a la alteración.

Debido al intenso plegamiento al que fue expuesto este miembro, la estimación del espesor oscilaría entre los 800 a 1.200 m (Tomlinson y otros, 2001). Esto no se puede apreciar en

el área de estudio ya que se encuentra plegada y no aflora completamente.

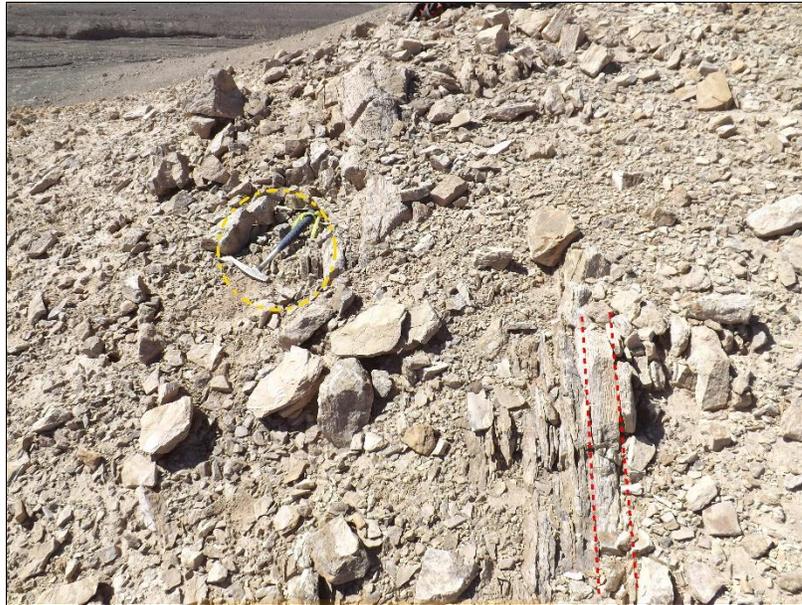


**Figura 3.1:** Distribución Formación Quehuita en el área de estudio. A la izquierda miembro Inferior, a la derecha miembro Superior.

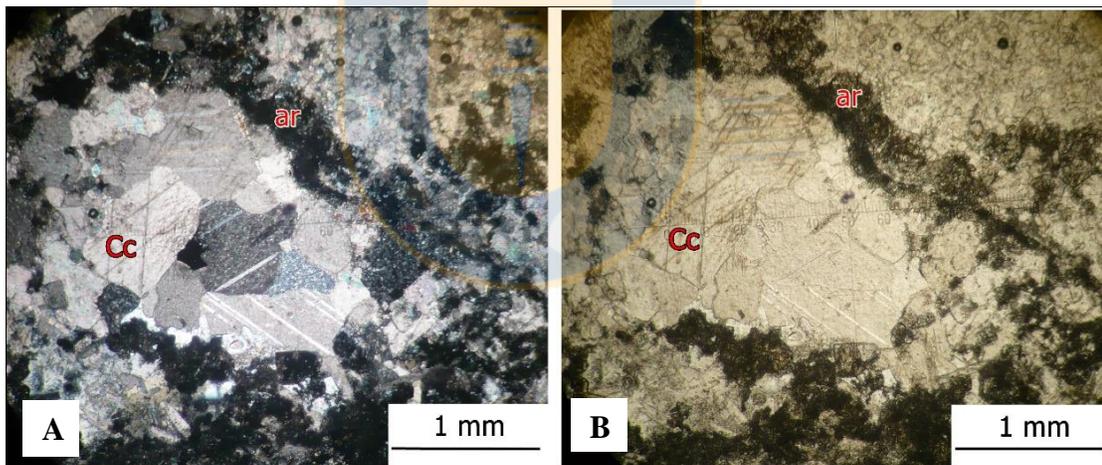
La Formación Quehuita se compone de calizas, areniscas calcáreas, areniscas finas, capas de siderita probablemente supérgenas (Fotografía 3.1), calcilutitas, lutitas y subordinadamente rocas carbonatadas metamorizadas, con ocurrencia de granates color pardo claro. Las rocas calcáreas muestran algo de silicificación y vetas de arcilla producto de fluidos hidrotermales generados por intrusiones (Fotomicrografía 3.1).

### 3.2.2. Formación Quehuita miembro superior

Los afloramientos de esta unidad están distribuidos en toda el área de estudio (Figura 3.1) y se encuentran intruidos por el Complejo Intrusivo Pampa Las Torres y en menor medida hacia el sur, por la Unidad Monzonita Cuarcifera Montecristo, hacia el este, por la Unidad Gabro y en el sector centro, por cuerpos subvolcánicos tipo pórfidos, donde además están silicificados por efecto de fluidos hidrotermales procedentes de la intrusión.

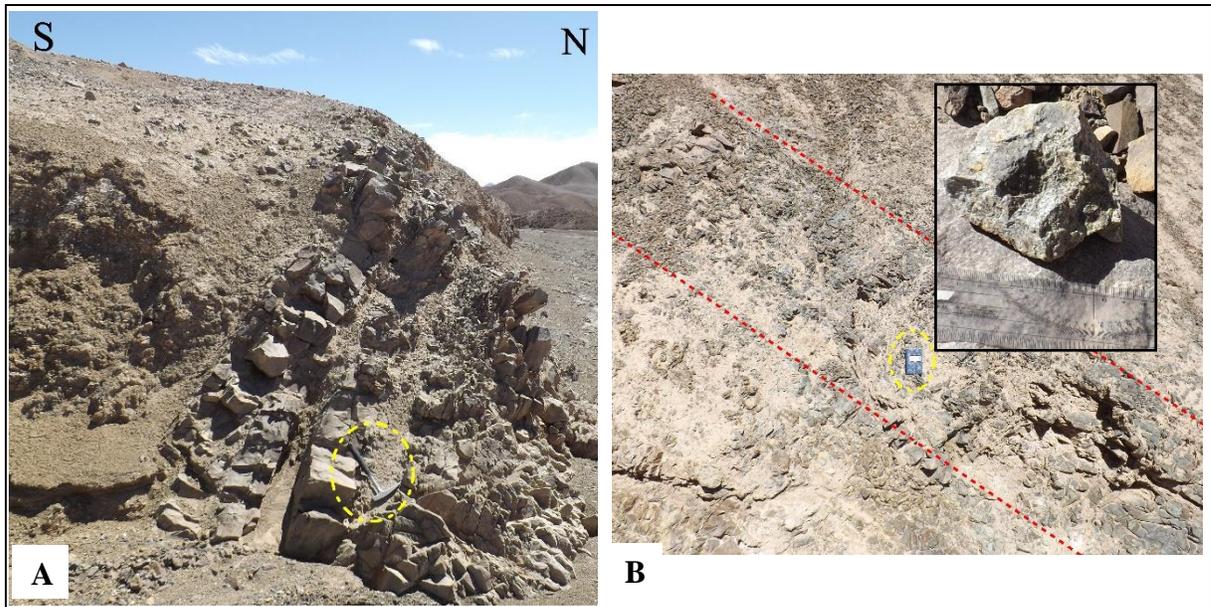


**Fotografía 3.1:** Rocas carbonatadas de la Formación Quehuita miembro Inferior. Se aprecia en línea punteada roja capa de siderita.



**Fotomicrografía 3.1:** Muestra 2376: A) NC, 4x. Veta de calcita y arcilla. B) Lpp, 4x. Cc: calcita, ar:: arcilla.

Está constituida de areniscas finas a gruesas, en su mayoría cuarzo-areniscas y lutitas en la base, y arcosas finas a medias, litoareniscas, intercalaciones de rocas volcánicas y conglomerados finos a gruesos en el techo. De color pardo amarillento a gris verdoso, con estratificación y laminación paralela. Los rumbos son cercanos al NS y presenta manteos al este y oeste (Fotografía 3.2).



**Fotografía 3.2:** A) Estratos de la Formación Quehuita miembro continental NS/53°W. B) Dique volcánico N10°W/50°SW en Formación Quehuita miembro continental.

Las rocas presentan silicificación y metasomatismo, evidenciado por minerales como biotita secundaria, sericita, actinolita, caolinita, jarosita y turmalina, producto de las intrusiones en gran parte del área (Fotomicrografía 3.2).

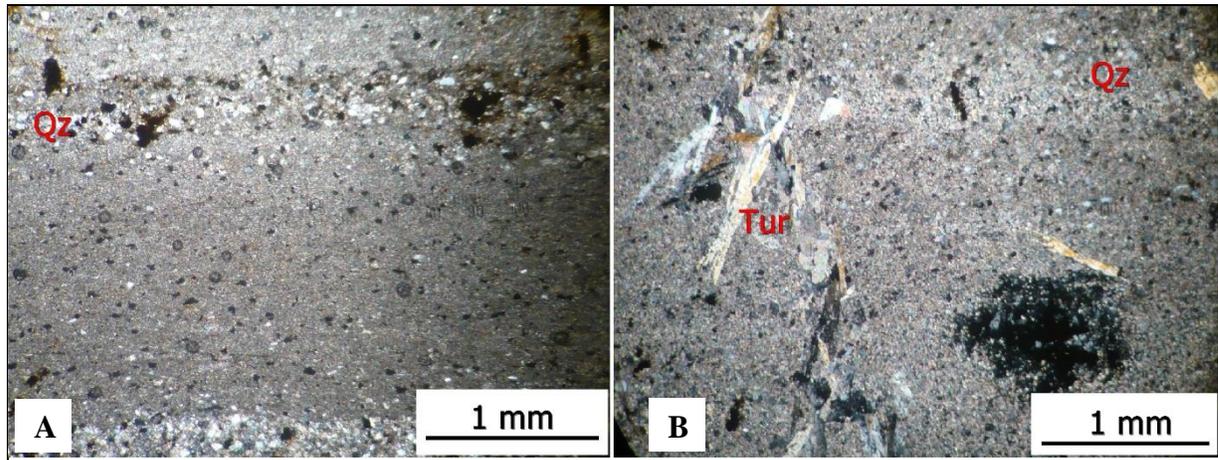
### 3.3. DEPÓSITOS SEMI-CONSOLIDADOS Y NO CONSOLIDADOS

Los depósitos semi-consolidados y no consolidados son considerados como sedimentos recientes que poseen escasa o nula compactación y se forman producto de la meteorización de rocas expuestas a factores ambientales. Están constituidos principalmente de gravas, arenas y limos pobremente estratificados.

#### 3.3.1. Unidad Gravas

Corresponde a depósitos semi-consolidados, distribuido por todo el sector, mayoritariamente en zona de pampa hacia el sector occidental (Figura 3.2). La composición de los clastos depende de la cercanía con los afloramientos cercanos, encontrándose en su mayoría clastos de diorita, tonalita y arenisca, de tamaño milimétrico hasta unos 15 cm. Sobreyace en

discordancia a las demás unidades e infrayace en concordancia a los depósitos no consolidados del Cuaternario.



**Fotomicrografía 3.2:** Muestra 1438, arenisca fina A) Nc, 4x. Bandas de cuarzo recrystalizado en una matriz de grano fino. B) Nc, 4x. Cristales de turmalina en una matriz de grano fino, producto de cornificación y metasomatismo. Qz: cuarzo, Tur: turmalina.

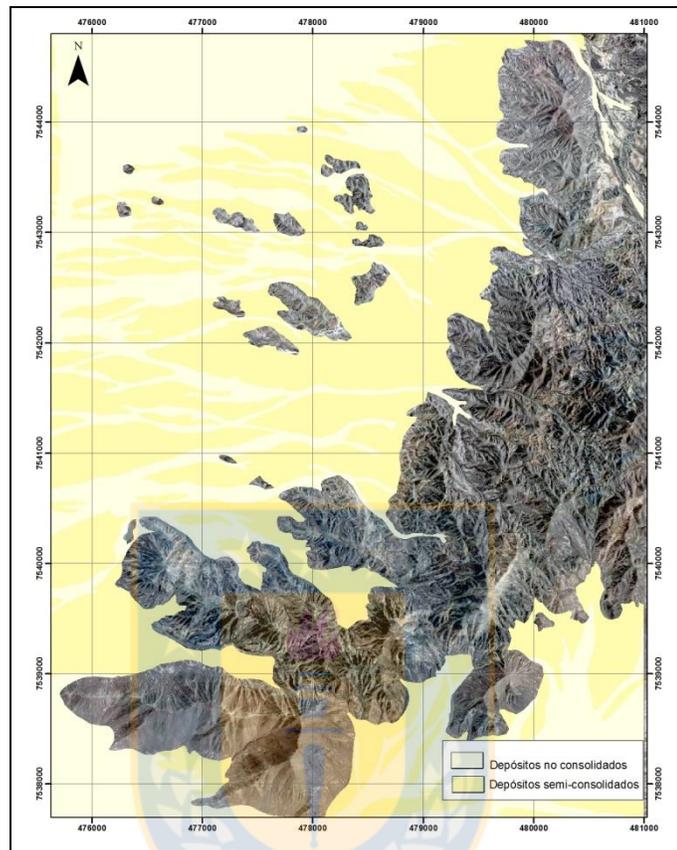
Las gravas poseen escasa madurez textural y composicional, generalmente sin estratificación, aunque en algunos sectores mencionados en la literatura, se reconocen imbricación de clastos que no fueron vistos en terreno. Esta unidad muestra fragmentos polimícticos angulosos a sub-redondeados, con esfericidad baja y mala selección, de color mayoritariamente marrón en una matriz de sales y arcillas.

El espesor original es desconocido, pero se aprecia una potencia moderada, de pocos metros hasta probablemente unos 100 m en la zona de pampa, en el sector occidental del área. Esto basado en las tasas de erosión mencionadas anteriormente y en comparación con la cobertura de gravas de depósitos cercanos.

### 3.3.2. Depósitos Aluviales

Los depósitos no consolidados corresponden a depósitos de gravas y ripios polimícticos mal seleccionados. Sobreyacen a todas las demás unidades (Figura 3.2) y están situados en toda el área, principalmente en quebradas, drenajes ocasionales y en cauces inactivos. La litología

consiste en clastos polimícticos mal seleccionados, subangulares a redondeados, con matriz de arena, limo y arcilla.



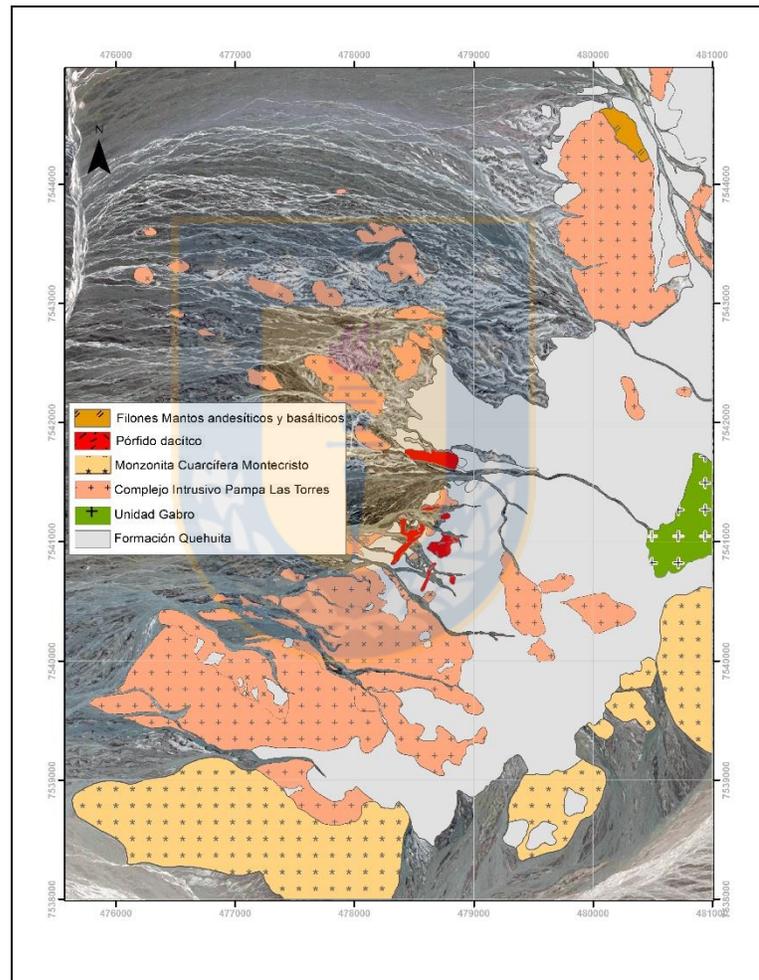
**Figura 3.2:** Distribución de los depósitos semi-consolidados y no consolidados en el área de estudio.

### 3.4. ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas aflorantes en el área comprenden diferentes litologías, desde intrusiones más antiguas correspondientes a gabros, a rocas como granodioritas y tonalitas del Complejo Intrusivo Pampa Las Torres. Estas últimas se emplazaron una vez reiniciada la actividad magmática, posterior al evento deformativo del Cretácico Superior, y continuaron durante el Paleoceno dando lugar a un plutón más félsico en la evolución magmática de la cámara.

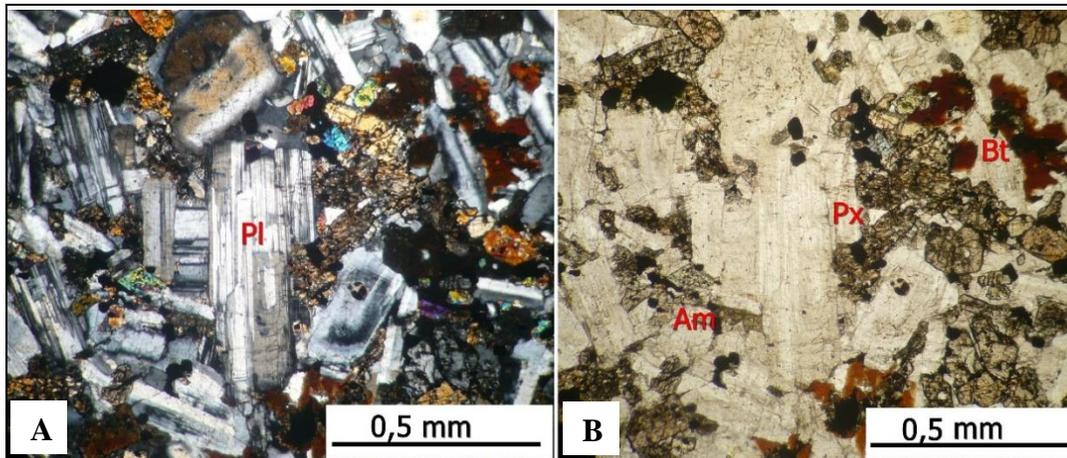
### 3.4.1. Unidad Gabro

Corresponde a una serie de cuerpos de composición gábrica, con un color marcadamente gris oscuro a negro, lo que lo diferencia de las unidades adyacentes. Se restringe a la zona centro-oriental del área de estudio (Figura 3.3). Por ubicación y litología podría corresponder a la Unidad Monzogabro de Cerro Colorado descrita anteriormente (Capítulo 2.1.4.2), de edad Cretácico Superior-Paleoceno.



**Figura 3.3:** Distribución de las rocas intrusivas dentro del área de estudio.

Litológicamente corresponde a gabros de piroxeno y anfíbol de grano medio. Estos últimos se presentan débilmente alterados, conservando su forma, con cristales de olivino y biotita subordinados. La textura es hipidiomórfica intergranular, en parte con tendencia porfídica como se aprecia en la muestra 2330 (Fotomicrografía 3.3).



**Fotomicrografía 3.3:** Muestra 2330. A) Nc, 10x. Cristales de Pl: plagioclasa, An: anfíbol, Px: piroxeno, Bt: biotita. B) LPP, 10x. Anfíboles alterados a clorita.

### 3.4.2. Unidad Complejo Intrusivo Pampa Las Torres (PLT)

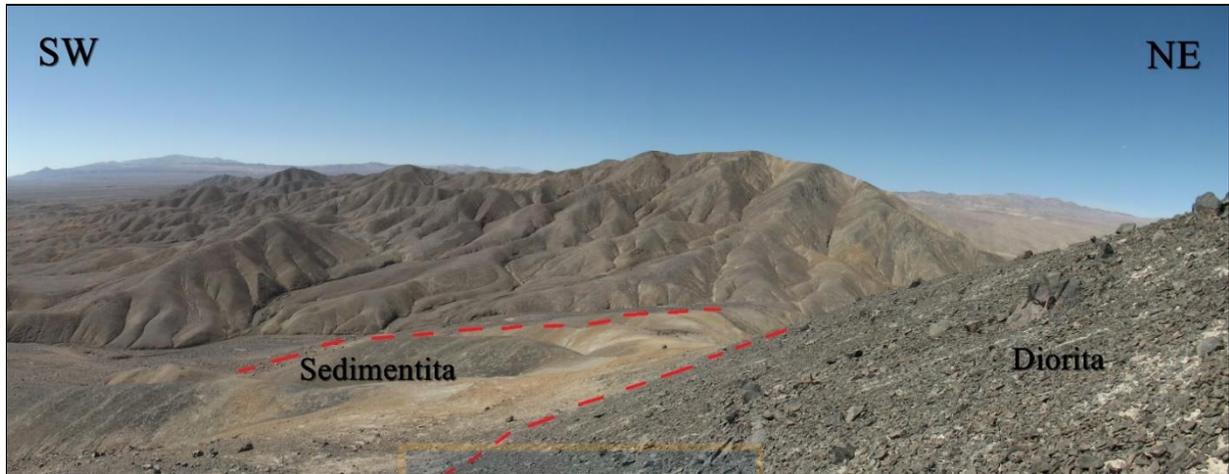
En esta unidad se agrupan una serie de cuerpos intrusivos, como monzodioritas, dioritas, dioritas cuarcíferas y tonalitas, distribuidas ampliamente por el área de estudio (Figura 3.3). Las rocas están extensamente afectadas por alteración hidrotermal en el centro del área, siendo más frescas a medida que se alejan de la zona de alteración principal.

Intruye al miembro superior de la Formación Quehuita en el sector sur y a los miembros superior e inferior en el norte. La intrusión de este complejo de rocas ígneas provocó una circulación de fluidos en las rocas sedimentarias continentales, constituyendo una anomalía de color de sedimentitas alteradas en el área (Fotografía 3.3).

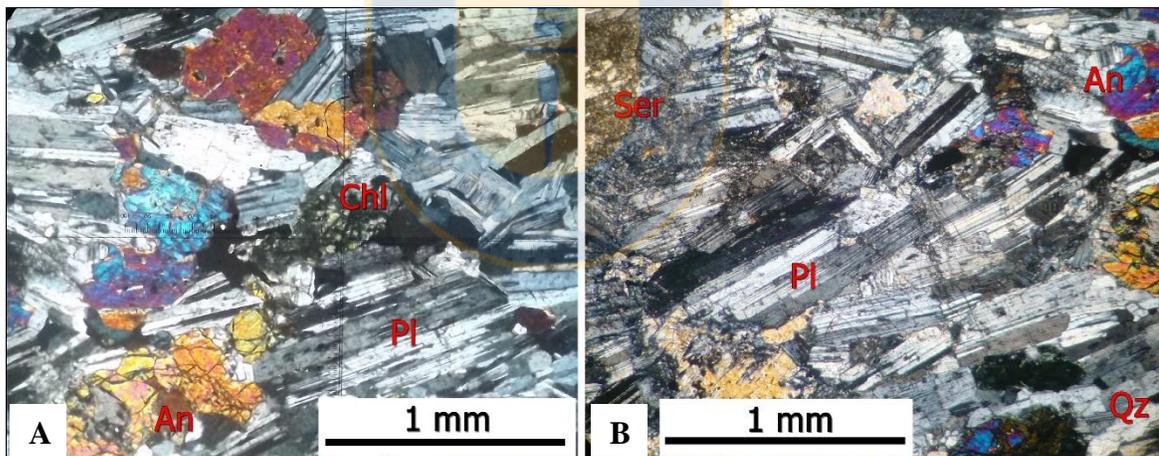
Esta unidad podría corresponder a la unidad dioritas y dioritas cuarcíferas (Ktd) datadas en el cuadrángulo Cerros de Montecristo con una edad de  $63 \pm 2$  Ma (Tomlinson y otros, 2001), lo que permite asignarle una edad de Paleoceno inferior.

La litología se compone de: dioritas de grano medio, dioritas de anfíbol de grano medio con textura hipidiomórfica granular con tendencia porfídica, en donde los cristales de anfíbol se encuentran alterados a clorita en forma débil a moderada (Fotomicrografía 3.4 A); dioritas cuarcíferas (Fotomicrografía 3.4 B), dioritas de biotita y anfíbol alteradas a clorita parcialmente,

monzodioritas, tonalitas, tonalitas de anfíbol y en forma subordinada monzonitas y monzodioritas con minerales félsicos. Además de brechas de intrusión en su mayoría matriz soportada con fragmentos de la roca caja.



**Fotografía 3.3:** Anomalia de color de sedimentitas clásticas en diorita.

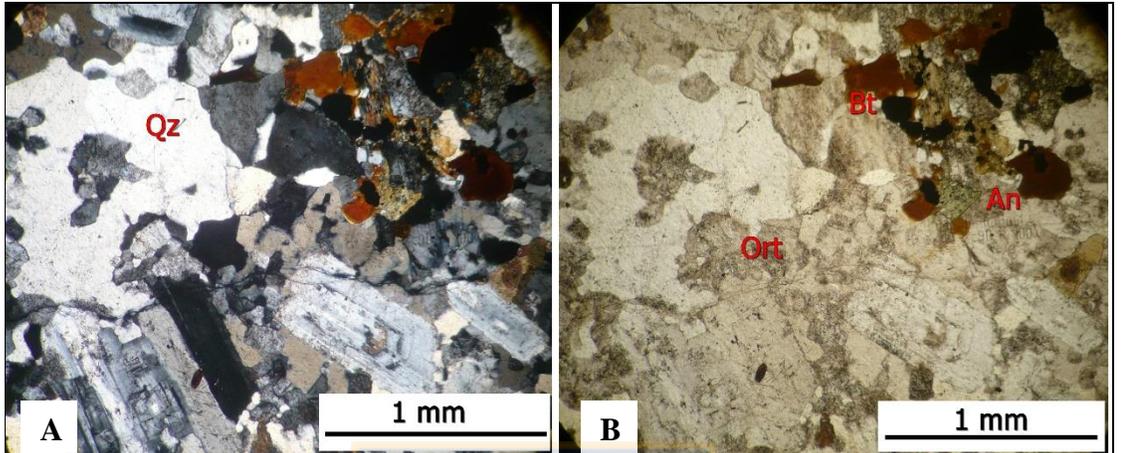


**Fotomicrografía 3.4:** A) Muestra 2302, Nc, 4x. Diorita de anfíbol de grano medio, con anfíboles alterados levemente a clorita. An: anfíbol, Pl: plagioclasa, Chl: clorita.  
B) Muestra 2373, Nc, 4x. Diorita cuarcífera de grano medio. Ser: sericita, Qz: cuarzo.

### 3.4.3. Unidad Monzonita Cuarcífera Montecristo

Corresponde a un conjunto de intrusivos de composición más ácida, desde monzonitas hasta granodioritas, con variaciones en los porcentajes de cuarzo, y minerales máficos de biotita,

anfíbol y puntualmente piroxeno (Fotomicrografía 3.5). Los minerales accesorios son circón y turmalina de hasta 3 cm de diámetro. Presenta mayoritariamente textura fanerítica equigranular de grano medio a grueso y localmente porfídica con cristales de hasta 4 cm.



**Fotomicrografía 3.5:** Muestra 2331 A) Nc, 4x. Granodiorita de grano medio, 30% Qz, 35% Pl, 10% Or, 8% Bt primaria y secundaria y 11% An, alterado a clorita. B) LPP, 4x.

De color grisáceo claro, aflora en el sector sur del área, con una superficie aproximada de 4 km<sup>2</sup> (Figura 3.3) e intruye al miembro superior de la Formación Quehuita, provocando metasomatismo. Con una edad asignada al Paleoceno inferior bajo (Capítulo 2.1.4), representa una evolución magmática de la cámara.

#### 3.4.4. Filones manto andesíticos y basálticos

Se definen como cuerpos volcánicos (andesitas y basaltos) porfídicos, ubicados en el sector norte del área (Figura 3.3), con una acotada distribución de 500 x 200 m<sup>2</sup>, aproximadamente. En contacto la Unidad PLT y de edad Cretácico Superior-Paleoceno inferior.

Macroscópicamente son rocas color verde y pardo grisáceo, de textura porfídica y una matriz afanítica clara, con fenocristales de piroxeno y anfíbol cloritizados (Fotografía 3.4). Además, contienen fenocristales de plagioclasas dispuestos en forma de flujo, euhedrales a subhedrales de hasta 3 cm, con alteración de sericita y clorita. La masa fundamental es de color gris-parda, con texturas de amígdalas y vesículas rellenas parcialmente con epidota y clorita.



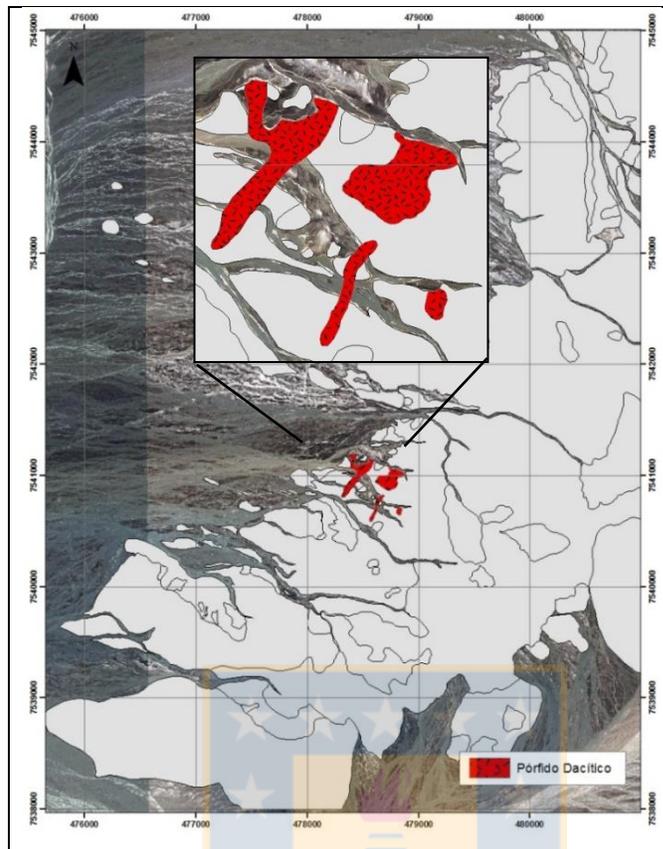
**Fotografía 3.4:** Muestra 83. Roca volcánica con fenocristales de anfíbol y plagioclasa alterados a clorita y sericita, en una matriz afanítica parda.

### 3.4.5. Unidad Pórfido Dacítico

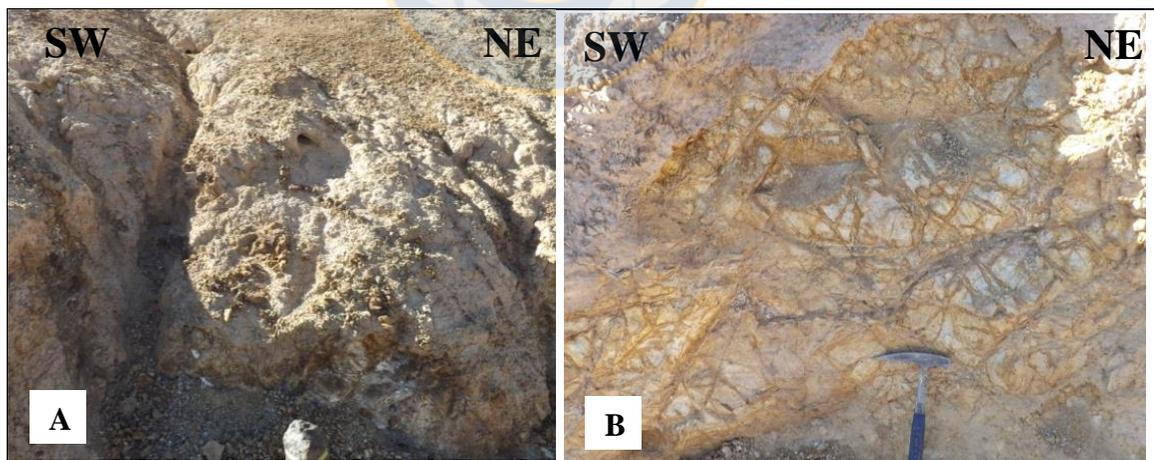
Se agrupa bajo esta definición a un conjunto de *stocks* porfídicos de color blanquecino de composición dacítica y daci-andesitas porfídicas, los cuales representan la última etapa de diferenciación magmática. Formados por rocas con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y ojos de cuarzo de hasta 2 cm (Fotomicrografía 3.6), y de pórfidos dacíticos de anfíbol en una masa fundamental felsosídica, la cual presenta una silicificación moderada y en parte alterada a clorita.

