



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS DEL
GRUPO DE PROSPECTOS BLOQUE LEIVA, CLÚSTER SAN FELIPE, ALTA
CORDILLERA, 5TA REGIÓN, CHILE CENTRAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

NICOLÁS SASHA BRIZUELA CORVALÁN

PROFESOR GUÍA:

DR. VICTOR MAKSAEV JURCHUC

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

DRA. KATJA DECKART

DR. BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

ESTE TRABAJO HA SIDO FINANCIADO POR EXPLORACIONES MINERAS
ANDINAS S.A.

SANTIAGO DE CHILE

2016

RESUMEN

En el siguiente trabajo se presentan los resultados del estudio geológico realizado en el Bloque Leiva, y que incluye los prospectos de Los Azules, Leiva Norte, Tigre, Leiva Sur, Leiva Sur Sur y El Tordillo. Estas zonas de alteración hidrotermal se ubican dentro del *clúster* San Felipe, en la franja metalogénica del Mioceno-Plioceno. Los intrusivos encontrados en la zona presentan edades, medidas o inferidas, de entre $9,8 \pm 0,9$ Ma (Piquer, 2005) a ~ 8 Ma (Rivano et al., 1993).

Los Azules corresponde a una secuencia plegada de andesitas, tobas y brechas volcánicas, fuertemente argilizadas y lixiviadas. El *target* principal se ubica al SE de la zona y presenta alteración argílica, limitando con alteración propilítica.

Leiva Norte presenta un enjambre de diques dioríticos, con relictos de alteración potásica y sericítica sobrepuesta. Se postula que el principal centro mineralizado se encuentra al E del sector, cubierto por alteración clorita \pm epidota.

Tigre es un pequeño aparato volcánico que forma parte de la Formación Farellones, afectado por alteración argílica intermedia. Los intrusivos encontrados al E de esta zona, donde se encuentra el principal centro mineralizado, presentan una leve alteración propilítica con epidota, lo que sugiere mineralización a mayor profundidad.

Leiva Sur se conforma principalmente por rocas sedimentarias clásticas y volcánicas piroclásticas, intruídas por pórfidos dacíticos-riodacíticos y andesítico basálticos. Estos se asocian espacialmente con las fallas del Corrimiento El Fierro. Se encuentran dos *targets* con altas concentraciones de elementos metálicos, pero se postula que pertenecen al mismo sistema, considerando que existe una variación NS de la alteración hidrotermal descrita. Alteración argílica, alteración epidota y alteración actinolita se observan en el N, mientras que el S presenta alteración sericita \pm argílica fuerte, con evidencia de alteración biotítica, que sugiere un núcleo potásico en profundidad.

En Leiva Sur Sur afloran principalmente rocas piroclásticas e intrusivos de distinta composición, afectados por alteración clorita \pm epidota. Su principal *target* se encuentra al E del sector.

El Tordillo se identifica como un intrusivo dacítico en una zona fuertemente sericificada, silicificada y lixiviada, pero no se contó con suficiente información para identificar una zona de interés.

Dada que las zonas de alteración hidrotermal presentan características geoquímicas, petrológicas y estructurales propias de depósitos del tipo Pórfido Cu-Au se recomienda continuar las campañas de exploración.

AGRADECIMIENTOS

Si se me fue alguien, que no se dé por ofendido, que nunca he sido bueno para este asunto de la gente.

En primera instancia me gustaría darle las gracias a mi familia, por todo, literalmente. Lo escueto del saludo es porque simplemente no hay palabras lo suficientemente hermosas para ustedes, los amo a todos y a cada uno, pero el Ho Chi Minh es mi favorito, supérenlo Titi y Titán, supérenlo.

Sin el apoyo de don Álvaro Puig este trabajo nunca hubiera podido llegar a buen puerto, decir gracias es poco.

También quiero agradecer a los profesores Víctor Maksaev, Katja Deckart y Brian Townley por su paciencia y guía durante todo este proceso. Al equipo EMSA, especialmente a Juan Carlos Toro, Mario Arrieta, Orlando Rivera, Andreas Dietrich, Miguel Ángel Pérez, Hessel Bierma, Mario Valencia, Rodolfo Garland, Andrés Zegers y etcétera; por las oportunidades y experiencias que me han dado durante todo este tiempo.

Un abrazo gigante deluxe a la Feño, al Lusho y a la Paulini, mis mejores amigos, no sé qué haría sin ustedes, seguramente cosas malas. A los demás un abrazo normal (Nashito, Pape, Nasho 2, Lala, Mitza, César, Carlos, Camilonga, Fran, Eileen, Josesito, Feña, Anito, Julia, Demian, Micho, Parry, Magda, Ponce, Mauro y Soto). No sería la persona que soy ahora si no fuera por ustedes, no sé cómo me aguantan, infinitas gracias a todos. Ojo, que no están en orden de importancia, sino por cómo me iban saliendo en el facebook. Mención especial para Farah y Pablito, que me ayudaron cuando mi computador fue saboteado por la KGB y explotó misteriosamente.

El cielo para la Blanquita y el resto de los funcionarios y profesores del Departamento de Geología, no me puedo olvidar de ellos después de tantos problemas que uno les causa.

A mis maestros del Instituto Nacional, y que, a pesar del populismo y egoísmo que forman parte del tejido mismo de la sociedad chilena, nunca dejen de entregarle a la Patria ciudadanos que la defiendan, la dirijan, la hagan florecer y le den honor.

Y a la tía de los casilleros que durante primer año me dijo que la pusiera en los agradecimientos porque la molesté mucho con guardar y sacar mi mochila. ¿Vio que si me iba a acordar? Usted no me creía...

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: **INTRODUCCIÓN**

1.1. UBICACIÓN Y ACCESOS	1
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.2.3. Hipótesis de Trabajo	5
1.3. MÉTODO DE TRABAJO	6
1.3.1. Trabajo en Gabinete	6
1.3.1.1. Geoquímica	6
1.3.1.1.1. Métodos de Análisis	6
1.3.1.1.2. Estadígrafos Básicos	7
1.3.1.1.3. Análisis de Calidad Geoquímica	7
1.3.1.1.4. Manejo de Datos Petroquímicos	7
1.3.1.2. Estudio Petrográfico	8
1.4. GENERALIDADES	8
1.4.1. Trabajos Anteriores	8
1.4.2. Pertenencia	10
1.5. LIMITACIONES	11
1.5.1. Generales	11
1.5.2. Geoquímica	11
1.5.3. Metodología	11

CAPÍTULO II: **MARCO GEOLÓGICO**

2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	13
2.1.1. Rocas Estratificadas	13
2.1.1.1. Formación Rio Damas	13
2.1.1.2. Formación Lo Valdez	13
2.1.1.3. Formación Colimapu	14

2.1.1.4. Formación Abanico	14
2.1.1.5. Formación Farellones	15
2.1.2. Rocas Intrusivas	15
2.1.2.1. Pórfidos Dacíticos y Riodacíticos	15
2.1.2.2. Diques y Pórfidos Dioríticos, Microdioríticos y Qtz-Dioríticos, de Hornblenda y Menor Piroxeno	16
2.1.2.3. Pórfidos Andesítico-Basálticos de Hornblenda, Piroxeno y Olivino	17
2.1.2.4. Stock Monzodiorítico	17
2.1.2.5. Brecha Intrusiva	18
2.1.3. Depósitos No Consolidados	18
2.1.4. Estructuras	18
2.1.4.1. Corrimiento El Fierro	18
2.1.4.2. Patrón Estructural NS	19
2.1.4.3. Patrón Estructural NE	19
2.1.4.4. Patrón Estructural NW	19
CAPÍTULO III: ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTERMAL	
3.1. LOS AZULES	24
3.1.1. Litología	25
3.1.2. Estructuras	25
3.1.3. Alteración y Mineralización	25
3.2. LEIVA NORTE	27
3.2.1. Litología	29
3.2.2. Estructuras	30
3.2.3. Alteración y Mineralización	30
3.3. TIGRE	32
3.3.1. Litología	34
3.3.2. Estructuras	35
3.3.3. Alteración y Mineralización	35

3.4. LEIVA SUR	37
3.4.1. Litología	39
3.4.2. Estructuras	40
3.4.3. Alteración y Mineralización	41
3.5. LEIVA SUR SUR	42
3.5.1. Litología	44
3.5.2. Estructuras	44
3.5.3. Alteración y Mineralización	45
3.6. EL TORDILLO	46
3.6.1. Litología	48
3.6.2. Estructuras	48
3.6.3. Alteración y Mineralización	48
CAPÍTULO IV: GEOQUÍMICA	
4.1. MÉTODO DE TRABAJO	50
4.1.1. Métodos de Análisis	52
4.1.2. Control de Calidad	53
4.1.3. Poblaciones Estadísticas y Estadígrafos Básicos	54
4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO UNIVARIABLE	55
4.2.1. Distrital	55
4.2.2. Litológico	55
4.2.3. Diagramas de Caja	58
4.2.3.1. Por Sector	60
4.2.3.2. Por Litología	62
4.3. MAPAS DE VARIABLES CLASIFICADAS	69
4.3.1. Por Sector	70
CAPÍTULO V: PETROLOGÍA	
5.1. MÉTODO DE TRABAJO	84
5.1.1. Método de Análisis y Control de Calidad	84

5.1.2. Manejo de Datos Petroquímicos	84
5.2. DIAGRAMAS DE CLASIFICACIÓN	85
5.2.1. Diagrama TAS	85
5.2.2. Diagrama de Discriminación con Elementos Inmóviles	86
5.2.3. Diagrama AFM	87
5.2.4. Diagrama de Saturación de Alúmina	87
5.2.5. Diagramas de Variación	88
5.2.6. Análisis de REE	89
5.2.6.1. Razones REE	91
5.2.6.2. Anomalía Eu/Eu*	93
5.2.7. Diagrama Spider Multielemento	94
5.2.8. Señal Adakítica	95
5.2.8.1. Diagramas de Discriminación de Adakitas	95
5.2.8.2. Criterios Adicionales	96
CAPÍTULO VI: DISCUSIONES	
6.1. GEOQUÍMICA	98
6.1.1. Por Sector	98
6.1.1.1. Los Azules	99
6.1.1.2. Leiva Norte	102
6.1.1.3. Tigre	105
6.1.1.4. Leiva Sur	107
6.1.1.5. Leiva Sur Sur	109
6.1.1.6. El Tordillo	111
6.1.1.7. Emplazamiento	112
6.1.2. Por Litología	114
6.1.2.1. Roca Caja	114
6.1.2.2. Intrusivos	115
6.2. PETROLOGÍA	116

6.2.2. Ambiente y Fuente Magmática	116
6.2.2.1. Anomalía de Eu	117
6.2.2.2. Señal Adakitica	119
6.3. COMPARACIÓN CON EL RESTO DEL CLUSTER SAN FÉLIPE	119
6.3.1. Estructuras	119
6.3.2. Litología	121
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1. CONCLUSIONES	122
7.1.1. Geoquímica y Petrología	122
7.1.2. Prospectos	123
7.1.2.1. Los Azules	123
7.1.2.2. Leiva Norte	124
7.1.2.3. Tigre	124
7.1.2.4. Leiva Sur	124
7.1.2.5. Leiva Sur Sur	125
7.1.2.6. El Tordillo	125
7.2. RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXO I: RESULTADOS ANÁLITICOS	137
ANEXO II: LIMITES DE DETECCIÓN	141
ANEXO III: PETROGRAFÍA	142
ANEXO IV: MAPAS	166
ANEXO V: ESTADIGRAFOS	182

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Figura 1.1: Acceso y delimitación del Bloque Leiva	1
Figura 1.2: Ubicación espacial de los prospectos del clúster San Felipe	3
Figura 1.3: Ubicación espacial de los prospectos del Bloque Leiva	4
Figura 1.4: Propiedad Minera Agosto 2015 para el Bloque Leiva	10

CAPÍTULO II: MARCO GEOLÓGICO

Figura 2.1: Mapa de afloramientos del Bloque Leiva	20
Figura 2.2: Mapa de alteraciones del Bloque Leiva	22

CAPÍTULO III: ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Figura 3.1: Mapa geológico del sector de Los Azules	24
Figura 3.2: Anomalía de color en el sector de Los Azules	26
Figura 3.3: Corte EAE00000003	27
Figura 3.4: Mapa geológico del sector de Leiva Norte	28
Figura 3.5: Secuencias paragenéticas prógradas	30
Figura 3.6: Corte EAE00000007	31
Figura 3.7: Vetilla con mineralización de sulfuros	32
Figura 3.8: Mapa geológico del sector Tigre	33
Figura 3.9: Corte EAE00000015	36
Figura 3.10: Mapa geológico del sector Leiva Sur	38
Figura 3.11: Vista panorámica de la parte W del prospecto Leiva Sur	41
Figura 3.12: Mapa geológico del sector Leiva Sur Sur	43
Figura 3.13: Corte EAE00000019	46
Figura 3.14: Mapa geológico del sector de El Tordillo	47
Figura 3.15: Corte EAE00000013	48
Figura 3.16: Corte EAE00000014	49

CAPÍTULO IV: GEOQUÍMICA

Figura 4.1: Mapa de afloramientos y muestreo del Bloque Leiva	51
---	----

Figura 4.2: Partes de un diagrama de caja	59
Figura 4.3: Diagrama de caja para Cu, por sector	60
Figura 4.4: Diagrama de caja para Mo, por sector	61
Figura 4.5: Diagrama de caja para Pb, por sector	61
Figura 4.6: Diagrama de caja para Zn, por sector	62
Figura 4.7: Diagrama de caja para Cu, por litología de caja	63
Figura 4.8: Diagrama de caja para Cu, por litología intrusiva	64
Figura 4.9: Diagrama de caja para Mo, por litología de caja	65
Figura 4.10: Diagrama de caja para Mo, por litología intrusiva	65
Figura 4.11: Diagrama de caja para Pb, por litología de caja	66
Figura 4.12: Diagrama de caja para Pb, por litología intrusiva	67
Figura 4.13: Diagrama de caja para Zn, por litología de caja	68
Figura 4.14: Diagrama de caja para Zn, por litología intrusiva	69
Figura 4.15: Mapas de variable clasificada para el sector de Los Azules	71
Figura 4.16: Mapas de variable clasificada para el sector de Leiva Norte	74
Figura 4.17: Mapas de variable clasificada para el sector de Tigre	76
Figura 4.18: Mapas de variable clasificada para el sector de Leiva Sur	79
Figura 4.19: Mapas de variable clasificada para el sector de Leiva Sur Sur	81
Figura 4.20: Mapas de variable clasificada para el sector de El Tordillo	83
CAPÍTULO V: PETROLOGÍA	
Figura 5.1: Diagrama TAS	85
Figura 5.2: Diagrama de clasificación Zr/TiO_2 versus SiO_2	86
Figura 5.3: Diagrama AFM	87
Figura 5.4: Diagrama A/CNK versus A/NK	88
Figura 5.5: Diagramas de variación	89
Figura 5.6: Diagrama Spider REE	90
Figura 5.7: Diagrama La/Sm versus Sm/Yb	91
Figura 5.8: Diagrama Spider Multielemento	95