Los afloramientos quedan restringidos al sector central de la zona de estudio (Figura 3.3 y 3.4). Intruyen a rocas sedimentarias finas de la Formación Quehuita continental, y forman *stockworks* de vetillas de cuarzo-limonita (vetillas D), con espesores de hasta 10 cm (Fotografía 3.5).

Por relaciones de contacto, al estar cortando a rocas del miembro superior de la Formación Quehuita, al oriente del área de estudio en el Cuadrángulo Cerros de Montecristo, podría corresponder a la unidad T<sub>pd</sub>, la cual tiene una edad asignada de Eoceno inferior, por dataciones radiométricas K-Ar en roca total de  $50,1 \pm 1,4$  Ma (Maksaev, 1990, y Boric y otros, 1990, en Tomlinson y otros, 2001).

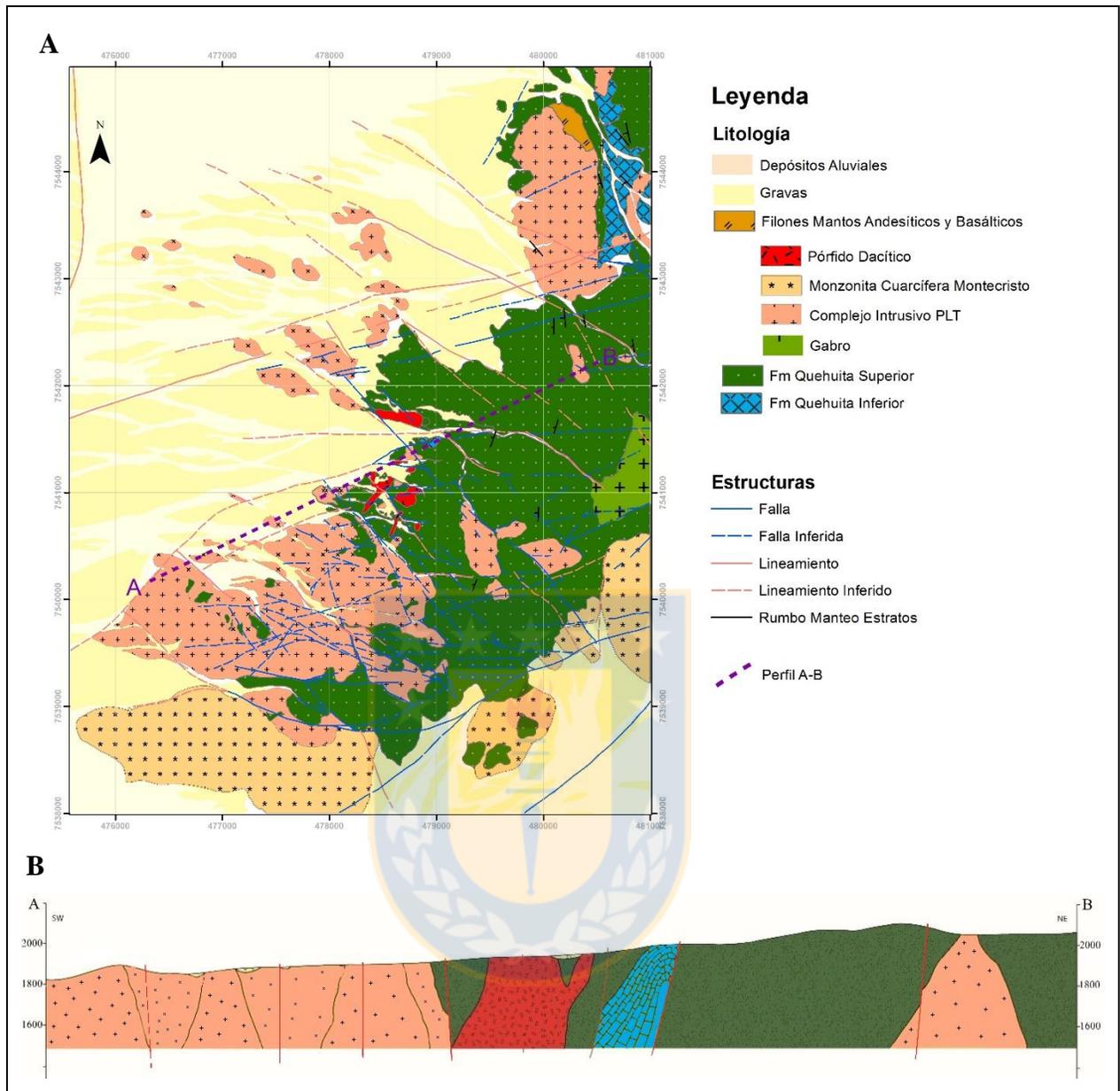


**Figura 3.4:** Distribución de la Unidad Pórfido Dacítico en el área de estudio.



**Fotografía 3.5:** A) Stockworks de vetillas de cuarzo y limonita de pórfido dacítico.  
B) Vetas de cuarzo en la roca.

Las fallas y lineamientos presentes en el área de estudio y las relaciones de las unidades sedimentarias e intrusivas se representan en la Figura 3.5 A. Además, se construyó un perfil (Figura 3.5 B) de dirección SW-NE para evidenciar mejor la relación.



**Figura 3.5:** A) Distribución de las unidades litológicas y estructuras en el área de estudio.  
B) Perfil donde se aprecia la relación entre las unidades intrusivas y las sedimentarias en el área.

### 3.5. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

En la franja del Paleoceno al Eoceno inferior, los procesos supérgenos empezaron hace unos  $34,3-30,3 \pm 1,1$  Ma (Sillitoe y McKee, 1996, en Camus, 2003). En este período los yacimientos fueron exhumados y sometidos a etapas de lixiviación, oxidación y enriquecimiento secundario, en respuesta al desequilibrio químico que se produce entre los fluidos magmáticos y las rocas encajadoras frías fracturadas en un sistema porfídico en desarrollo (Camus, 2003).

La alteración supérgena presenta en la zona consiste en *boxworks* rellenos de óxidos de hierro, los cuales provocan una coloración rojiza en las rocas y regolitos sobre sectores potencialmente mineralizados, que puede ser utilizado como una guía de exploración de mineralización en esta zona.

El área Pampa Las Torres presenta diferentes zonas de alteración y mineralización acotada de sulfuros de cobre, siendo la de mayor interés prospectivo aquella relacionada con los pórfidos en el sector central. Esta área representa una anomalía con una coloración anaranjada (Fotografía 3.6), tiene una extensión de aproximadamente 1 km<sup>2</sup> y se compone de cuerpos intrusivos graníticos, pórfidos y rocas sedimentarias de caja afectada por alteración y metasomatismo.



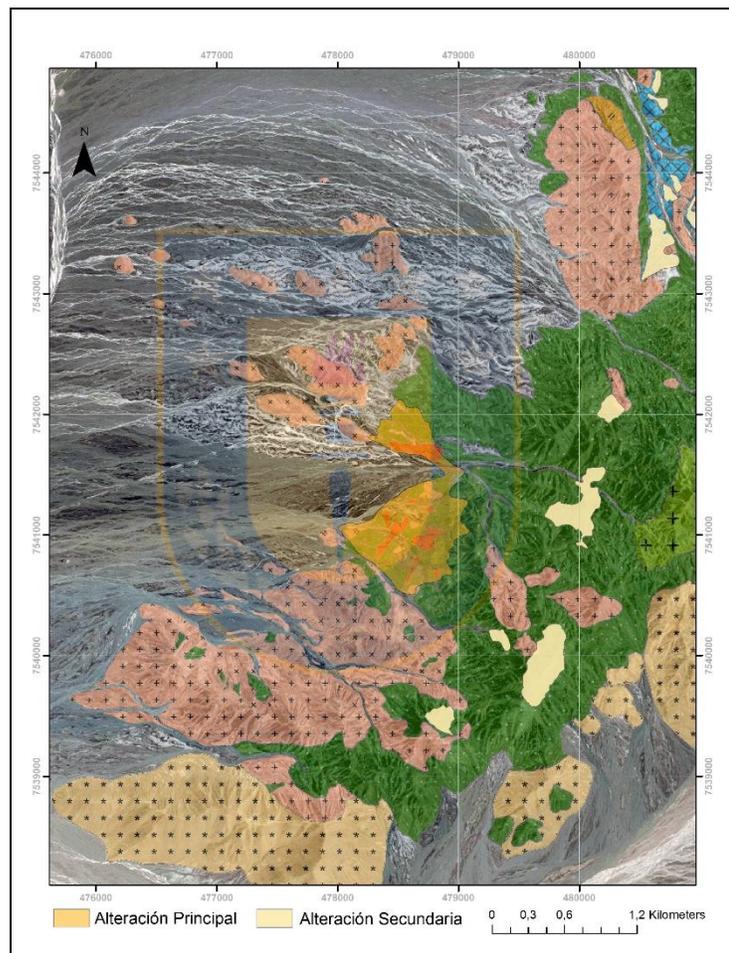
**Fotografía 3.6:** Zona de alteración hidrotermal vista desde la Pampa.

La intrusión de los pórfidos provocó la circulación de fluidos calientes que atravesaron las rocas permeables, modificando la composición mineralógica original para lograr un equilibrio termodinámico. Esta alteración está representada por una zona central de illita a una temperatura media (200-250°C), asociación de illita-esmectita (<100-150°C) más al exterior, y una zona de clorita en los bordes (Barnes, 1997). Las variedades litológicas a las que afecta la alteración hidrotermal son pórfidos dacíticos, miembros superior e inferior de la Formación Quehuita e intrusivos del Complejo Intrusivo PLT.

Mediante el programa *Specmin*, se reconocieron minerales de alteración como caolinita, montmorillonita, illita, cuarzo y esmectita afectando a los pórfidos de manera diferencial; la

alteración es intensa en la zona central de los afloramientos, al punto de casi no reconocer la roca original, mientras que en los alrededores ésta es leve a moderada. Las rocas sedimentarias fueron afectadas por una silicificación moderada a intensa.

Las otras áreas de alteración se distribuyen en el sector oriental, presentando también una anomalía de color, relacionadas a un metasomatismo producto del emplazamiento de plutones más máficos y anteriores que los pórfidos (Figura 3.6).



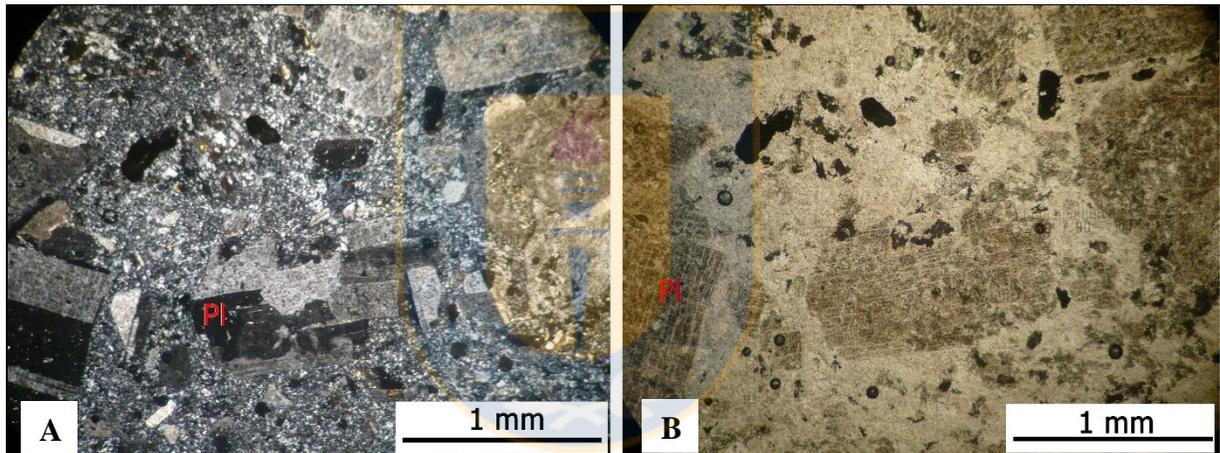
**Figura 3.6:** Zonas en el área de estudio con anomalía de color.

### 3.5.1. Alteración argílica intermedia

Esta alteración se extiende en la zona central del sector Pampa Las Torres (Figura 3.6), evidenciando desarrollo de vetillas D (Fotografía 3.5 A), donde los minerales máficos se

presentan completamente destruidos y los minerales arcillosos reemplazan a los feldespatos en las rocas (Fotomicrografía 3.7). Afecta a rocas sedimentarias continentales y pórfidos dacíticos, formando una anomalía de color dando lugar a una roca color blanco amarillento (Fotografía 3.6). Este tipo de alteración fue reconocida por estudios de muestra de mano y análisis de espectrometría infraroja de reflexión (EIR), estableciendo relaciones caolinita-esmectita e illita-esmectita.

La caolinita y el yeso se encuentran muy presentes, pero la primera no se toma en consideración como mineral determinante ya que es abundante a lo largo del *lithocap* y se encuentra principalmente como reemplazo pseudomórfico en plagioclasas; y el yeso es característico de climas áridos, formándose en ambientes supérgenos, reconociéndose fácilmente en el espectro infrarrojo.



**Fotomicrografía 3.7:** Muestra 2374. A) Nc, 4x. Pl: plagioclasas alteradas altamente a arcilla. B) LPP, 4x.

La falta del mineral de alteración alunita descarta una zona de alteración argílica avanzada. La asociación de caolinita, illita-esmectica y cuarzo (K, I-Sm, Q) la ubicaría en una zona de temperatura de 300° a 400°C y pH moderado (4 - 6) perteneciente al grupo de la illita-caolinita (Figura 3.7) según el modelo de Corbett y Leach (1995).

### 3.5.2. Alteración propilítica

Esta alteración es de mayor extensión, con una asociación mineralógica epidota-clorita-calcita como envolvente periférico de la alteración argílica, en un halo irregular. Afecta tanto a

las rocas intrusivas como sedimentarias, con reemplazo parcial o total de los minerales ferromagnesianos por clorita y de las plagioclasas por epidota. Además de vetas de clorita, epidota y calcita que alteran la roca (Fotomicrografía 3.8).

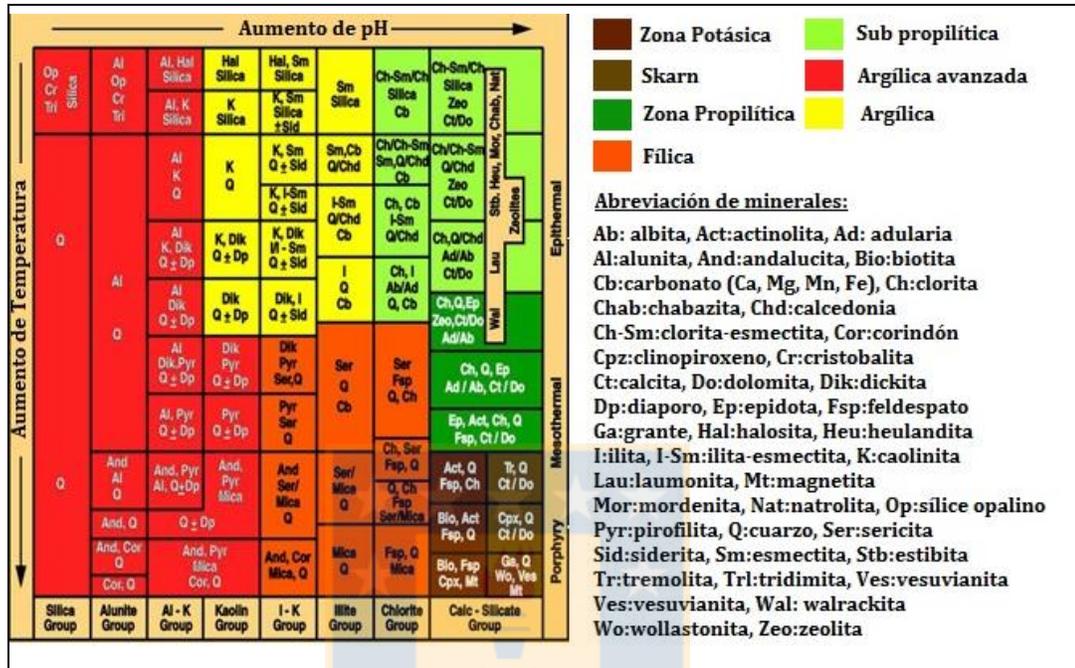
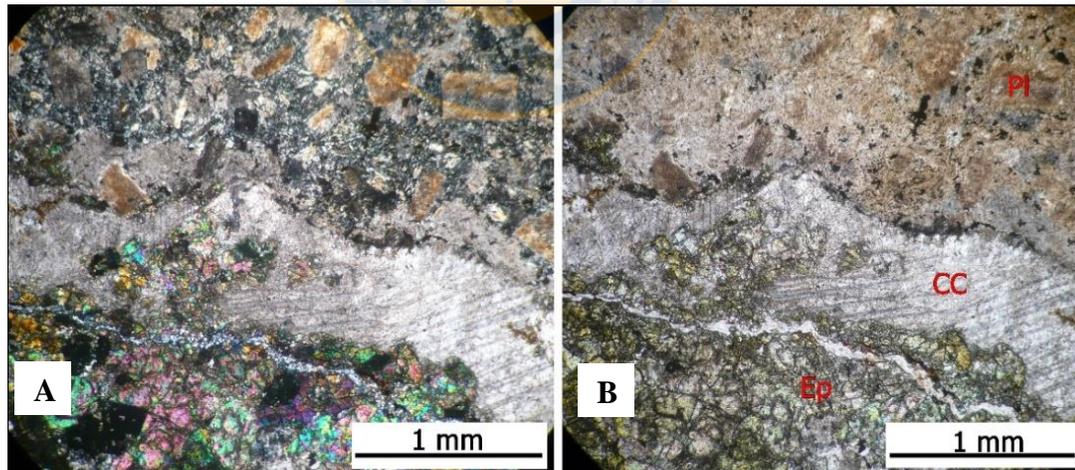


Figura 3.7: Modificado del modelo de Corbett y Leach (1995).



Fotomicrografía 3.8: Muestra 2297. A) Nc, 4x. Cc: calcita y Ep: epidota en vetas en sobreimpesición a la roca original algo porfídica con cristales de plagioclasa: Pl. B) LPP, 4x.

Hacia el halo exterior de la alteración hidrotermal, se desarrolla una epidotización de minerales máficos, en zonas acotadas y aisladas y de forma leve a intensa. La epidota se forma a

temperaturas mayores de 200°C en un ambiente hidrotermal asociado principalmente a la alteración propilítica, como alteración de plagioclasas y relleno junto a calcita (Hedenquist y otros, 2000). Esto correspondería a un metasomatismo regional ligado a la intrusión del Complejo Intrusivo PLT.

### 3.5.3. Silicificación

La Formación Quehuita se ve afectada por una silicificación producto de las intrusiones de cuerpos graníticos y de pórfidos en la zona, llegando a una recristalización total. Oblitera en algunos casos la textura y composición original de la roca, evidenciado de mejor manera en el miembro superior de la formación (Fotomicrografía 3.2).

No hay indicios de mineralización de óxidos de cobre en superficie, a excepción de mineralizaciones pequeñas y acotadas relacionadas a fallas. Estudios de sulfuros relictos realizados en esta memoria (Anexo 1) en muestras de pórfidos dacíticos y areniscas de grano fino cercanas a la zona central, muestran concordancia con la zona de anomalía de color de Pampa Las Torres, reportando asociaciones de pirita-calcopirita, pirita-calcopirita-bornita y pirita-bornita. La ocurrencia de bornita junto a calcopirita y pirita en celdillas de sulfuros relictos o *boxwork* podría ser producto de un *telescoping*. Este corresponde a un proceso de yuxtaposición en el que se superponen dos fases hidrotermales por el grado de erosión y alzamiento cortical experimentado. Esto depende de la profundización del fracturamiento debido a súbitas descompresiones producto de la disminución de la carga litostática y el consiguiente descenso de la transición frágil-dúctil (Fournier, 1999, en Camus, 2003), y coincidiría con el modelo propuesto por Sillitoe (2010), que sugiere que la zona de metal que envuelve un depósito de cobre generalmente en el centro tiene alta concentración de Mo y Cu y altas concentraciones en los alrededores de Pb y Zn.

## 4. GEOQUÍMICA DE GRAVAS

### 4.1. MUESTREO GEOQUÍMICO

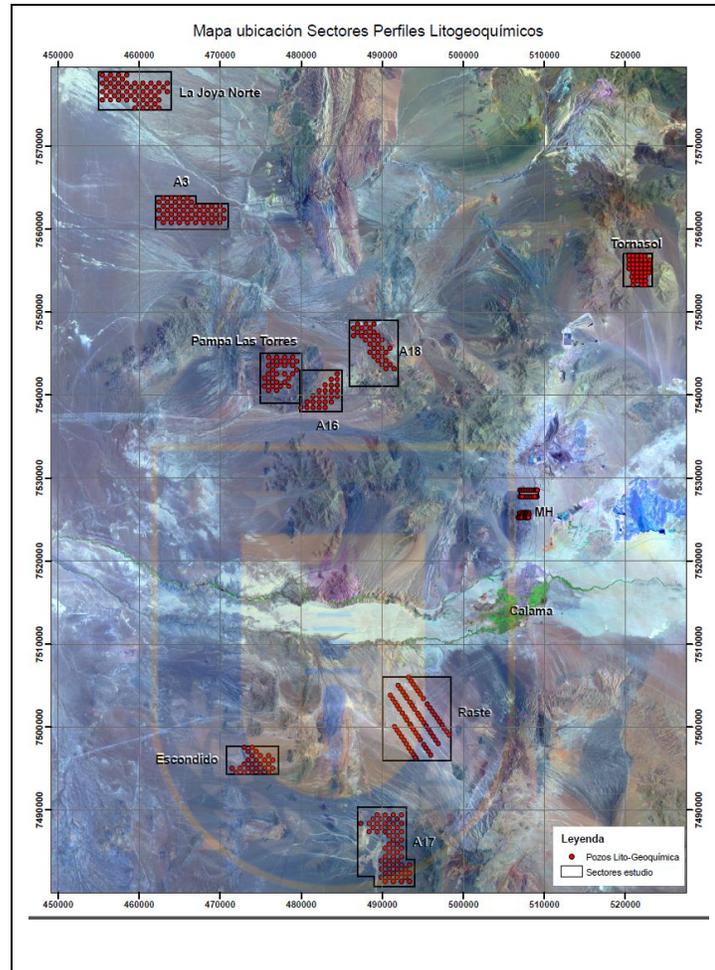
En este trabajo se recopilaron 349 muestras, las cuales se trataron con digestión de agua regia y lectura de ICP-MS. La digestión con agua regia (ácido nítrico y ácido clorhídrico en proporción 3:1) es una lixiviación selectiva que disuelve sulfuros, algunos óxidos, materia orgánica, carbonatos, sulfuros y algunos silicatos. Ciertos elementos menos reactivos no son atacados, como aluminio, titanio, cromo, silicatos de K, Ca y Mg, baritina, zircón, monzonita, granate, ilmenita, rutilo y casiterita. Esto permite ver la señal geoquímica de alteración (no formadores de roca), sulfuros, sulfatos y óxidos que podrían venir de alteración hidrotermal.

En un principio en este trabajo se seleccionaron 10 sectores para el estudio geoquímico de suelo: A17, A16, A3, A18, La Joya Norte, Condi, Raste, Tornasol, MH y Pampa Las Torres (Figura 4.1). Por problemas de accesibilidad, se descartaron las zonas A18 y MH. En los demás sectores se realizó un reconocimiento digital de las imágenes satelitales de Google Earth. Según contraste de tonalidades, topografía, y litología adyacente, se definió la procedencia de sedimentos en la pampa (Capítulo 4.2.1).

Para cubrir una mayor cantidad de espacio en la pampa utilizando menos puntos de muestreo y caracterizar mejor la zona, se diseñó una malla con separación en la horizontal de 1.000 m entre puntos, y, de 700 m en diagonal. Se perforaron 930 m, con un total de 349 pozos, abarcando un área de aproximadamente 308 km<sup>2</sup> (Tabla 4.1) En virtud de preservar los restos fósiles y/o arqueológicos presentes en el área estudiada, evitando su destrucción, modificación o cualquier forma de cambio no natural debido a actividades propias del presente trabajo de investigación, se solicitó la intervención de un arqueólogo representante de la empresa Macroforest E.I.R.L, para que supervise y valide los puntos a muestrear.

Se tuvo en cuenta que los lugares a muestrear no estuvieran en canales fluviales recientes, sobre caminos, huellas de vehículos ni en bajos topográficos, puesto que se requiere una mayor evolución de la superficie de gravas y de erosión para obtener un caliche con mayor proceso

evaporítico (Figura 4.2 A). Teniendo esto en cuenta, se crean mallas que corten perpendicularmente a las estructuras (fallas, lineamientos) que se encuentran bajo la cobertura aluvial, ya sean estas principales o secundarias.



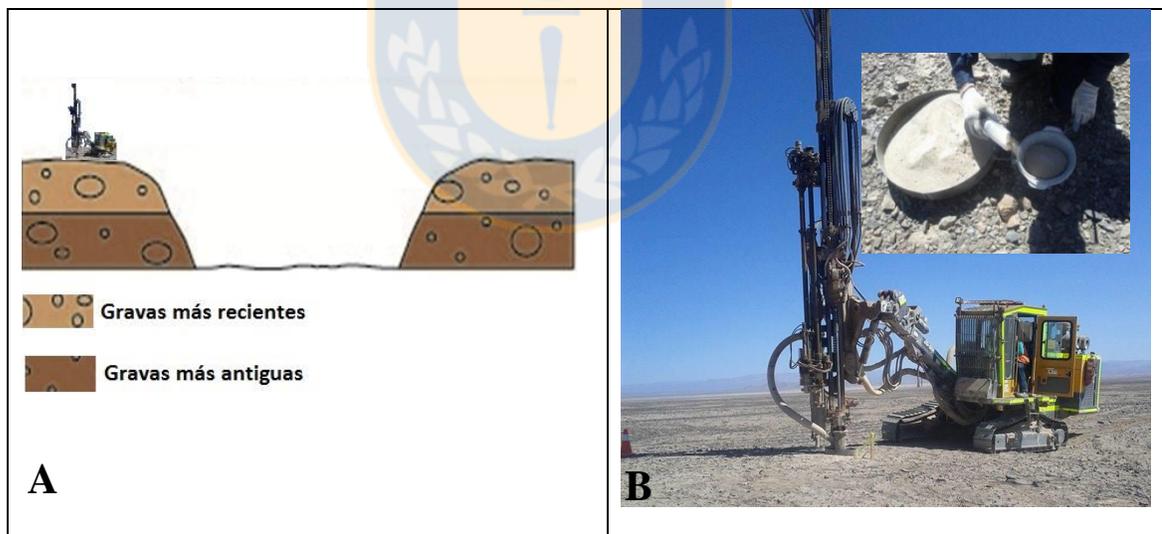
**Figura 4.1:** Mapa de ubicación de sectores de muestreo geoquímico de gravas.

La campaña de perforación en las pampas se extendió entre el 26 de marzo y el 26 de abril de 2015. Se utilizó la técnica de aire reverso convencional y un equipo perforador DTH año 2012, marca Junjin JD800 (Figura 4.2 B). Para las áreas de Raste, Tornasol y Pampa Las Torres se contó con la asesoría y apoyo de un geólogo de la empresa GeoAV S.A. La perforadora presenta un sistema de separación granulométrica a través de un ciclón, el cual acumula la fracción fina por una manga y la deposita sobre un contenedor de aluminio. Con un colador comercial de pvc (Figura 4.2 B), se tamizaron las muestras obteniendo una fracción bajo los 2 mm aproximadamente. Para los análisis químicos, se consideró el material fino y las arcillas en

las muestras, ya que tienen mayor superficie de adsorción que la granulometría gruesa y así los elementos trazas pueden adherirse mejor.

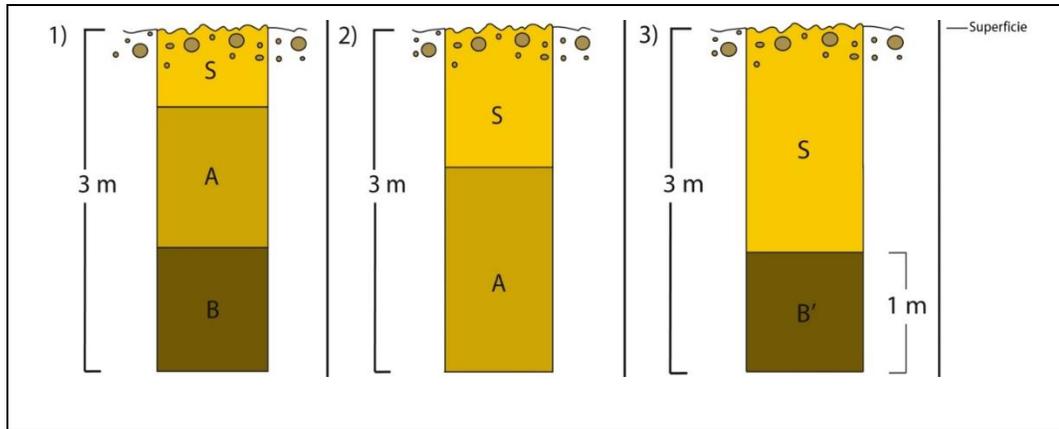
**Tabla 4.1:** Cantidad de áreas y pozos perforados.

Sector	Fecha Inicio	Fecha Término	Cantidad de Pozos Perforados	Cantidad (m) Perforados	Área ~ km <sup>2</sup>
Raste	26/3	30/3	63	189	85
Tornasol	31/3	4/4	39	116,4	14
Pampa Las Torres	5/4	7/4	30	8,95	30
16 A	10/4	11/4	25	75	26
A 17	12/4	17/4	60	180	58
Condi	18/4	19/4	26	78	22
A3	20/4	23/4	51	15,31	32
La Joya Norte	23/4	26/4	55	165	41



**Figura 4.2:** A) Evolución de las gravas a través del tiempo.  
B) Maquinaria utilizada para la toma de muestras, receptáculo, tamiz y colador usados.

La perforación en cada punto tuvo por objetivo alcanzar un nivel de caliche, atravesando el material de la superficie (sobrecarga). La sobrecarga no era de espesor uniforme, sino que variaba llegando a una profundidad máxima de 3 m. Se observaron 3 casos (Figura 4.3):



**Figura 4.3:** Esquema de perforación bajo cobertura con los distintos casos encontrados, en donde: S: sobrecarga, A: caliche, B: grava bajo el caliche, B': grava bajo la sobrecarga.

**Caso 1:** Caso ideal. Desde la superficie se perfora hasta encontrar la capa de caliche, denominada muestra A. Todo lo perforado antes de eso (sobrecarga) se elimina, muestreándose en cada pozo desde el nivel de caliche hasta donde aparece la grava bajo el caliche, llamada muestra B, la cual se muestrea hasta completar los 3 m de profundidad.

**Caso 2:** Caliche potente. Se perfora hasta encontrar la capa A (capa de caliche), se desecha la sobrecarga y se muestrea hasta los 3 m de profundidad. No hay muestra B ya que con los 3 m no se alcanza a llegar al nivel de gravas.

**Caso 3:** Ausencia de caliche. No hay desarrollo de capa A (caliche). Se perfora hasta los 2 m, se elimina el material perforado hasta esa profundidad y se muestrea 1 m de gravas hasta completar los 3 m, etiquetando el material como muestra B'.

En cada punto de perforación, además de determinar el espesor de cada capa muestreada, se describió la cantidad y composición litológica de los clastos en las gravas en función de su origen, distinguiéndose diferentes litologías concordantes a los afloramientos adyacentes (Capítulo 4.2.1). Como observación macroscópica se estimaron los porcentajes de carbonato de calcio y yeso en cada punto para determinar la composición general de las muestras para su futura interpretación geoquímica (Anexo 4).

El siguiente trabajo de análisis geoquímico se concentra en el sector Pampa Las Torres, en el cual se perforaron 30 pozos entre el 5 y el 7 de abril de 2015 (Tabla 4.1). De los 30 puntos perforados en zona cubierta, se recopilaron 8 muestras correspondientes al nivel A y 23 muestras correspondientes al nivel B.

#### **4.1.1. Protocolo de envío y procesamiento de muestras**

Una vez tamizada la muestra en terreno, cada ejemplar de sedimentos y/o regolito bajo los 2 mm aproximadamente fue empaquetado, etiquetado y enviado al laboratorio 3aaa, con sede Antofagasta. La codificación de las muestras se basó en un código con terminación A o B, donde las letras A y B distinguen dos muestras tomadas en el mismo pozo, explicado anteriormente. En algunos casos se mandó sólo la muestra A o la muestra B, dependiendo de la perforación y detallándolo en el listado de la solicitud de análisis.

Luego de cuartear las muestras mediante cuarteador rotatorio hasta obtener 500 g y un respaldo, estas fueron tamizadas bajo 120# (125 mm), obteniendo al menos 20 g de material necesario para el análisis. Las fracciones sobre 120# fueron eliminadas. Posteriormente fueron enviadas al laboratorio 3aaa sede Santiago, donde se realizó lectura por ICP-MS, previa digestión por agua regia.

## **4.2. BASE DE DATOS GEOQUÍMICOS DEL SECTOR PAMPA LAS TORRES**

La base de datos geoquímicos está compuesta por 31 muestras tomadas en 30 puntos de la malla, en las cuales 8 muestras corresponden a A (caliche), 1 a muestra B (gravas del área bajo la capa de caliche) y 23 a muestras B'. Esto ya que sólo en un pozo se pudo recuperar muestras A y B y en los demás sólo se recuperó la grava luego de los 2 m (Capítulo 4.1). Para simplificar la nomenclatura las muestras B' serán tratadas como B, existiendo sólo muestras A y B.

Según la medición ICP-MS se registraron los 52 elementos químicos del paquete de análisis ICP-AR52, el cual incluye: a los elementos Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co,

Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr. Esta lectura permite determinar concentraciones bajas de numerosos elementos atacando selectivamente la muestra (Hall, 1992 en Cameron, 2004). Además, deja sin disolver algunas fases minerales como arcillas y carbonatos, importante en este trabajo ya que las señales relacionadas a un depósito en profundidad pueden estar en esas partículas (Mingqi y otros, 2015). La Tabla 4.2 muestra a los elementos con su unidad de medida y concentración mínima de sustancia que puede ser detectada con fiabilidad por este método analítico, conocido como límite de detección. Se aquellos elementos que tienen más del 50 % de las muestras con valores por debajo de su límite de detección y para los cálculos estadísticos, han sido reemplazados los valores bajo el límite de detección por la mitad del límite de detección.

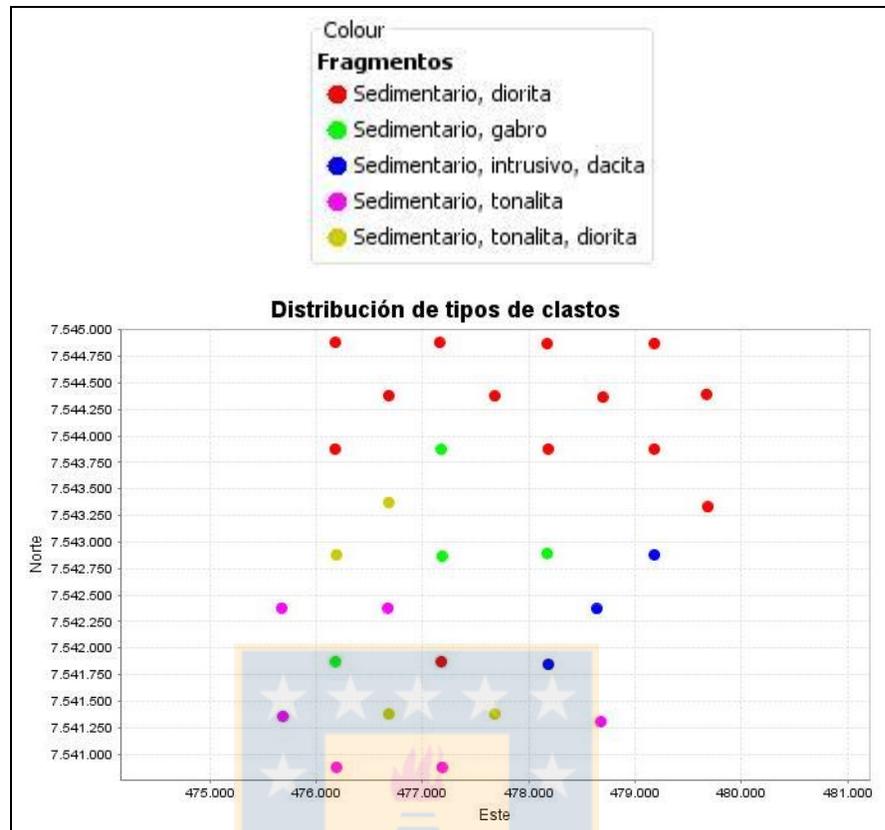
#### **4.2.1. Distribución tipo de clastos**

La observación en terreno de la distribución y composición de los clastos, señala una relación coherente con los afloramientos existentes en las cercanías de los distintos puntos de muestreo, concluyendo que provienen del este. Esto por una representatividad de un grupo de clastos observados en cada punto de la malla. Hacia el SE del área de estudio existe un predominio de fragmentos de litología pórfido dacítico; hacia el norte los fragmentos están dominados por rocas intrusivas dioríticas y en la parte sur por rocas intrusivas tonalíticas. Según las litologías identificadas en la superficie de los distintos pozos se pudieron distinguir los siguientes grupos (Figura 4.4):

- 13 muestras de roca sedimentaria y diorita
- 4 muestras de roca sedimentaria y gabro
- 3 muestras de roca sedimentaria y dacita
- 6 muestras de roca sedimentaria y tonalita
- 4 muestras de roca sedimentaria, tonalita y diorita

**Tabla 4.2:** Elementos entregados lectura ICP-MS; pct: porcentaje en peso, ppt: partes por millón, N/A elementos analizados sin problemas en el límite de detección.

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>% Muestras válidas</b>	<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>% Muestras válidas</b>
<b>Ag</b>	ppm	<0,1	45,2	<b>Na</b>	Pct	N/A	100
<b>Al</b>	pct	N/A	100	<b>Nb</b>	ppm	N/A	100
<b>As</b>	ppm	N/A	100	<b>Ni</b>	ppm	N/A	100
<b>B</b>	ppm	N/A	100	<b>P</b>	Pct	N/A	100
<b>Ba</b>	ppm	N/A	100	<b>Pb</b>	ppm	N/A	100
<b>Be</b>	ppm	N/A	100	<b>Rb</b>	ppm	N/A	100
<b>Bi</b>	ppm	N/A	100	<b>Re</b>	ppm	N/A	100
<b>Ca</b>	pct	N/A	100	<b>S</b>	pct	N/A	100
<b>Cd</b>	ppm	N/A	100	<b>Sb</b>	ppm	N/A	100
<b>Ce</b>	ppm	N/A	100	<b>Sc</b>	ppm	N/A	100
<b>Co</b>	ppm	N/A	100	<b>Se</b>	ppm	<0,5	41,9
<b>Cr</b>	ppm	N/A	100	<b>Sm</b>	ppm	N/A	100
<b>Cs</b>	ppm	N/A	100	<b>Sn</b>	ppm	N/A	100
<b>Cu</b>	ppm	N/A	100	<b>Sr</b>	ppm	>2.000	51,6
<b>Fe</b>	pct	N/A	100	<b>Ta</b>	ppm	N/A	100
<b>Ga</b>	ppm	N/A	100	<b>Te</b>	ppm	<0,1	22,6
<b>Ge</b>	ppm	N/A	100	<b>Th</b>	ppm	N/A	100
<b>Hf</b>	ppm	N/A	100	<b>Ti</b>	pct	N/A	100
<b>Hg</b>	ppm	<0,01	12,9	<b>Tl</b>	ppm	N/A	100
<b>In</b>	ppm	<0,01	83,9	<b>U</b>	ppm	N/A	100
<b>K</b>	pct	N/A	100	<b>V</b>	ppm	N/A	100
<b>La</b>	ppm	N/A	100	<b>W</b>	ppm	N/A	100
<b>Li</b>	ppm	N/A	100	<b>Y</b>	ppm	N/A	100
<b>Mg</b>	pct	N/A	100	<b>Yb</b>	ppm	N/A	100
<b>Mn</b>	ppm	N/A	100	<b>Zn</b>	ppm	N/A	100
<b>Mo</b>	ppm	<1	96,8	<b>Zr</b>	ppm	N/A	100



**Figura 4.4:** Distribución de los tipos de clastos en cada pozo perforado en el sector Pampa Las Torres.

### 4.3. METODOLOGÍA

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el software Xlstat para conseguir los valores del mínimo, el máximo, la mediana, el promedio, la desviación estándar y el umbral de exploración. Este último parámetro sirve para determinar el *background* o nivel base que permita distinguir potenciales anomalías y se define como:

$$\text{Umbral de exploración} = \text{Promedio} + 2 * \text{Error estándar o Desviación estándar del promedio}$$

En la Tabla 4.3 están expresados estos valores para los elementos Ag, As, Cu, Mo, Pb, Sb y Zn, los cuales se consideran elementos exploradores en la prospección en un pórfido cuprífero (cita). La tabla completa se encuentra en el Anexo 4.

**Tabla 4.3:** Estadística básica de elementos de prospección cuprífera.

Elemento	Ag_ppm	As_ppm	Cu_ppm	Mo_ppm	Pb_ppm	Sb_ppm	Zn_ppm
N° muestras	31	31	31	31	31	31	31
N° muestras válidas	14	31	31	31	31	31	31
Límite de detección	0,05	-	-	0,5	-	-	-
% muestras válidas	45,2	100	100	99,7	100	100	100
Mínimo	0,05	19	14	0,5	4	0,4	30
Máximo	0,2	185	43	7	24	1,6	90
1 Cuartil	0,05	51,50	17	1	6	0,6	49
Mediana	0,05	74	22	2	14	0,7	57
3 Cuartil	0,1	104,5	29,5	2	18	0,8	62
<b>Promedio</b>	<b>0,08</b>	<b>83,58</b>	<b>24,35</b>	<b>1,984</b>	<b>13,52</b>	<b>0,72</b>	<b>57,71</b>
Varianza (n-1)	0	1.685,72	78,64	1,375	41,59	0,06	200,55
Desviación estándar	0,05	41,06	8,87	1,172	6,45	0,24	14,16
<b>Umbral Exploración</b>	<b>0,16</b>	<b>85,88</b>	<b>25,42</b>	<b>2,37</b>	<b>14,43</b>	<b>0,89</b>	<b>56,06</b>

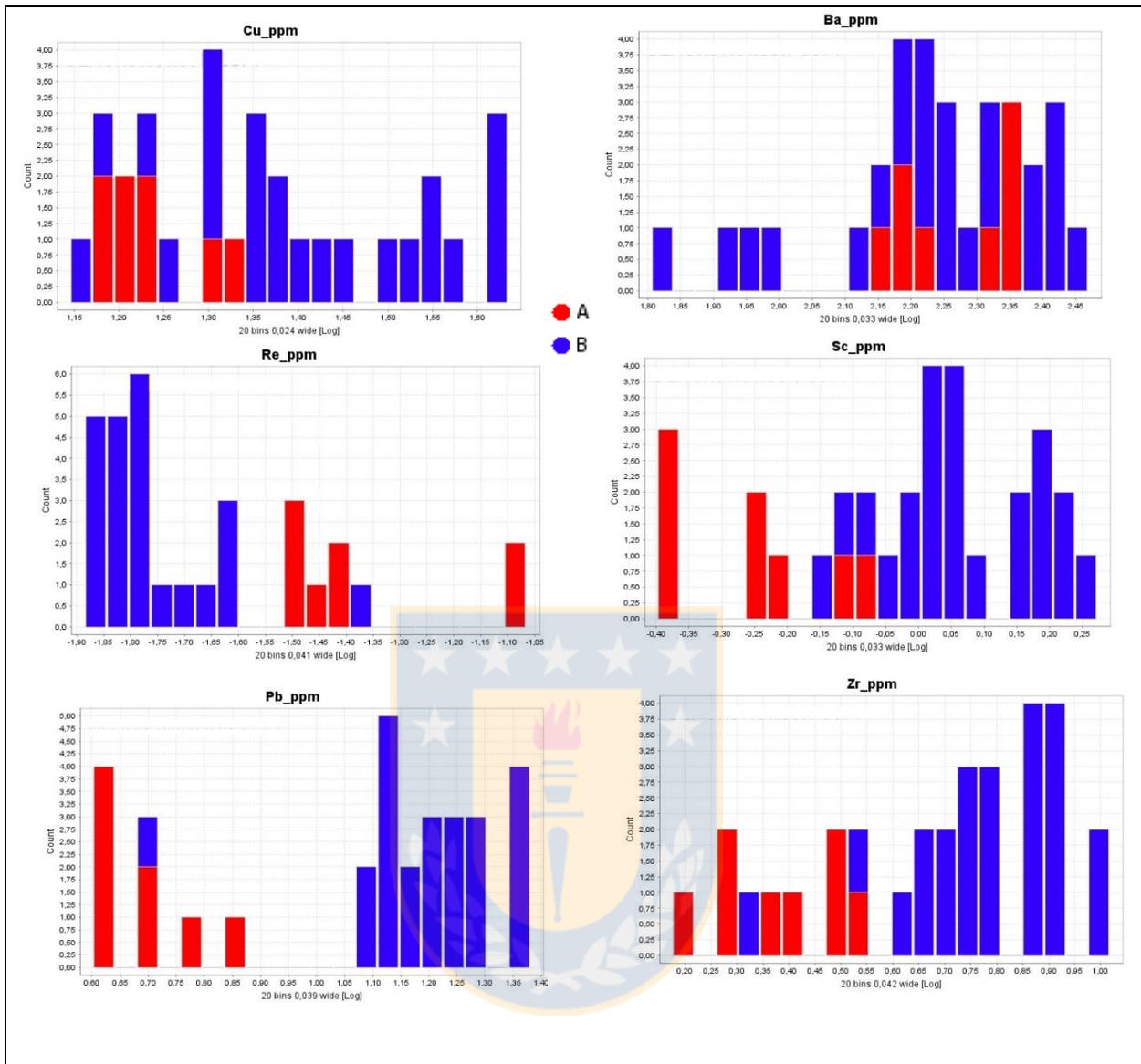
### 4.3.1. Estadística Univariante

Según análisis visual de histogramas (Figura 4.5), herramienta útil para detectar valores atípicos u *outliers*, tanto para el nivel de caliche (muestras A, rojo) como para el nivel de gravas bajo el caliche (muestras B, verde), se determinó la presencia de distintas poblaciones sin distribución normal, típico comportamiento de gravas (Reimann, 2005).

En los elementos Ba, Cu, Ga, K, La, Ni, Nb, Pb, Re, Rb, Sc, V, W, Y, Zn y Zr (Figura 4.5) se puede apreciar la diferencia de poblaciones en el nivel de caliche (A) y el nivel bajo el caliche (B), razón por la cual el procesamiento estadístico multivariante se realizará con los datos de muestras A y B por separado.

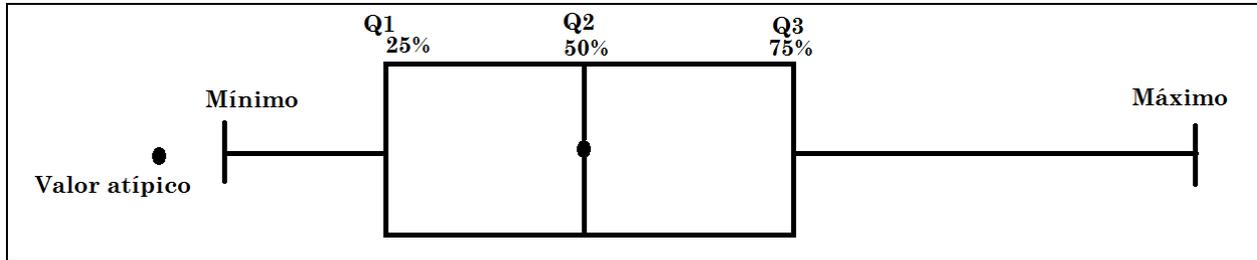
### 4.3.2. Diagrama de cajas y bigotes para elementos

Para complementar de manera visual la diferencia geoquímica entre poblaciones A y B, se generaron diagramas de cajas y bigotes (*box plot*). Estos permiten resumir algunas características de la distribución de los datos, tal como su simetría y su dispersión y presencia de valores atípicos.



**Figura 4.5:** Histogramas de algunos elementos, en rojo muestra A y en verde muestra B.

La caja (Figura 4.6) representa la distribución de los datos en un solo eje, es decir, pone en una sola dimensión los datos de un histograma. Así el 50% de la información queda restringida a los límites de la caja. El límite inferior o Q1 corresponde al percentil 25, la mediana o Q2 al percentil 50 y el límite superior o Q3 al percentil 75. La línea interior representa la mediana; si no está en el centro del rectángulo, la distribución no es simétrica. El punto representa el promedio, y las líneas o “bigotes” exteriores los demás datos. Estos últimos se forman con una distancia a 1,5 veces el largo de la caja y los valores que superen esta distancia se consideran valores *outliers* o valores atípicos.



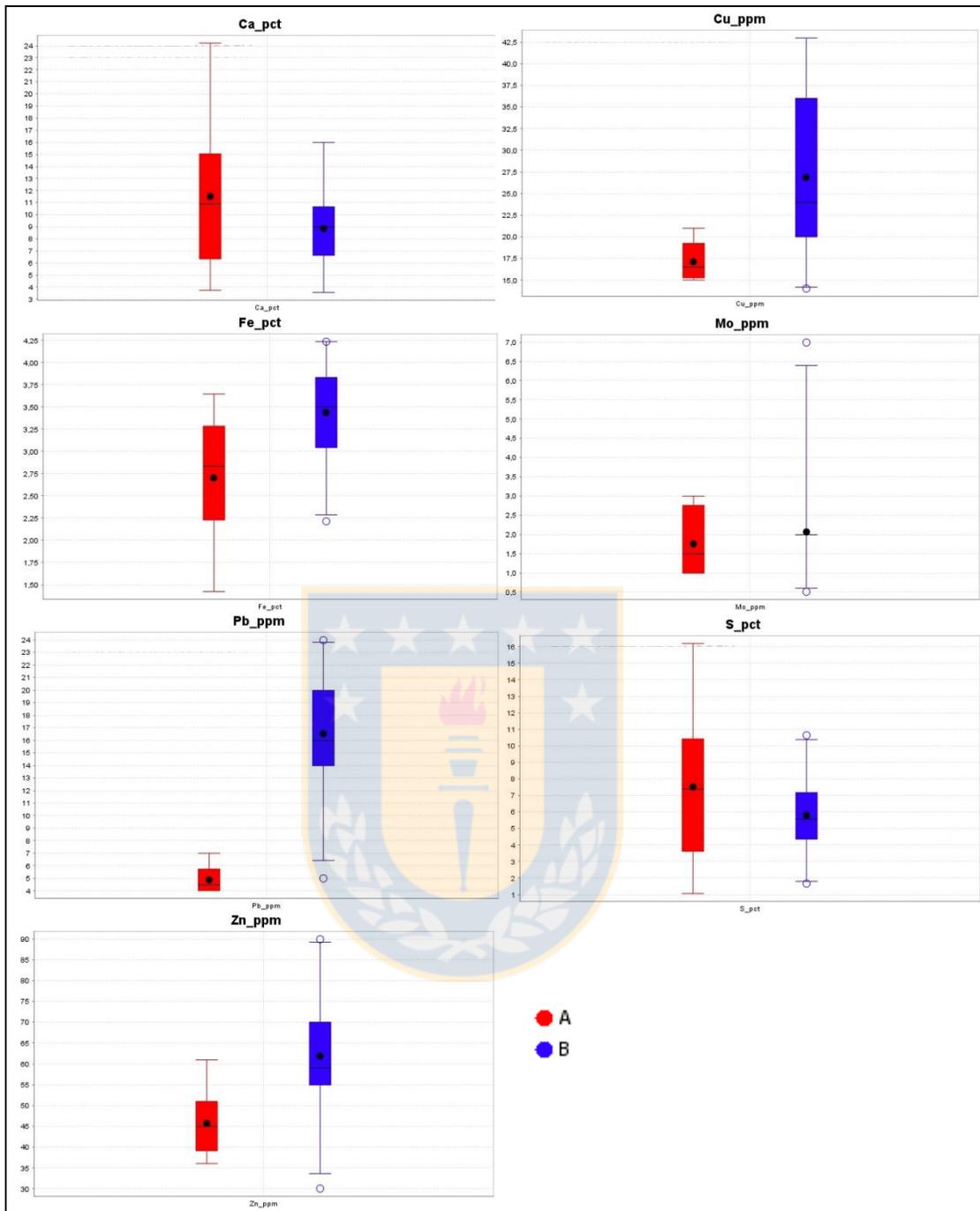
**Figura 4.6:** Diagrama de caja y bigotes. Q1 límite interior, Q2 mediana, Q3 límite superior.

En el caso del Ca y S (Figura 4.7), en el grupo A los datos son más diferentes entre sí y tienen una concentración más alta que en el grupo B. Además, la posición de la mediana (Figura 4.6) evidencia la existencia de varias poblaciones en la muestra. Esto se explica ya que este es el nivel del caliche, donde se encuentran un gran porcentaje de sulfatos. En tanto que la población B es más heterogénea en concentraciones, pero presenta valores anómalos bajos y altos. El Cu posee datos más homogéneos y con menor concentración en el grupo A, mientras que en el grupo B las concentraciones son más variables, del rango de 14 hasta 43 ppm. Las concentraciones en el Mo, para el grupo A son bajas, con un máximo de 4 ppm, mientras que en el grupo B los valores son constantes, excepto por un valor anómalo de 7 ppm. Por último, los datos del Fe y el Zn se distribuyen de manera similar en las gravas, con bajas concentraciones en el grupo A y concentraciones más heterogéneas en B, además de valores anómalos bajos y altos.

#### 4.4. ANÁLISIS DE CLÚSTERS

El análisis de clúster o conglomerados corresponde a una técnica estadística de clasificación de datos, ordenándolos en grupos con un grado de asociación entre los miembros dentro del conglomerado. Cada clúster se describe como la clase a la que sus miembros pertenecen. Esta técnica permite ver asociaciones y estructuras que a primera vista no son tan evidentes, para este caso, ver el grado de relación entre los numerosos elementos presentes en las gravas.

Con la ayuda del programa IBM SPSS Statistics 20 y normalizando los valores de cada elemento, se generaron gráficos de dendogramas, herramienta útil para visualizar en forma gráfica y simple las relaciones entre elementos.

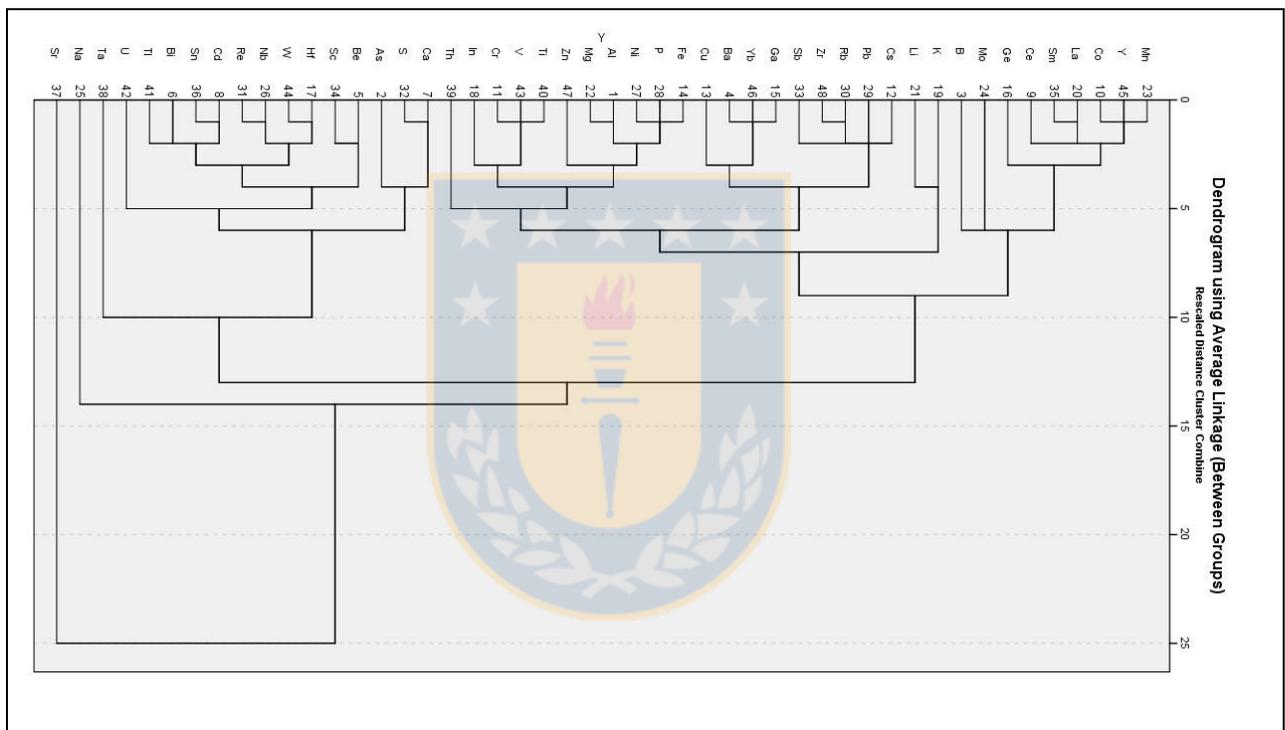


**Figura 4.7:** Diagrama de caja y bigotes para los elementos Ca, Cu, Fe, Mo, Pb, S y Zn.

#### 4.4.1. Análisis de Clúster en muestras A

En el dendograma, los elementos que estén más próximos y con clúster a menor distancia están más relacionados entre sí que los elementos extremos. A continuación se describe las relaciones entre elementos en la Figura 4.8. Se aprecia la relación cercana de los elementos tierras

raras La-Sm-Ce-Ge en un clúster. El Ca y S son elementos presentes en sulfatos, el P y V con posibilidad de intercambio entre ellos se relacionarían a fosfatos. Los elementos K, Rb y Cs pueden vincularse al poseer la misma carga catiónica y un comportamiento geoquímico similar, pudiendo reemplazarse fácilmente en plagioclasas (Green, 1980). El clúster de S y As puede estar relacionado a la presencia de pirita. El Cr-V-Ti puede estar relacionado a minerales ferromagnesianos (Gupta, 2007). El clúster de Mg-Al sugiere un control mineralógico de arcillas en las muestras (Mitchell, 1993), que coincide con los sectores de mayor desarrollo de un horizonte de iluviación.

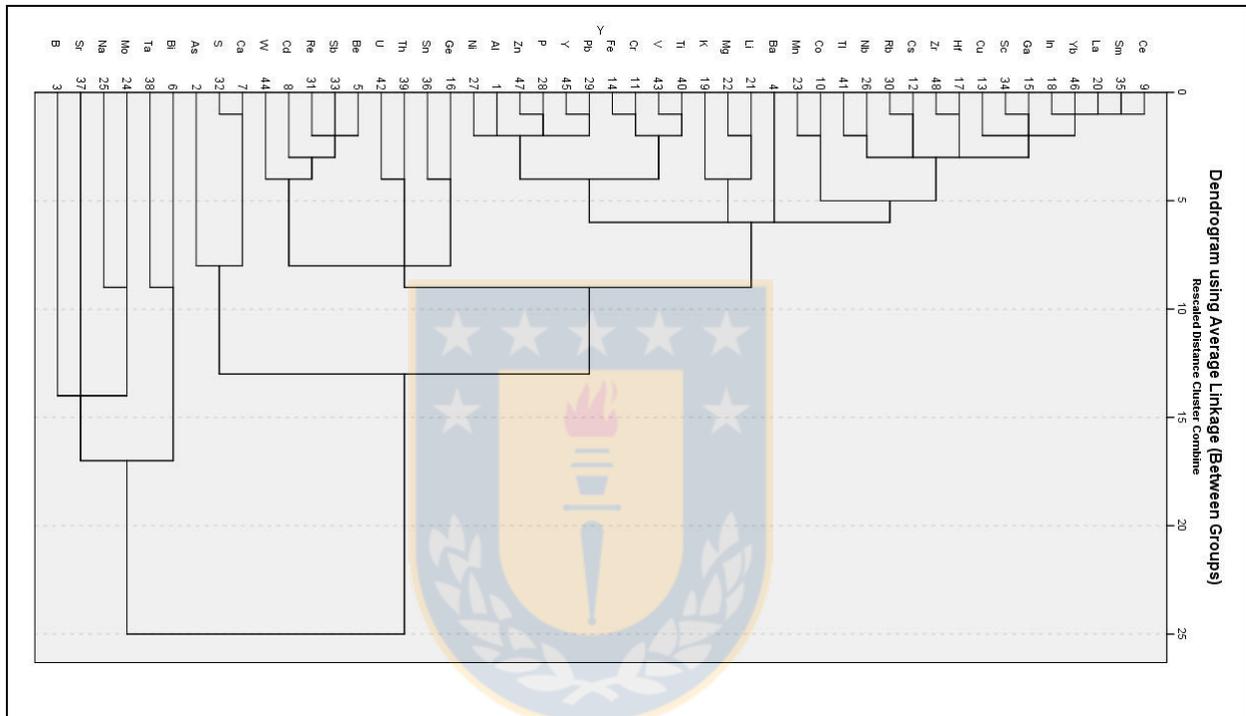


**Figura 4.8:** Dendrograma de los datos de las muestras A.

#### 4.4.2. Análisis de Clúster muestras B

Este set de datos (Figura 4.9) presenta mayor número de integrantes que el anterior y por lo tanto mayor generación de agrupaciones. Destacan las relaciones de elementos de tierras raras livianas Ce-Sm-La, estas se fraccionan en los apatitos durante la diferenciación magmática y son destruidos por alteración hidrotermal y movilizadas (Wong, 2014), sin embargo, pueden ser absorbidas en las caolinitas (Hikov, 2011). El Ca y S de nuevamente tienen una relación cercana,

dada por los sulfatos. El grupo del Li y K se pueden relacionar por la alteración argílica intermedia y su grupo de illitas que afecta a las rocas adyacentes (Mitchell, 1993). Li y Mg agrupado por la presencia del mineral biotita, V-Cr-Ti por minerales ferromagnesianos. El Mg y Al pueden estar relacionados por arcillas, producto de la meteorización de rocas en un ambiente supérgeno. El Pb y el Zn a pesar de no tener una relación cercana, están agrupados por un clúster con mayor distancia.