Figura 5.9: Diagrama de discriminación de adakitas	96
--	----

CAPÍTULO VI: **DISCUSIONES**

Figura 6.1: Mapa de variable clasificada para Cu, Bloque Leiva	98
--	----

Figura 6.2: Mapa de variable clasificada para Cu, Los Azules	99
--	----

Figura 6.3: RVM para Cu y afloramientos, Los Azules	101
---	-----

Figura 6.4: Mapa de variable clasificada para Cu, Leiva Norte	102
---	-----

Figura 6.5: RVM para Cu y afloramientos, Leiva Norte	104
--	-----

Figura 6.6: Mapa de variable clasificada para Cu, Tigre	105
---	-----

Figura 6.7: Mapa de variable clasificada para Cu, Leiva Sur	107
---	-----

Figura 6.8: RVM para Cu y afloramientos, Leiva Sur	109
--	-----

Figura 6.9: Mapa de variable clasificada para Cu, Leiva Sur Sur	110
---	-----

Figura 6.10: RVM para Cu y afloramientos, Leiva Sur Sur	111
---	-----

Figura 6.11: Mapa de variable clasificada para Cu, El Tordillo	112
--	-----

Figura 6.12: Nivel de emplazamiento en un modelo de pórfido cuprífero	113
---	-----

Figura 6.13: Comparación de diagramas spider REE	118
--	-----

CAPÍTULO VII: **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1: Unidades UTM centrales para cada zona de alteración hidrotermal	2
--	---

CAPÍTULO II: MARCO GEOLÓGICO

CAPÍTULO III: ZONAS DE ALTERACIÓN HIDROTERMAL

CAPÍTULO IV: GEOQUÍMICA

Tabla 4.1: Umbrales de anomalía distrital y medias para el Bloque Leiva	55
---	----

Tabla 4.2: Medias publicadas para prospectos cercanos	56
---	----

Tabla 4.3: Medias y medias mundiales por litología	57
--	----

Tabla 4.4: Zonación y movilidad relativa de elementos	59
---	----

Tabla 4.5: Coeficientes de correlación relevantes para las poblaciones lognormales del sector Los Azules	70
--	----

Tabla 4.6: Umbrales de anomalía local, Los Azules	71
---	----

Tabla 4.7: Coeficientes de correlación relevantes para las poblaciones lognormales del sector Leiva Norte	73
---	----

Tabla 4.8: Umbrales de anomalía local, Leiva Norte	74
--	----

Tabla 4.9: Coeficientes de correlación relevantes para las poblaciones lognormales del sector Tigre	75
---	----

Tabla 4.10: Umbrales de anomalía local, Tigre	76
---	----

Tabla 4.11: Coeficientes de correlación relevantes para las poblaciones lognormales del sector Leiva Sur	78
--	----

Tabla 4.12: Umbrales de anomalía local, Leiva Sur	79
---	----

Tabla 4.13: Coeficientes de correlación relevantes para las poblaciones lognormales del sector Leiva Sur Sur	80
--	----

Tabla 4.14: Umbrales de anomalía local, Leiva Sur Sur	81
---	----

Tabla 4.15: Coeficientes de correlación relevantes para el total de datos de las lognormales del sector El Tordillo	82
---	----

Tabla 4.16: Umbrales de anomalía local, El Tordillo	83
---	----

CAPÍTULO V: PETROLOGÍA

Tabla 5.1: Muestras de rocas intrusivas del Bloque Leiva	84
--	----

Tabla 5.2: Razones $[La/Yb]_N$	92
Tabla 5.3: Razones $[La/Sm]_N$	92
Tabla 5.4: Razones $[Sm/Yb]_N$	93
Tabla 5.5: Anomalías de Eu	94
Tabla 5.6: Criterios para rocas adakíticas	97
CAPÍTULO VI: DISCUSIONES	
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. UBICACIÓN Y ACCESOS

El bloque Leiva está localizado en la Alta Cordillera de la V Región de Valparaíso, próximo a la frontera con Argentina. Ubicado en línea recta ~55 km al NE de la ciudad de Los Andes y ~60 km al N del yacimiento Río Blanco - Los Bronces. El área que cubre el *clúster* San Felipe (Toro et al., 2006) está ubicada dentro de los límites de la comunidad de parceleros denominada Cano Gallegos.

El área comprendida comienza en el norte desde las nacientes del estero Los Azules y el Paso Leiva, hasta la zona de alteración denominada Leiva Sur Sur como se aprecia en Figura 1.1.

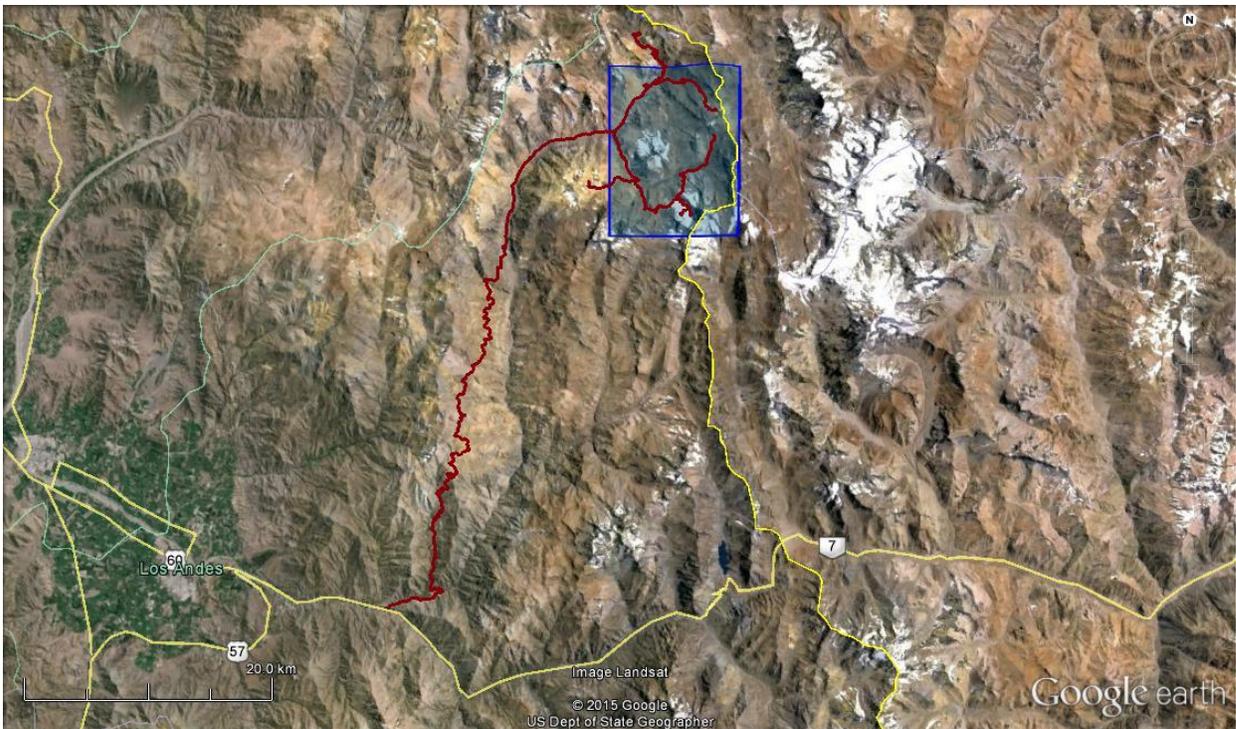


Figura 1.1: Acceso y delimitación del Bloque Leiva, se identifican con rojo los distintos accesos y con azul la zona de trabajo.

Dentro del *clúster* San Felipe es posible encontrar distintos prospectos minero, como AMOS, Vizcachitas, Pimentón, Novicio y West Wall (Figura 1.2). En el Bloque Leiva se encuentran al menos seis zonas de alteración hidrotermal, identificadas como: Los Azules, Leiva Norte, Tigre, Leiva Sur, Leiva Sur Sur y El Tordillo (Figura 1.3).

Las unidades UTM PSAD 56 19S promedio correspondientes a cada zona de alteración hidrotermal se presentan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Unidades UTM centrales para cada zona de alteración hidrotermal.

Zona de Alteración	UTM Este	UTM Norte
Los Azules	393507	6402785
Leiva Norte	392850	6399967
Tigre	386417	6395864
Leiva Sur	390568	6394681
Leiva Sur Sur	390359	6393882
El Tordillo	385314	6394288

Para acceder al área de estudio se utiliza un camino de ~90 km desde la ruta internacional a Mendoza, que conduce a la mina Pimentón. En el cruce del río Blanco se sigue una bifurcación hacia el E, luego existe un camino construido por EMSA hasta el campamento Leiva Sur. Durante las campañas de verano 2015 se construyó un acceso vehicular para alcanzar el sector de Los Azules desde el campamento (Figura 1.1).

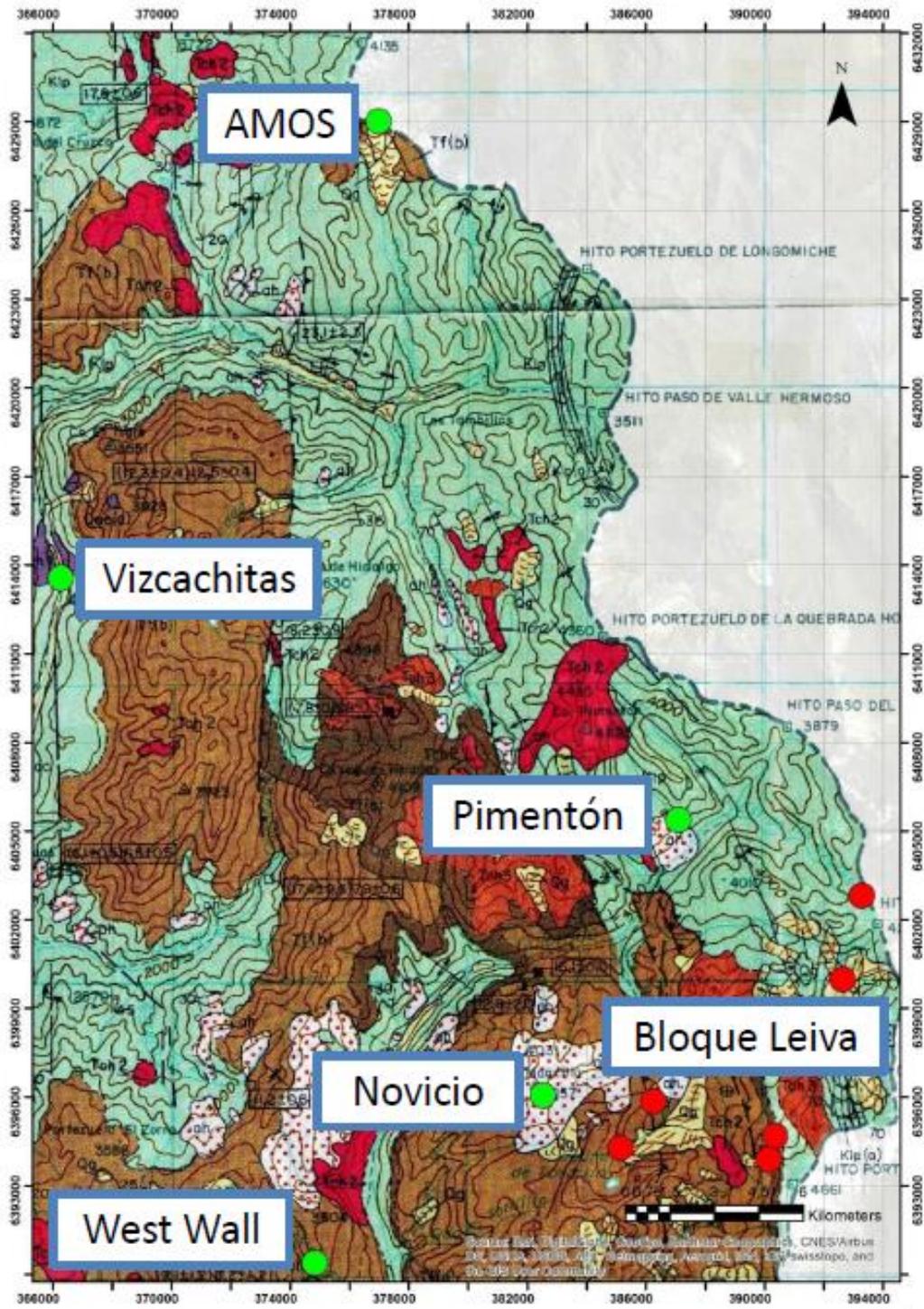


Figura 1.2: Ubicación espacial de los distintos prospectos del *clúster* San Felipe. Modificado de Rivano et al. (1993). Los círculos rojos corresponden a los sectores del Bloque Leiva y los verdes a los prospectos y proyectos cercanos.

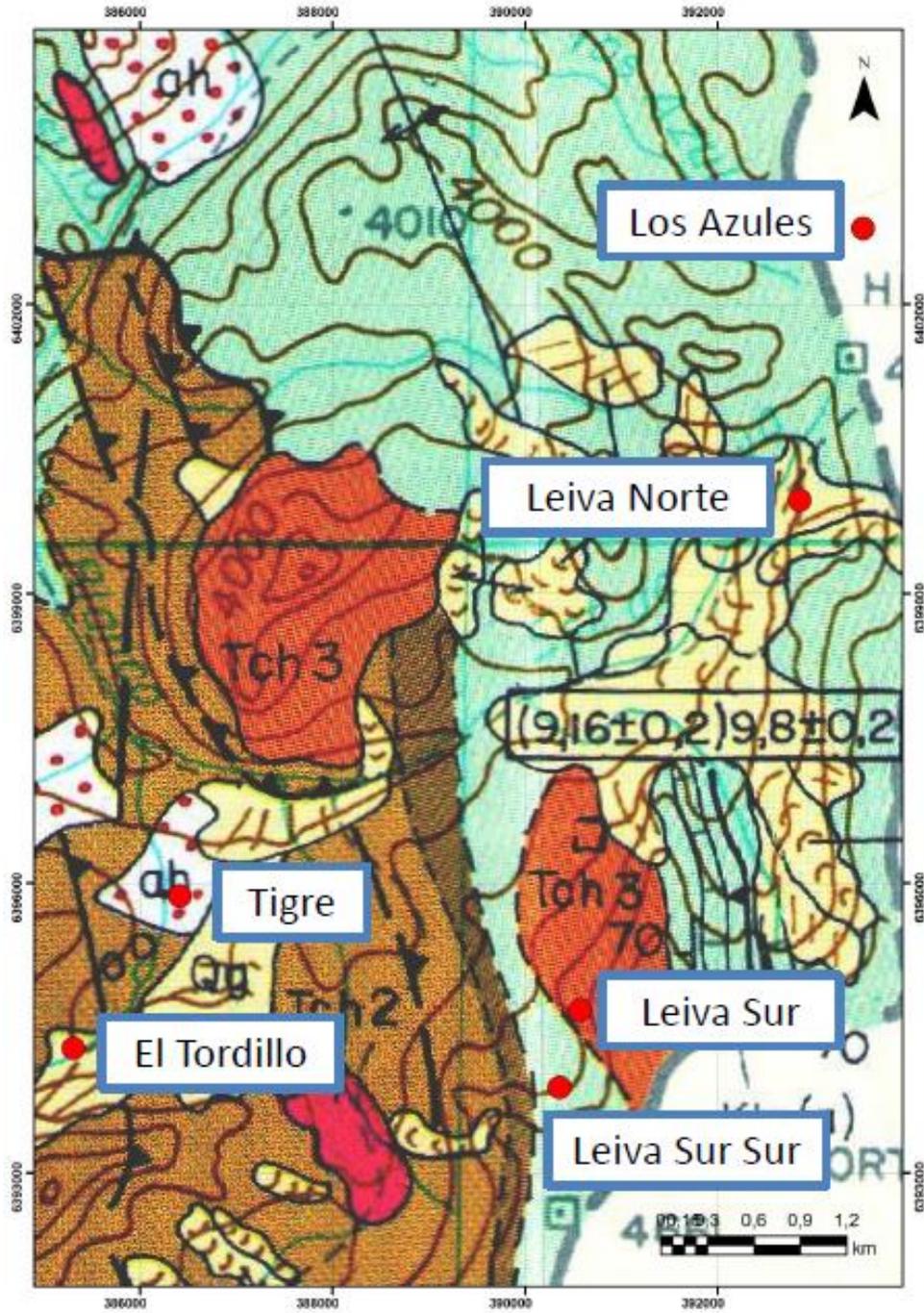


Figura 1.3: Ubicación espacial de los distintos prospectos del Bloque Leiva. Modificado de Rivano et al. (1993).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

El presente trabajo tiene como objetivo principal identificar las posibles zonas de interés económico utilizando herramientas de litogeoquímica, reconociendo la variabilidad de las concentraciones de 9 elementos químicos en los sectores mineralizados y unidades litoestratigráficas que se reconocen en el conjunto de prospectos denominado Bloque Leiva, interpretando los patrones geoquímicos que se identifican en los sectores mineralizados y sus litologías.

1.2.2. Objetivos Específicos

Dado que los distintos sectores mineralizados han sido mapeados por distintos autores, en distintos momentos, se requiere sintetizar y homologar las unidades geológicas del Bloque Leiva. Complementar el conocimiento de las litologías de caja e intrusivas del sector.

Aportar a la exploración básica del sector usando herramientas estadísticas, comparando la litogeoquímica de Cu, Mo, As, Ag, Au, Pb, Zn, Fe y S dentro de cada zona de alteración hidrotermal. Reconocer patrones litogeoquímicos en cada sector de interés, apoyados por las alteraciones hidrotermales descritas.

Comparar la petroquímica de los cuerpos intrusivos encontrados en la zona. Analizar la distribución de REE como indicador de su contexto metalotéctico. Reconocer características propias de los pórfidos considerados fértiles versus los estériles, según las caracterizaciones geoquímicas.

Definir el nivel de emplazamiento y exhumación de las distintas zonas de alteración, de acuerdo al modelo de Halley et al. (2015).

1.2.3. Hipótesis de Trabajo

El desarrollo de este trabajo tiene como hipótesis las siguientes consideraciones:

Las zonas de alteración hidrotermal estudiadas corresponden a depósitos minerales del tipo pórfido cuprífero y se espera que presenten un comportamiento espacial y geoquímico similar a los patrones descritos en la literatura para este tipo de yacimientos (Sillitoe, 2010; Halley et al., 2015; entre otros).

Existiría una relación genética, temporal y/o estructural entre las distintas zonas de alteración hidrotermal reconocidas con otros prospectos/proyectos cercanos (Pimentón, Novicio, AMOS, Vizcachitas, West Wall), y probablemente

con los yacimientos de la franja metalogénica del Mioceno-Plioceno (Sillitoe & Perelló, 2005).

1.3. MÉTODO DE TRABAJO

1.3.1. Trabajo en Gabinete

Se realizó una recopilación bibliográfica de la distinta información disponible sobre los prospectos/proyectos cercanos, incluyendo una revisión completa de los informes y mapas geológicos inéditos.

El autor no realizó trabajo en terreno ni muestreo geoquímico para este trabajo, siendo parte importante de este estudio la homologación de unidades geológicas en todo el Bloque Leiva, la validación geoquímica y el manejo de datos para obtener conclusiones sobre los patrones que se identifican para los sectores mineralizados y las unidades de roca.

1.3.1.1. Geoquímica

La base de datos utilizada para este trabajo se conforma por 600 muestras de roca levantadas anteriormente por EMSA S.A., más 40 muestras de roca tomadas al final de la campaña de verano 2015, las cuales no fueron recolectadas personalmente por el autor de este trabajo. Además, 18 muestras de Cu y Au fueron publicadas por Thomson (2005) y Cerro Grande Mining Corporation para el sector de El Tordillo (Figura 1.3), las cuales no cuentan con posición espacial. En total se contó con 658 muestras, de fuentes bibliográficas previas, aportadas por EMSA S.A. y publicaciones.

Además, se realizaron diagramas petrológicos utilizando 10 muestras de roca, pertenecientes a los intrusivos que afloran en la zona, tomadas al final de la campaña de verano 2015. Los detalles de las muestras de rocas intrusivas estudiadas, así como los resultados analíticos obtenidos para estas se encuentran disponibles en el Anexo I.

Los distintos diagramas fueron realizados usando el software Geochemical Data Toolkit (GCDkit), mientras que los análisis estadísticos fueron realizados usando el software ioGAS.

1.3.1.1.1. Métodos de Análisis

Los análisis de litogeoquímica recibidos cumplen con los procedimientos regulares de EMSA S.A. para este tipo de muestreo.

Los estudios realizados a muestras obtenidas al final de la campaña de verano 2015, focalizadas para estudios petrogenéticos comparativos, fueron

realizados en los laboratorios de Andes Analytical Assay Ltda., mediante Espectrometría de Masa (ICP MS) para 52 elementos y Ensaye a Fuego (EF) para el Au. Las muestras fueron disueltas utilizando el método de 4 ácidos. Los límites de detección para cada elemento se incluyen en el Anexo II.

1.3.1.1.2. Estadígrafos Básicos

En primera instancia se separó la base de datos usando criterios geográficos (6 familias de datos, correspondientes a las zonas de alteración hidrotermal) y litológicos (12 familias, que incluyen roca de caja e intrusivos). Se definió que el valor mínimo de muestras necesarias para conformar una familia de datos estadísticamente válida está conformada por 7 casos independientes, por lo cual algunas litologías con menor información disponible no se encuentran presentes en este estudio.

Para obtener las poblaciones lognormal, que representan mejor la distribución de los elementos en la naturaleza (Lepeltier, 1969), se transformaron a \log_{10} todas las familias de datos y se realizaron histogramas para discriminar los datos que se alejaban de la distribución normal. Una vez identificados y removidos los *outliers*, anomalías corresponden a particularidades geológicas del muestreo, se aplicó la función antilog correspondiente para recuperar las concentraciones en su unidad correspondiente.

Los estadígrafos básicos fueron obtenidos utilizando el software ioGAS, mientras que el umbral de anomalía para cada familia se calculó con el valor medio más dos desviaciones estándar de las poblaciones lognormal.

1.3.1.1.3. Análisis de Calidad Geoquímica

El procedimiento de calidad es identificado solo para las muestras petroquímicas, recolectadas al final de la campaña de verano 2015, quedando todas la demás muestras sujetas al QAQC que EMSA S.A. dispone en forma regular para los muestreos de litogeoquímica. En este estudio se presentan los duplicados incluidos por el propio laboratorio y su error analítico asociado.

1.3.1.1.4. Manejo de Datos Petroquímicos

Para realizar los distintos diagramas de clasificación las concentraciones elementales fueron transformadas a los óxidos de sus respectivos elementos multiplicando los datos por sus razones molares.

Estos factores de conversión se calculan de la siguiente manera: (Masa atómica del elemento x Número de átomos del elemento + Masa atómica del oxígeno x Número de átomos de oxígeno) / (Masa atómica del elemento x Número

de átomos del elemento). Para obtener los valores de FeO y Fe₂O₃ se utilizó la siguiente fórmula: $FeO_T = FeO + 0,8998 \times Fe_2O_{3T}$.

Finalmente, los elementos mayores fueron normalizados al 100%, sobre una base anhidra.

Los resultados analíticos presentados en el Anexo I se encuentran en concentraciones elementales y no de óxidos.

1.3.1.2. Estudio Petrográfico

Se estudiaron 17 secciones de corte transparente, 15 de las cuales fueron obtenidas en superficie mientras que las otras 2 fueron escogidas de los testigos de diamantina de la campaña de verano 2015. Adicionalmente se realizaron 2 cortes transparentes y 1 corte pulido en la zona de El Tordillo, donde no existía información previa. En total se realizaron 13 cortes en muestras pertenecientes a la roca de caja presentes en el bloque y 6 correspondientes a rocas intrusivas.

Las abreviaciones para los nombres de los componentes minerales utilizadas en este estudio corresponden a los publicados en Whitney & Evans (2010).

Los cortes fueron realizados en el laboratorio Gabgeo de Antofagasta, fotografías adicionales fueron realizadas utilizando los microscopios facilitados por EMSA S.A. y el Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Las descripciones petrográficas se encuentran en el Anexo III.

1.4. GENERALIDADES

1.4.1. Trabajos Anteriores

La geología regional del área está incluida en la carta geológica de Chile, Hojas Quillota y Portillo (Rivano et al, 1993), escala 1:250000. En esta se definen las macro unidades de la zona (Figura 1.3).

Posteriormente fueron reconocidas asociaciones tipo Skarn en sedimentitas mesozoicas adyacentes al Corrimiento El Fierro (Hodgkin, 1999) junto con pórfidos Miocenos de ~8-9 Ma (Rivano et al, 1993), las cuales presentan evidencias de mineralización. Se define el prospecto Tigre, que posteriormente se denominaría Leiva Sur.

Iriarte y Selles (2000) reconocieron volcanitas piroclásticas, asignadas a la Formación Farellones, subyacidas por lavas de la Formación Abanico, las cuales afloran en las partes bajas de los valles. Las volcanitas terciarias están en contacto por falla con sedimentitas mesozoicas de las Formaciones Río Damas,

Lo Valdés y Colimapu mediante el Corrimiento El Fierro. Dicha estructura correspondería a un borde de cuenca invertida y presentaría vergencia al E.

Cepeda (2004) reconoció indicios de mineralización y alteración asociados a un pequeño aparato volcánico parcialmente erodado, el cual pasó a ser denominado prospecto Tigre, realizándose al año siguiente un reconocimiento superficial y una datación a los diques andesíticos de hornblenda (Piquer, 2005).

Rivera (2005, 2007) realizó un mapeo distrital escala 1:25000. Se definen dos prospectos en el área a base de las diferencias litológicas y estructurales que presentan: Leiva Norte y Leiva Sur (anteriormente denominado prospecto Tigre). Se documentó la presencia de pórfidos andesíticos y microdioríticos con distintos grados de alteración sericítica y diseminación de pirita y calcopirita, intruyendo las sedimentitas de las Formaciones Colimapu y Río Damas. Se observa que el prospecto Leiva Norte se ubica inmediatamente al E del Corrimiento El Fierro, el cual presenta una notable inflexión en la zona. Siguiendo rumbo desde N-S hacia el S, y uno NW hacia el N.

Se efectuó prospección por aeromagnetometría en el *clúster* Pimentón / San Felipe (Yáñez, 2006). En el bloque Leiva se logra identificar zonas de bajo magnético y lineamientos magnéticos consistentes con la presencia de estructuras profundas del Corrimiento El Fierro.

Se realizó un mapeo escala 1:10000 de los prospectos Leiva Norte y Leiva Sur (Piquer, 2007b). Se concluye la necesidad de trabajos adicionales en el área por lo cual durante el 2008 se habilita un camino que permite acceder en vehículo doble tracción hasta la parte baja de Leiva Norte.

Ahumada (2009) determinó la extensión y continuidad de las evidencias de alteración, mineralización y anomalías geoquímicas detectadas en los prospectos Los Azules, Leiva Norte y Leiva Sur. Esto incluyó la generación de un mapa geológico integrado para el área total a escala 1:10000. El mismo estudio se realizó para el prospecto Leiva Sur Sur (Becerra, 2012). Ese mismo año, se efectuó un mapeo geológico 1:10000 y un muestreo litogeoquímico en Los Azules (Morel, 2012).