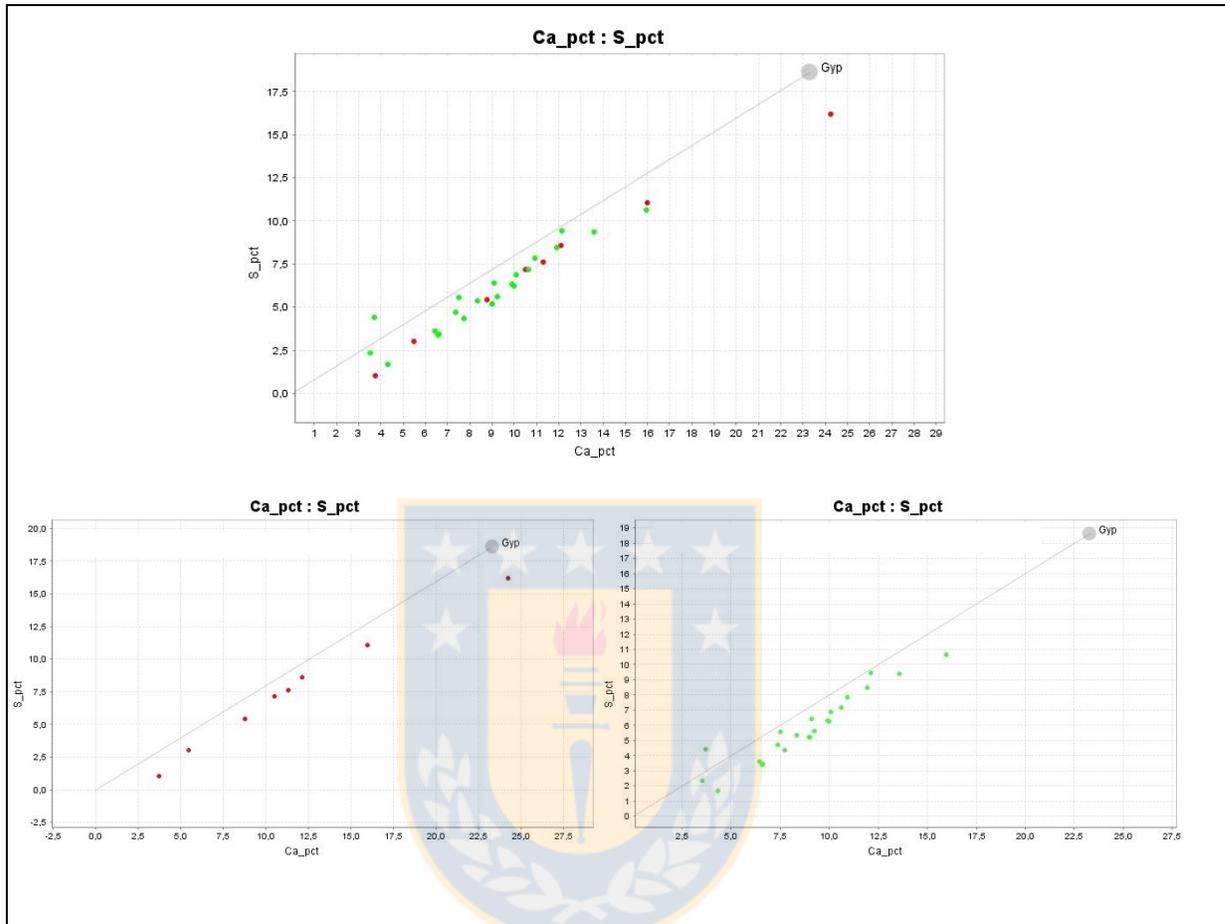


**Figura 4.9:** Dendrograma de los datos de las muestras B.

#### 4.5. RELACIÓN CA-S EN LAS MUESTRAS TIPO A Y TIPO B

En el diagrama *Box plot* (Figura 4.7) y los dendogramas, se evidencia una elevada correlación entre los elementos Ca y S y estos a su vez con yeso (Figura 4.10), indicando que el nivel presente de caliche corresponde en su mayoría a ese mineral. Según la hipótesis del trabajo, el nivel de caliche serviría como “trampa” para los cationes ascendentes, por lo que se esperaría obtener una diferencia de concentración de elementos entre niveles y también encontrar mayor concentración de caliche en el nivel A. En la Figura 4.10 se puede ver que la relación de Ca-S es muy similar entre ambos horizontes, por lo que no se pudo discriminar bien los niveles. Además la disolución con agua regia provoca una anomalía de fondo baja que combinado con la alta

presencia de yeso, genera un efecto *buffer* en los demás elementos, los cuales poseen una correlación en su mayoría negativa con Ca y S.



**Figura 4.10:** Relación entre Ca, S expresados en porcentaje (pct) y yeso en los niveles. A: caliche, B: gravas bajo el caliche. La línea inclinada indica la distribución del mineral yeso (Gyp).

## 5. GEOQUÍMICA DE ROCA

Con la finalidad de complementar el análisis en gravas, se tomaron 68 muestras para estudios geoquímicos de roca en los afloramientos de la zona de estudio, concentradas en su mayoría en la zona de alteración hidrotermal. Estas fueron analizadas mediante ICP-OES en los laboratorios 3aaa y SGS. Las muestras fueron sometidas a digestión con cuatro ácidos (perclórico, fluorhídrico, clorhídrico y nítrico), que permite la disolución de los silicatos y la mayoría de los minerales resistentes. Los elementos analizados fueron: Al, As, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Ti, V, Zn y Zr.

En general, los coeficientes de correlación de los elementos determinados por esta vía fueron inferiores a los entregados por estudios de geoquímica de grava, ya que la digestión de 4 ácidos todas las fases minerales, con la excepción de las más resistentes, como rutilo y circón (Chao y Sanzalone, 1992), modificando el valor de fondo de los elementos y caracterizando la composición mineralógica total de la muestra.

### 5.1. ESTADÍSTICA UNIVARIABLE

Se obtuvieron los estadígrafos básicos para la base de datos obtenida (Tabla 5.1). Aquellos elementos en los que más del 50% de los datos estuvieran por debajo del límite de detección, fueron eliminados de la base de datos, y no fueron considerados para futuros análisis.

Los elementos eliminados fueron Ag, Sb, Sn, Te, Th, Tl y W. Los 29 elementos restantes, fueron considerados para el análisis geoquímico. El As, Cu y Mo, a pesar de contar con un porcentaje bajo de muestras válidas, fueron considerados, por ser elementos de prospección de pórfidos cupríferos. En el caso particular del Cu, los análisis del laboratorio SGS fueron expresados en una unidad de porcentaje (pct) por lo que la mayoría valores se registraron bajo el límite de detección (<0,01 pct), cambiándose a ppm para este estudio

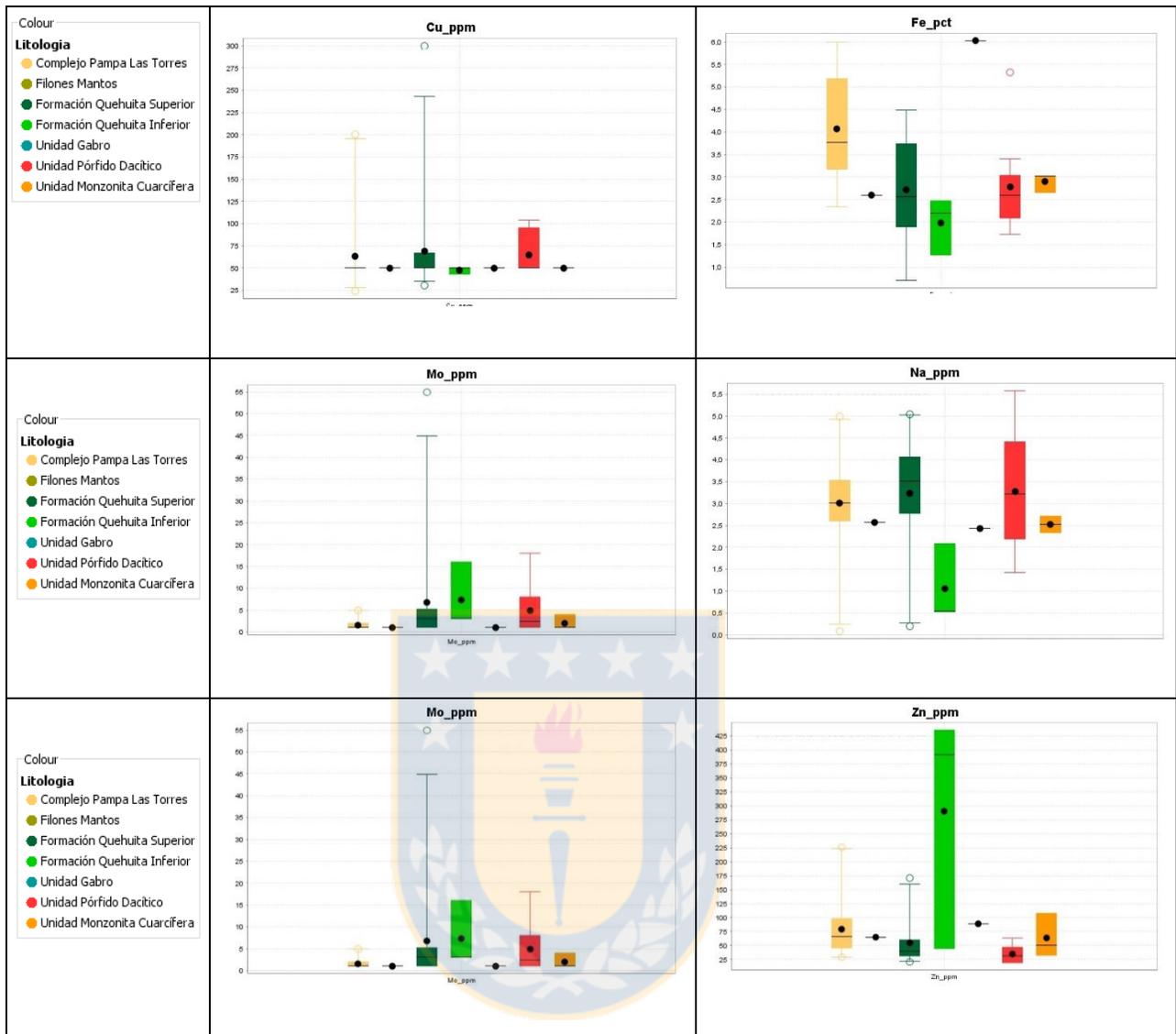
Los valores obtenidos para el umbral de exploración son una herramienta estadística que requiere combinarse con más factores. El estudio realizado por Kelley y otros (2003) en los

suelos de Atacama, con disolución de agua regia y lectura ICP-OES, mostró una media de valor de fondo para el Cu de 46 ppm, para el Mo 3 ppm y para el As 65 ppm. Por otra parte, el estudio de la concentración de la abundancia natural de los elementos en la corteza terrestre (Rose y otros, 1979), indican valores de Cu 50 ppm, Mo 1,5 ppm, Pb 10 ppm y Zn 2 ppm. Lo anterior permite conocer las concentraciones promedio de los distintos elementos de valor prospectivos en las rocas.

**Tabla 5.1:** Estadígrafos de estadística básica elementos prospectivos.

Elementos	As_ppm	Cu_ppm	Mo_ppm	Pb_ppm	S_pct	Zn_ppm
N° muestras	68	68	68	68	68	68
N° muestras válidas	28	20	32	47	68	68
Límite de detección	<1	50	<2	<1	-	-
% muestras válidas	<b>41,18</b>	<b>29,41</b>	<b>47,06</b>	69,12	100	100
Mínimo	0,5	24	1	0,5	0,08	19
Máximo	88	300	55	221	6,24	436
1 Cuartil	0,5	50	1	0,5	0,29	34,75
Mediana	0,5	50	1	4,5	0,38	50
3 Cuartil	6	50	4	17,5	0,65	81,25
<b>Promedio</b>	5,91	63,53	4,6	15,65	0,63	71,19
Varianza (n-1)	183,93	1.698,97	69,65	910,85	0,67	5.263,44
Desviación estándar	13,56	41,22	8,35	30,18	0,82	72,55
<b>Umbral de Exploración</b>	<b>6,8</b>	<b>65,09</b>	<b>5,3</b>	<b>16,99</b>	<b>0,85</b>	<b>73,26</b>

Para una mejor comparación y entendimiento entre unidades, se realizó un estudio de cajas y bigotes. En general se observa una distribución uniforme en los elementos por unidad (Figura 5.1), destacando los valores anómalos de Cu y la concentración constante de este elemento en la unidad pórfido. Para el caso del Fe, la alta concentración en las unidades puede deberse a la presencia de pirita como *boxwork*, evidenciado en los análisis de sulfuros relictos. Los valores altos del Zn en la Formación Quehuita superior en comparación con las otras unidades se puede deber la composición calcárea de ésta.



**Figura 5.1:** Diagrama de caja y bigotes para los elementos Cu, Fe, Mo, Na, S y Zn en las unidades litológicas.

## 5.2. ESTADÍSTICA MULTIVARIABLE

### 5.2.1. Matriz de correlación

Con esta técnica estadística se aprecia si existe algún tipo de dependencia entre elementos, y si estas correlaciones son lo suficientemente altas, se puede aplicar un análisis factorial a los datos. El grado de correlación se puede explicar como la fuerza de la relación entre dos variables, en una misma unidad.

Se obtuvo la matriz de correlación de *Pearson*, destacándose la ausencia de una correlación fuerte, es por ello que se generaron matrices para las unidades litológicas más significativas del sector, descritas en el Capítulo 3, con el fin de apreciar la relación entre elementos para cada roca.

Los rangos oscilan entre -1: buena correlación negativa, 0: mala correlación y 1: buena correlación positiva. En valor absoluto, se define un factor de correlación sobre 0,5 como significativo y un factor sobre 0,8 como excelente (Townley y otros, 2000).

Los elementos Cu y Mo están relacionados positivamente en la litología de Pórfidos (Tabla 5.2) y el Complejo Intrusivo Pampa Las Torres (Tabla 5.3), no así en la Formación Quehuita (Tabla 5.4). Esto se explica con la litología ya que las rocas sedimentarias son menos reactivas para albergar mineralización y concuerda con la propuesta de alteración y mineralización descrita antes (Figura 3.7).

**Tabla 5.2:** Matriz de correlación con los elementos principales base de datos de pórfidos. En negrita correlaciones más altas.

Pórfidos	As	Cu	Mo	Pb	Zn
As	1	-0,221	0,182	-0,330	<b>0,538</b>
Cu	-0,221	1	<b>0,760</b>	0,492	-0,0892
Mo	0,182	<b>0,760</b>	1	0,422	-0,419
Pb	-0,330	0,492	0,422	1	-0,179
Zn	<b>0,538</b>	-0,0892	-0,419	-0,179	1

**Tabla 5.3:** Matriz de correlación con los elementos principales base de datos Complejo Intrusivo Pampa Las Torres. En negrita correlaciones más altas.

Complejo PLT	As	Cu	Mo	Pb	Zn
As	1	-0,475	-0,4	-0,448	-0,434
Cu	-0,475	1	<b>0,861</b>	0,084	0,336
Mo	-0,4	<b>0,861</b>	1	0,262	0,194
Pb	-0,448	0,084	0,262	1	0,377
Zn	-0,434	0,336	0,194	0,377	1

**Tabla 5.4:** Matriz de correlación con los elementos principales base de datos Formación Quehuita

Fm. Quehuita	As	Cu	Mo	Pb	Zn
As	1	0,135	-0,042	0,118	-0,067
Cu	0,135	1	0,0122	0,037	-0,0170
Mo	-0,0412	0,0122	1	0,422	-0,419
Pb	0,118	0,0371	0,236	1	-0,119
Zn	-0,067	-0,0170	0,172	-0,119	1

### 5.2.2. Análisis de componentes principales

El objetivo es determinar un número reducido de factores que puedan representar a las variables originales y que asocien elementos con comportamiento geoquímicos similares. Los factores se pueden considerar como la representación de un conjunto de variables no observadas, así mientras más porcentaje se explique en los primeros factores mejor se puede explicar el comportamiento geoquímico de las variables. Si las variables son muy bajas, puede llevar a estimadores sesgados. Es por ello que se agrupan los elementos de las gravas con igual comportamiento, utilizando los softwares ioGAS y Xlstat.

La Tabla 5.5 muestra la comparación del análisis factorial en la base de datos total y en las de unidades litológicas. Los factores se expresan como F1, F2, F3, F4, F5 y F6. La distribución de datos se explica mejor en la unidad de pórfidos, esto puede deberse a que la unidad presenta una distribución acotada en el espacio, a diferencia de la Formación Quehuita, la cual se encuentra en toda al área.

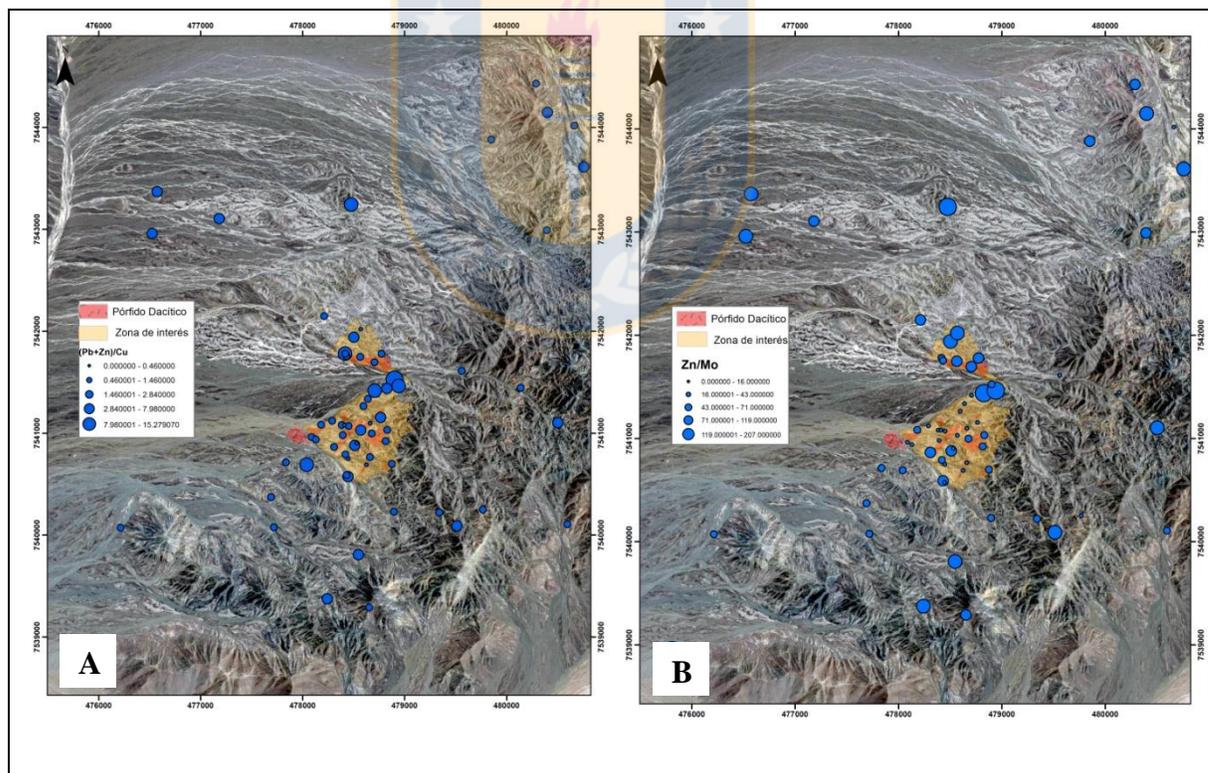
**Tabla 5.5:** Factores en bases de datos, explicando hasta un 93% de los datos. PLT: Pampa Las Torres.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Base de datos total	22,70	35,66	45,11	53,58	61,54	67,17
Pórfidos	36,69	61,25	74,11	82,63	89,29	93,92
PLT	29,09	53,31	64,46	74,65	82,62	86,72
Fm. Quehuita	24,87	40,12	52,12	60,64	67,21	73,18

### 5.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Para complementar el análisis estadístico multivariable y determinar las zonas potenciales de exploración, una representación gráfica entrega las herramientas necesarias para una rápida apreciación. Para ello se utilizó el software ArcGIS versión 10.1 evaluando una zonación geoquímica esperable para un sistema del tipo Pórfido Cuprífero.

En una mineralización hipógena, los elementos Cu y Mo se comportarían con una movilidad restringida y los elementos Pb y Zn, al ser más móviles, formarían un halo alrededor, en la zona periférica a la mineralización (Sillitoe, 2010). Para poder representar estas relaciones y comprobar que estos últimos elementos más móviles se comportan de una forma periférica en un sistema tipo pórfido se usaron las razones  $(Pb+Zn)/Cu$  y  $Zn/Mo$  (Figura 5.2), donde los valores más altos se concentran en las zonas más alejadas alteración principal..



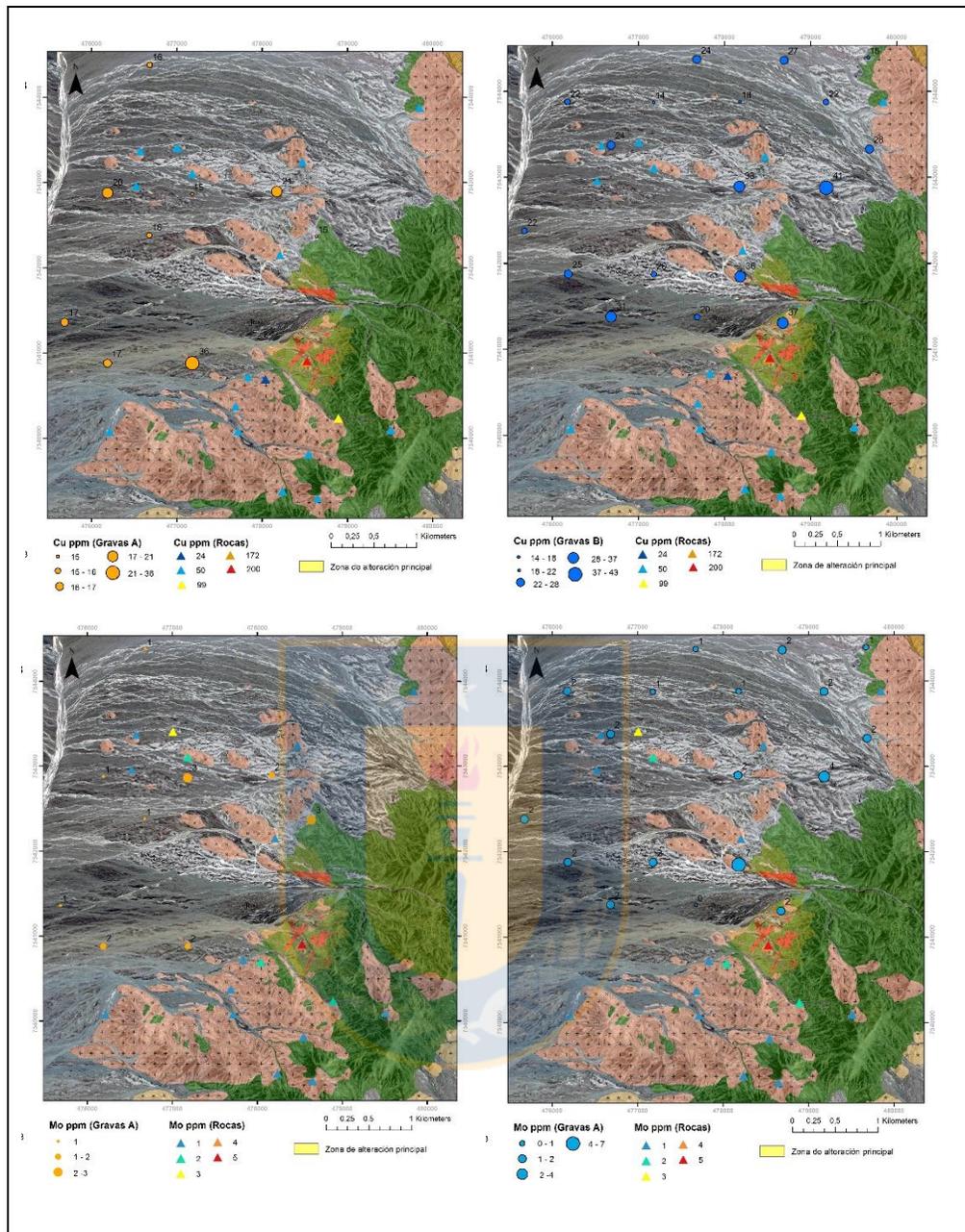
**Figura 5.2:** A) Razón  $(Pb+Zn)/Cu$  en la zona. B) Razón  $Zn/Mo$  en la zona. Lugar de alteración principal en amarillo. Los círculos celestes distribuidos en las rocas, representan los valores de las razones, mientras más grande, más alto el valor.

## 6. DISCUSIÓN Y POTENCIAL DEL ÁREA

Luego de analizar las imágenes satelitales y concentrarse en las anomalías de color, este trabajo se enfocó en la zona de interés con alteración hidrotermal (Figura 6.1). Esta zona se caracteriza por presentar la litología parcialmente obliterada por esta alteración, vetillas D, minerales de arcilla: illita, esmectita, montmorillonita y concentraciones anómalas de Cu, Mo, Pb y Zn, tanto en rocas cercanas a la pampa y en gravas.

Las concentraciones máximas de Cu y Mo no difieren mucho entre las muestras de gravas de tipo A y B, contrario a lo que se esperaba. En A las concentraciones alcanzan 36 y 3 ppm y en B, 43 y 7 ppm, para Cu y Mo respectivamente. Además, reflejan valores altos en la cercanía de los afloramientos, concordantes con una erosión proveniente de estas rocas, al no tener mayor transporte. Sin embargo, dentro de la anomalía de color determinada por la alteración y tipo de rocas que presenta (Capítulo 3.5), la existencia de una zona de poca extensión y que contiene la mayor concentración de Mo y alto valor de Cu en la zona de pampa, podría corresponder a una señal en profundidad, considerando que la litología adyacente corresponde en su mayoría a sedimentos continentales, y la señal geoquímica con valores altos no proviene de esta unidad. Por lo que el modelo de alteración y mineralización de Pampa Las Torres permite pensar que la alteración observada en el sector aflorante estaría abierta hacia la pampa inmediatamente vecina y abre expectativas de prospección en ese sector, cercano a los afloramientos.

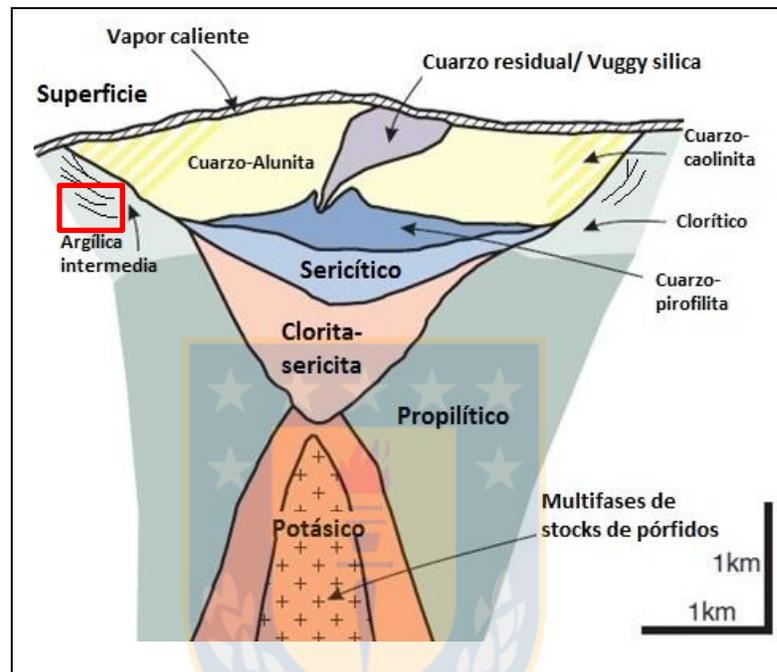
El límite entre la clasificación A y B en las gravas resultó ser una mezcla de sales donde el componente mayor es yeso o *gypcreta* con altas concentraciones de Ca y S y no el caliche competente con altos valores de elementos relacionados a sulfatos, nitratos y fosfatos que se esperaba. Así, no existió la suficiente dureza en la capa A, lo que dificultó la perforación, provocando en algunos casos el derrumbe del pozo y la consecuente contaminación de la muestra B. Además, la sensibilidad de la máquina quedó sujeta a la experiencia del operador, el cual determinaba cuándo se encontraba y atravesaba la capa de “caliche”, por lo que esta técnica no cumple con los requisitos de selección de muestra requerida para diferenciar niveles.



**Figura 6.1:** Mapa de concentración de elementos Cu y Mo en gravas y rocas. Los círculos naranjos corresponden a los contenidos de Cu y Mo en las gravas de tipo A, y los azules, a las de tipo B. El tamaño de los círculos es proporcional a su abundancia. Las concentraciones de Cu y Mo en roca están representadas por triángulos de diferentes colores, donde los rojos indican las mayores concentraciones.

Las asociaciones mineralógicas presentes por medio de mediciones Specterra, observaciones visuales en terreno en el lugar y los altos valores de Mo y Cu indican una alteración argílica intermedia, y sugieren que el sector aflorante podría corresponder a la parte superficial de un sistema mineralizado en profundidad, en donde la participación de fluidos

magmáticos y aguas meteóricas darían como resultado la segregación de minerales como lo sugiere el modelo de alteración y mineralización de pórfidos propuesto (Sillitoe, 2010). En este esquema, la zona de Pampa Las Torres podría representar la parte superior lateral de un sistema de pórfido cuprífero, posiblemente algo alejado de una zona fílica en un nivel de superficie o actividad hidrotermal de baja temperatura (Figura 6.2).

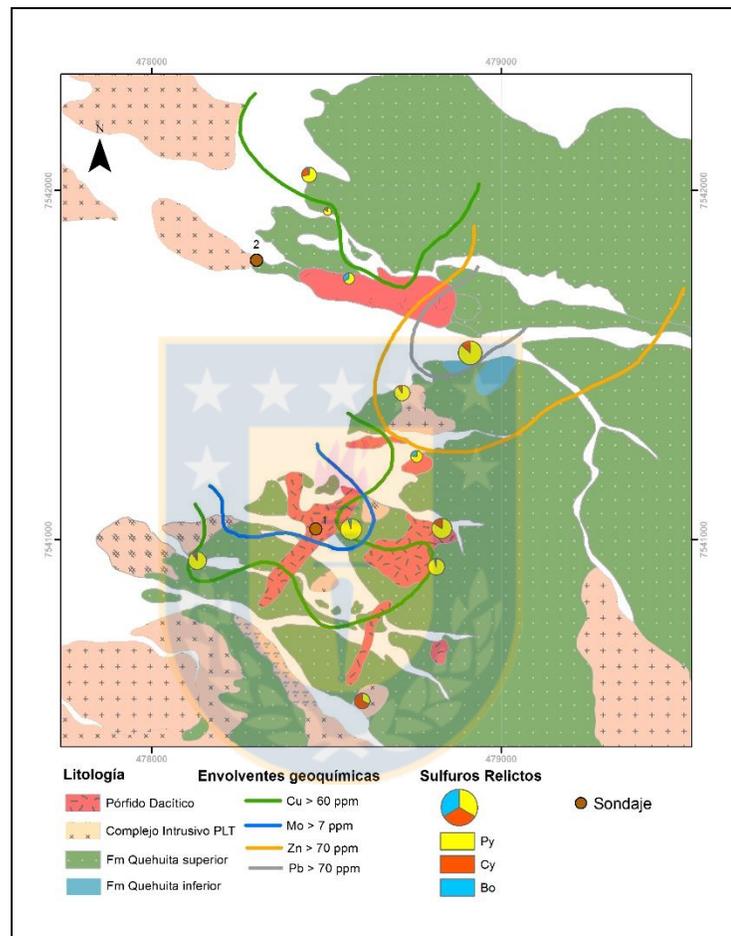


**Figura 6.2:** Modelo de alteración y mineralización de un pórfido cuprífero (modificado de Sillitoe, 2010). Rectángulo rojo indica posible posición de Pampa Las Torres.

Con los análisis geoquímicos de rocas y las muestras de estudios de sulfuros relictos se pudo construir un mapa de mineralización estimada (Figura 6.3), el cual contiene las envolventes geoquímicas de Cu sobre 60 ppm, Mo sobre 7 ppm, Zn y Pb sobre 70 ppm, y las envolventes de alteración supérgena con minerales asociados de óxidos de hierro, como jarosita y jarosita-goethita.

Toda esta información concentrada en la zona de alteración hidrotermal señala una envolvente interesante de Mo y Cu abierta hacia la pampa, concordante con la información proporcionada en la Figura 6.1 y con los valores de umbral de exploración proporcionados en la Tabla 5.1. Así, se propone la ubicación de 2 sondajes con lo cual se pretende corroborar si existe

un yacimiento en profundidad cercano a las zonas con altos valores de Cu, Mo, Pb y Zn tanto en rocas como en gravas. El sondaje 1 se encuentra en litología de pórfido dacítico, en un *stockwork* con alteración argílica y en la zona con mayores valores de Cu y Mo. El sondaje 2 está en una zona subaflorante con alteración argílica, a 120 m de anomalía litogeoquímica de Cu (36 ppm), Mo (7 ppm), Zn (55 ppm), y en proyección al NW de pórfido dacítico.



**Figura 6.3:** Mapa de Mineralización estimada con un acercamiento en la zona de pórfidos, con las envolventes geoquímicas de Cu, Mo, Zn y Pb. Py: pirita, Cpy: calcopirita, Bo: bornita. Se proponen 2 sitios de sondajes.