Arrieta (2014) efectuó un mapeo 1:5000 en los sectores de Leiva Sur y Leiva Sur Sur, con especial énfasis en los tipos de alteración hidrotermal. Durante el verano del año siguiente se realizó una campaña de sondajes *scouting* a cargo del mismo geólogo.

1.4.2. Pertenencia

Las cinco zonas de alteración hidrotermal más estudiadas (Los Azules, Leiva Norte, Tigre, Leiva Sur y Leiva Sur Sur) se encuentran contenidas en la propiedad minera de CODELCO durante la fecha de elaboración de este estudio (Agosto, 2015). Además El Tordillo, zona de alteración hidrotermal que no ha sido estudiada anteriormente, se encuentra contenido dentro de la propiedad minera de terceros (Figura 1.4).

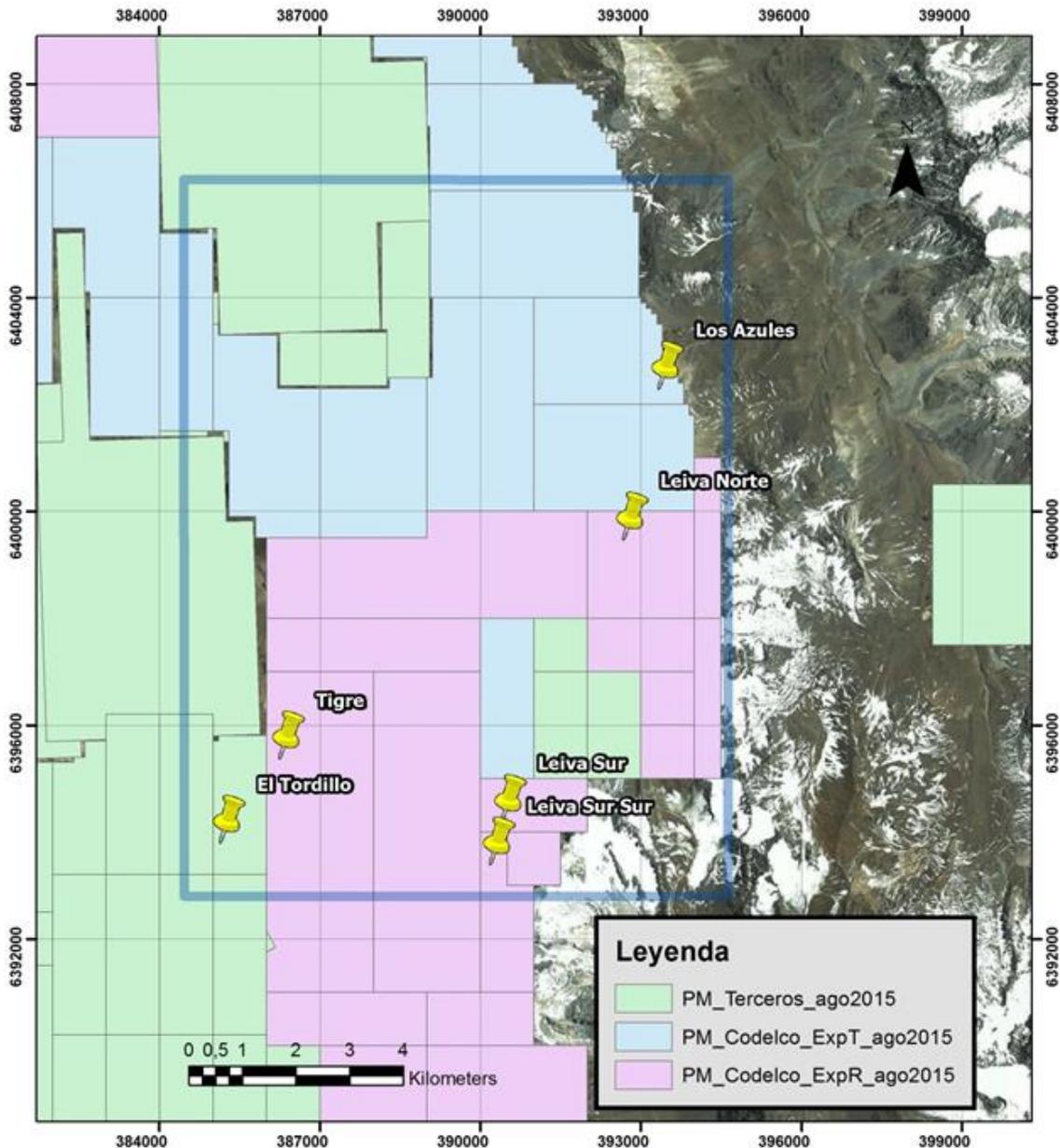


Figura 1.4: Propiedad Minera Agosto 2015 para el Bloque Leiva, mostrando la ubicación de las zonas de alteración hidrotermal estudiadas.

1.5. LIMITACIONES

1.5.1. Generales

El clima de alta montaña, resulta una complicación para realizar estudios en el área, que presenta una altura promedio aproximada de 4000 metros, pudiendo acceder a ella solo durante el periodo de verano, e incluso así existe la posibilidad de precipitación, líquida y sólida, durante la época estival. Esta razón fue limitante para la recolección de muestras, que no representan a cabalidad las litologías del sector. La orografía y las cubiertas morrénicas dificultan el acceso a los afloramientos y localidades representativas.

1.5.2. Geoquímica

No se dispone de descripciones geológicas de la base de datos histórica de EMSA S.A., ni de la información publicada por Thomson (2005) y se desconoce el procedimiento de toma de muestras realizado en los estudios anteriores, por lo que mucha información no puede ser asignada directamente a una litología. Dado que las zonas de alteración hidrotermal han sido definidas y redefinidas por múltiples autores, el manejo de la base de datos histórica debió realizarse utilizando software de información geográfica. Además, muchas litologías que cubrían un área muy pequeña no contaron con una cantidad suficiente de muestras para conformar una familia de datos estadísticamente válida y poder obtener los estadígrafos básicos. No todos los trabajos anteriores realizaron los mismos análisis geoquímicos, por lo que existen muestras cuya concentración de ciertos elementos, principalmente Fe y S, se desconoce.

La información geoquímica levantada está sujeta a confidencialidad, por lo cual solo serán publicados los resultados analíticos correspondientes a las muestras de rocas intrusivas usadas para los estudios petrológicos. La información de los proyectos y prospectos cercanos también se encuentran sujetos a confidencialidad, por lo cual no fue posible comparar la información obtenida en este estudio de la manera deseada.

1.5.3. Metodología

Los análisis químicos fueron realizados utilizando digestión por cuatro ácidos (HF, HNO₃, HCl y HClO₄), los cuales no pueden disolver minerales muy resistentes como cromita, baritina y esfena; mientras que algunos minerales refractarios, especialmente óxidos, son absorbidos solo de manera parcial. Dada esa situación, el método no es adecuado para las Tierras Raras y puede haber una pérdida de elementos volátiles, como por ejemplo B, As, Ge y Sb. Debido a estas limitaciones, el diagrama spider de REE es ilustrativo solamente para

efectos de comparación. Además, existe la posibilidad de que los circones tampoco se disuelvan completamente, debido a su alta resistencia, por lo cual, puede que los análisis resultantes no sean representativos del contenido real del elemento Zr en la muestra y reflejen solo los distintos grados de lixiviación mineral. Sumado al problema de la digestión, se agrega la probable volatilización de elementos, como sugieren los valores de error analítico del S. El laboratorio no realizó duplicados para algunas REE por lo que no se pudo calcular su error analítico asociado. La lista de elementos que pueden no ser representativos de la composición original de la roca se incluyen en el Anexo II.

Los diagramas de clasificación propuestos por Winchester & Floyd (1977) requieren una cantidad mínima de Zr y TiO_2 , ya que concentraciones de TiO_2 menores al 1% sacan de gráfico la razón Zr/TiO_2 . Algunos diagramas de clasificación pueden no ser aptos para muestras que presenten intensa silicificación.

2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1.1. Rocas Estratificadas

2.1.1.1. Formación Río Damas (Oxfordiano – Kimeridgiano; Klohn, 1960)

Se define como una sucesión relativamente homogénea de sedimentos rocas sedimentarias clásticas, de grano fino y grueso, con esporádicas rocas sedimentarias calcáreas. Su ambiente de formación es interpretado como terrestre, subaéreo y lacustre. Los clastos tienen predominio de fragmentos volcánicos y subvolcánicos andesíticos y dacíticos, y subordinadas ocurrencias de clastos de intrusivos equigranulares. Su potencia aproximada es de 500 m, alcanzando hasta 3000 m más al sur (Thiele, 1980).

Pese a la ausencia de fósiles en los estratos de la Formación Río Damas es posible delimitar su edad, pues es concordante en su techo con la Formación Lo Valdés y está apoyada, concordantemente, sobre el conjunto Oxfordiano de la Formación Río Colina. Por lo cual se le asigna una edad Oxfordiano – Kimeridgiano.

En la parte norte de la zona de estudio se dispone con rumbos NW y manteos de entre 40° y 60° SW. Mientras que en la parte sur se presenta fuertemente plegada y orientada subparalelamente a las estructuras del Corrimiento El Fierro: sus rumbos son NNW a NS y mantea subverticalmente (Ahumada, 2009) (Figura 2.1).

2.1.1.2. Formación Lo Valdés (Titaniano inferior – Hauteriviano superior; González, 1963)

Corresponde a fangolitas, calizas, calcilutitas, lutitas y areniscas calcáreas, conglomerados y brechas; con intercalaciones de niveles volcánicos andesíticos, rocas volcanoclásticas, lutitas rojas y depósitos evaporíticos. Este conjunto sedimentario fosilífero está constituido por tres miembros, estando el intermedio compuesto por sedimentos clásticos. Se correlaciona con el Grupo Mendoza en Argentina (Yrigoyen, 1979) y yace concordantemente sobre Formación Río Damas.

En la zona de estudio se observa un paquete homogéneo con orientación NS - NNE, subvertical, paralelo a las estructuras del Corrimiento El Fierro, que la ponen en contacto con la Formación Río Damas (Figura 2.1). Localmente las calizas se encuentran recristalizadas y con pirita diseminada, infiriéndose un

eventual potencial de skarn en profundidad (Figura 2.2). El espesor del paquete calcáreo se estima en 300 m (Ahumada, 2009).

2.1.1.3. Formación Colimapu (Barremiano – Campaniano; Klohn, 1960)

Conjunto sedimentario de origen terrestre consistente principalmente en areniscas de grano medio y grueso, de típico color rojizo. Se sobreimpone en discordancia angular la Formación Coya-Machalí, equivalente a Formación Abanico. Esta formación se superpone de manera concordante y en transición paulatina a los estratos de la Formación lo Valdés (Thiele, 1980) (Figura 2.1). Su característico color rojizo indica un ambiente de depositación altamente oxidante.

La formación tendría una edad mínima Albiana (Martínez & Osorio, 1963), mientras que su edad máxima sería Barremiana, correspondiente a la edad asignada a Lo Valdés. Pero edades U-Pb recientes en circones de las facies arenosas de esta formación (Aguirre et al., 2009), indican una edad Campaniana. Su espesor alcanza un valor aproximado de 2000 m.

2.1.1.4. Formación Abanico (Cretácico superior – Paleógeno; Aguirre, 1960)

Corresponde a una unidad litoestratigráfica compuesta por lavas básicas a intermedias de textura porfídica, brechas y tobas de composición andesítica. Presenta intercalaciones de areniscas, tufitas y ocasionalmente niveles de ignimbritas félsicas y lavas riolíticas (Moscoso et al., 1982). Las intercalaciones sedimentarias son fluviales, aluviales y lacustres; y forman lentes de hasta 500 m de espesor (Charrier et al. 2002; Nyström et al., 2003). Las coladas volcánicas, ignimbritas y otros depósitos volcanoclásticos se habrían depositado en un ambiente continental, durante el cual ocurrieron localizados y breves episodios lacustres, siendo estos el origen de los niveles de tufitas y areniscas finas (Moscoso et al., 1982).

Se encuentra afectada por plegamiento y sufre un metamorfismo de muy bajo grado (Aguirre, 1960; Thiele, 1980; Levi et al., 1989), además presenta una amplia distribución en la Alta Cordillera de la zona central de Chile, especialmente entre las latitudes 32° y 35° (Thiele, 1980). A escala regional las rocas de la Formación Abanico se disponen en dos franjas N-S separadas por los afloramientos de la Formación Farellones, en la zona de estudio es posible encontrar afloramientos de la franja más oriental (Figura 2.1).

Su espesor estimado es de 5.000 m (Moscoso et al., 1982). Pero es difícil tener certeza considerando el carácter fuertemente lenticular de la formación, además su techo se encuentra truncado por discordancias, angulares y de erosión

(Vergara & Drake, 1979). La presencia numerosas intrusiones de filones-manto y lacolitos andesíticos puede aumentar el espesor estimado (Thiele, 1980).

Distintas dataciones radiométricas y estudios de fauna fósil le asignan a esta unidad una edad Eoceno medio-superior – Mioceno medio (Wyss et al., 1994; Charrier et al., 1996; Gana et al., 1997; Sellés, 1999; Fuentes et al., 2000; Sellés et al., 2000; Charrier et al., 2002; Fuentes et al., 2002).

La Formación Farellones sobreyace a la Formación Abanico por una discordancia angular progresiva, diacrónica entre los 22 y los 16 Ma (Charrier et al., 2002). Debido que el rumbo regional de los estratos de ambas formaciones es muy similar en muchos lugares, la discordancia existente aparece como una pseudoconcordancia.

2.1.1.5. Formación Farellones (Mioceno – Plioceno; Klohn, 1960)

Se define como tobas soldadas de composición dacítica y coladas de lavas andesítico basálticas con estructuras Aa (Moscoso et al., 1982) de gran potencia. Incluye menores volúmenes de brechas volcánicas andesíticas, areniscas limosas, tufitas e ignimbritas. Esta formación se habría depositado en un ambiente continental subaéreo con episodios lacustres restringidos intercalados. La alternancia de rocas volcanoclásticas más finas produce una visible estratificación en la serie. El techo de esta formación corresponde a la actual superficie de erosión (Thiele, 1980; Rivano et al., 1990).