## 6.1. COMPARACIÓN CON DEPÓSITOS CONOCIDOS DE LA FRANJA PALEOCENA

La franja metalogénica del Paleoceno se extiende por más de 1.500 km desde el sur de Perú hasta el extremo sur de la Región de Atacama en Chile (Camus, 2003). Representa una de las etapas de migración del arco hacia el este a partir del Cretácico Superior (Coira y otros, 1982; Mpodozis y Ramos, 1990, en Camus, 2003). Predominan pórfidos de cobre de tamaño pequeño, a diferencia de los de la Franja del Eoceno-Oligoceno, como Sierra Gorda, El Peñón, El Guanaco, Cachinal y El Soldado, La Pólvora, Quebrada Juncal y Pampa Rubia y depósitos significativos como Cerro Colorado y Spence.

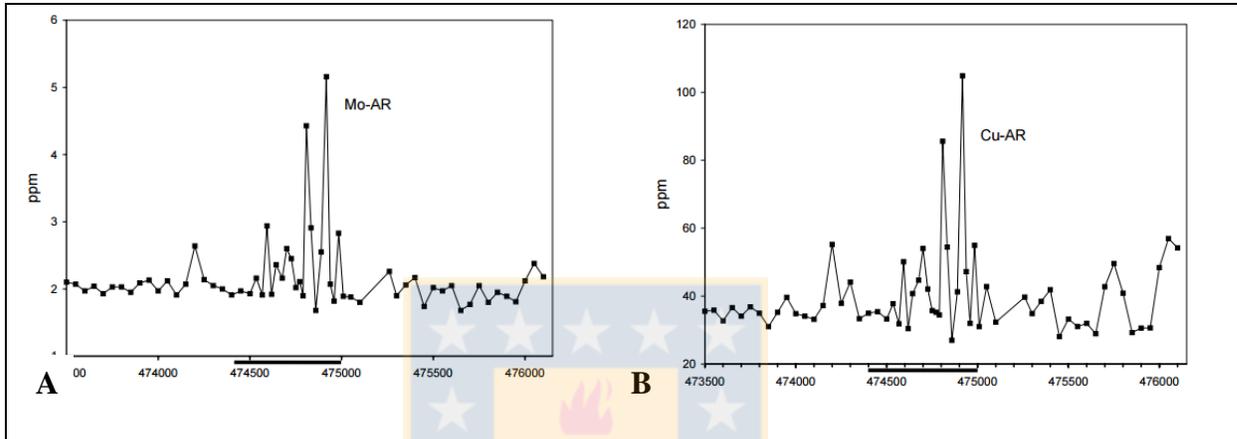
Este último depósito se ubica a unos 60 km al sur del área de estudio. Corresponde a un pórfido de Cu, con una reserva de 313 Mt, un % de Cu de 1,08 y una cobertura de gravas de 3 a 180 m de espesor, de edad Mioceno (Cameron, 2008).

En Spence ocurre un enriquecimiento secundario en profundidad, seguido de una zona de óxidos y una cubierta de lixiviación, todo bajo las gravas. La mineralización de sulfuros se formó hace 57 Ma, seguido de una alteración supérgena entre los 28 a 44 Ma (Rowland y Chank, 2001, en Cameron, 2004) y recientemente durante el Plioceno inferior 3-5 Ma (Hartley y Rice, 2005, Arancibia y otros, 2006, en Cameron, 2008) en donde el clima se estabilizó a un clima hiperárido.

La asociación de elementos encontrados sobre la zona de fracturas del depósito es similar a la encontrada en aguas subterráneas a 60 m de profundidad, evidenciando una interacción con las aguas subterráneas y posterior ascenso (Cameron, 2004).

Por sus características de ser un depósito en profundidad con una cubierta de gravas, la presencia de capas de calcretas y gypcretas y tener certeza de una ascensión de cationes hacia superficie, se toma como referencia los valores de Cu y Mo por medio de digestión con agua regia para una comparación con los valores obtenidos en la zona de Pampa Las Torres. En la Figura 6.4 se muestran los valores máximos de Cu y Mo registrados en una transecta

directamente sobre y en los alrededores del yacimiento Spence, siendo cercanos a 100 ppm y 5 ppm respectivamente. En la zona cubierta de Pampa Las Torres, según la malla diseñada para la toma de muestras, en las cercanías del área de interés, se obtuvieron los valores máximos de 7 ppm para el Mo y 43 ppm para el Cu. Estos valores están sobre el umbral de exploración para las gravas: Cu: 25 y Mo 1,9 (Capítulo 4.3) y se asemejan a las anomalías de Spence. Por lo tanto, señalan una zona con un alto potencial.



**Figura 6.4:** Valores de A) Mo y B) Cu en ppm, método de agua regia. La línea negra en el eje de las abscisas refleja la ubicación del yacimiento Spence. Los altos valores de Cu y Mo son similares a los encontrados en Pampa Las Torres.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el mapeo superficial y con ayuda de los cortes petrográficos, se definieron y caracterizaron 9 unidades litológicas del área aflorante en el sector de estudio, generando un mapa a escala 1:10.000. El área de estudio presenta una zona aproximada de 1 km<sup>2</sup> con alteración hidrotermal bien desarrollada, caracterizada por un color rojizo que lo diferencia de las áreas aledañas, litología de pórfidos con enjambres de *stockworks* y rocas máficas que pueden albergar mineralización de interés económico. Seguido de una alta concentración de elementos prospectivos en y los alrededores de esta zona, dejando abierta una zona de prospección hacia la pampa. La alteración central es argílica intermedia, representada por minerales arcilloso, del grupo de la illita-caolin, seguida de una alteración propilítica en los bordes.

A pesar de tener una cobertura aluvial desarrollada, el sector Pampa Las Torres difiere del yacimiento Spence en poseer un afloramiento inmediatamente adyacente a las gravas, facilitando anomalías geoquímicas de Cu producto de erosión, por lo que las comparaciones con el yacimiento cuprífero debieran tener en cuenta este factor antes de contrastar valores de elementos.

La técnica utilizada para el análisis químico y la medición de elementos, tanto en gravas como en rocas, dificulta el límite de detección de la Ag y no considera el Au, por lo que no permite establecer una relación de estos elementos con un depósito epitermal ligado a pórfidos.

Las anomalías de Cu y Mo de mayor dimensión encontradas en las gravas en el área de estudio serían producto de la erosión del afloramiento de rocas intrusivas adyacentes. Por su parte, la anomalía de Cu y Mo de menor extensión y abierta hacia la pampa, podría tratarse de una señal en la superficie desde la profundidad, al presentar valores altos de elementos prospectivos de un pórfido sin relación con valores del afloramiento inmediatamente al lado y una señal alta de Pb-Zn en las cercanías de esta anomalía.

Para exploraciones en zonas cubiertas, las técnicas indirectas usadas, en este caso geoquímica, son una herramienta que necesita ser complementada con la comprensión del medio

a muestrear, teniendo consideración el tipo de suelo, las estructuras presentes y todo lo que pueda interferir en el resultado y llevar a falsas anomalías. Los métodos de lixiviación menos selectivos como agua regia, están sujetos a la composición de las fases minerales en el suelo, y los resultados señalan patrones de distribución con un control principal por la mineralogía de la unidad de regolito muestreada proveyendo información sobre la composición total del suelo y disolviendo parte de fases minerales, dejando sin efecto las otras. Por otra parte, el método de 4 ácidos es un procedimiento de disolución más efectiva para todas las fases minerales, y en este caso por la baja concentración de algunos elementos (como el Cu en rocas) presentó más problemas analíticos debido al límite de detección.

Como recomendación para futuras perforaciones se sugiere un estudio detallado del área de interés, recolectando toda la información existente como estructuras presentes, geoquímica de sondajes y techo de roca, magnetometría, informes previos y corroborar la existencia de una capa competente de caliche, además de un análisis geoquímico que incluyera los elementos Au y Ag, para tener más herramientas a la hora de analizar los resultados de los estudios de elementos. Esto para proponer una malla con el espaciado adecuado para abarcar toda el área cubierta, con énfasis en estructuras principales y evidencias de mineralización en los afloramientos adyacentes.

En este trabajo, al ser un programa piloto, no se tuvieron en cuenta estos detalles al momento empezar a desarrollar el proyecto, además, por temas de presupuesto y disponibilidad, se utilizó una máquina perforadora de aire reverso, pero se sugiere para futuros trabajos una perforadora DDH, con la que se pueda obtener testigos de los diferentes niveles de suelo y grava para apreciar mejor la diferencia y evitar el problema de la pérdida del material más fino de la muestra, el cual con la máquina de aire reverso no se recupera. Respecto al procedimiento del muestreo, es recomendable si se utiliza aire reverso, pesar el volumen de muestra obtenida, para tener una idea de la representatividad del volumen de la muestra, la cual en forma idónea debe tener un porcentaje alto.

## 8. REFERENCIAS

- ARANCIBIA, G.; MATTHEWS, S. & PÉREZ DE ARCE, C. 2005. K-Ar and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages from supergene minerals in northern Chile: Prevalence of humid climate and tectonic uplift until the Upper Miocene in the Atacama Desert. 6th International Symposium on Andean Geodynamics, Abstracts: 50-52. Barcelona.
- BAEZA, L. 1979. Distribución de facies sedimentarias marinas en el Jurásico de Cerrito Bayos y zonas adyacentes, norte de Chile. Congreso Geológico Chileno N° 2. Actas **3**: 45-61. Arica.
- BARNES, H.L. 1997. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. Hubert Lloyd Barnes: 992 pp. Nueva York.
- BERNAL, J.P. & RAILSBACK, L. B. 2008. Introducción a la Tabla Periódica de los Elementos y sus Iones para Ciencias de la Tierra. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol. **25**, N° 2: 236-246.
- BORIC, R.; DÍAZ, F. & MAKSAEV, V. 1990. Geología y yacimientos metalíferos de la Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería: 246 pp. Santiago.
- CAMUS, F. 2003. Geología de los Sistemas Porfíricos en los Andes de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería: 267 pp. Santiago.
- CAMERON, E.M. & LEYBOURNE, M.I. 2005. Relationship between groundwater chemistry and soil geochemical anomalies at the Spence cooper porphyry deposit, Chile. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. Vol. **5**: 1-11.
- CAMERON, E.; LEYBOURNE, M.; PALACIOS, C. & REICH, M. 2008. Economic Geology Models 1. Geochemical Exploration and Metallogenic Studies, Northern Chile. Journal of the Geological Association of Canada. Vol. **35** (3-4).
- CAMERON, E.M.; HAMILTON, S.M.; LEYBOURNE, M.I.; HALL, G.E.M. & MCCLENAGHAN, B. 2004. Finding deeply buried deposits using geochemistry. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. Vol. **4**: 7-32.
- CHAO, T. & SANZALONE, R. 1992. Decomposition techniques. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. **44**: 65-106.
- CHONG, G. & PARDO, R. 1993. Geología del Distrito de Chuquicamata, Segunda Región de Antofagasta (Inédito). Subgerencia de Geología, Superintendencia de Exploraciones y Desarrollo Geológico. Calama.
- CORBETT, G.J. & LEACH, T.M. 1995. Southwest Pacific Rim Gold/Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization. Corbett Geological Services: 235 pp. Sydney.

- GREEN, T.H. 1980. Orthodoxy and creativity at the frontiers Earth Sciences. Elsevier Publishing Co.: 417 pp. Amsterdam.
- GUPTA, A.; CAO, H.; PAREKH, K. & RAO, V. 2007. Room temperature ferromagnetism in transition metal (V, Cr, Ti) doped  $\text{In}_2\text{O}_3$ . *Journal of Applied Physics*. Vol. **101**: 9-513.
- HEDENQUIST, J.; ARRIBAS, A. & GONZÁLEZ-URIEN, E. 2000. Exploration for epithermal gold deposits. *Economic Geology*. Vol. **13**: 245-278.
- HIKOV, A. 2011. Rare earth element mobility during hydrothermal alteration in Asarel porphyry-copper deposit, Central Srednogie. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences*. Vol. **64** (8): 1.163-1.170.
- KELLEY, D.L.; HALL, G.E.M.; CLOSS, G.; HAMILTON, I.C. & MCEWEN, R.M. 2003. The use of partial extraction geochemistry for copper exploration in northern Chile. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. *Geological Society of London*. Vol. **3**: 85-104.
- LADINO, M. 1998. Geología de la parte occidental de los cuadrángulos quebrada Chug-Chug y cerros de Montecristo, Región de Antofagasta, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile. Departamento de Geología (Inédito): 138 pp. Santiago.
- LEYBOURNE, M.I. & CAMERON, E.M. 2005. Composition of groundwaters associated with porphyry-Cu deposits, Atacama Desert, Chile: Elemental and isotopic constraints on waters sources and water-rock reactions. *Elsevier*. Vol. **70**: 1.616-1.635.
- LIRA G. 1989. Geología del área Pre andina de Calama, con énfasis en la estratigrafía y paleogeografía del mesozoico, 22° a 22°40' latitud sur, Región de Antofagasta, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile. Departamento de Geología (Inédito): 233 pp. Santiago.
- LÓPEZ, L. F. 2014. Exploraciones geoquímicas de yacimientos bajo cobertura transportada en el distrito Inca de Oro, Ataca, Chile: Evolución de regolito y paisaje e impactos en métodos geoquímicos indirectos. Tesis para optar al grado de magister en Cs. Mención Geología. Memoria para optar al título de geólogo. Universidad de Chile. Departamento de Geología (Inédito): 613 pp. Santiago.
- MAKSAEV, V. 1990. Metallogeny, geological evolution, and thermocronology of the Chilean Andes between latitudes 21° and 26° south, and the origin of major porphyry copper deposits. Ph.D. Thesis (Inédito), Dalhousie University: 554 pp. Halifax.
- MAKSAEV, V.; TOMLINSON, A.J. & BLANCO, N. 1994. Estudio geológico de la franja longitudinal comprendida entre Quebrada Blanca y Chuquicamata Servicio Nacional de Geología y Minería -CODELCO. Informe Inédito: 72 pp.
- MARINOVIC, N. & LAHSEN, A. 1984. Hoja Calama. *Carta Geológica de Chile*, N°54, Servicio Nacional de Geología y Minería: 122 pp. Santiago.

MINGQI, W.; HE W.; YAN, L.; FANG, F.; YUYAN, G. & YANG, X. 2015. Pilot study of partial extraction geochemistry for base metal exploration in a thick loess-covered region. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. **148**: 231-240.

MITCHELL., J.K. 1993. Mineralogía de suelos. Fundamentos de la conducta del suelo. John Wiley and Sons: 437 pp. Nueva York.

NARANJO, J.A. y PUIG, A. 1984. Hojas Taltal y Chañaral, Regiones de Antofagasta y Atacama. *Carta Geológica de Chile*, N° 62-63, Sernageomin. 140 pp. Santiago

ROSE, A.W.; HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. 1979. Geochemistry in Mineral Exploration. *Geological Magazine*. Vol. **117** (6): 490-517.

SILLITOE, R.H. 2010. Porphyry copper systems. *Economic Geology*. Vol. **105** (1): 3-41.

TOMLINSON, A.J.; BLANCO, N.; MAKSAEV, V.; DILLES, J.H.; GRUNDER, A.L. & LADINO, M. 2001. Geología de la Pre cordillera Andina de Quebrada Blanca - Chuquicamata, Regiones I y II (20°30'-22°30' S). Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-01-20, 444 p., 20 mapas escala 1:50.000. Santiago.

TOWNLEY, B.K.; MAKSAEV, V.; PALACIOS, C.; LAHSEN, A.; PARADA, M.A. 2000. Base and precious metals geochemistry of rock units of the mainland Aysén region, Chilean Patagonia. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. **68**: 21-46.

VERGARA, H.A. 1978. Cuadrángulo Quehuita y sector occidental del Cuadrángulo Volcán Miño. Región de Tarapacá. *Carta Geológica de Chile*, N° 32. Servicio Nacional de Geología y Minería: 44 pp. Santiago.

WANG, M.; WU, H.; LIAO, Y.; FANG, F.; GAO, Y. & XU, Y. 2014. Pilot study of partial extraction geochemistry for base metal exploration in a thick loess-covered region. *Journal of Geochemical Exploration*. Vol. **147**: 231-240.

XIE, X.; LU, Y.; YAO, W. & BAI, J. 2011. Further study on deep penetrating geochemistry over the Spence porphyry copper deposit, Chile. *Geoscience Frontiers*. Vol. **2** (3): 303-311.

ZÚÑIGA, G. 2009. Distribución de contaminantes en las unidades geológicas del yacimiento Spence, Antofagasta, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 198 pp., Concepción.

## ANEXOS



## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>1. Sulfuros relictos</b> .....	77
<b>2. Specterra</b> .....	88
<b>3. Rocas macroscópicas</b> .....	91
<b>4. Análisis químico en gravas</b> .....	113
<b>5. Análisis químico en rocas</b> .....	118



# 1. Sulfuros relictos

Estudios realizados por la empresa Geomaq Ltda.

Area de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; líneas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2380	Procedencia: Exploraciones Mineras	Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015
Estudiado por: Sergio Pizarro	Fecha : 24-09-2015	

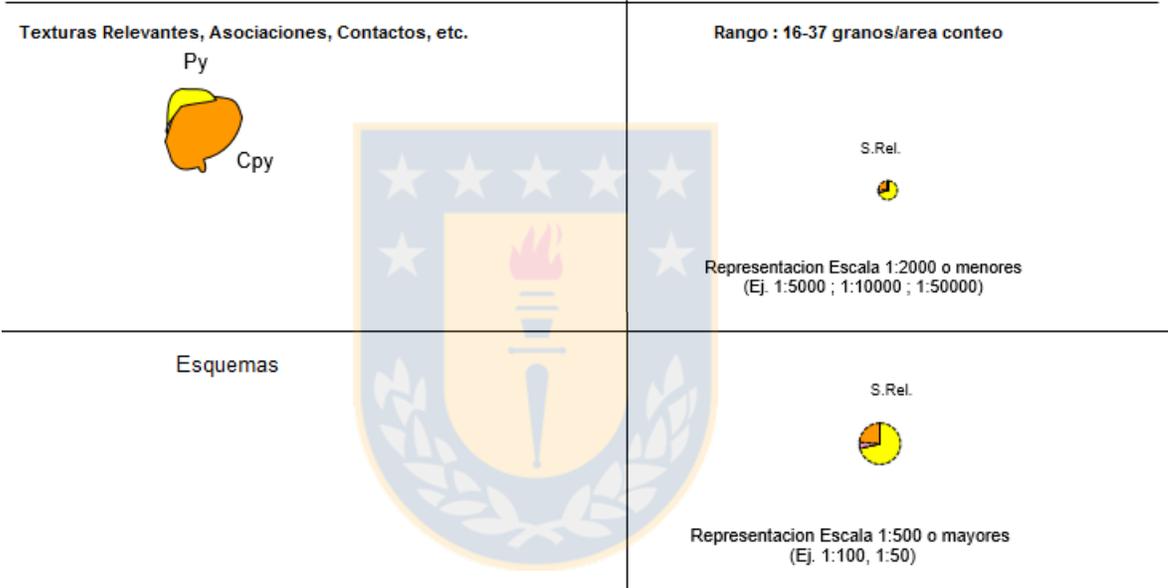
  

SULFUROS (Sulfosales)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Tet	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	os Sulfuros
PUNTOS	15			1	5												21
VOL. %	71,4%	,0%	,0%	4,8%	23,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	257	0	0	17	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Mn/Fe	Mn/Al	Hm/Goe
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Observac.		(++)		(++)					(++)

(\*) : (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%



Area de Conteo : 4 cm2; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2379

Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro

Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Selfosales)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Tet	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	os Sulfuros
	PUNTOS	21				2											
VOL. %	91,3%	,0%	,0%	,0%	8,7%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	329	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	■-■-■- Entre: crecimiento	Mg/Hm	Hm/Goe								
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
Observac.		(++)		(++)					(++)	(*) : (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%							

Graficar Limpiar

Texturas Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc.

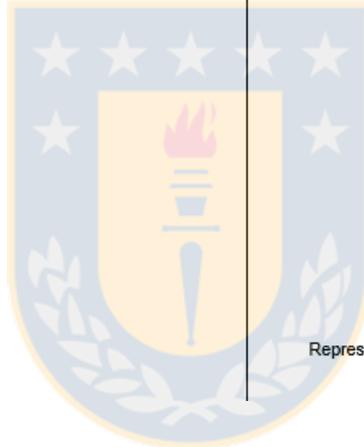
Rango : 16-37 granos/area conteo

S.Rel.



Representacion Escala 1:2000 o menores  
(Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas



S.Rel.



Representacion Escala 1:500 o mayores  
(Ej. 1:100, 1:50)

Area de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; líneas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2377 Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guía) OT-EM-13-2015  
 Estudiado por: Sergio Pizarr Fecha : 24-09-2015

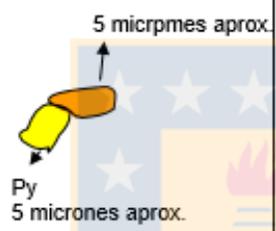
Sulfuros (Sulfuros)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Fen/Te	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	otros Sulfuros
PUNTOS	46				7												53
VOL. %	86,8%	,0%	,0%	,0%	13,2%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
CONTADOR	312	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Fe	Mn	Al	Goe
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Observac.		(++)		(++)						(++)

(\*): (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (s): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%

Curvas Relevantes, Asociaciones, Contactos.

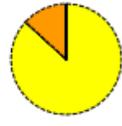
Rango : 38-62 granos/area conteo



Representacion Escala 1:2000 o menores (Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas

S.Rel.



Series 1 Punto 1  
Valor: 325 (90%)

Representacion Escala 1:500 o mayores (Ej. 1:100, 1:50)

Area de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; líneas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2378 Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfuros)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Fen/Te	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	Tot. Granos
PUNTOS	7				15												22
VOL. %	31,8%	,0%	,0%	,0%	68,2%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	115	0	0	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

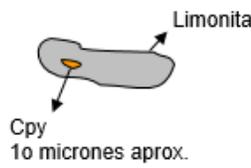
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Im/Goe
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Observac.		(++)		(++)					(++)

Graficar Limpiar

(\*): (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%

Minerías Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc

Rango : 16-37 granos/area conteo



Representacion Escala 1:2000 o menores (Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas



Representacion Escala 1:500 o mayores (Ej. 1:100, 1:50)

Area de Conteo : 4 cm2; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2369 Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro Fecha : 24-09-2015

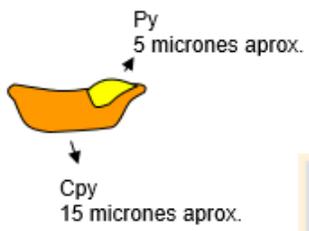
SULFUROS (Sulfuros)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Fen/Te	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	Tot.Granos
PUNTOS	5				1												6
VOL. %	83,3%	,0%	,0%	,0%	16,7%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	300	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Im/Go										
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
Observac.		(++)		(++)													(++)

Graficar Limpiar

(+): (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++): >5%

Minerías Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc

Rango : 6-15 granos/area conteo



S.Rel.

Representacion Escala 1:2000 o menores (Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas

S.Rel.

Representacion Escala 1:500 o mayores (Ej. 1:100; 1:50)

Area de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2357 Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro

Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfosales)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Tet	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	os Sulfuros
PUNTOS	10			3													13
VOL. %	76,9%	,0%	,0%	23,1%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	277	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Mg/Fe	Mg/Hm	Im/Goe								
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
Observac.		(++)		(++)					(++)								

Graficar Limpiar

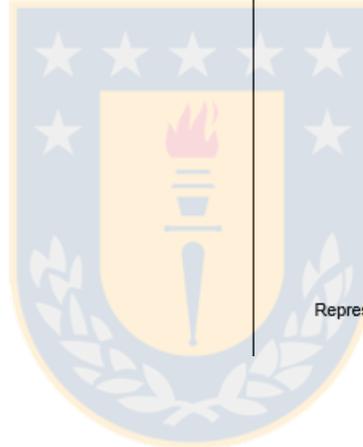
Texturas Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc.

Rango : 6-15 granos/area conteo



Representacion Escala 1:2000 o menores (Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas



S.Rel.



Representacion Escala 1:500 o mayores (Ej. 1:100, 1:50)

Area de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2346

Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro

Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfosales)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Tet	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	os Sulfuros
	PUNTOS	25			1												
VOL.%	96,2%	,0%	,0%	3,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	346	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Mn/Fe	Mn/Hm	Im/Goe								
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
Observac.		(++)		(++)					(++)								

Graficar Limpiar

(\*): (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%

Texturas Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc.

Rango : 16-37 granos/area conteo

S.Rel.



Representacion Escala 1:2000 o menores  
(Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas



S.Rel.



Representacion Escala 1:500 o mayores  
(Ej. 1:100, 1:50)

Area de conteo : 4 cm2; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

---

Muestra : 2329      Procedencia: Exploraciones Mineras      Solicitud (Guia)      OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro      Fecha : 24-09-2015

---

	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Tet	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	<sup>os</sup> Sulfuros
<b>SULFUROS (Sulfosales)</b>																	
PUNTOS	2				13												15
VOL. %	13,3%	,0%	,0%	,0%	86,7%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	48	0	0	0	312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hm/Goe
<b>OXIDOS</b>									
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Observac.		(++)		(++)					(++)

(\*) (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%

---

Texturas Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc.

Cpy  
20 micrones aprox.

Py  
5 micrones aprox.

Rango : 6-15 granos/area conteo

S.Rel.

Representacion Escala 1:2000 o menores  
(Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

S.Rel.

Representacion Escala 1:500 o mayores  
(Ej. 1:100, 1:50)

Area de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2308

Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro

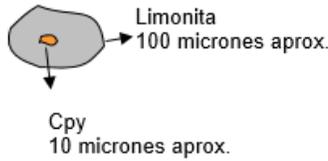
Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfosales)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Tet	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	os Sulfuros
	PUNTOS	8				4											
VOL. %	66,7%	,0%	,0%	,0%	33,3%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	240	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O Hm/Goe			Entrecrescimentar							
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							
Observac.		(++)		(++)													(++) (*)

Graficar Limpiar

(\*): (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%

Texturas Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc.



Rango : 6-15 granos/area conteo

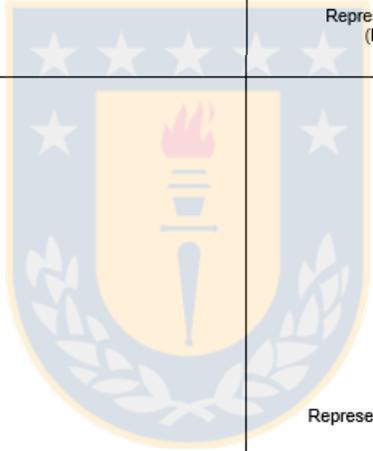
S.Rel.  

 Representacion Escala 1:2000 o menores  
 (Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas

S.Rel.  

 Representacion Escala 1:500 o mayores  
 (Ej. 1:100, 1:50)



Área de Conteo : 4 cm<sup>2</sup>; líneas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 2292 Procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guía) OT-EM-13-2015

Estudiado por: Sergio Pizarro

Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfuros)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Ten/Te	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	Tot.Granos
	PUNTOS	32				6											
VOL. %	84,2%	,0%	,0%	,0%	15,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	303	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Bi/Be	Mo/Fe	Im/Goe
	Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

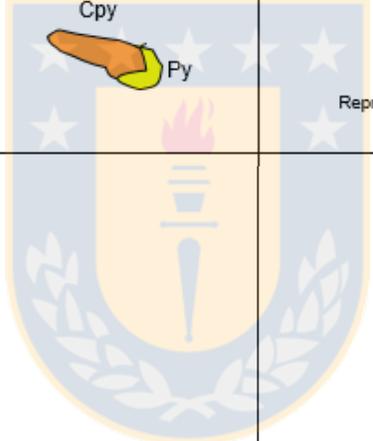
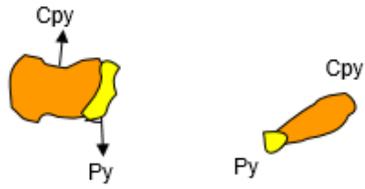
Observac.   (++)   (++)       (++)

(\*) (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%

Graficar Limpiar

Minerías Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc

Rango : 38-62 granos/area conteo



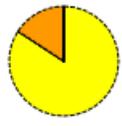
S.Rel.



Representacion Escala 1:2000 o menores  
(Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas

S.Rel.



Representacion Escala 1:500 o mayores  
(Ej. 1:100, 1:50)

Area de Lonteo : 4 cm2; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 1447 procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

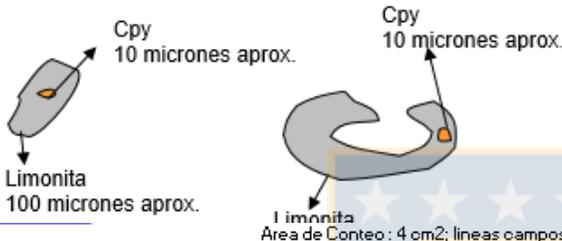
Estudiado por: Sergio Pizarro

Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfuros)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Fen/Te	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	Tot.Granos
PUNTOS	28			1	2												31
VOL. %	90,3%	,0%	,0%	3,2%	6,5%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	325	0	0	12	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Fe/Fe	Al/Al	Im/Goe	Elementos adicionales							
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
Observac.		(++)		(+)					(++)	(*) : (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%							

Minerías Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc

Rango : 16-37 granos/area conteo



S.Rel.

Area de Conteo : 4 cm2; lineas campos colindantes. Aumento 50x10

Muestra : 1442 procedencia: Exploraciones Mineras Solicitud (Guia) OT-EM-13-2015

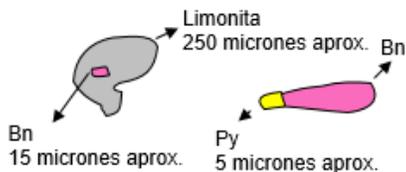
Estudiado por: Sergio Pizarro

Fecha : 24-09-2015

SULFUROS (Sulfuros)	Py	Mcs	Po	Bn	Cpy	Dg	Cc	Cv	Mo	En	Fen/Te	Esf	Ga	Id	Aspy	Cu Nat	Tot.Granos
PUNTOS	40			2													42
VOL. %	95,2%	,0%	,0%	4,8%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	,0%	
GRADO DE CIRCULO OCUPADO	343	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
OXIDOS	Mg	Hm	Ilm	Ru	Lim	Jar	Fe/Fe	Al/Al	Im/Goe	Elementos adicionales							
Check	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
Observac.		(++)		(++)					(++)	(*) : (tr): 1 ó 2 granitos; (-): <1%; (±): 1-3%; (+): 3-5%; (++) : >5%							

Minerías Relevantes, Asociaciones, Contactos, etc

Rango : 38-62 granos/area conteo



S.Rel.

Representacion Escala 1:2000 o menores (Ej. 1:5000 ; 1:10000 ; 1:50000)

Esquemas

S.Rel.

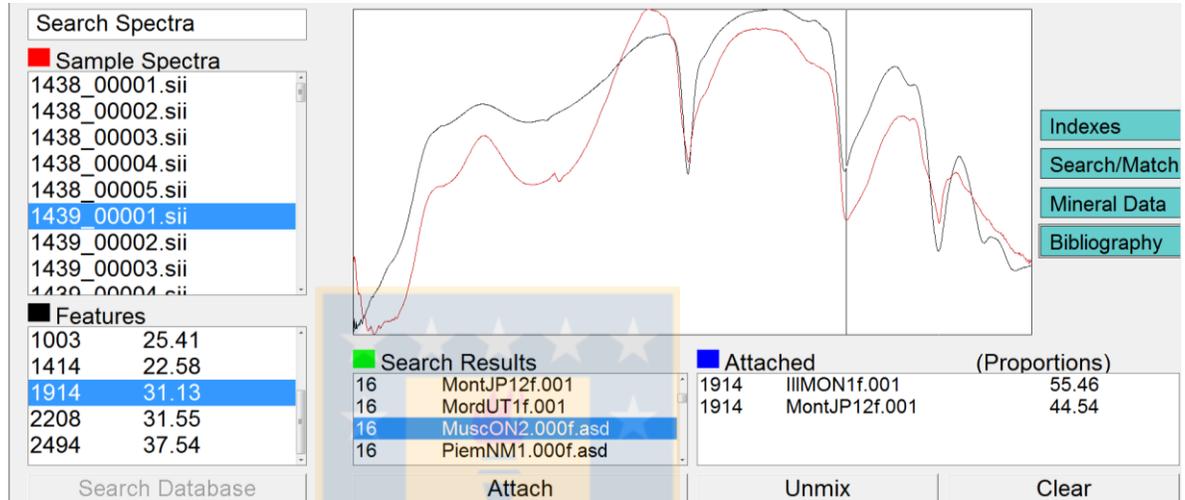
Representacion Escala 1:500 o mayores (Ej. 1:100, 1:50)

## 2. Specterra

Estudio realizado en las dependencias de EMSA, sede Calama, en el contexto de esta memoria. Interpretaciones: Alejandra Manríquez.