Su espesor mínimo estimado es de 2.500 m, obtenido a partir de diferencias de cota (Rivano, 1980), aunque estaría aumentado por numerosos mantos intrusivos y lacolitos del Mioceno superior – Plioceno que intruyen esta formación (Thiele, 1980; Rivano et al., 1990). Esta formación sobreyace a la Formación Abanico entre los 32°S y 35S (Figura 2.1).

Según las dataciones radiométricas disponibles la Formación Farellones tendría una edad Miocena (Drake et al., 1976; Beccar et al., 1986; Sellés, 1999; Aguirre et al., 2000; Fuentes, 2004). Fósiles no han sido encontrados.

2.1.2. Rocas Intrusivas

Entre los 32° y los 34°, en la Alta Cordillera de Chile Central, existen diferentes cuerpos intrusivos de edad probable Miocena. Estos cuerpos, que intruyen las Formaciones Abanico y Farellones, son los responsables de desarrollar notorias zonas de alteración hidrotermal, tanto en el Bloque Leiva como en los proyectos y prospectos cercanos.

2.1.2.1. Pórfidos Dacíticos y Riodacíticos

Se reconocen como diques discretos caracterizados por su textura porfídica en matriz aplitica, de orientación preferencial NS, de algunos metros y que cortan las areniscas de la Formación Lo Valdés. Esta unidad se caracteriza por colores claros, fenocristales de plagioclasas, relictos de ojos de cuarzo y masa fundamental silíceo. La edad de estos cuerpos fue medida usando el método K-Ar en Roca Total, obteniéndose ~8 Ma (Rivano et al., 1993). Debido a la intensa alteración sericítica y argílica, que se superpone a una cloritización temprana, que presentan, y a que la edad de un filón dacítico correlacionable en el Cerro Altar de las Monjas es de $9,16 \pm 0,2$ Ma (Rivano et al., 1993); se interpreta que la edad publicada para estos pórfidos corresponde al evento de alteración que los afecta (Ahumada, 2009).

Estos cuerpos afloran sólo en el sur del Bloque Leiva, paralelos a las fallas del Corrimiento El Fierro y su principal afloramiento es el Cerro El Tigre (Figura 2.1). El cuerpo mayor se ubica en Leiva Sur Sur, presenta unos 300 m de ancho por 700 m de largo y se encuentra cortado por diques de potencias de hasta 40 metros aproximadamente, dioríticos y cuarzo-dioríticos. Estos presentan una textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas, escasos ojos de cuarzo; su masa fundamental está compuesta por cuarzo, microlitos de plagioclasas y un porcentaje variable de feldespato potásico.

2.1.2.2. Diques y Pórfidos Dioríticos, Microdioríticos y Qtz-Dioríticos, de Hornblenda y menor Piroxeno

Estas rocas son de color gris claro y muestran textura porfídica, con masa fundamental micro porfídica. Los fenocristales corresponden a plagioclasa, anfíbola y menor piroxeno. La masa fundamental presenta microcristales de plagioclasa, menor anfíbola y cuarzo anhedral intersticial. Su composición es diorítica a cuarzo-diorítica. Su textura varía entre equigranular, levemente porfídica y aplitica. Presenta abundantes núcleos y vetillas de turmalina verde con trazas de granate. Tiene alteraciones propilítica débil con epidota, especularita en fracturas y trazas de sericita gris (Figura 2.2).

Estos cuerpos cortan todas las litologías descritas, incluyendo los pórfidos dacíticos, constituyendo el último evento ígneo en el área. Se definen como diques de potencias hasta 40 metros aproximadamente, que forman enjambres localmente, como en el caso de Leiva Norte, en las zonas de cruce estructural de fallas NW y NE. También se presentan localmente como filones mayores, intruyendo las secuencias volcánicas de la Formación Abanico, en la cima del

Cerro Nevado de Leiva; y de la Formación Farellones, al W de las fallas del Corrimiento El Fierro, en el Cerro Techado (Figura 2.1).

Dadas las relaciones de corte observadas con los stocks dacíticos se infiere una edad máxima en el rango 8-9 Ma (Ahumada, 2009). En el Bloque Leiva, estos intrusivos presentan distintos grados de alteración y mineralización.

2.1.2.3. Pórfidos Andesítico-Basálticos de Hornblenda, Piroxeno y Olivino

Estos intrusivos presentan textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno, olivino y escasa hornblenda. Su masa fundamental está compuesta por microlitos de plagioclasa, piroxeno y magnetita.

Afloran en el extremo NE del área de estudio, en el cordón fronterizo cerca del Paso Leiva y están asociados a la rama más oriental del sistema del Corrimiento El Fierro, aflorando en la traza de las fallas. Estos forman un cuerpo de paredes subverticales, siguiendo la misma dirección del sistema, N40°W. También fue identificado un cuerpo aislado en la porción media de la quebrada El Tigre, al NE de Leiva Sur, donde corta sedimentos de la Formación Río Damas (Figura 2.1).

Se infiere una edad similar a los diques qtz-dioríticos, en torno a 8-9 Ma (Ahumada, 2009).

2.1.2.4. Stock Monzodiorítico

Cuerpo de color gris claro, compuesto de anfíbolos, magnetita y escasa biotita. Su textura varía entre equigranular gruesa, levemente porfídica y aplítica. Se presenta como un stock de 200 x 300 m, en el extremo sur de Leiva Sur Sur, cortando a las rocas piroclásticas y al pórfido dacítico, en las partes altas del anfiteatro del Cerro El Tigre, en el borde interior de la parte W y hacia el extremo S del área estudiada (Figura 2.1).

Existen rodados afectados intensamente por biotita secundaria milimétrica y que presentan escasas vetillas milimétricas de cuarzo, las cuales no superan el 5% del volumen total de la roca. Se observa la presencia de “autolitos” típicos de intrusivos profundos y no relacionados a sistemas mineralizados.

Presenta vetillas de anfíbolos, magnetita, cuarzo y feldespato potásico. Está afectado intensamente por alteración calco-sódica, parcialmente por alteración propilítica con epidota, especularita en fracturas y trazas de sericita gris (Figura 2.2).

2.1.2.5. Brecha Intrusiva

Se observan evidencias de brechización por intrusión, caracterizadas por presentar una matriz intrusiva y clastos de variedades texturales entre intrusivo y tobas andesíticas. Presenta milimétricas vetillas de pirita y en rodados se observan minerales oxidados de cobre.

2.1.3. Depósitos No Consolidados (Moscoso et al., 1982)

Unidad informal representada por amplios depósitos aluviales no consolidados, fluviales y fluvioglaciares, y por sedimentos morrénicos y escombros de falda, que cubren una gran parte de la roca subyacente.

2.1.4. Estructuras

En el Bloque Leiva se encuentran distintos sistemas de fallas mayores que deforman las secuencias estratigráficas y controlan el emplazamiento de algunos cuerpos intrusivos.

2.1.4.1. Corrimiento El Fierro

Corresponde a un sistema de fallas inversas presente en toda el área de estudio. Este sistema estructural se manifiesta en la aeromagnetometría realizada en la zona, donde se aprecia la inflexión al NW y su asociación con la alineación de las zonas de mayor gradiente magnético (Ahumada, 2009).

Las fallas de este sistema se observan nítidamente en el sector de Los Azules, donde controlan zonas fuertemente argilizadas y lixiviadas de orientación NW, las cuales se prolongan hacia las partes medias del estero Los Azules, siguiendo el patrón estructural.

En la zona de Leiva Norte, este sistema estructural exhibe una fuerte inflexión al NW, la cual es observable entre los Cerros Nevado de Leiva y Techado. Las estructuras en la zona corresponden a un set de fallas con orientaciones entre N30°W y N40W° y manteos entre 60° y 80° al SW.

Mientras que en la mitad sur del bloque las estructuras presentan un marcado rumbo NS a NNW. El Corrimiento El Fierro controla la disposición, plegamiento y relaciones de contacto que existen entre las Formaciones Abanico, Río Damas y Colimapu; así como también la intrusión de los cuerpos de pórfido dacíticos en Leiva Sur Sur.

Estas estructuras corresponderían a fallas normales que controlaron la depositación de las Formaciones Abanico y Farellones por el lado oriental (Charrier et al, 2002). Durante el periodo Mioceno habría ocurrido una reactivación

inversa de estas, lo que permitió el ascenso de magmas y fluidos por las zonas de mayor debilidad.

2.1.4.2. Patrón Estructural NS

Corresponde a un sistema de fallas inversas, con variaciones de rumbo desde NNW a NNE y manteos desde subvertical a 78°W. Se ubican en el borde W de la Cordillera Andina y sus trazas alcanzan más de 3 km de longitud.

Son estructuras importantes, con un gran desarrollo de salbanda arcillosa, que alcanza espesores de entre 20 a 50 cm. Se observan claros indicadores cinemáticos. Dada la cercanía, importancia y actitud se estima que representan ramales del Corrimiento El Fierro (Becerra, 2012).

Algunos cuerpos se encuentran emplazados a través de estas estructuras, tal como un pequeño intrusivo dacítico y un cuerpo de *pebble dyke*. Estas estructuras representan fallas postmineralización, sin embargo la presencia de intrusivos y *pebble dyke*, demuestran una posible profundización de las mismas. Probablemente pertenezcan a sistemas de fallas antiguas, muy profundas, capaces de canalizar fluidos y despresurizar sistema hidrotermal profundo.

2.1.4.3. Patrón Estructural NE

Sistema de vetas rectilneas yeso (probablemente anhidrita hidratada) ± pirita ± calcopirita emplazado en tobas andesíticas, de 30 a 50 cm de potencia y orientación N60°E / vertical. Los afloramientos se encuentran en las partes más altas de la cordillera y presentan difícil acceso

Se infiere que representan el patrón estructural sin mineral durante la etapa de emplazamiento y desarrollo de alguna etapa tardimagmática de alteración y mineralización.

2.1.4.4. Patrón Estructural NW

Este patrón estructural está bien desarrollado y se expresa en distintos elementos. Este sistema se intersecta hacia el SE con el sistema de fallas inversas NS del Corrimiento El Fierro. Aunque el sistema NW también podría ser responsable del sollevamiento de las unidades sedimentarias y de las inflexiones a la traza de las Fallas inversas NS.

Hacia la parte sur del área se mapeo un dique andesítico de 1.5 m de potencia y con orientación N70°W/78°NE. La mayor parte de las quebradas de dirección general NW, entre N40°W y N50°W, coinciden con fallas que controlan y desplazan en sentido sinistral las unidades sedimentarias.

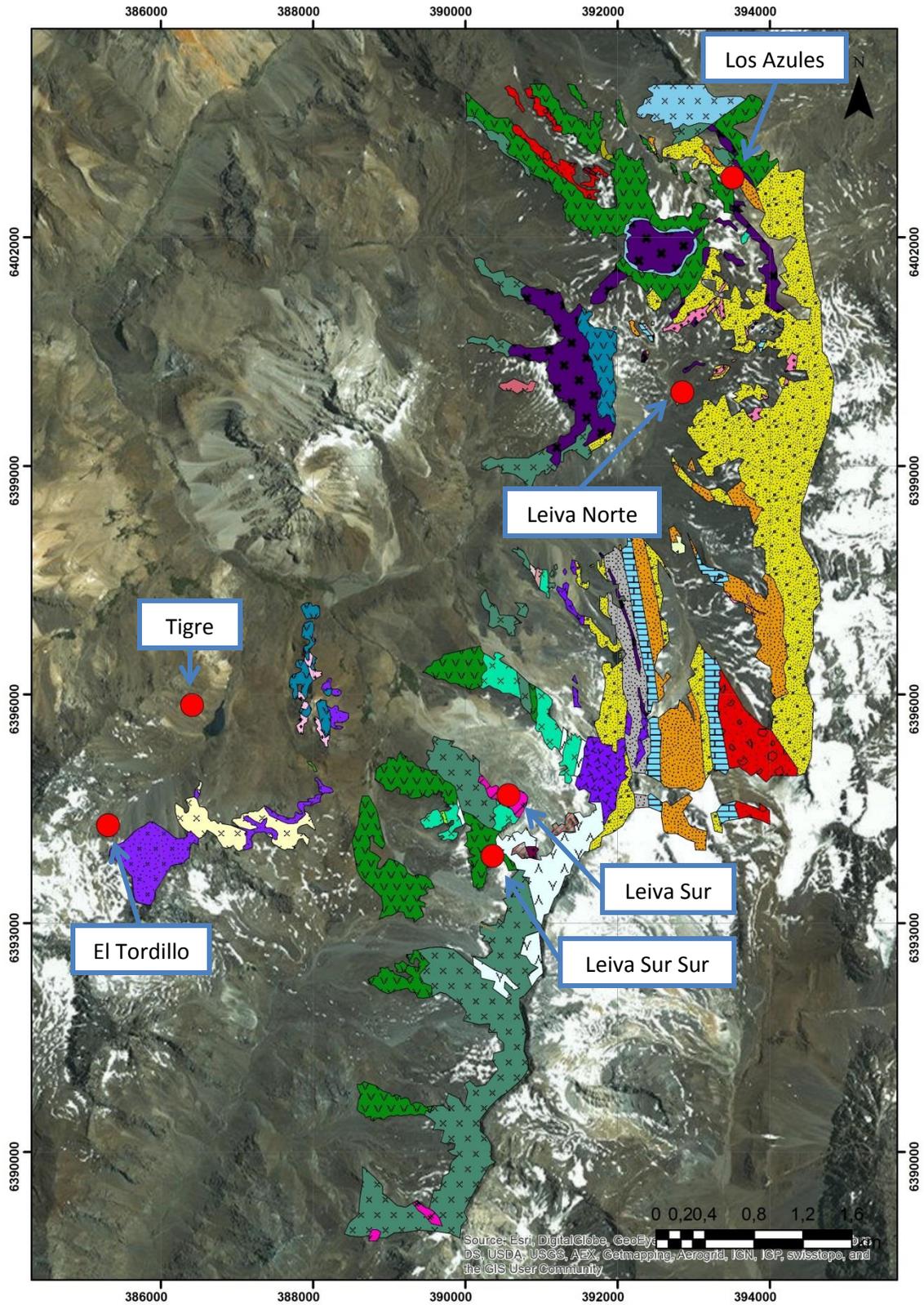


Figura 2.1a: Mapa de afloramientos del Bloque Leiva. Modificado de Ahumada (2009), Becerra (2012) y Piquer (2007b).