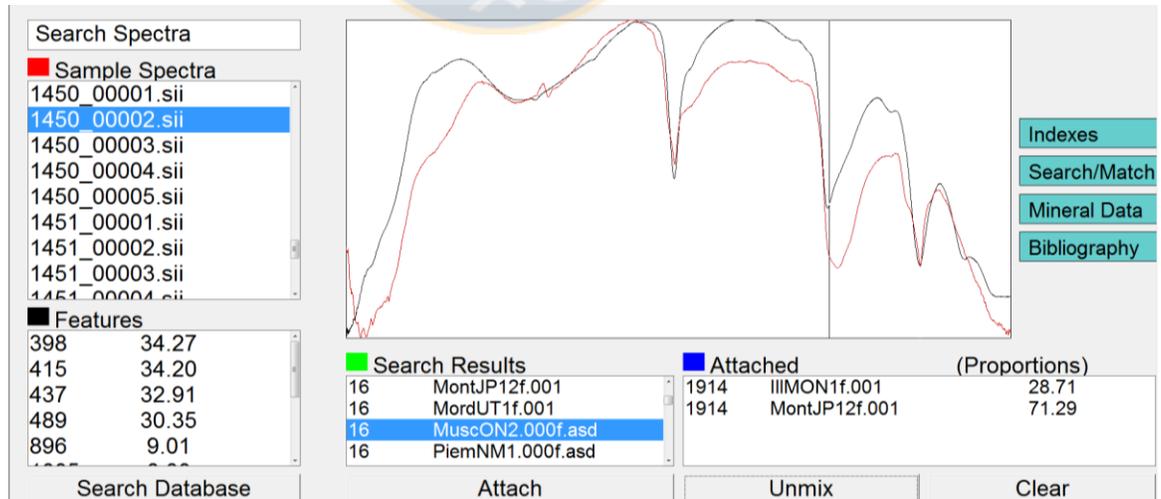
Muestra: 1439

Minerales: Illita, montmorillonita, illita-montmorillonita

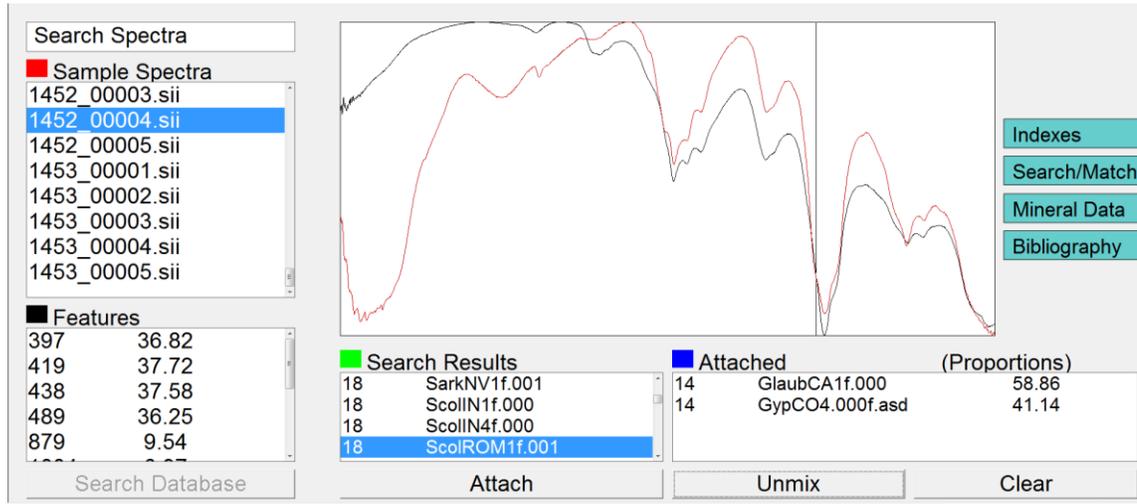


Muestra: 1450

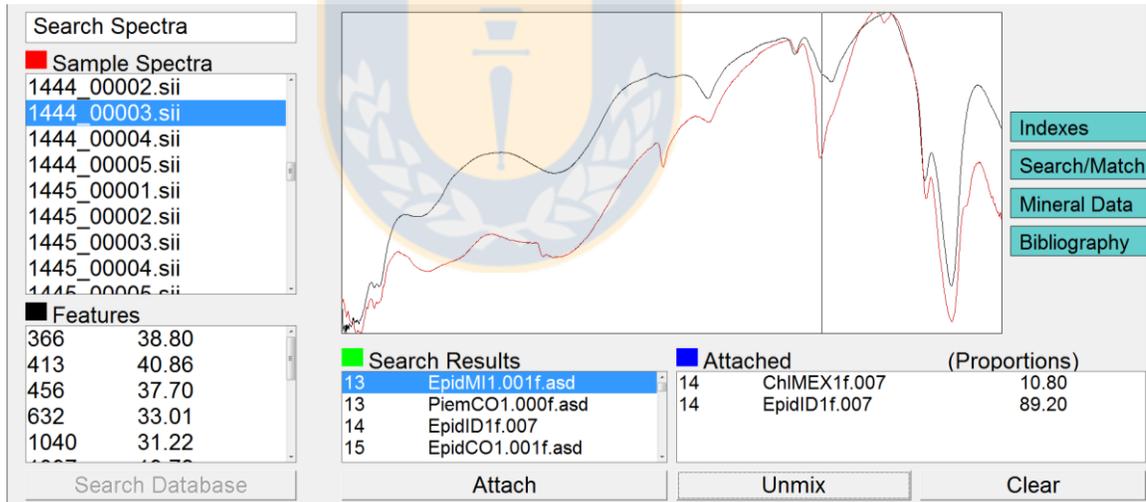
Minerales: Illita, montmorillonita, illita-montmorillonita



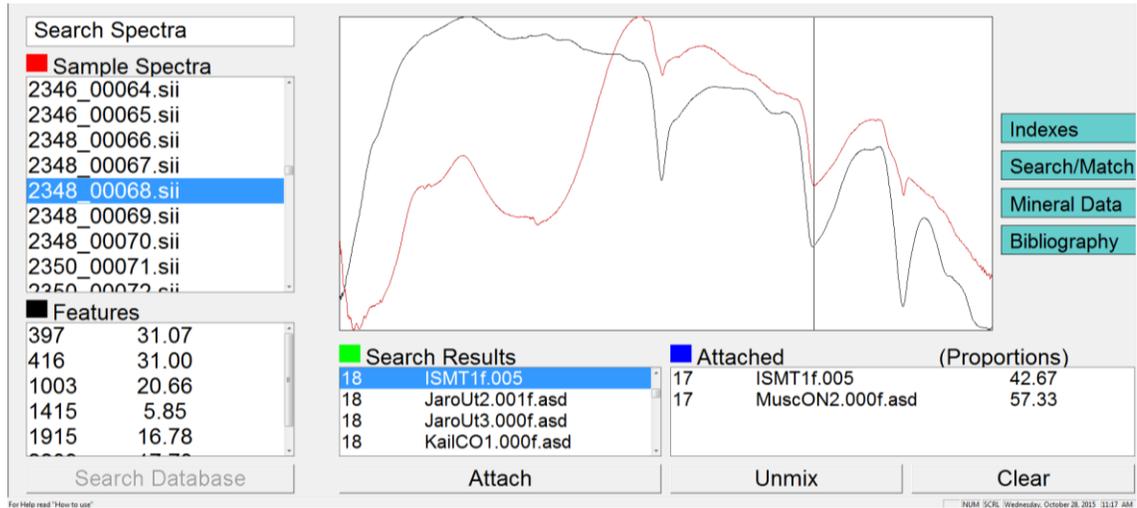
Muestra: 1452  
 Minerales: Glauberita, yeso



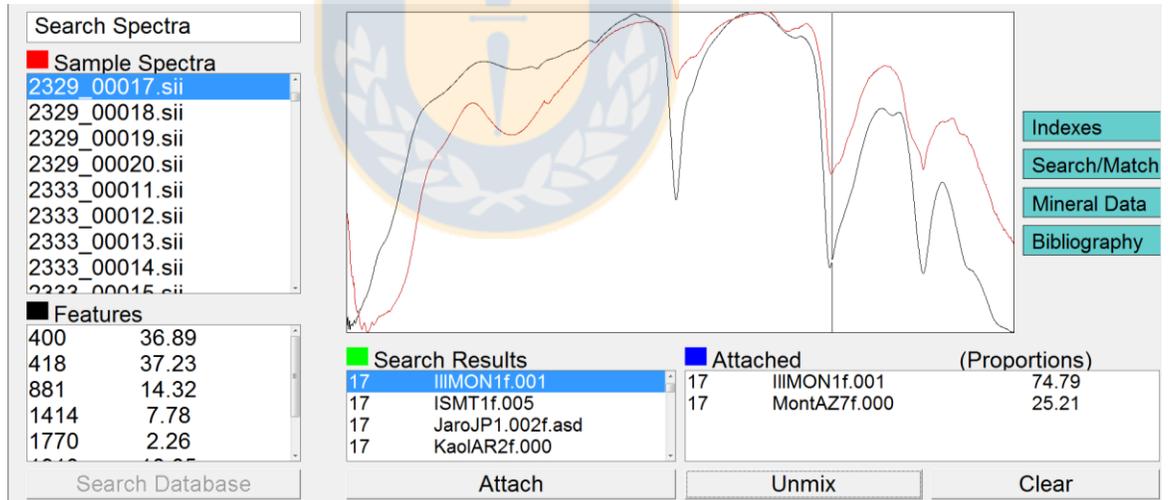
Muestra: 1444  
 Minerales: Clorita, epídota



Muestra: 2348  
 Minerales: Muscovita, illita-esmetcita



Muestra: 2329  
 Minerales: Illita-montmorillonita, montmorillonita



### 3. Rocas macroscópicas

<b>MUESTRA: 19</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7540075 N			
	477718 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Tonalita de anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisácea			
	<b>Roca Alterada:</b> gris verdoso			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino a medio			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	30	-	0,2	Anhedral
Plagioclasa	40	Epidota	0,2	Euhedral
Anfíbol	21	Clorita	0,2	Subeuhedral
Epidota	3	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	5	Clorita	0,1	Subeuhedral
Magnetita	1	-	0,05	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b> Textura algo gráfica. Epidota en vetillas de menos de 1 mm.				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 43</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 57</b>				

<b>MUESTRA:</b> 43-2374				
<b>UBICACIÓN</b>	7539583 N			
	478202 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Tonalita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina verdosa <b>Roca Alterada:</b> pardo verdoso			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino, algo porfídica			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Mesocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	25	-	0,2	Anhedral
Plagioclasa	44	Arcillas	0,2	Subeuhedral
Anfíbol	27	Clorita	0,1-0,3	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b> Mezcla de magmas entre diorita a tonalita. Vetas de clorita. Clasificación QAP: <b>Q%: 36</b> <b>A%: 0</b> <b>P%: 64</b>				

<b>MUESTRA:</b> 36 2373				
<b>UBICACIÓN</b>	7540233 N			
	478898 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Tonalita de anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> gris blanquecina <b>Roca Alterada:</b> blanco pardoso			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano medio a grueso			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	30	-	0,2	Anhedral
Plagioclasa	35	Arcilla (moderada)	0,3	Euhedral
Anfíbol	28	Clorita	0,3	Euhedral
Biotita	5	-	0,1	Subeuhedral
Magnetita	2	-	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b> Vetillas de clorita.				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 46</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 54</b>				

<b>MUESTRA: 56</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7541710 N			
	478627 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Diorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo <b>Roca Alterada:</b> pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano medio algo porfídica.			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Melanocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	5	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	30	-	0,3	Subeuhedral
Anfíbol	60	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
Biotita	5	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 7</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 93</b>				

<b>MUESTRA: 54</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7541738 N			
	478471 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Pórfido feldespático			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea <b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Porfídica			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	6	-	0,3	Anhedral
Feldespato Potásico	43	Arcilla	0,2	Subeuhedral
Plagioclasa	47	Arcilla	0,3	Subeuhedral
Máficos	4	-	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 6</b>				
<b>A%: 45</b>				
<b>P%: 49</b>				

<b>MUESTRA:</b> 55-2308				
<b>UBICACIÓN</b>	7541748 N			
	478564 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Pórfido feldespático			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea <b>Roca Alterada:</b> blanquecina pardosa			
<b>TEXTURA</b>	Porfídica			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	5	-	0,1	Anhedral
Feldespato potásico	38	Arcilla (moderada)	0,1	Euohedral
Plagioclasa	42	Epidota	0,3	Subeuohedral
Anfíbol	15	Clorita	0,1-0,3	Subeuohedral
<b>OBSERVACIONES:</b> cúmulos de epidota y vetillas de clorita-epidota.				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 6</b>				
<b>A%: 45</b>				
<b>P%: 49</b>				

<b>MUESTRA: 80</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7541106 N			
	480345 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Diorita de anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo <b>Roca Alterada:</b> pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano medio			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Mesocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	4	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	46	-	0,2	Subeuhedral
Biotita	5	-	0,1	Subeuhedral
Anfíbol	45	Clorita (leve)	0,2	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 8</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 92</b>				

<b>MUESTRA: 81</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7541159 N			
	480439 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Diorita de Anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo <b>Roca Alterada:</b> pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano medio a grueso			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Mesocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	5	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	60	Arcilla	0,2	Subeuhedral
Anfíbol	35	Clorita (leve)	0,2	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 7</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 93</b>				

<b>MUESTRA:</b> 71-2327				
<b>UBICACIÓN</b>	7542991 N			
	480395 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Diorita de Anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo <b>Roca Alterada:</b> : pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano medio			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Mesocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	5	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	50	-	0,2	Subeuهدral
Anfíbol	45	Clorita-	0,2	Subeuهدral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 9</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 91</b>				

MUESTRA: 41-2302				
<b>UBICACIÓN</b>	478546 N			
	7539807 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Diorita de Anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo oscuro <b>Roca Alterada:</b> pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Mesocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	5	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	39	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Anfíbol	53	Clorita	0,1-0,3	Subeuhedral
Magnetita	3	-	0.1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 11</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 89</b>				

MUESTRA: 64				
<b>UBICACIÓN</b>	7543243 N			
	478475 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Diorita de anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo claro <b>Roca Alterada:</b> pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Mesocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	5	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	60	Arcilla (moderada)	0,2	Subeuhedral
Anfíbol	35	Clorita	0,2	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 8</b>				
<b>A%: 0</b>				
<b>P%: 92</b>				

<b>MUESTRA:</b> 6-2293				
<b>UBICACIÓN</b>	7541098 N			
	478662 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Pórfido Feldespático			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina con tonos grisáceos <b>Roca Alterada:</b> pardo grisáceo			
<b>TEXTURA</b>	Porfídica			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	10	-	0,1	Anhedral
Ortoclasa	25	Arcilla (moderada)	0,1	Subeuhedral
Plagioclasa	58	-	0,2	Subeuhedral
Máficos	7	-	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b> Mineralización Jarosita y Hematita. Silificación media. Clasificación QAP: <b>Q%: 11</b> <b>A%: 27</b> <b>P%: 62</b>				

<b>MUESTRA:</b> 18-2297				
<b>UBICACIÓN</b>	7540589 N			
	478432 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Corneana			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> grisáceo clara <b>Roca Alterada:</b> pardo verdoso			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	100	-	0,3	Anhedral
<b>OBSERVACIONES:</b> vetillas de sílice-epidota. Altamente silisificada.				

<b>MUESTRA:</b> 82-2330				
<b>UBICACIÓN</b>	7541103 N			
	480503 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Microgranodiorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea <b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	40	-	0,3	Anhedral
Ortoclasa	20	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Plagioclasa	31	-	0,3	Subeuhedral
Muscovita	5	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 44</b>				
<b>A%: 22</b>				
<b>P%: 34</b>				

MUESTRA: 80				
<b>UBICACIÓN</b>	7541106 N			
	480345 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Microgranodiorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea <b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	40	-	0,3	Anhedral
Ortoclasa	20	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Plagioclasa	31	-	0,3	Subeuhedral
Muscovita	5	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 44</b>				
<b>A%: 22</b>				
<b>P%: 34</b>				

<b>MUESTRA: 77</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7541925 N			
	479106 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Microgranodiorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea <b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	40	-	0,3	Anhedral
Ortoclasa	20	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Plagioclasa	31	-	0,3	Subeuhedral
Muscovita	5	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 44</b>				
<b>A%: 22</b>				
<b>P%: 34</b>				

MUESTRA: 70-2376				
<b>UBICACIÓN</b>	7543213 N			
	470555 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Microgranodiorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea <b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	40	-	0,3	Anhedral
Ortoclasa	20	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Plagioclasa	31	-	0,3	Subeuhedral
Muscovita	5	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 44</b>				
<b>A%: 22</b>				
<b>P%: 34</b>				

MUESTRA: 86				
UBICACIÓN	7540105 N			
	480596 E			
LOCALIDAD	Pampa Las Torres			
NOMBRE ROCA	Monzonita			
COLOR	Roca Fresca: blanquecina rosácea			
	Roca Alterada: pardo anaranjado			
TEXTURA	Fanerítica de grano fino			
INDICE DE COLOR	Leucocrática			
Composición	%	Alteración	Tamaño (mm)	Forma
Cuarzo	10	-	0,05	Anhedral
Ortoclasa	24	Arcilla (moderada)	0,2	Subeuhedral
Plagioclasa	35	Arcilla (moderada)	0,1-0,3	Subeuhedral
Turmalina	7	-	0,4	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,05	Subeuhedral
Anfíbol	20	Clorita (leve)	0,1-0,4	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b> cúmulos de turmalina, xenolito de diorita. Clasificación QAP: <b>Q%: 14</b> <b>A%: 35</b> <b>P%: 51</b>				

MUESTRA: 28-2372				
<b>UBICACIÓN</b>	7541383 N			
	478814 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Microgranodiorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea			
	<b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	40	-	0,3	Anhedral
Ortoclasa	20	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Plagioclasa	31	-	0,3	Subeuhedral
Muscovita	5	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 44</b>				
<b>A%: 22</b>				
<b>P%: 34</b>				

MUESTRA: 85-2331				
<b>UBICACIÓN</b>	7537700 N			
	477669 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Microgranodiorita			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> blanquecina rosácea			
	<b>Roca Alterada:</b> pardo anaranjado			
<b>TEXTURA</b>	Fanerítica de grano fino			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	40	-	0,3	Anhedral
Ortoclasa	20	Arcilla (moderada)	0,2	Euhedral
Plagioclasa	31	-	0,3	Subeuhedral
Muscovita	5	-	0,1	Subeuhedral
Biotita	4	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 44</b>				
<b>A%: 22</b>				
<b>P%: 34</b>				

MUESTRA: 5				
UBICACIÓN	7541032 N			
	478830 E			
LOCALIDAD	Pampa Las Torres			
NOMBRE ROCA	Pórfido dacítico			
COLOR	Roca Fresca: blanquecina			
	Roca Alterada: pardo anaranjado			
TEXTURA	Fanerítica de grano fino			
INDICE DE COLOR	Leucocrática			
Composición	%	Alteración	Tamaño (mm)	Forma
Cuarzo	29	-	0,3	Anhedral
Plagioclasa	41	-	0,3	Euhedral
Feldespato potásico	25	Arcilla	0,1	Subeuhedral
Anfíbol	5	Clorita (leve)	0,1	Subeuhedral
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Clasificación QAP:				
Q%: 31				
A%: 26				
P%: 43				

<b>MUESTRA: 57</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	7541032 N		Sin foto	
	478830 E			
<b>LOCALIDAD</b>	Pampa Las Torres			
<b>NOMBRE ROCA</b>	Pórfido feldespático de anfíbol			
<b>COLOR</b>	<b>Roca Fresca:</b> pardo claro			
	<b>Roca Alterada:</b> pardo oscuro			
<b>TEXTURA</b>	Porfídica			
<b>INDICE DE COLOR</b>	Leucocrática			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Alteración</b>	<b>Tamaño (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cuarzo	20	-	0,1	Anhedral
Plagioclasa	40	-	0,1-0,15	Euhedral
Feldespato potásico	20	Arcilla	0,1	Subeuhedral
Anfíbol	15	Clorita (moderado)	0,1-0,2	Subeuhedral
Limolita	5		0.1	
<b>OBSERVACIONES: Alteración a limonita-jarosita, con dentritas de manganeso.</b>				
Clasificación QAP:				
<b>Q%: 25</b>				
<b>A%: 25</b>				
<b>P%: 50</b>				

## 4. Análisis químico en gravas

Realizados en laboratorio 3aaa, sede Santiago. Técnica: digestión en agua regia y lectura ICP-MS.

Mustraid	Norte	Este	Cota	Ag_ppm	Al_pct	As_ppm	B_ppm	Ba_ppm	Be_ppm	Bi_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	0,1	1,07	99	94	156	0,1	0,1
CAS00001829A	475685	7541359	1790	0,1	1,02	62	124	148	0,1	0,1
CAS00001837A	476678	7542380	1837	0,1	0,94	106	24	166	0,1	0,1
CAS00001838A	478640	7542369	1941	0,1	1,50	19	430	227	0,2	0,1
CAS00001840A	478174	7542894	1905	0,1	1,69	45	202	219	0,2	0,1
CAS00001841A	477183	7542865	1857	0,1	1,31	74	247	156	0,2	0,1
CAS00001842A	476190	7542879	1813	0,2	0,89	163	148	219	0,3	0,3
CAS00001849A	476683	7544382	1825	0,2	0,66	104	158	201	0,2	0,2
CAS00001827B	477183	7540877	1858	0,1	1,24	94	119	175	0,4	0,4
CAS00001830B	476683	7541378	1837	<0,1	1,12	88	665	178	0,4	0,3
CAS00001831B	477685	7541373	1896	<0,1	0,50	41	415	64	0,1	0,2
CAS00001832B	478680	7541306	1949	0,1	1,17	66	118	142	0,3	0,4
CAS00001833B	478185	7541845	1927	<0,1	1,28	105	502	85	0,3	0,4
CAS00001834B	477180	7541874	1859	<0,1	0,93	141	316	188	0,2	0,2
CAS00001835B	476185	7541876	1810	<0,1	0,96	88	157	167	0,2	0,4
CAS00001836B	475678	7542380	1791	0,1	0,98	64	187	171	0,2	0,3
CAS00001839B	479183	7542879	1961	<0,1	2,01	68	181	215	0,4	0,4
CAS00001840B	478174	7542894	1905	<0,1	1,92	49	243	259	0,4	0,2
CAS00001843B	476684	7543376	1832	<0,1	1,47	185	887	212	0,3	0,2
CAS00001844B	479685	7543329	1991	<0,1	1,61	53	85	294	0,3	1,7
CAS00001845B	479182	7543877	1946	<0,1	1,73	48	174	251	0,3	0,2
CAS00001846B	478182	7543879	1898	0,2	1,27	103	183	178	0,2	0,2
CAS00001847B	477178	7543872	1857	<0,1	0,92	148	174	247	0,2	0,2
CAS00001848B	476177	7543878	1816	<0,1	1,31	115	276	150	0,3	0,3
CAS00001850B	477681	7544375	1866	<0,1	1,36	36	101	137	0,2	0,3
CAS00001851B	478695	7544364	1908	<0,1	1,40	55	449	94	0,2	0,5
CAS00001852B	479673	7544395	1959	<0,1	1,29	26	625	87	0,3	0,2
CAS00001853B	479183	7544873	1926	<0,1	1,28	50	921	158	0,2	0,2
CAS00001854B	478175	7544869	1887	<0,1	1,52	142	141	163	0,3	0,2
CAS00001855B	477159	7544879	1851	0,1	1,56	80	219	253	0,6	0,5
CAS00001856B	476182	7544881	1820	0,1	1,58	74	144	258	0,7	0,5

Mustraid	Norte	Este	Cota	Ca_pct	Cd_ppm	Ce_ppm	Co_ppm	Cr_ppm	Cs_ppm	Cu_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	12,12	0,1	10,53	11,3	23	2,34	17
CAS00001829A	475685	7541359	1790	8,79	0,1	10,09	11,1	23	3,11	17
CAS00001837A	476678	7542380	1837	10,51	0,1	8,86	11,2	22	2,70	16
CAS00001838A	478640	7542369	1941	3,74	0,1	23,97	17,7	25	2,52	15
CAS00001840A	478174	7542894	1905	5,48	0,1	13,92	13,7	23	4,21	21
CAS00001841A	477183	7542865	1857	11,31	0,1	8,69	9,8	18	3,24	15
CAS00001842A	476190	7542879	1813	15,98	0,2	11,00	7,9	20	4,63	20
CAS00001849A	476683	7544382	1825	24,23	0,1	7,88	6,1	13	1,95	16
CAS00001827B	477183	7540877	1858	10,09	0,3	15,28	14,1	22	5,05	36
CAS00001830B	476683	7541378	1837	9,08	0,2	14,46	12,7	22	4,60	31
CAS00001831B	477685	7541373	1896	3,53	0,2	7,28	6,0	11	2,02	20
CAS00001832B	478680	7541306	1949	7,38	0,3	14,66	14,3	22	4,39	37
CAS00001833B	478185	7541845	1927	3,69	0,2	15,44	27,1	20	1,81	36
CAS00001834B	477180	7541874	1859	12,13	0,2	10,45	13,5	29	2,94	20
CAS00001835B	476185	7541876	1810	10,63	0,3	11,30	13,3	26	3,87	25
CAS00001836B	475678	7542380	1791	9,92	0,2	9,37	10,9	22	3,25	22
CAS00001839B	479183	7542879	1961	4,31	0,4	15,17	16,8	22	6,50	41
CAS00001840B	478174	7542894	1905	6,44	0,3	15,66	15,5	26	5,64	33
CAS00001843B	476684	7543376	1832	8,33	0,2	12,28	13,7	24	5,11	24
CAS00001844B	479685	7543329	1991	7,73	0,3	14,33	16,6	28	4,31	28
CAS00001845B	479182	7543877	1946	9,02	0,3	12,61	16,0	29	3,94	22
CAS00001846B	478182	7543879	1898	15,96	0,2	8,42	11,1	17	4,11	18
CAS00001847B	477178	7543872	1857	13,58	0,1	7,70	12,3	25	2,88	14
CAS00001848B	476177	7543878	1816	9,99	0,2	9,51	12,2	21	3,40	22
CAS00001850B	477681	7544375	1866	11,92	0,1	7,78	12,5	24	2,04	24
CAS00001851B	478695	7544364	1908	7,52	0,1	8,64	14,0	26	1,72	27
CAS00001852B	479673	7544395	1959	6,58	0,1	15,83	17,0	27	5,30	15
CAS00001853B	479183	7544873	1926	10,93	0,2	9,07	11,6	21	3,05	17
CAS00001854B	478175	7544869	1887	9,24	0,2	11,35	16,8	29	4,08	20
CAS00001855B	477159	7544879	1851	8,99	0,5	20,49	16,1	29	6,28	43
CAS00001856B	476182	7544881	1820	6,62	0,5	21,72	16,6	23	6,81	43

Mustraid	Norte	Este	Cota	Fe_pct	Ga_ppm	Ge_ppm	Hf_ppm	Hg_ppm	In_ppm	K_pct
CAS00001828A	476190	7540878	1810	2,86	3,97	0,90	0,25	0,06	<0.01	0,33
CAS00001829A	475685	7541359	1790	2,90	3,96	0,80	0,22	<0.01	<0.01	0,30
CAS00001837A	476678	7542380	1837	2,81	3,93	0,61	0,20	<0.01	<0.01	0,24
CAS00001838A	478640	7542369	1941	3,65	6,26	1,26	0,23	<0.01	<0.01	0,29
CAS00001840A	478174	7542894	1905	3,41	5,44	1,08	0,30	<0.01	<0.01	0,61
CAS00001841A	477183	7542865	1857	2,41	3,80	0,37	0,27	<0.01	<0.01	0,56
CAS00001842A	476190	7542879	1813	2,17	5,59	0,77	0,46	<0.01	0,02	0,35
CAS00001849A	476683	7544382	1825	1,42	5,61	0,86	0,36	<0.01	0,02	0,20
CAS00001827B	477183	7540877	1858	3,16	5,86	1,88	0,35	<0.01	0,04	0,33
CAS00001830B	476683	7541378	1837	3,29	5,70	1,93	0,31	<0.01	0,03	0,28
CAS00001831B	477685	7541373	1896	2,21	3,51	1,07	0,12	<0.01	0,02	0,13
CAS00001832B	478680	7541306	1949	2,99	5,34	1,83	0,30	<0.01	0,03	0,30
CAS00001833B	478185	7541845	1927	3,83	4,39	2,93	0,29	<0.01	0,04	0,47
CAS00001834B	477180	7541874	1859	3,56	4,44	2,70	0,29	<0.01	0,03	0,37
CAS00001835B	476185	7541876	1810	3,50	4,31	2,50	0,25	<0.01	0,03	0,26
CAS00001836B	475678	7542380	1791	2,88	3,72	2,81	0,22	<0.01	0,02	0,27
CAS00001839B	479183	7542879	1961	3,53	5,58	1,89	0,31	0,04	0,03	0,75
CAS00001840B	478174	7542894	1905	3,97	5,85	1,99	0,43	<0.01	0,04	0,74
CAS00001843B	476684	7543376	1832	3,45	4,46	1,32	0,36	<0.01	0,03	0,44
CAS00001844B	479685	7543329	1991	4,22	4,80	1,37	0,34	<0.01	0,03	0,40
CAS00001845B	479182	7543877	1946	3,69	4,47	0,66	0,34	<0.01	0,03	0,47
CAS00001846B	478182	7543879	1898	2,58	3,15	0,69	0,25	<0.01	0,02	0,40
CAS00001847B	477178	7543872	1857	3,23	3,35	1,15	0,23	0,02	0,02	0,26
CAS00001848B	476177	7543878	1816	3,04	3,35	1,54	0,21	<0.01	0,03	0,56
CAS00001850B	477681	7544375	1866	3,19	3,07	0,63	0,23	<0.01	0,02	0,49
CAS00001851B	478695	7544364	1908	3,82	2,96	0,91	0,19	<0.01	0,02	0,61
CAS00001852B	479673	7544395	1959	3,74	3,21	0,81	0,28	<0.01	0,03	0,38
CAS00001853B	479183	7544873	1926	2,75	2,84	0,67	0,18	<0.01	0,02	0,45
CAS00001854B	478175	7544869	1887	4,24	3,60	1,00	0,27	<0.01	0,03	0,43
CAS00001855B	477159	7544879	1851	4,11	7,48	1,74	0,28	<0.01	0,04	0,44
CAS00001856B	476182	7544881	1820	4,11	7,33	3,16	0,36	0,04	0,05	0,52