LEYENDA

Formación Farellones

-  Toba Litocristalina
-  Andesita Dacítica de Hbl
-  Andesita Porfídica

Formación Abanico

-  Toba de Lapilli Litocristalina
-  Toba Riolítica
-  Toba Dacítica
-  Tufita
-  Toba Dacítico Andesítica
-  Basalto de Px
-  Arenisca Volcánica
-  Toba de Ceniza
-  Toba Andesítica
-  Toba de Lapilli
-  Andesita Porfídica

Formación Colimapu

-  Arenisca Roja

Formación Lo Valdés

-  Caliza Micrítica
-  Arenisca - Calcoarenisca

Formación Río Damas

-  Yeso
-  Conglomerado Gueso
-  Arenisca Guesa

Intrusivos

-  Dique Andesítico
-  Brecha Intrusiva
-  Brecha Hidrotermal
-  Pórfido Andesítico de Hbl
-  Pórfido Diorítico - Cuarzodiorítico
-  Pórfido Monzonítico
-  Pórfido Cuarzomonzonítico
-  Pórfido Dacítico
-  Pórfido Andesítico Basáltico de Hbl, Ol y Px
-  Pórfido Microdiorítico Andesítico de Hbl y Px

Figura 2.1b: Leyenda del mapa de afloramientos del Bloque Leiva. Modificado de Ahumada (2009), Becerra (2012) y Piquer (2007b).

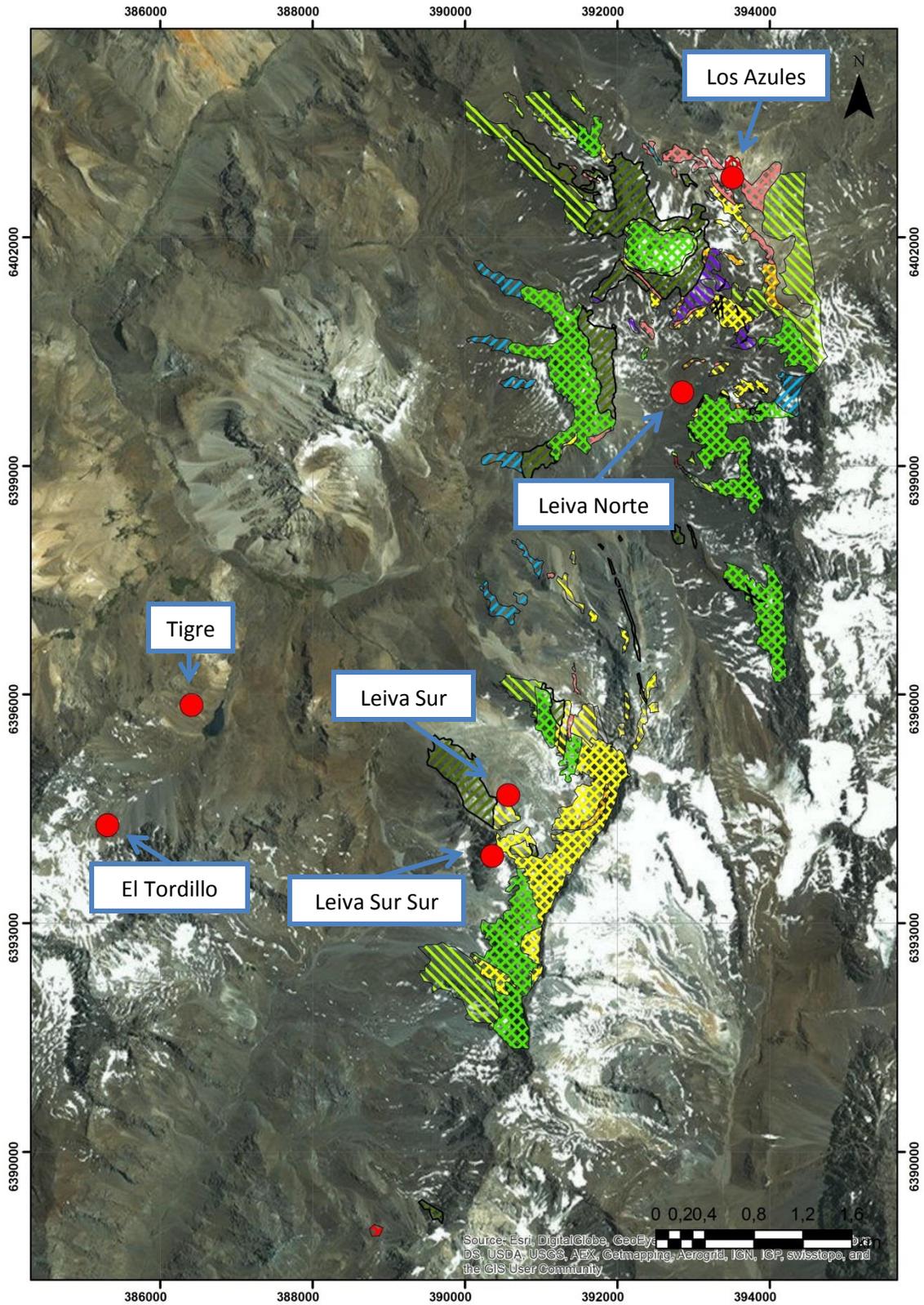


Figura 2.2a: Mapa de alteraciones del Bloque Leiva. Modificado de Ahumada (2009) y Becerra (2012).

LEYENDA

	Alteración Actinolita		Alteración Sílice
	Alteración Argílica Indiferenciada		Alteración Sericita ± Argílica Fuerte
	Alteración Biotita Débil a Moderada		Alteración Sericita ± Argílica Débil
	Alteración Biotita ± Sericita		Alteración Epidota
	Alteración Calcita		Alteración Clorita ± Epidota
	Alteración Celadonita ± Zeolita		Alteración Clorita

Figura 2.2B: Leyenda del mapa de alteraciones del Bloque Leiva. Modificado de Ahumada (2009) y Becerra (2012).

CAPÍTULO III: GEOLOGÍA DE LOS PROSPECTOS

A continuación se presenta una recopilación de la información disponible de las principales zonas de alteración encontradas en el Bloque Leiva, complementada con las descripciones realizadas de los cortes transparentes y el corte pulido, cuyos detalles se encuentran en el Anexo III. Los mapas originales de litología y alteración del Bloque Leiva, correspondientes a los trabajos realizados por Ahumada (2009) y Becerra (2012) están incluidos en el Anexo IV.

3. 1. LOS AZULES (Ahumada, 2009; Morel, 2012)

Corresponde a una zona de alteración de aproximadamente 2 km², ubicada en la quebrada Los Azules y una quebrada paralela situada inmediatamente al W de esta (Figura 3.1).

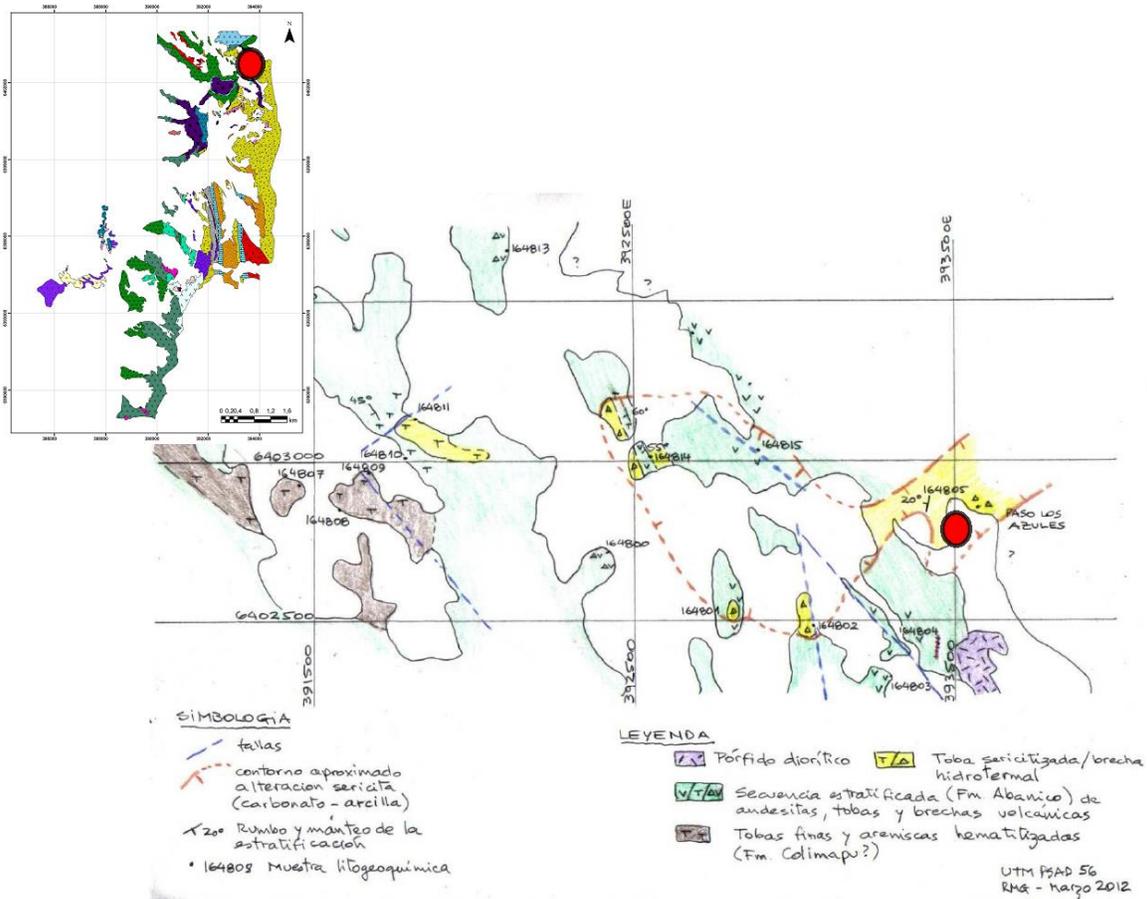


Figura 3.1: Mapa geológico del sector de Los Azules. Modificado de Ahumada, (2009) y Morel (2012). Se identifica con rojo las coordenadas centrales.

3.1.1. Litología

Esta zona de alteración hidrotermal está conformada por una secuencia plegada compuesta por andesitas y rocas piroclásticas de la Formación Abanico, con una secuencia inferior de roca clástica roja asignada a la Formación Colimapu. La Formación Abanico se encuentra atravesada por diques y sills de pórfido diorítico hacia el sector sur del área reconocida.

Se identifican las siguientes unidades litológicas expuestas en el prospecto, de más antigua a más joven:

a) Secuencia de tobas y areniscas hematizadas de la Formación Colimapu.

b) Secuencia estratificada y plegada de andesitas, tobas y brechas volcánicas pertenecientes a la Formación Abanico (Anexo III; Cortes EAE00000001, EAE00000002 y EAE00000004). Es la unidad con mayor expresión en superficie y se encuentra intruída por diques de pórfido diorítico. Los pliegues muestran una tendencia monoclinial con manteos variables al SW.

c) Diques de pórfido diorítico situados hacia el SE del área. Esta litología es correlacionable macroscópica y microscópicamente con los cuerpos reconocidos más al S, en Leiva Norte y Leiva Sur. Su textura sugiere un posible emplazamiento hipabisal (Anexo III; Corte EAE00000003).

d) Tobas y brechas hidrotermales con alteración sericítica. Ubicadas hacia el sector del Paso Los Azules, en la divisoria de aguas entre los dos causes principales de rumbo NW que cruzan el área.

3.1.2. Estructuras

Las fallas del Corrimiento El Fierro se aprecian y controlan amplias zonas de orientación NW. El sector corresponde a una zona de alteración, asociada a estas fallas subverticales y un sistema subordinado NE. Estas estructuras favorecerían la acción supérgena.

3.1.3. Alteración y Mineralización

Los Azules corresponde a dos zona fuertemente argilizadas y lixiviadas, en su mayoría con jarosita, de aproximadamente 100 m de ancho por 400 m de largo y de orientación NW. Las zonas lixiviadas destacan en notables anomalías de color desde el Paso Leiva hacia el NW. Las arcillas dominantes corresponden a montmorillonita, menor caolinita y sericita (Figura 3.2).



Figura 3.2: Anomalía de color asociada a quebrada en el sector de Los Azules, controlando zonas con fuerte argilización y lixiviación en rocas volcánicas de la Formación Abanico. El círculo rojo corresponde a una persona y la línea azul corresponde a la traza una de las quebradas lixiviadas. Vista hacia el SE.

La Formación Abanico se encuentra afectada por alteración sericita (\pm carbonato \pm arcillas \pm yeso) hacia el Paso los Azules y siguiendo las estructuras de rumbo NW que controlan el cauce de la quebrada del mismo, con mineralización de pirita y arsenopirita, las cuales llegan a desarrollar brechas hidrotermales con un control estructural NE y NW. En las rocas entorno a estas zonas de alteración no se identifican evidencias de alteración ni mineralización tipo pórfido de Cu.

Existe menor presencia de alteración clorita \pm epidota, reemplazando minerales máficos, y en menor medida en vetillas, afectando a los filones dioríticos, los cuales también presentan reemplazo de calcita (Figura 3.3). Hacia el estero Los Azules afecta en modo variable a volcanitas de la Formación Abanico.

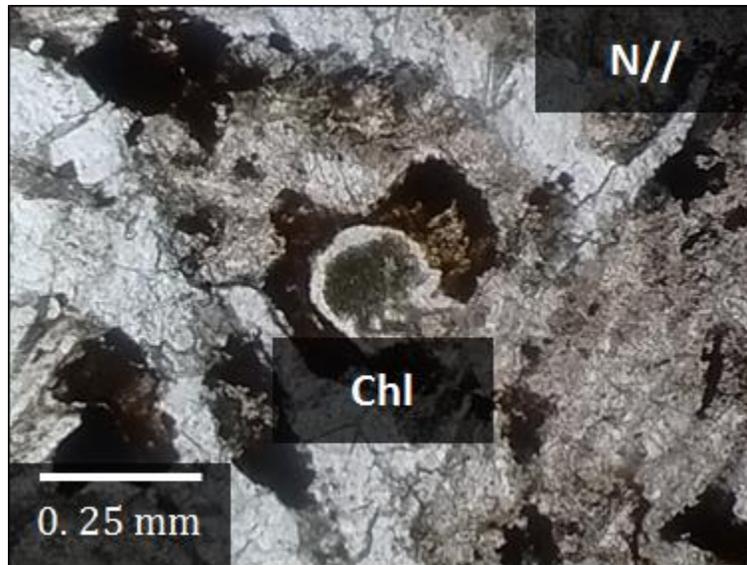
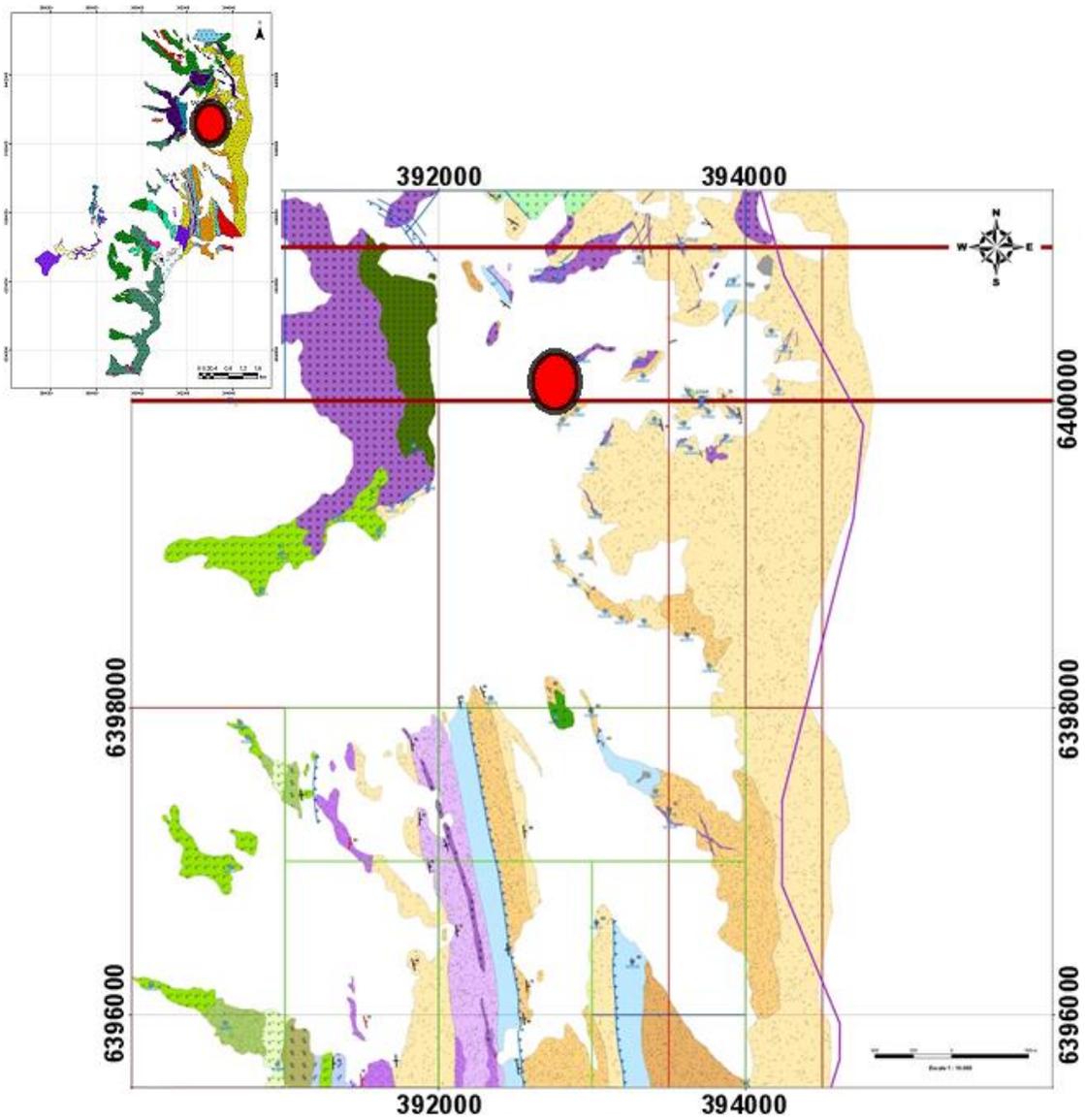


Figura 3.3: Mineral máfico reemplazado por clorita (Chl). Filón diorítico. Corte EAE00000003,

El único blanco de interés que se reconoce es por mineralización diseminada de Ag, dadas las concentraciones con valores comerciales de este elemento, probablemente del tipo epitermal a mesotermal de baja sulfidización y ubicado en la quebrada situada al W de la quebrada Los Azules. Los estudios anteriores concluyen que esta zona presenta potencial menor y no se relaciona a los eventos de alteración – mineralización detectados hacia el sur (Morel, 2012).

3.2. LEIVA NORTE (Ahumada, 2009; Piquer, 2007b; Rivera, 2005; Rivera, 2007)

Corresponde a una zona de aproximadamente 1,5 km², ubicada en la porción media inferior del Cerro Nevado de Leiva, con un sector de enjambre de diques dioríticos extendiéndose al SE. Su área interna se encuentra cubierta por depósitos morrénicos y de remociones en masa (Figura 3.4).



LEYENDA

LITOLOGIA

ROCAS ESTRATIFICADAS

Formación Abanico

- Andesita Porfírica
- Basalto de Px
- Toba Andesítica
- Toba Dacítica Andesítica
- Toba Dacítica
- Toba de Lapilli
- Tuffita

Formación Collimapu

- Arenisca Roja

Formación Lo Valdés

- Caliza Miorfítica
 - Arenisca - Calcoarenita
- Formación Río Damas**
- Yeso
 - Arenisca Gruesa
 - Conglomerado Grueso
 - Intercalación Andesítica

ROCAS INTRUSIVAS

- Pórfido Andesítico de Hbl
- Pórfido Diorítico
- Pórfido Cuarzodiorítico
- Pórfido Dacítico

ESTRUCTURAS

- Falla
- Falla Inversa
- Estratificación Subhorizontal
- Rumbo y Manteo de Estratos
- Estratificación Vertical
- Bandeamiento de Flujo
- Dirección y Ángulo de Manteo de Diques y Fallas

Figura 3.4: Mapa geológico del sector de Leiva Norte. Modificado de Ahumada (2009). Se identifica con rojo las coordenadas centrales.

3.2.1. Litología

A continuación se presenta una descripción de las unidades aflorantes, de más antiguo a más joven:

a) La Formación Rio Damas es la roca de caja más abundante en superficie y domina todo el borde E. Consiste en una secuencia relativamente homogénea de conglomerados de grano medio a grueso. En la parte N se dispone con rumbos NW y manteos al SW (40-60°); mientras que en la parte S esta secuencia se presenta fuertemente plegada y orientada subparalelamente a las estructuras del Corrimiento El Fierro, con rumbos NNW a NS y manteos subverticales.

Esta Formación se encuentra intercalada por flujos magmáticos andesíticos y dacíticos (Anexo III; Cortes EAE00000006 y EAE00000008). Intercalaciones de esta última composición en particular no fueron definidas en los mapas geológicos realizados por Ahumada (2009), Becerra (2012) o Morel (2012) y probablemente se trate de un cambio composicional local de las intercalaciones magmáticas que forman parte de esta Formación.

b) La Formación Lo Valdés se presenta como bloques mayores asociados a estructuras de orientación NE, al E del área, donde niveles calcáreos y afloramientos de yeso son exhumados por la acción de estructuras y la intensa erosión.

c) Pequeños retazos aislados de areniscas rojas cuarzo-feldespáticas, asociados a ramas de orientación NW del Corrimiento El Fierro, fueron identificados como la Formación Colimapu.

d) La Formación Abanico está compuesta por andesitas, tobas y brechas piroclásticas. La unidad se encuentra afectada por las ramas NW del Corrimiento El Fierro y por el sistema estructural NE (Anexo III; Cortes EAE00000005 EAE00000017).

e) La Formación Farellones se conforma por andesitas porfídicas intercaladas con flujos de detritos en la porción W de la zona.

f) Los pórfidos andesítico-basálticos floran en el extremo NE del área, en el cordón fronterizo cerca de paso Leiva, asociados a la rama más oriental del Corrimiento El Fierro (Anexo III; Corte EAE00000007). Forma un cuerpo de paredes subverticales con rumbo N40°W.

g) Los diques y pórfidos dioríticos, microdioríticos y cuarzo-dioríticos cortan todas las litologías descritas. Su potencia es métrica y localmente forman enjambres, en la zona de cruce estructural de los patrones de fallas NW y NE.

Estos cuerpos con correlacionables macroscópicamente con los encontrados en Los Azules.

3.2.2. Estructuras

El área de Leiva está afectada por la acción de dos sistemas estructurales mayores, el Corrimiento El Fierro y el patrón estructural NE, que controlan en gran medida la deformación de las secuencias estratigráficas, la disposición y el emplazamiento de los cuerpos de diques y pórfidos.

La zona coincide con un punto de inflexión del Corrimiento El Fierro, el cual limita por el W, y con un bajo magnético relativo.

3.2.3. Alteración y Mineralización

Leiva Norte presenta probables relictos de un núcleo de alteración potásica, que no superan los 300 m de largo por 50 m de ancho, en sectores puntuales de las Formaciones Colimapu y Rio Damas, con una asociación mineral de biotita secundaria \pm actinolita y sobreimposición de sericita y un evento argílico asociado a mineralización de alta sulfidación en vetas. Estas presentan reemplazo-enriquecimiento hipógeno de sulfuros de Cu y As, y sulfosales sobre sulfuros de Cu y Fe tempranos, en secuencias paragenéticas prógradas (Figura 3.5), generando consistentes anomalías en Cu, Au, As y Ag (Ahumada, 2009).

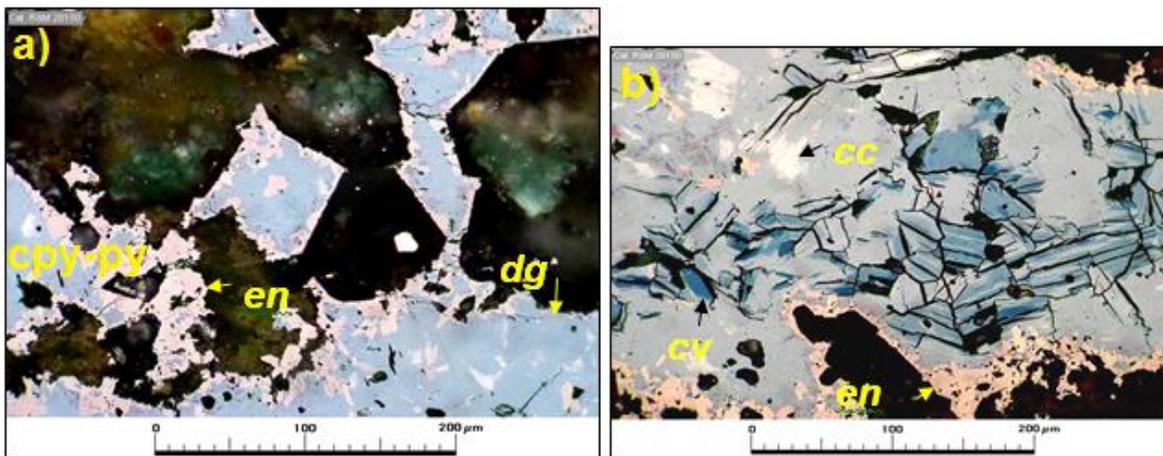


Figura 3.5: a) Calcopirita (Cpy) y pirita (Py) reemplazadas por digenita (Dg) y posterior enargita (En). b) Agregado en equilibrio de calcosina (Cc) y covelina (Cv), con reemplazo hipógeno de enargita (En). Modificado de Ahumada (2009).

La zonación de alteración presente correspondería a un núcleo potásico, el cual estaría sobreimpuesto por un evento sericítico (Figura 3.6), cuyo afloramiento principal tiene dimensiones aproximadas de 300 m de largo por 130 m de ancho, y un evento argílico, cuyo afloramiento principal posee 450 m de largo por 180 m de ancho aproximadamente. Este último núcleo presenta moderada a localmente

fuerte alteración sericítica \pm cuarzo \pm montmorillonita \pm caolinita \pm pirofilita en los intrusivos andesíticos de hornblenda y la roca caja de la Formación Rio Damas, con intensa mineralización de pirita y menor calcopirita, diseminadas y en vetillas, parcialmente oxidadas, junto con escasas vetillas y pequeños cuerpos de brecha de turmalina. Además, se identificaron trazas de calcopirita y de calcosina como pántinas en pirita. La presencia de pirofilita indica fluidos hidrotermales de pH bajo y temperatura relativamente alta, que Ahumada (2009) asocia a una probable zona proximal a un sistema de pórfido, en una sección mesotermal, según el diagrama de clasificación de Corbett & Leach (1998).