Mustraid	Norte	Este	Cota	La_ppm	Li_ppm	Mg_pct	Mn_ppm	Mo_ppm	Na_pct	Nb_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	5,1	97,5	1,07	393	2	0,37	0,43
CAS00001829A	475685	7541359	1790	4,8	42,6	0,70	399	1	1,16	0,36
CAS00001837A	476678	7542380	1837	4,3	60,2	0,90	395	1	0,14	0,35
CAS00001838A	478640	7542369	1941	9,3	34,5	1,19	777	3	0,23	0,27
CAS00001840A	478174	7542894	1905	6,7	86,1	1,36	529	2	1,05	0,31
CAS00001841A	477183	7542865	1857	4,3	98,2	1,14	416	3	1,01	0,26
CAS00001842A	476190	7542879	1813	6,0	60,8	0,89	346	1	1,01	0,70
CAS00001849A	476683	7544382	1825	3,9	53,4	0,79	215	1	0,41	0,61
CAS00001827B	477183	7540877	1858	9,0	56,2	1,00	468	2	0,57	0,79
CAS00001830B	476683	7541378	1837	8,8	53,6	0,90	416	2	0,51	0,77
CAS00001831B	477685	7541373	1896	4,4	21,8	0,36	201	<1	0,36	0,49
CAS00001832B	478680	7541306	1949	8,5	43,6	0,87	460	2	0,63	0,69
CAS00001833B	478185	7541845	1927	8,9	66,5	1,03	586	7	3,57	0,74
CAS00001834B	477180	7541874	1859	6,3	73,6	0,97	424	2	1,64	0,86
CAS00001835B	476185	7541876	1810	6,7	56,5	0,84	398	2	1,17	0,72
CAS00001836B	475678	7542380	1791	5,6	41,4	0,82	402	2	4,20	0,65
CAS00001839B	479183	7542879	1961	9,2	65,7	1,27	572	4	3,60	0,56
CAS00001840B	478174	7542894	1905	9,6	99,3	1,54	553	2	1,26	0,67
CAS00001843B	476684	7543376	1832	7,3	97,6	1,37	455	2	0,65	0,67
CAS00001844B	479685	7543329	1991	8,8	51,7	0,90	518	2	0,59	0,71
CAS00001845B	479182	7543877	1946	7,4	60,5	1,13	507	2	0,86	0,58
CAS00001846B	478182	7543879	1898	5,0	84,4	1,16	349	1	0,65	0,53
CAS00001847B	477178	7543872	1857	4,6	61,8	0,91	353	1	0,47	0,62
CAS00001848B	476177	7543878	1816	5,7	85,0	1,04	408	2	1,41	0,53
CAS00001850B	477681	7544375	1866	4,7	56,5	1,19	389	1	0,38	0,53
CAS00001851B	478695	7544364	1908	5,1	67,1	1,60	425	2	0,58	0,56
CAS00001852B	479673	7544395	1959	9,7	44,4	1,06	951	1	0,21	0,57
CAS00001853B	479183	7544873	1926	5,4	65,7	1,01	380	2	3,46	0,52
CAS00001854B	478175	7544869	1887	6,7	74,7	1,18	484	2	0,47	0,59
CAS00001855B	477159	7544879	1851	12,0	50,2	0,99	542	2	1,23	0,97
CAS00001856B	476182	7544881	1820	12,3	55,2	1,13	583	2	0,78	0,77

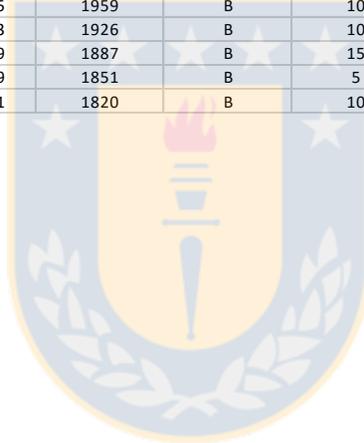
Mustraid	Norte	Este	Cota	Ni_ppm	P_pct	Pb_ppm	Rb_ppm	Re_ppm	S_pct	Sb_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	11,4	0,058	5	7,66	0,032	8,58	0,5
CAS00001829A	475685	7541359	1790	12,4	0,054	5	5,88	0,035	5,43	0,6
CAS00001837A	476678	7542380	1837	11,9	0,052	4	5,49	0,031	7,16	0,4
CAS00001838A	478640	7542369	1941	15,4	0,061	4	5,97	0,032	1,05	0,5
CAS00001840A	478174	7542894	1905	13,7	0,069	7	11,14	0,037	3,03	0,7
CAS00001841A	477183	7542865	1857	11,6	0,049	4	9,18	0,037	7,63	0,6
CAS00001842A	476190	7542879	1813	9,1	0,045	6	11,15	0,086	11,05	0,8
CAS00001849A	476683	7544382	1825	9,2	0,035	4	6,99	0,080	16,20	0,7
CAS00001827B	477183	7540877	1858	15,2	0,059	16	13,82	0,016	6,87	0,8
CAS00001830B	476683	7541378	1837	13,6	0,061	14	12,36	0,016	6,41	0,8
CAS00001831B	477685	7541373	1896	7,3	0,028	5	5,01	0,016	2,33	0,4
CAS00001832B	478680	7541306	1949	15,0	0,056	15	11,39	0,017	4,69	0,7
CAS00001833B	478185	7541845	1927	19,8	0,066	18	8,30	0,018	4,42	0,7
CAS00001834B	477180	7541874	1859	14,2	0,058	12	8,22	0,016	9,43	0,6
CAS00001835B	476185	7541876	1810	14,4	0,065	14	8,51	0,020	7,17	0,6
CAS00001836B	475678	7542380	1791	14,2	0,056	12	7,57	0,021	6,33	0,5
CAS00001839B	479183	7542879	1961	17,2	0,076	22	16,63	0,023	1,68	0,9
CAS00001840B	478174	7542894	1905	15,5	0,076	24	15,84	0,024	3,62	0,8
CAS00001843B	476684	7543376	1832	13,3	0,069	16	13,28	0,016	5,35	0,8
CAS00001844B	479685	7543329	1991	15,7	0,078	20	11,89	0,015	4,34	0,8
CAS00001845B	479182	7543877	1946	19,4	0,074	20	11,38	0,014	5,19	0,6
CAS00001846B	478182	7543879	1898	11,7	0,053	14	10,75	0,015	10,64	0,6
CAS00001847B	477178	7543872	1857	13,4	0,056	13	6,43	0,013	9,37	0,5
CAS00001848B	476177	7543878	1816	12,8	0,062	13	10,25	0,015	6,24	0,8
CAS00001850B	477681	7544375	1866	15,7	0,058	16	8,26	0,014	8,46	0,7
CAS00001851B	478695	7544364	1908	14,7	0,072	15	7,69	0,013	5,58	1,0
CAS00001852B	479673	7544395	1959	21,3	0,073	23	10,68	0,015	3,40	0,6
CAS00001853B	479183	7544873	1926	13,5	0,058	17	9,20	0,015	7,83	0,6
CAS00001854B	478175	7544869	1887	16,4	0,073	18	10,36	0,014	5,61	0,7
CAS00001855B	477159	7544879	1851	16,9	0,078	20	17,53	0,025	5,19	1,3
CAS00001856B	476182	7544881	1820	18,1	0,091	23	17,77	0,043	3,43	1,6

Mustraid	Norte	Este	Cota	Sc_ppm	Se_ppm	Sm_ppm	Sn_ppm	Sr_ppm	Ta_ppm	Te_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	0,42	<0.5	1,1	1,12	>2000.0	0,02	<0.1
CAS00001829A	475685	7541359	1790	0,40	<0.5	1,1	1,09	1843,2	0,02	<0.1
CAS00001837A	476678	7542380	1837	0,40	<0.5	1,0	0,83	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001838A	478640	7542369	1941	0,77	<0.5	2,2	0,94	253,6	0,02	<0.1
CAS00001840A	478174	7542894	1905	0,61	<0.5	1,4	0,75	800,4	0,01	<0.1
CAS00001841A	477183	7542865	1857	0,57	<0.5	1,0	0,79	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001842A	476190	7542879	1813	0,85	<0.5	1,5	1,96	>2000.0	0,09	0,3
CAS00001849A	476683	7544382	1825	0,57	<0.5	1,1	0,76	>2000.0	0,11	0,1
CAS00001827B	477183	7540877	1858	1,66	0,7	2,3	1,34	>2000.0	0,03	<0.1
CAS00001830B	476683	7541378	1837	1,44	0,9	2,2	1,27	>2000.0	0,02	<0.1
CAS00001831B	477685	7541373	1896	0,72	0,6	1,1	0,76	680,8	0,01	<0.1
CAS00001832B	478680	7541306	1949	1,54	0,8	2,2	1,29	1150,2	0,02	<0.1
CAS00001833B	478185	7541845	1927	1,46	1,0	2,2	2,13	419,3	0,01	0,2
CAS00001834B	477180	7541874	1859	1,19	0,8	1,7	2,03	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001835B	476185	7541876	1810	1,06	1,3	1,8	1,55	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001836B	475678	7542380	1791	1,05	1,2	1,6	1,31	990,2	0,01	0,1
CAS00001839B	479183	7542879	1961	1,52	1,1	2,3	1,54	805,2	0,01	<0.1
CAS00001840B	478174	7542894	1905	1,52	0,8	2,4	1,45	908,8	0,01	0,1
CAS00001843B	476684	7543376	1832	1,11	<0.5	1,9	1,07	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001844B	479685	7543329	1991	1,15	<0.5	2,2	1,29	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001845B	479182	7543877	1946	1,12	<0.5	1,9	1,38	1380,0	0,01	<0.1
CAS00001846B	478182	7543879	1898	0,92	<0.5	1,3	0,79	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001847B	477178	7543872	1857	0,75	0,7	1,3	0,78	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001848B	476177	7543878	1816	1,01	<0.5	1,5	0,95	1761,7	0,01	<0.1
CAS00001850B	477681	7544375	1866	0,97	<0.5	1,3	1,15	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001851B	478695	7544364	1908	1,03	<0.5	1,3	1,21	751,5	0,01	<0.1
CAS00001852B	479673	7544395	1959	1,11	<0.5	2,3	0,77	749,2	0,01	<0.1
CAS00001853B	479183	7544873	1926	0,81	<0.5	1,4	0,80	1987,1	0,01	<0.1
CAS00001854B	478175	7544869	1887	0,96	<0.5	1,7	1,14	>2000.0	0,01	<0.1
CAS00001855B	477159	7544879	1851	1,71	0,8	3,1	1,52	1462,8	0,13	0,1
CAS00001856B	476182	7544881	1820	1,87	1,5	3,3	1,71	1162,9	0,03	0,4

Mustraid	Norte	Este	Cota	Th_ppm	Ti_pct	Tl_ppm	U_ppm	V_ppm	W_ppm	Y_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	3,26	0,125	0,09	1,31	106	0,19	6,23
CAS00001829A	475685	7541359	1790	3,47	0,121	0,09	1,13	110	0,19	6,55
CAS00001837A	476678	7542380	1837	4,74	0,111	0,10	1,55	110	0,19	6,25
CAS00001838A	478640	7542369	1941	2,92	0,093	0,08	0,74	86	0,27	12,91
CAS00001840A	478174	7542894	1905	4,90	0,125	0,14	1,04	110	0,27	9,12
CAS00001841A	477183	7542865	1857	2,07	0,093	0,14	1,01	78	0,17	6,36
CAS00001842A	476190	7542879	1813	2,69	0,087	0,25	1,84	81	0,40	5,08
CAS00001849A	476683	7544382	1825	1,78	0,056	0,13	1,58	54	0,36	3,90
CAS00001827B	477183	7540877	1858	7,63	0,114	0,22	3,19	105	0,55	7,43
CAS00001830B	476683	7541378	1837	5,98	0,126	0,21	2,69	115	0,44	7,11
CAS00001831B	477685	7541373	1896	1,36	0,060	0,10	0,95	59	0,22	3,41
CAS00001832B	478680	7541306	1949	3,00	0,109	0,17	1,31	105	0,47	6,94
CAS00001833B	478185	7541845	1927	4,74	0,096	0,17	1,52	108	0,47	9,07
CAS00001834B	477180	7541874	1859	4,20	0,139	0,18	1,96	150	0,32	6,45
CAS00001835B	476185	7541876	1810	3,38	0,133	0,15	1,63	142	0,34	7,09
CAS00001836B	475678	7542380	1791	2,96	0,099	0,14	1,15	102	0,37	6,95
CAS00001839B	479183	7542879	1961	3,79	0,126	0,23	1,30	100	0,91	10,10
CAS00001840B	478174	7542894	1905	5,11	0,144	0,21	1,58	129	0,41	10,44
CAS00001843B	476684	7543376	1832	2,82	0,139	0,18	1,57	130	0,31	8,53
CAS00001844B	479685	7543329	1991	4,64	0,168	0,19	1,59	152	0,32	9,36
CAS00001845B	479182	7543877	1946	2,99	0,156	0,17	1,16	126	0,35	9,24
CAS00001846B	478182	7543879	1898	2,63	0,095	0,15	2,35	91	0,25	6,27
CAS00001847B	477178	7543872	1857	5,63	0,126	0,14	1,90	131	0,25	5,94
CAS00001848B	476177	7543878	1816	3,56	0,105	0,15	1,36	112	0,31	7,46
CAS00001850B	477681	7544375	1866	1,85	0,104	0,14	0,79	108	0,42	7,09
CAS00001851B	478695	7544364	1908	2,66	0,113	0,14	0,68	131	0,68	8,32
CAS00001852B	479673	7544395	1959	3,77	0,121	0,14	1,01	116	0,29	11,95
CAS00001853B	479183	7544873	1926	2,19	0,106	0,14	0,96	94	0,33	7,59
CAS00001854B	478175	7544869	1887	7,74	0,160	0,15	2,00	159	0,30	9,11
CAS00001855B	477159	7544879	1851	6,03	0,150	0,25	1,93	138	0,53	10,00
CAS00001856B	476182	7544881	1820	6,67	0,110	0,25	1,74	120	0,58	11,20

Mustraid	Norte	Este	Cota	Yb_ppm	Zn_ppm	Zr_ppm
CAS00001828A	476190	7540878	1810	0,3	52	2,5
CAS00001829A	475685	7541359	1790	0,3	40	1,9
CAS00001837A	476678	7542380	1837	0,3	39	1,5
CAS00001838A	478640	7542369	1941	0,5	48	2,0
CAS00001840A	478174	7542894	1905	0,4	46	3,3
CAS00001841A	477183	7542865	1857	0,3	61	3,0
CAS00001842A	476190	7542879	1813	0,5	44	3,1
CAS00001849A	476683	7544382	1825	0,4	36	2,3
CAS00001827B	477183	7540877	1858	0,6	58	8,5
CAS00001830B	476683	7541378	1837	0,6	59	8,0
CAS00001831B	477685	7541373	1896	0,3	30	2,2
CAS00001832B	478680	7541306	1949	0,6	58	7,2
CAS00001833B	478185	7541845	1927	0,7	55	6,4
CAS00001834B	477180	7541874	1859	0,5	50	6,4
CAS00001835B	476185	7541876	1810	0,5	57	5,5
CAS00001836B	475678	7542380	1791	0,4	51	4,8
CAS00001839B	479183	7542879	1961	0,6	90	8,1
CAS00001840B	478174	7542894	1905	0,7	78	10,0
CAS00001843B	476684	7543376	1832	0,5	62	7,8
CAS00001844B	479685	7543329	1991	0,5	80	7,1
CAS00001845B	479182	7543877	1946	0,5	69	7,1
CAS00001846B	478182	7543879	1898	0,3	54	5,6
CAS00001847B	477178	7543872	1857	0,3	48	4,6
CAS00001848B	476177	7543878	1816	0,4	59	5,0
CAS00001850B	477681	7544375	1866	0,3	62	4,2
CAS00001851B	478695	7544364	1908	0,4	61	3,3
CAS00001852B	479673	7544395	1959	0,5	55	5,4
CAS00001853B	479183	7544873	1926	0,4	55	4,5
CAS00001854B	478175	7544869	1887	0,4	70	6,2
CAS00001855B	477159	7544879	1851	0,8	76	7,4
CAS00001856B	476182	7544881	1820	0,9	86	10,4

Mustra id	Este	Norte	Cota	Prof	% caliche	Yeso	Carbonato	Matriz
CAS00001828A	476190	7540878	1810	A	N/A	N/A	N/A	N/A
CAS00001829A	475685	7541359	1790	A	15	Yeso	Carbonato	arena fina
CAS00001837A	476678	7542380	1837	A	5	Yeso	Carbonato	arena fina
CAS00001838A	478640	7542369	1941	A	10	Yeso	Carbonato	arena media fina
CAS00001840A	478174	7542894	1905	A	N/A	N/A	N/A	N/A
CAS00001841A	477183	7542865	1857	A	10	Yeso	N/A	arena fina-limo
CAS00001842A	476190	7542879	1813	A	30	Yeso	N/A	arena media-fina
CAS00001849A	476683	7544382	1825	A	N/A	N/A	N/A	N/A
CAS00001827B	477183	7540877	1858	B	N/A	N/A	N/A	N/A
CAS00001830B	476683	7541378	1837	B	15	Yeso	Carbonato	arena fina limosa
CAS00001831B	477685	7541373	1896	B	40	Yeso	Carbonato	arena fina limo
CAS00001832B	478680	7541306	1949	B	20	Yeso	N/A	limo-arcilla
CAS00001833B	478185	7541845	1927	B	10	Yeso	Carbonato	arena fina
CAS00001834B	477180	7541874	1859	B	30	Yeso	N/A	arena fina a medi
CAS00001835B	476185	7541876	1810	B	20	Yeso	Carbonato	limo-arcilla
CAS00001836B	475678	7542380	1791	B	10	Yeso	Carbonato	arena media-fina
CAS00001839B	479183	7542879	1961	B	10	Yeso	Carbonato	arcilla-limosa
CAS00001840B	478174	7542894	1905	B	10	Yeso	Carbonato	arena fina-limo
CAS00001843B	476684	7543376	1832	B	20	Yeso	N/A	arena fina
CAS00001844B	479685	7543329	1991	B	30	Yeso	N/A	arena fina
CAS00001845B	479182	7543877	1946	B	30	Yeso	Carbonato	arena fina-media
CAS00001846B	478182	7543879	1898	B	30	Yeso	N/A	arena fina
CAS00001847B	477178	7543872	1857	B	10	Yeso	N/A	arena fina
CAS00001848B	476177	7543878	1816	B	5	Yeso	Carbonato	arena fina
CAS00001850B	477681	7544375	1866	B	40	Yeso	N/A	arena fina
CAS00001851B	478695	7544364	1908	B	N/A	N/A	N/A	N/A
CAS00001852B	479673	7544395	1959	B	10	Yeso	Carbonato	arcilla-limosa
CAS00001853B	479183	7544873	1926	B	10	Yeso	Carbonato	arena fina-media
CAS00001854B	478175	7544869	1887	B	15	Yeso	Carbonato	arena fina-media
CAS00001855B	477159	7544879	1851	B	5	N/A	Carbonato	arcilla-limo
CAS00001856B	476182	7544881	1820	B	10	Yeso	Carbonato	arena media



## 5. Análisis químico en rocas

Técnica: digestión de 4 ácidos realizado en laboratorio 3aaa y lectura ICP-OES en laboratorio SGS CIMM T&S.

Id_Muestra	Lugar	ESTE	NORTE	COTA	Al_ppm	As_ppm	Be_ppm	Bi_ppm	Ca_ppm
CAS00001438	P_TORRES	478900	7541525	1990,00	4,00	88,00	1,00	2,50	15,10
CAS00001439	P_TORRES	478383	7541080	1950,00	8,62	2,50	2,00	2,50	0,88
CAS00001440	P_TORRES	478410	7541080	1950,00	2,92	2,50	0,50	2,50	0,67
CAS00001441	P_TORRES	478450	7541070	1955,00	7,87	6,00	1,00	2,50	1,91
CAS00001442	P_TORRES	478570	7541030	1970,00	5,76	5,00	1,00	2,50	10,05
CAS00001443	P_TORRES	478660	7540765	1980,00	6,68	2,50	1,00	2,50	0,65
CAS00001444	P_TORRES	478445	7540574	1960,00	7,05	13,00	2,00	2,50	10,72
CAS00001445	P_TORRES	478895	7540230	2015,00	0,00	9,00	1,00	5,00	6,52
CAS00001446	P_TORRES	478040	7540690	1940,00	8,51	11,00	2,00	2,50	3,47
CAS00001447	P_TORRES	478130	7540940	1940,00	8,02	17,00	1,00	2,50	1,92
CAS00001448	P_TORRES	478393	7540980	1960,00	8,98	6,00	1,00	2,50	6,62
CAS00001449	P_TORRES	478510	7540880	1960,00	2,94	5,00	0,50	2,50	15,10
CAS00001450	P_TORRES	478290	7541120	1950,00	8,69	9,00	1,00	2,50	1,11
CAS00001451	P_TORRES	478765	7541155	1980,00	3,91	2,50	0,50	2,50	0,73
CAS00001452	P_TORRES	479560	7541610	2050,00	7,49	6,00	2,00	10,00	0,76
CAS00001453	P_TORRES	478415	7541780	1970,00	7,32	14,00	2,00	2,50	1,44
CAS00002292	P_TORRES	478830	7541032	1990,00	8,13	2,00	1,10	0,50	1,22
CAS00002293	P_TORRES	478662	7541098	1950,00	8,10	18,00	1,40	0,50	1,29
CAS00002295	P_TORRES	478529	7540902	1938,00	9,18	0,50	1,20	0,50	4,56
CAS00002296	P_TORRES	478419	7540791	1938,00	8,83	0,50	2,50	0,50	10,12
CAS00002297	P_TORRES	478432	7540589	1944,00	6,27	0,50	1,30	0,50	12,44
CAS00002298	P_TORRES	477718	7540075	1910,00	7,68	0,50	1,20	0,50	3,14
CAS00002299	P_TORRES	478625	7540689	1968,00	6,65	17,00	1,10	0,50	0,97
CAS00002300	P_TORRES	478640	7541335	1951,00	7,73	26,00	1,20	0,50	1,57
CAS00002301	P_TORRES	478704	7541696	1951,00	8,19	0,50	0,90	0,50	0,87
CAS00002302	P_TORRES	478546	7539807	1985,00	11,30	0,50	0,60	0,50	8,16
CAS00002303	P_TORRES	477691	7540371	2303,00	7,83	0,50	1,20	0,50	3,01
CAS00002304	P_TORRES	477008	7593407	1844,00	9,15	5,00	1,00	0,50	3,18
CAS00002305	P_TORRES	478212	7542148	1844,00	8,18	13,00	1,20	0,50	2,62
CAS00002306	P_TORRES	478417	7541778	1932,00	8,33	0,50	1,50	0,50	0,91
CAS00002307	P_TORRES	478431	7541755	1942,00	5,84	3,00	0,80	0,50	1,03
CAS00002308	P_TORRES	478564	7541748	1947,00	8,36	0,50	1,00	0,50	2,57
CAS00002309	P_TORRES	477183	7543105	1849,00	8,38	0,50	1,20	0,50	2,47
CAS00002310	P_TORRES	478475	7543243	1933,00	9,01	10,00	1,10	0,50	1,20
CAS00002325	P_TORRES	476574	7543369	1828,00	8,73	0,50	1,20	0,50	2,18
CAS00002326	P_TORRES	476524	7542958	1823,00	9,10	0,50	1,20	0,50	2,38
CAS00002327	P_TORRES	480395	7542991	2076,00	9,40	1,00	1,30	0,50	1,01
CAS00002328	P_TORRES	480663	7544016	2031,00	2,58	1,00	0,50	0,50	15,10
CAS00002329	P_TORRES	480136	7541445	2069,00	8,36	64,00	1,10	0,50	1,53
CAS00002330	P_TORRES	480503	7541103	2108,00	9,04	0,50	1,20	0,50	5,05
CAS00002331	P_TORRES	477669	7537700	1829,00	7,37	0,50	1,80	0,50	2,23
CAS00002332	P_TORRES	480596	7540105	2068,00	7,66	0,50	1,70	0,50	2,54
CAS00002333	P_TORRES	475812	7538967	1770,00	7,85	0,50	1,40	0,50	2,88
CAS00002334	P_TORRES	476214	7540071	1789,00	8,36	0,50	1,20	0,50	2,10
CAS00002335	P_TORRES	477836	7540712	0,00	8,71	0,50	1,20	0,50	2,73
CAS00002336	P_TORRES	478241	7539374	0,00	9,27	7,00	1,30	0,50	1,77
CAS00002338	P_TORRES	478653	7539290	2073,00	8,68	0,50	1,80	0,50	4,35
CAS00002339	P_TORRES	478447	7540749	1946,00	4,99	6,00	0,90	0,50	1,12
CAS00002340	P_TORRES	478308	7540865	1934,00	9,07	0,50	1,20	0,50	2,75
CAS00002341	P_TORRES	478086	7540962	1915,00	8,17	0,50	0,90	0,50	1,43
CAS00002342	P_TORRES	478181	7541081	1920,00	8,79	0,50	1,00	0,50	2,85
CAS00002344	P_TORRES	478678	7540997	1960,00	7,35	0,50	1,10	0,50	0,69
CAS00002346	P_TORRES	478814	7540922	1986,00	5,81	0,50	0,90	0,50	1,90
CAS00002348	P_TORRES	478874	7540698	1982,00	7,28	0,50	0,80	0,50	0,68
CAS00002350	P_TORRES	479339	7540222	2047,00	7,54	0,50	0,90	0,50	2,82
CAS00002351	P_TORRES	479512	7540090	2146,00	8,77	0,50	1,10	0,50	5,18
CAS00002352	P_TORRES	479767	7540251	2129,00	2,61	4,00	0,70	0,50	0,68
CAS00002356	P_TORRES	478597	7541265	1958,00	8,23	0,50	1,00	0,50	1,67
CAS00002358	P_TORRES	478942	7541463	1988,00	6,33	4,00	1,40	0,50	15,10
CAS00002359	P_TORRES	478826	7541437	1965,00	8,44	0,50	1,10	0,50	2,62
CAS00002360	P_TORRES	478706	7541416	1956,00	8,80	0,50	2,40	0,50	6,92
CAS00002362	P_TORRES	480758	7543611	2044,00	8,39	0,50	1,60	0,50	2,35
CAS00002363	P_TORRES	480401	7544147	2062,00	8,95	0,50	1,00	0,50	3,14
CAS00002364	P_TORRES	480288	7544429	2037,00	8,28	0,50	1,00	0,50	3,37
CAS00002366	P_TORRES	479849	7543880	2009,00	8,89	0,50	1,10	0,50	1,71
CAS00002367	P_TORRES	478570	7542021	1959,00	7,30	4,00	1,10	0,50	1,49
CAS00002368	P_TORRES	478773	7541779	1956,00	7,71	0,50	0,90	0,50	1,21
CAS00002369	P_TORRES	478503	7541940	1942,00	8,09	0,50	0,90	0,50	2,61

Id_Muestra	Lugar	ESTE	NORTE	COTA	Cd_ppm	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Fe_pct
CAS00001438	P_TORRES	478900	7541525	1990,00	5,00	11,00	28,00	43,00	2,20
CAS00001439	P_TORRES	478383	7541080	1950,00	0,50	5,00	123,00	137,00	4,29
CAS00001440	P_TORRES	478410	7541080	1950,00	0,50	7,00	553,00	104,00	2,91
CAS00001441	P_TORRES	478450	7541070	1955,00	0,50	13,00	160,00	94,00	3,41
CAS00001442	P_TORRES	478570	7541030	1970,00	0,50	11,00	134,00	44,00	1,49
CAS00001443	P_TORRES	478660	7540765	1980,00	0,50	6,00	218,00	57,00	2,52
CAS00001444	P_TORRES	478445	7540574	1960,00	0,50	11,00	94,00	38,00	3,57
CAS00001445	P_TORRES	478895	7540230	2015,00	0,50	21,00	68,00	99,00	5,80
CAS00001446	P_TORRES	478040	7540690	1940,00	0,50	14,00	118,00	24,00	3,20
CAS00001447	P_TORRES	478130	7540940	1940,00	0,50	11,00	100,00	88,00	1,94
CAS00001448	P_TORRES	478393	7540980	1960,00	0,50	9,00	99,00	64,00	2,16
CAS00001449	P_TORRES	478510	7540880	1960,00	4,00	6,00	141,00	172,00	5,82
CAS00001450	P_TORRES	478290	7541120	1950,00	0,50	17,00	57,00	76,00	3,73
CAS00001451	P_TORRES	478765	7541155	1980,00	0,50	4,00	301,00	31,00	1,78
CAS00001452	P_TORRES	479560	7541610	2050,00	0,50	12,00	97,00	104,00	4,48
CAS00001453	P_TORRES	478415	7541780	1970,00	0,50	26,00	162,00	45,00	3,79
CAS00002292	P_TORRES	478830	7541032	1990,00	2,00	7,00	137,00	50	2,03
CAS00002293	P_TORRES	478662	7541098	1950,00	2,00	7,00	57,00	50	2,79
CAS00002295	P_TORRES	478529	7540902	1938,00	2,00	13,00	69,00	200	2,34
CAS00002296	P_TORRES	478419	7540791	1938,00	1,00	8,00	135,00	50	1,55
CAS00002297	P_TORRES	478432	7540589	1944,00	5,00	7,00	79,00	50	5,62
CAS00002298	P_TORRES	477718	7540075	1910,00	2,00	9,00	63,00	50	2,86
CAS00002299	P_TORRES	478625	7540689	1968,00	2,00	8,00	95,00	50	2,29
CAS00002300	P_TORRES	478640	7541335	1951,00	2,00	11,00	71,00	50	2,60
CAS00002301	P_TORRES	478704	7541696	1951,00	2,00	13,00	52,00	50	2,81
CAS00002302	P_TORRES	478546	7539807	1985,00	5,00	37,00	48,00	50	5,58
CAS00002303	P_TORRES	477691	7540371	2303,00	3,00	12,00	54,00	50	3,39
CAS00002304	P_TORRES	477008	7593407	1844,00	3,00	12,00	31,00	50	3,69
CAS00002305	P_TORRES	478212	7542148	1844,00	3,00	10,00	77,00	50	3,70
CAS00002306	P_TORRES	478417	7541778	1932,00	3,00	11,00	37,00	50	3,84
CAS00002307	P_TORRES	478431	7541755	1942,00	4,00	6,00	77,00	50	5,33
CAS00002308	P_TORRES	478564	7541748	1947,00	2,00	11,00	54,00	50	2,11
CAS00002309	P_TORRES	477183	7543105	1849,00	3,00	13,00	45,00	50	3,88
CAS00002310	P_TORRES	478475	7543243	1933,00	4,00	19,00	13,00	50	5,04
CAS00002325	P_TORRES	476574	7543369	1828,00	3,00	14,00	49,00	50	3,96
CAS00002326	P_TORRES	476524	7542958	1823,00	3,00	14,00	66,00	50	3,80
CAS00002327	P_TORRES	480395	7542991	2076,00	3,00	14,00	39,00	50	4,09
CAS00002328	P_TORRES	480663	7544016	2031,00	0,50	6,00	31,00	50	1,27
CAS00002329	P_TORRES	480136	7541445	2069,00	3,00	11,00	124,00	100	3,70
CAS00002330	P_TORRES	480503	7541103	2108,00	5,00	34,00	41,00	50	6,03
CAS00002331	P_TORRES	477669	7537700	1829,00	2,00	12,00	51,00	50	2,66
CAS00002332	P_TORRES	480596	7540105	2068,00	3,00	12,00	57,00	50	3,03
CAS00002333	P_TORRES	475812	7538967	1770,00	2,00	15,00	113,00	50	3,02
CAS00002334	P_TORRES	476214	7540071	1789,00	3,00	14,00	69,00	50	3,73
CAS00002335	P_TORRES	477836	7540712	0,00	3,00	13,00	44,00	50	3,62
CAS00002336	P_TORRES	478241	7539374	0,00	2,00	25,00	54,00	50	3,10
CAS00002338	P_TORRES	478653	7539290	2073,00	4,00	27,00	50,00	50	5,15
CAS00002339	P_TORRES	478447	7540749	1946,00	2,00	6,00	131,00	50	3,21
CAS00002340	P_TORRES	478308	7540865	1934,00	1,00	8,00	38,00	50	1,53
CAS00002341	P_TORRES	478086	7540962	1915,00	1,00	20,00	70,00	50	2,11
CAS00002342	P_TORRES	478181	7541081	1920,00	2,00	10,00	51,00	50	2,36
CAS00002344	P_TORRES	478678	7540997	1960,00	2,00	9,00	106,00	50	2,41
CAS00002346	P_TORRES	478814	7540922	1986,00	0,50	7,00	101,00	50	1,10
CAS00002348	P_TORRES	478874	7540698	1982,00	2,00	8,00	99,00	50	2,01
CAS00002350	P_TORRES	479339	7540222	2047,00	4,00	16,00	105,00	50	4,08
CAS00002351	P_TORRES	479512	7540090	2146,00	5,00	32,00	51,00	50	5,99
CAS00002352	P_TORRES	479767	7540251	2129,00	0,50	0,50	100,00	50	0,70
CAS00002356	P_TORRES	478597	7541265	1958,00	1,00	11,00	95,00	100	1,73
CAS00002358	P_TORRES	478942	7541463	1988,00	3,00	10,00	45,00	50	2,48
CAS00002359	P_TORRES	478826	7541437	1965,00	4,00	25,00	75,00	50	4,47
CAS00002360	P_TORRES	478706	7541416	1956,00	2,00	10,00	78,00	50	1,93
CAS00002362	P_TORRES	480758	7543611	2044,00	5,00	28,00	20,00	50	5,32
CAS00002363	P_TORRES	480401	7544147	2062,00	2,00	21,00	84,00	50	2,92
CAS00002364	P_TORRES	480288	7544429	2037,00	2,00	19,00	53,00	50	2,60
CAS00002366	P_TORRES	479849	7543880	2009,00	2,00	16,00	42,00	50	2,56
CAS00002367	P_TORRES	478570	7542021	1959,00	2,00	20,00	58,00	300	3,04
CAS00002368	P_TORRES	478773	7541779	1956,00	2,00	13,00	59,00	50	3,04
CAS00002369	P_TORRES	478503	7541940	1942,00	3,00	12,00	37,00	50	3,21

Id_Muestra	Lugar	ESTE	NORTE	COTA	Ga_ppm	K_ppm	La_ppm	Li_ppm	Mg_ppm
CAS00001438	P_TORRES	478900	7541525	1990,00	1,00	1,97	12,00	47,00	2,02
CAS00001439	P_TORRES	478383	7541080	1950,00	16,00	2,16	25,00	22,00	0,58
CAS00001440	P_TORRES	478410	7541080	1950,00	0,50	0,60	14,00	14,00	0,20
CAS00001441	P_TORRES	478450	7541070	1955,00	0,50	1,43	17,00	24,00	0,53
CAS00001442	P_TORRES	478570	7541030	1970,00	0,50	4,74	16,00	30,00	0,63
CAS00001443	P_TORRES	478660	7540765	1980,00	0,50	0,20	18,00	9,00	0,13
CAS00001444	P_TORRES	478445	7540574	1960,00	10,00	0,45	21,00	43,00	3,50
CAS00001445	P_TORRES	478895	7540230	2015,00	9,00	0,98	5,00	35,00	2,08
CAS00001446	P_TORRES	478040	7540690	1940,00	12,00	1,65	24,00	24,00	1,15
CAS00001447	P_TORRES	478130	7540940	1940,00	8,00	1,66	5,00	35,00	1,01
CAS00001448	P_TORRES	478393	7540980	1960,00	2,00	0,37	5,00	18,00	1,17
CAS00001449	P_TORRES	478510	7540880	1960,00	4,00	0,05	5,00	49,00	0,20
CAS00001450	P_TORRES	478290	7541120	1950,00	5,00	2,32	27,00	24,00	0,53
CAS00001451	P_TORRES	478765	7541155	1980,00	2,00	1,89	5,00	16,00	0,14
CAS00001452	P_TORRES	479560	7541610	2050,00	5,00	1,44	16,00	10,00	0,11
CAS00001453	P_TORRES	478415	7541780	1970,00	4,00	2,78	21,00	23,00	0,99
CAS00002292	P_TORRES	478830	7541032	1990,00	26,00	1,25	6,00	17,00	0,52
CAS00002293	P_TORRES	478662	7541098	1950,00	28,00	1,72	21,00	18,00	0,24
CAS00002295	P_TORRES	478529	7540902	1938,00	36,00	2,18	19,00	12,00	0,82
CAS00002296	P_TORRES	478419	7540791	1938,00	59,00	0,31	3,00	32,00	3,46
CAS00002297	P_TORRES	478432	7540589	1944,00	57,00	0,11	23,00	10,00	3,48
CAS00002298	P_TORRES	477718	7540075	1910,00	39,00	2,53	20,00	31,00	0,98
CAS00002299	P_TORRES	478625	7540689	1968,00	23,00	2,84	22,00	16,00	0,30
CAS00002300	P_TORRES	478640	7541335	1951,00	38,00	1,37	14,00	30,00	1,10
CAS00002301	P_TORRES	478704	7541696	1951,00	46,00	1,29	8,00	29,00	1,87
CAS00002302	P_TORRES	478546	7539807	1985,00	59,00	0,20	0,50	11,00	3,46
CAS00002303	P_TORRES	477691	7540371	2303,00	38,00	1,98	17,00	37,00	1,06
CAS00002304	P_TORRES	477008	7593407	1844,00	36,00	2,81	21,00	19,00	0,90
CAS00002305	P_TORRES	478212	7542148	1844,00	40,00	2,52	19,00	27,00	1,18
CAS00002306	P_TORRES	478417	7541778	1932,00	26,00	1,69	17,00	11,00	0,13
CAS00002307	P_TORRES	478431	7541755	1942,00	24,00	0,99	2,00	13,00	0,08
CAS00002308	P_TORRES	478564	7541748	1947,00	47,00	2,22	9,00	21,00	1,45
CAS00002309	P_TORRES	477183	7543105	1849,00	43,00	1,83	22,00	29,00	1,07
CAS00002310	P_TORRES	478475	7543243	1933,00	52,00	2,42	17,00	64,00	2,03
CAS00002325	P_TORRES	476574	7543369	1828,00	46,00	1,82	21,00	55,00	1,36
CAS00002326	P_TORRES	476524	7542958	1823,00	45,00	2,02	21,00	53,00	1,32
CAS00002327	P_TORRES	480395	7542991	2076,00	53,00	1,78	18,00	40,00	1,92
CAS00002328	P_TORRES	480663	7544016	2031,00	21,00	0,94	16,00	24,00	0,82
CAS00002329	P_TORRES	480136	7541445	2069,00	30,00	0,96	13,00	21,00	0,45
CAS00002330	P_TORRES	480503	7541103	2108,00	63,00	0,98	13,00	13,00	2,47
CAS00002331	P_TORRES	477669	7537700	1829,00	37,00	2,80	30,00	36,00	0,96
CAS00002332	P_TORRES	480596	7540105	2068,00	40,00	2,62	26,00	19,00	0,99
CAS00002333	P_TORRES	475812	7538967	1770,00	40,00	2,34	21,00	31,00	1,06
CAS00002334	P_TORRES	476214	7540071	1789,00	40,00	2,04	19,00	29,00	1,22
CAS00002335	P_TORRES	477836	7540712	0,00	36,00	1,75	21,00	41,00	1,09
CAS00002336	P_TORRES	478241	7539374	0,00	36,00	1,62	12,00	17,00	0,69
CAS00002338	P_TORRES	478653	7539290	2073,00	54,00	1,82	22,00	22,00	1,83
CAS00002339	P_TORRES	478447	7540749	1946,00	28,00	2,44	20,00	19,00	0,52
CAS00002340	P_TORRES	478308	7540865	1934,00	47,00	0,89	9,00	38,00	1,84
CAS00002341	P_TORRES	478086	7540962	1915,00	39,00	1,97	6,00	28,00	1,05
CAS00002342	P_TORRES	478181	7541081	1920,00	47,00	1,38	7,00	29,00	1,89
CAS00002344	P_TORRES	478678	7540997	1960,00	23,00	2,31	22,00	13,00	0,28
CAS00002346	P_TORRES	478814	7540922	1986,00	33,00	0,29	14,00	23,00	0,94
CAS00002348	P_TORRES	478874	7540698	1982,00	20,00	2,22	19,00	9,00	0,14
CAS00002350	P_TORRES	479339	7540222	2047,00	35,00	0,49	19,00	17,00	0,75
CAS00002351	P_TORRES	479512	7540090	2146,00	55,00	0,74	10,00	19,00	2,38
CAS00002352	P_TORRES	479767	7540251	2129,00	12,00	0,65	28,00	17,00	0,29
CAS00002356	P_TORRES	478597	7541265	1958,00	37,00	0,65	4,00	25,00	1,02
CAS00002358	P_TORRES	478942	7541463	1988,00	51,00	1,54	21,00	14,00	2,49
CAS00002359	P_TORRES	478826	7541437	1965,00	62,00	1,29	15,00	71,00	4,01
CAS00002360	P_TORRES	478706	7541416	1956,00	48,00	0,60	29,00	42,00	2,59
CAS00002362	P_TORRES	480758	7543611	2044,00	55,00	1,21	25,00	60,00	2,15
CAS00002363	P_TORRES	480401	7544147	2062,00	58,00	1,99	9,00	105,00	2,83
CAS00002364	P_TORRES	480288	7544429	2037,00	51,00	1,68	13,00	63,00	2,26
CAS00002366	P_TORRES	479849	7543880	2009,00	47,00	1,95	9,00	92,00	2,09
CAS00002367	P_TORRES	478570	7542021	1959,00	47,00	1,66	13,00	40,00	1,62
CAS00002368	P_TORRES	478773	7541779	1956,00	43,00	1,51	9,00	23,00	1,38
CAS00002369	P_TORRES	478503	7541940	1942,00	40,00	1,41	14,00	32,00	1,26

Id_Muestra	Lugar	ESTE	NORTE	COTA	Mn_ppm	Mo_ppm	Na_pct	Nb_ppm	Ni_ppm
CAS00001438	P_TORRES	478900	7541525	1990,00	889,00	16,00	2,09	5,00	18,00
CAS00001439	P_TORRES	478383	7541080	1950,00	118,00	25,00	2,84	5,00	7,00
CAS00001440	P_TORRES	478410	7541080	1950,00	297,00	18,00	1,43	5,00	16,00
CAS00001441	P_TORRES	478450	7541070	1955,00	283,00	11,00	3,50	5,00	8,00
CAS00001442	P_TORRES	478570	7541030	1970,00	1093,00	10,00	1,27	5,00	21,00
CAS00001443	P_TORRES	478660	7540765	1980,00	57,00	4,00	4,93	5,00	13,00
CAS00001444	P_TORRES	478445	7540574	1960,00	1558,00	23,00	3,00	5,00	26,00
CAS00001445	P_TORRES	478895	7540230	2015,00	633,00	2,00	2,65	5,00	15,00
CAS00001446	P_TORRES	478040	7540690	1940,00	572,00	2,00	3,50	5,00	10,00
CAS00001447	P_TORRES	478130	7540940	1940,00	574,00	4,00	4,01	5,00	55,00
CAS00001448	P_TORRES	478393	7540980	1960,00	749,00	3,00	3,62	5,00	9,00
CAS00001449	P_TORRES	478510	7540880	1960,00	3240,00	4,00	0,08	5,00	10,00
CAS00001450	P_TORRES	478290	7541120	1950,00	284,00	26,00	2,57	5,00	8,00
CAS00001451	P_TORRES	478765	7541155	1980,00	70,00	6,00	0,20	5,00	14,00
CAS00001452	P_TORRES	479560	7541610	2050,00	72,00	3,00	3,59	5,00	9,00
CAS00001453	P_TORRES	478415	7541780	1970,00	749,00	3,00	3,80	5,00	26,00
CAS00002292	P_TORRES	478830	7541032	1990,00	294,00	1,00	3,73	7,00	15,00
CAS00002293	P_TORRES	478662	7541098	1950,00	143,00	4,00	2,93	9,00	10,00
CAS00002295	P_TORRES	478529	7540902	1938,00	520,00	5,00	2,88	9,00	9,00
CAS00002296	P_TORRES	478419	7540791	1938,00	830,00	3,00	1,73	17,00	19,00
CAS00002297	P_TORRES	478432	7540589	1944,00	1684,00	1,00	0,16	15,00	17,00
CAS00002298	P_TORRES	477718	7540075	1910,00	954,00	1,00	2,50	10,00	3,00
CAS00002299	P_TORRES	478625	7540689	1968,00	261,00	7,00	2,22	10,00	10,00
CAS00002300	P_TORRES	478640	7541335	1951,00	420,00	5,00	3,70	9,00	27,00
CAS00002301	P_TORRES	478704	7541696	1951,00	549,00	1,00	4,36	7,00	32,00
CAS00002302	P_TORRES	478546	7539807	1985,00	1202,00	1,00	1,15	10,00	21,00
CAS00002303	P_TORRES	477691	7540371	2303,00	545,00	1,00	2,63	11,00	6,00
CAS00002304	P_TORRES	477008	7593407	1844,00	692,00	3,00	3,65	11,00	8,00
CAS00002305	P_TORRES	478212	7542148	1844,00	585,00	1,00	3,02	12,00	12,00
CAS00002306	P_TORRES	478417	7541778	1932,00	121,00	1,00	3,45	12,00	6,00
CAS00002307	P_TORRES	478431	7541755	1942,00	77,00	1,00	2,35	10,00	11,00
CAS00002308	P_TORRES	478564	7541748	1947,00	662,00	1,00	4,54	6,00	35,00
CAS00002309	P_TORRES	477183	7543105	1849,00	1092,00	2,00	3,11	12,00	6,00
CAS00002310	P_TORRES	478475	7543243	1933,00	1829,00	1,00	3,45	12,00	7,00
CAS00002325	P_TORRES	476574	7543369	1828,00	1668,00	1,00	3,28	11,00	6,00
CAS00002326	P_TORRES	476524	7542958	1823,00	1410,00	1,00	2,88	11,00	12,00
CAS00002327	P_TORRES	480395	7542991	2076,00	727,00	1,00	4,13	14,00	10,00
CAS00002328	P_TORRES	480663	7544016	2031,00	737,00	3,00	0,55	5,00	15,00
CAS00002329	P_TORRES	480136	7541445	2069,00	263,00	4,00	4,99	10,00	26,00
CAS00002330	P_TORRES	480503	7541103	2108,00	1094,00	1,00	2,43	16,00	15,00
CAS00002331	P_TORRES	477669	7537700	1829,00	428,00	4,00	2,33	15,00	9,00
CAS00002332	P_TORRES	480596	7540105	2068,00	456,00	1,00	2,53	15,00	7,00
CAS00002333	P_TORRES	475812	7538967	1770,00	983,00	1,00	2,71	12,00	16,00
CAS00002334	P_TORRES	476214	7540071	1789,00	377,00	1,00	3,47	12,00	16,00
CAS00002335	P_TORRES	477836	7540712	0,00	665,00	1,00	2,67	11,00	6,00
CAS00002336	P_TORRES	478241	7539374	0,00	376,00	1,00	5,00	8,00	25,00
CAS00002338	P_TORRES	478653	7539290	2073,00	858,00	1,00	2,49	18,00	13,00
CAS00002339	P_TORRES	478447	7540749	1946,00	94,00	8,00	0,57	10,00	22,00
CAS00002340	P_TORRES	478308	7540865	1934,00	898,00	1,00	5,04	8,00	15,00
CAS00002341	P_TORRES	478086	7540962	1915,00	550,00	5,00	4,20	5,00	71,00
CAS00002342	P_TORRES	478181	7541081	1920,00	258,00	1,00	3,22	6,00	51,00
CAS00002344	P_TORRES	478678	7540997	1960,00	136,00	1,00	2,10	8,00	9,00
CAS00002346	P_TORRES	478814	7540922	1986,00	302,00	1,00	3,95	8,00	11,00
CAS00002348	P_TORRES	478874	7540698	1982,00	97,00	1,00	3,89	9,00	8,00
CAS00002350	P_TORRES	479339	7540222	2047,00	478,00	1,00	4,87	11,00	16,00
CAS00002351	P_TORRES	479512	7540090	2146,00	1121,00	1,00	2,48	15,00	14,00
CAS00002352	P_TORRES	479767	7540251	2129,00	217,00	2,00	0,40	1,00	12,00
CAS00002356	P_TORRES	478597	7541265	1958,00	348,00	4,00	5,58	4,00	38,00
CAS00002358	P_TORRES	478942	7541463	1988,00	1655,00	3,00	0,52	10,00	20,00
CAS00002359	P_TORRES	478826	7541437	1965,00	1099,00	1,00	3,08	13,00	34,00
CAS00002360	P_TORRES	478706	7541416	1956,00	1401,00	55,00	3,34	17,00	20,00
CAS00002362	P_TORRES	480758	7543611	2044,00	1279,00	1,00	4,55	27,00	9,00
CAS00002363	P_TORRES	480401	7544147	2062,00	568,00	1,00	2,99	8,00	73,00
CAS00002364	P_TORRES	480288	7544429	2037,00	391,00	1,00	2,57	8,00	36,00
CAS00002366	P_TORRES	479849	7543880	2009,00	433,00	1,00	3,70	6,00	42,00
CAS00002367	P_TORRES	478570	7542021	1959,00	892,00	1,00	3,16	10,00	11,00
CAS00002368	P_TORRES	478773	7541779	1956,00	940,00	1,00	4,72	7,00	23,00
CAS00002369	P_TORRES	478503	7541940	1942,00	1052,00	1,00	2,99	11,00	13,00

Id_Muestra	Lugar	ESTE	NORTE	COTA	P_ppm	Pb_ppm	S_pct	Sc_ppm	Sr_ppm
CAS00001438	P_TORRES	478900	7541525	1990,00	514,00	221,00	0,66	10,00	408,00
CAS00001439	P_TORRES	478383	7541080	1950,00	790,00	41,00	0,31	7,00	287,00
CAS00001440	P_TORRES	478410	7541080	1950,00	1650,00	17,00	0,23	2,00	208,00
CAS00001441	P_TORRES	478450	7541070	1955,00	993,00	39,00	0,48	6,00	271,00
CAS00001442	P_TORRES	478570	7541030	1970,00	748,00	33,00	1,16	10,00	539,00
CAS00001443	P_TORRES	478660	7540765	1980,00	514,00	33,00	0,40	8,00	138,00
CAS00001444	P_TORRES	478445	7540574	1960,00	767,00	35,00	0,29	13,00	529,00
CAS00001445	P_TORRES	478895	7540230	2015,00	801,00	51,00	0,08	17,00	481,00
CAS00001446	P_TORRES	478040	7540690	1940,00	1296,00	49,00	0,17	7,00	619,00
CAS00001447	P_TORRES	478130	7540940	1940,00	608,00	42,00	0,39	11,00	322,00
CAS00001448	P_TORRES	478393	7540980	1960,00	1269,00	50,00	0,27	9,00	654,00
CAS00001449	P_TORRES	478510	7540880	1960,00	678,00	34,00	0,70	8,00	111,00
CAS00001450	P_TORRES	478290	7541120	1950,00	1088,00	45,00	0,50	8,00	363,00
CAS00001451	P_TORRES	478765	7541155	1980,00	279,00	37,00	0,95	6,00	115,00
CAS00001452	P_TORRES	479560	7541610	2050,00	679,00	44,00	2,19	14,00	423,00
CAS00001453	P_TORRES	478415	7541780	1970,00	828,00	58,00	0,14	17,00	436,00
CAS00002292	P_TORRES	478830	7541032	1990,00	2,22	0,50	0,30	12,00	203,00
CAS00002293	P_TORRES	478662	7541098	1950,00	2,42	0,50	1,02	6,00	774,00
CAS00002295	P_TORRES	478529	7540902	1938,00	2,43	1,00	0,83	8,00	615,00
CAS00002296	P_TORRES	478419	7540791	1938,00	1,70	0,50	0,74	15,00	722,00
CAS00002297	P_TORRES	478432	7540589	1944,00	1,81	0,50	0,96	8,00	450,00
CAS00002298	P_TORRES	477718	7540075	1910,00	2,71	5,00	0,26	6,00	409,00
CAS00002299	P_TORRES	478625	7540689	1968,00	1,56	1,00	0,36	8,00	256,00
CAS00002300	P_TORRES	478640	7541335	1951,00	1,53	0,50	0,40	9,00	500,00
CAS00002301	P_TORRES	478704	7541696	1951,00	1,22	0,50	0,21	8,00	230,00
CAS00002302	P_TORRES	478546	7539807	1985,00	0,38	0,50	0,58	28,00	516,00
CAS00002303	P_TORRES	477691	7540371	2303,00	2,73	0,50	0,37	6,00	583,00
CAS00002304	P_TORRES	477008	7593407	1844,00	3,04	0,50	0,31	6,00	341,00
CAS00002305	P_TORRES	478212	7542148	1844,00	3,33	2,00	0,53	7,00	757,00
CAS00002306	P_TORRES	478417	7541778	1932,00	2,12	0,50	2,24	14,00	487,00
CAS00002307	P_TORRES	478431	7541755	1942,00	2,38	31,00	6,24	5,00	439,00
CAS00002308	P_TORRES	478564	7541748	1947,00	2,18	4,00	0,63	10,00	336,00
CAS00002309	P_TORRES	477183	7543105	1849,00	2,41	13,00	0,44	7,00	579,00
CAS00002310	P_TORRES	478475	7543243	1933,00	2,48	8,00	0,28	10,00	485,00
CAS00002325	P_TORRES	476574	7543369	1828,00	2,16	9,00	0,27	8,00	528,00
CAS00002326	P_TORRES	476524	7542958	1823,00	2,42	15,00	0,35	8,00	782,00
CAS00002327	P_TORRES	480395	7542991	2076,00	3,28	0,50	0,19	7,00	280,00
CAS00002328	P_TORRES	480663	7544016	2031,00	0,63	11,00	1,67	4,00	325,00
CAS00002329	P_TORRES	480136	7541445	2069,00	1,65	10,00	0,90	15,00	380,00
CAS00002330	P_TORRES	480503	7541103	2108,00	2,27	0,50	0,37	22,00	370,00
CAS00002331	P_TORRES	477669	7537700	1829,00	1,74	7,00	0,22	9,00	311,00
CAS00002332	P_TORRES	480596	7540105	2068,00	1,49	4,00	0,25	11,00	464,00
CAS00002333	P_TORRES	475812	7538967	1770,00	2,06	9,00	0,34	9,00	508,00
CAS00002334	P_TORRES	476214	7540071	1789,00	2,01	0,50	0,23	8,00	338,00
CAS00002335	P_TORRES	477836	7540712	0,00	2,36	0,50	0,36	6,00	750,00
CAS00002336	P_TORRES	478241	7539374	0,00	1,66	19,00	0,26	7,00	263,00
CAS00002338	P_TORRES	478653	7539290	2073,00	2,23	2,00	0,34	20,00	422,00
CAS00002339	P_TORRES	478447	7540749	1946,00	1,51	0,50	0,92	7,00	298,00
CAS00002340	P_TORRES	478308	7540865	1934,00	2,62	2,00	0,36	8,00	746,00
CAS00002341	P_TORRES	478086	7540962	1915,00	1,32	0,50	0,97	7,00	403,00
CAS00002342	P_TORRES	478181	7541081	1920,00	1,79	0,50	0,39	7,00	658,00
CAS00002344	P_TORRES	478678	7540997	1960,00	2,45	3,00	0,70	11,00	190,00
CAS00002346	P_TORRES	478814	7540922	1986,00	1,49	0,50	0,57	8,00	306,00
CAS00002348	P_TORRES	478874	7540698	1982,00	1,41	3,00	0,55	10,00	268,00
CAS00002350	P_TORRES	479339	7540222	2047,00	1,62	0,50	0,57	16,00	212,00
CAS00002351	P_TORRES	479512	7540090	2146,00	2,49	0,50	0,43	24,00	426,00
CAS00002352	P_TORRES	479767	7540251	2129,00	1,12	5,00	0,17	2,00	101,00
CAS00002356	P_TORRES	478597	7541265	1958,00	1,59	8,00	0,61	7,00	462,00
CAS00002358	P_TORRES	478942	7541463	1988,00	2,30	8,00	1,90	10,00	1729,00
CAS00002359	P_TORRES	478826	7541437	1965,00	2,27	1,00	0,34	22,00	846,00
CAS00002360	P_TORRES	478706	7541416	1956,00	1,87	13,00	0,65	14,00	572,00
CAS00002362	P_TORRES	480758	7543611	2044,00	3,81	6,00	0,30	15,00	364,00
CAS00002363	P_TORRES	480401	7544147	2062,00	1,33	7,00	0,27	13,00	739,00
CAS00002364	P_TORRES	480288	7544429	2037,00	1,68	3,00	0,31	10,00	816,00
CAS00002366	P_TORRES	479849	7543880	2009,00	1,39	10,00	0,29	10,00	591,00
CAS00002367	P_TORRES	478570	7542021	1959,00	1,82	0,50	0,18	11,00	325,00
CAS00002368	P_TORRES	478773	7541779	1956,00	2,01	4,00	0,31	7,00	207,00
CAS00002369	P_TORRES	478503	7541940	1942,00	1,61	1,00	0,49	14,00	277,00

Id_Muestra	Lugar	ESTE	NORTE	COTA	Ti_pct	V_ppm	Zn_ppm	Zr_ppm	Litologia
CAS00001438	P_TORRES	478900	7541525	1990,00	0,25	83,00	436,00	56,00	Formación Quehuita marino
CAS00001439	P_TORRES	478383	7541080	1950,00	0,15	56,00	51,00	19,00	Formación Quehuita continental
CAS00001440	P_TORRES	478410	7541080	1950,00	0,11	24,00	19,00	7,00	Pórfido Dacítico
CAS00001441	P_TORRES	478450	7541070	1955,00	0,24	47,00	37,00	13,00	Pórfido Dacítico
CAS00001442	P_TORRES	478570	7541030	1970,00	0,38	77,00	47,00	30,00	Formación Quehuita continental
CAS00001443	P_TORRES	478660	7540765	1980,00	0,24	82,00	22,00	25,00	Formación Quehuita continental
CAS00001444	P_TORRES	478445	7540574	1960,00	0,40	97,00	54,00	42,00	Roca Cornea
CAS00001445	P_TORRES	478895	7540230	2015,00	0,52	183,00	56,00	12,00	Complejo Pampa Las Torres
CAS00001446	P_TORRES	478040	7540690	1940,00	0,32	52,00	49,00	36,00	Complejo Pampa Las Torres
CAS00001447	P_TORRES	478130	7540940	1940,00	0,25	75,00	35,00	62,00	Formación Quehuita continental
CAS00001448	P_TORRES	478393	7540980	1960,00	0,39	54,00	41,00	31,00	Formación Quehuita continental
CAS00001449	P_TORRES	478510	7540880	1960,00	0,16	92,00	226,00	64,00	Complejo Pampa Las Torres
CAS00001450	P_TORRES	478290	7541120	1950,00	0,22	59,00	39,00	32,00	Formación Quehuita continental
CAS00001451	P_TORRES	478765	7541155	1980,00	0,10	46,00	35,00	14,00	Formación Quehuita continental
CAS00001452	P_TORRES	479560	7541610	2050,00	0,53	104,00	30,00	71,00	Formación Quehuita continental
CAS00001453	P_TORRES	478415	7541780	1970,00	0,56	107,00	100,00	77,00	Formación Quehuita continental
CAS00002292	P_TORRES	478830	7541032	1990,00	0,32	77,00	25,00	29,10	Pórfido Dacítico
CAS00002293	P_TORRES	478662	7541098	1950,00	0,20	56,00	19,00	37,00	Pórfido Dacítico
CAS00002295	P_TORRES	478529	7540902	1938,00	0,37	67,00	54,00	16,70	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002296	P_TORRES	478419	7540791	1938,00	0,42	122,00	54,00	63,60	Formación Quehuita continental
CAS00002297	P_TORRES	478432	7540589	1944,00	0,21	85,00	54,00	31,80	Roca Cornea
CAS00002298	P_TORRES	477718	7540075	1910,00	0,29	56,00	34,00	19,40	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002299	P_TORRES	478625	7540689	1968,00	0,29	63,00	22,00	18,10	Pórfido Dacítico
CAS00002300	P_TORRES	478640	7541335	1951,00	0,29	89,00	38,00	25,40	Formación Quehuita continental
CAS00002301	P_TORRES	478704	7541696	1951,00	0,27	76,00	64,00	26,00	Pórfido Dacítico
CAS00002302	P_TORRES	478546	7539807	1985,00	0,37	239,00	101,00	10,30	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002303	P_TORRES	477691	7540371	2303,00	0,30	61,00	43,00	24,80	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002304	P_TORRES	477008	7593407	1844,00	0,28	53,00	33,00	29,60	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002305	P_TORRES	478212	7542148	1844,00	0,34	69,00	50,00	51,00	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002306	P_TORRES	478417	7541778	1932,00	0,57	125,00	31,00	46,90	Formación Quehuita continental
CAS00002307	P_TORRES	478431	7541755	1942,00	0,17	40,00	24,00	24,00	Pórfido Dacítico
CAS00002308	P_TORRES	478564	7541748	1947,00	0,36	61,00	58,00	38,40	Pórfido Dacítico
CAS00002309	P_TORRES	477183	7543105	1849,00	0,31	60,00	101,00	43,90	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002310	P_TORRES	478475	7543243	1933,00	0,39	98,00	207,00	61,80	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002325	P_TORRES	476574	7543369	1828,00	0,30	70,00	84,00	33,30	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002326	P_TORRES	476524	7542958	1823,00	0,28	66,00	119,00	39,10	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002327	P_TORRES	480395	7542991	2076,00	0,35	70,00	60,00	22,80	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002328	P_TORRES	480663	7544016	2031,00	0,08	44,00	44,00	16,20	Formación Quehuita marino
CAS00002329	P_TORRES	480136	7541445	2069,00	0,44	145,00	54,00	24,50	Formación Quehuita continental
CAS00002330	P_TORRES	480503	7541103	2108,00	0,69	198,00	89,00	13,10	Gabro
CAS00002331	P_TORRES	477669	7537700	1829,00	0,33	70,00	50,00	15,20	Unidad granítica
CAS00002332	P_TORRES	480596	7540105	2068,00	0,35	75,00	33,00	18,50	Unidad granítica
CAS00002333	P_TORRES	475812	7538967	1770,00	0,36	81,00	108,00	20,00	Unidad granítica
CAS00002334	P_TORRES	476214	7540071	1789,00	0,35	67,00	29,00	28,70	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002335	P_TORRES	477836	7540712	0,00	0,28	57,00	43,00	35,20	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002336	P_TORRES	478241	7539374	0,00	0,31	66,00	97,00	34,90	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002338	P_TORRES	478653	7539290	2073,00	0,64	165,00	71,00	20,80	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002339	P_TORRES	478447	7540749	1946,00	0,24	65,00	21,00	34,00	Formación Quehuita continental
CAS00002340	P_TORRES	478308	7540865	1934,00	0,37	70,00	66,00	39,20	Formación Quehuita continental
CAS00002341	P_TORRES	478086	7540962	1915,00	0,23	67,00	48,00	37,50	Formación Quehuita continental
CAS00002342	P_TORRES	478181	7541081	1920,00	0,27	64,00	34,00	35,20	Formación Quehuita continental
CAS00002344	P_TORRES	478678	7540997	1960,00	0,35	93,00	37,00	24,90	Pórfido Dacítico
CAS00002346	P_TORRES	478814	7540922	1986,00	0,35	62,00	35,00	21,10	Formación Quehuita continental
CAS00002348	P_TORRES	478874	7540698	1982,00	0,46	63,00	26,00	31,60	Formación Quehuita continental
CAS00002350	P_TORRES	479339	7540222	2047,00	0,61	156,00	30,00	24,80	Formación Quehuita continental
CAS00002351	P_TORRES	479512	7540090	2146,00	0,70	217,00	81,00	18,10	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002352	P_TORRES	479767	7540251	2129,00	0,01	5,00	32,00	7,80	Formación Quehuita continental
CAS00002356	P_TORRES	478597	7541265	1958,00	0,22	214,00	44,00	34,80	Pórfido Dacítico
CAS00002358	P_TORRES	478942	7541463	1988,00	0,22	109,00	391,00	48,70	Formación Quehuita marino
CAS00002359	P_TORRES	478826	7541437	1965,00	0,49	145,00	141,00	36,00	Formación Quehuita continental
CAS00002360	P_TORRES	478706	7541416	1956,00	0,42	104,00	171,00	52,80	Formación Quehuita continental
CAS00002362	P_TORRES	480758	7543611	2044,00	0,80	182,00	82,00	36,60	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002363	P_TORRES	480401	7544147	2062,00	0,26	88,00	77,00	58,30	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002364	P_TORRES	480288	7544429	2037,00	0,26	71,00	65,00	83,50	Filonos Mantos
CAS00002366	P_TORRES	479849	7543880	2009,00	0,25	84,00	47,00	51,90	Complejo Pampa Las Torres
CAS00002367	P_TORRES	478570	7542021	1959,00	0,37	87,00	86,00	40,90	Formación Quehuita continental
CAS00002368	P_TORRES	478773	7541779	1956,00	0,29	75,00	58,00	28,50	Formación Quehuita continental
CAS00002369	P_TORRES	478503	7541940	1942,00	0,39	98,00	99,00	28,80	Formación Quehuita continental