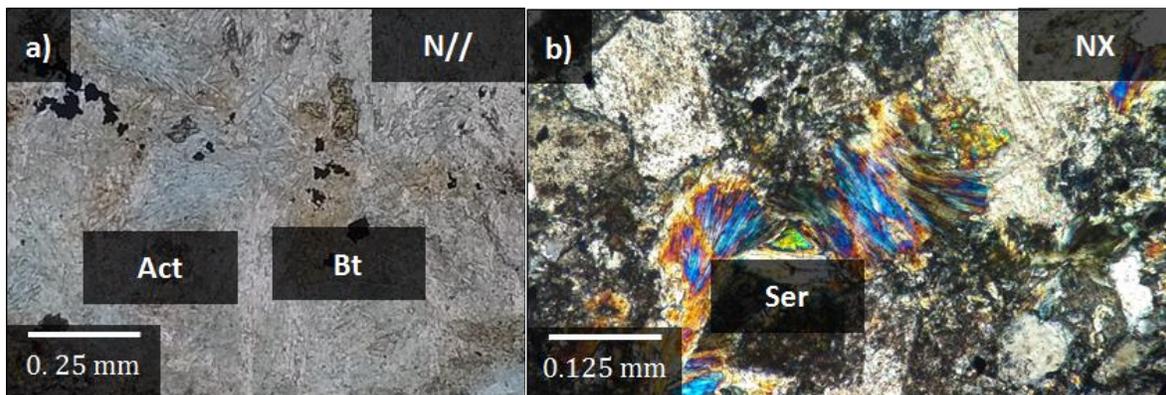


Figura 3.6: a) Fenocristales de hornblenda con remplazo de actinolita (Act) y biotita flogopítica (Bt).
b) Sericita (Ser) con evidencia de microdeformación. Pórfido andesítico de hornblenda. Corte EAE00000007.

En torno al núcleo anterior, disminuyen la sericita y los sulfuros, y aumenta la presencia de clorita \pm epidota \pm calcita. Hacia la periferia se observan numerosas vetas y vetillas con mineralización de pirita \pm calcopirita \pm enargita, parcialmente oxidadas a hematita \pm goethita \pm crisocola \pm malaquita \pm azurita, con trazas de calcosina \pm molibdenita, en ganga de cuarzo \pm baritina \pm calcita \pm especularita, en ocasiones con halo sericítico (Figura 3.7).



Figura 3.7: Vetilla con mineralización de sulfuros parcialmente oxidados a malaquita \pm azurita, en una roca con patinas de goethita \pm arcillas.

Hacia los bordes E y W del núcleo potásico se encuentran mineralogías tipo zeolitas, pero con fuertes anomalías metálicas de Pb y Zn en las vetillas y amígdalas que rellenan. Estas facies son interpretadas como relacionables a un metamorfismo de muy bajo grado, que coincide con los límites más externos de las evidencias de alteración-mineralización en Leiva Norte (Ahumada 2009).

Gran parte del área estudiada tiene presencia franjas de calcita \pm ankerita \pm siderita \pm cuarzo, afectando a sedimentos gruesos de la Formación Río Damas. Estas zonas están controladas aparentemente por fallas del patrón estructural NE.

3.3. **TIGRE** (Cepeda, 2004; Piquer, 2005; Piquer 2007b)

Inmediatamente al W del sector de Leiva Sur, Cepeda (2004) reconoció indicios de mineralización y alteración asociados a un pequeño aparato volcánico, con menos de 5 km de diámetro, el cual pasó a ser denominado prospecto Tigre (Figura 3.8).

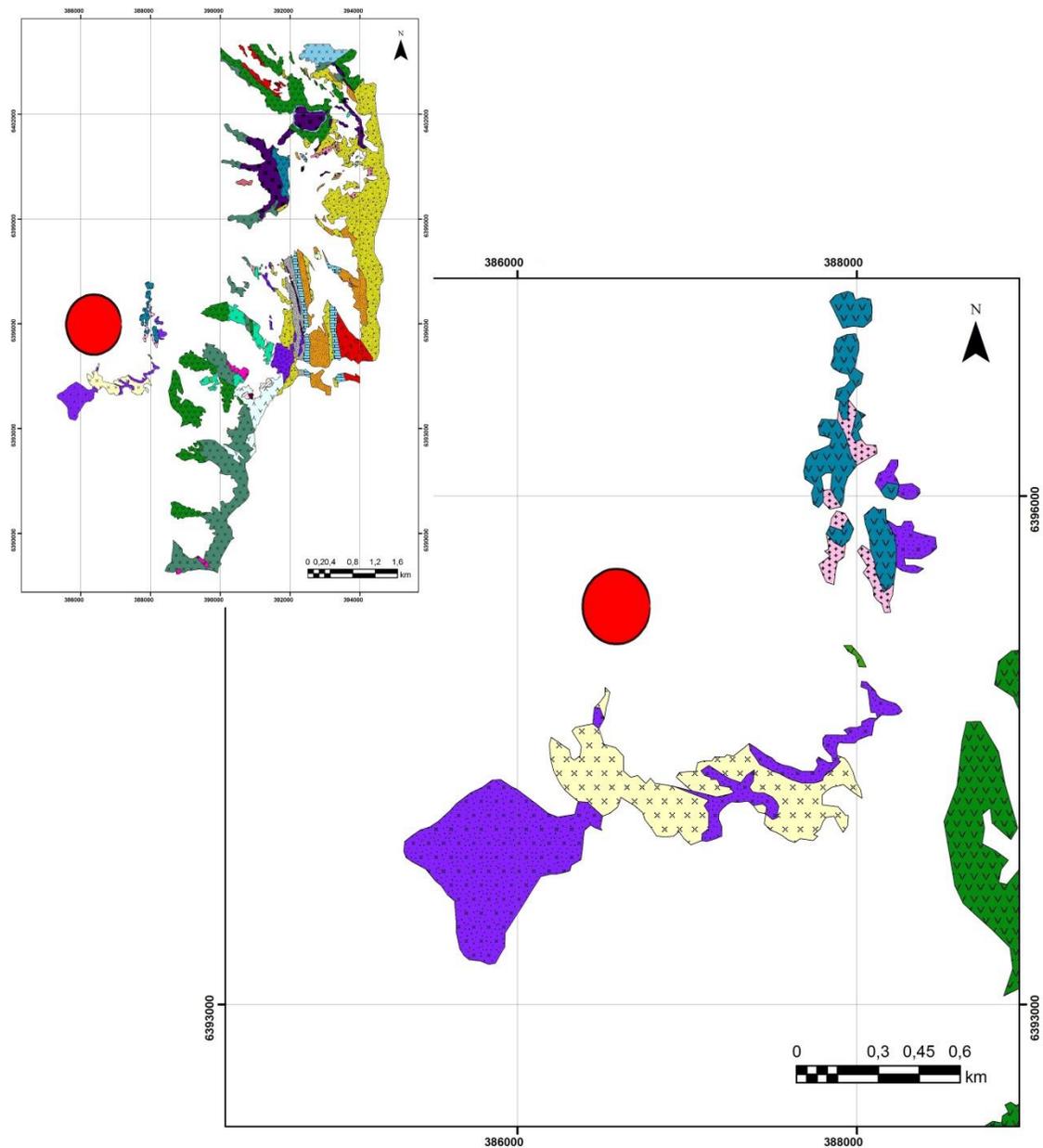


Figura 3.8: Mapa geológico del sector Tigre. Modificado de Piquer (2007b). Se identifica con rojo las coordenadas centrales.

3.3.1. Litología

A continuación se presenta una descripción de las unidades aflorantes, de más antiguo a más joven:

a) La Formación Farellones se subdivide en tres unidades. Un primer paquete basal conformado por niveles de lavas andesíticas y dacíticas de anfíbola, de color rojizo, con marcada estratificación gruesa y manteos N de bajo ángulo.

b) A continuación aflora una unidad piroclástica, conformada por tobas litocristalinas.

c) Finalmente las lavas andesíticas y aglomerados piroclásticos del centro volcánico Tigre, que se encuentra parcialmente erodado. Las evidencias de su existencia corresponden a la presencia de manteos periclinales, diques del pórfido andesítico de hornblenda emplazados en estructuras anulares, diques andesíticos afaníticos radiales con morfología de cuello volcánico y los depósitos volcánicos proximales identificados: aglomerados volcánicos, depósitos de caída de escoria y bombas (Piquer, 2005) (Anexo III; Corte EAE00000015).

d) Un stock de 0,01 km² de diabasa de piroxeno y olivino, que tiene textura levemente porfídica y se presenta con grano fino. Se identifican fenocristales de plagioclasa, piroxeno y pseudomorfos de olivino. Aflora en el extremo NW de este sector.

e) Aflorando en la parte oriental de Tigre, se encuentran diques, filones y cuellos andesíticos. Estos tienen textura afanítica o porfídica fina, con tamaño de grano fino a muy fino. Cubren una superficie total de ~ 0,05 km² aproximadamente. Intruyen a lavas de la Formación Farellones pero no se han observado relaciones de corte con otros cuerpos intrusivos.

f) Las ocoítas afloran en forma de stocks, cubriendo un área total de ~0,2 km². Sus fenocristales de plagioclasa alcanzan tamaños de hasta 1,5 cm y se encuentran en una masa fundamental afanítica gris. Esta unidad es cortada por diques de pórfido andesítico de anfíbola.

g) Stocks de microdiorita de anfíbola y piroxeno afloran en la parte oriental del sector y cubren una superficie aproximada de 0,2 km². Su textura es inequigranular, levemente porfídica, con tamaño de grano fino.

h) Los diques y filones andesíticos de hornblenda tienen potencias que varían entre 5 y 20 m, aunque a veces forman stocks de dimensiones mayores, como en la parte oriental de Tigre, donde se encuentra un dique emplazado a través de una estructura anular. Cubren una superficie total de ~0,3 km². Pueden

corresponder a un pulso tardío y final del magmatismo en el sector, dadas sus relaciones de corte, grado de alteración y edad radiométrica. Estos cuerpos presentan edades de $9,8 \pm 0,9$ Ma, obtenidas con el método K-Ar en anfíbola (Piquer, 2005).

3.3.2. Estructuras

El aparato volcánico se encuentra rodeado en los extremos occidental y oriental por una rama y la traza principal del Corrimiento El Fierro. En este sector el Corrimiento El Fierro sufre una inflexión, con rumbo NW hacia el N y NS hacia el S.

En el borde occidental, la estructura mayor corresponde a una falla inversa con vergencia al E y presenta orientación NNW. Además se encuentra una falla inversa de rumbo NS y vergencia W.

En el extremo SE de Tigre se infiere la presencia de una estructura inversa de rumbo NNW y vergencia al NE, la cual se correlaciona con una falla de importancia regional documentada por Hodgkin (1999) y Cepeda (2004). Se observaron andesitas plegadas en las cercanías de la traza inferida.

El cuerpo volcánico presenta una estructura anular, reaprovechada por una falla inversa en su parte occidental, esta tiene vergencia W y corta el sistema volcánico. Se reconocen otras fallas inversas y de rumbo, que alcanzan decenas de metros de largo, algunas de las cuales controlan la presencia de zonas de vetillas.

3.3.3. Alteración y Mineralización

La alteración hidrotermal se concentra hacia el E de la rama occidental del Corrimiento El Fierro.

Afectando a las ocoítas, los tobos y lavas de la Formación Farellones y a diques de la unidad pórfido andesítico de hornblenda se encuentra alteración argílica intermedia / avanzada con control estructural, la falla inversa de rumbo NS, y estratigráfico, asociada a la intrusión de la unidad ocoítica. Esta se ubica principalmente en el sector NW. Su intensidad es variable, en algunos sectores oblitera completamente la textura original, mientras que en otras sólo afecta los fenocristales de plagioclasa. La asociación mineral de alteración corresponde a cuarzo \pm jarosita \pm alunita \pm pirofilita, además se encuentran vetillas de cuarzo opaco, de baja temperatura. Tiene mineralización variable, puede constituir más de un 3% del volumen de la roca, de pirita \pm calcopirita \pm marcasita \pm pirrotina \pm magnetita, la cual se presenta alterada a hematita \pm goethita. En algunos sectores

se presentan oxidados de Cu en fracturas. En esta litología también es posible encontrar un reemplazo moderado de albita ± sericita ± arcillas (Figura 3.9).

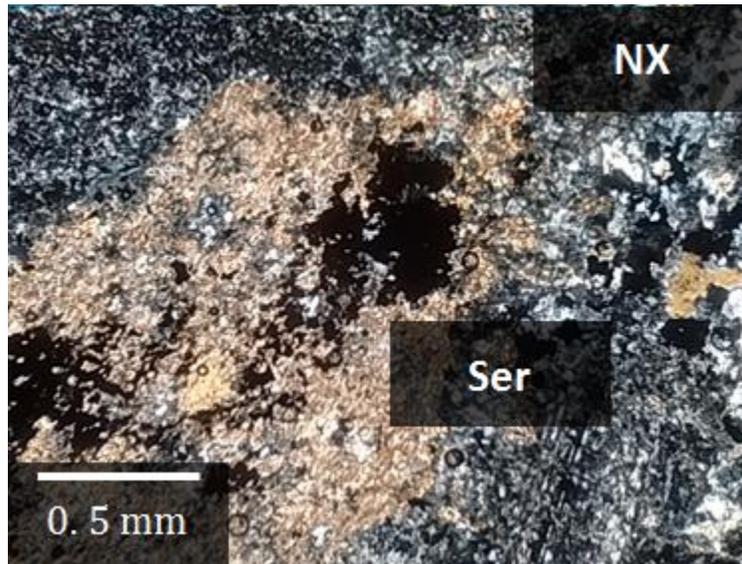


Figura 3.9: Pseudomorfo de mineral máfico con reemplazo de sericita (Ser). Andesita. Corte EAE00000015.

Los intrusivos andesíticos de hornblenda presentan una débil alteración clorita ± epidota. Esta asociación se encuentra principalmente al W de Tigre. Se observa cloritización de máficos y la presencia de epidota en vetillas y cúmulos.

Existen sectores muy puntuales que presentan alteración de biotita. Esta afecta a los minerales máficos en las unidades pórfido andesítico de hornblenda y diabasa de piroxeno y olivino. El corte transparente realizado a las lavas de la Formación Farellones también presenta minerales máficos con reemplazo intenso de biotita ± sericita ± hematita. Piquer (2007b), utilizando los resultados de la modelación magnética de Yáñez et al. (2006), infiere la presencia de una zona potásica asociada a intrusivos tempranos o inter-minerales en una profundidad del orden de 500 metros.

La mineralización de Cu reconocida se encuentra diseminada en cuerpos intrusivos, en vetillas, en la matriz y paredes de clastos de niveles piroclásticos, en brechas hidrotermales y en las zonas de alteración argílica. Esta presenta una continuidad espacial en superficie en un área de 3x3 km, que se encuentra parcialmente cubierta por morrenas.

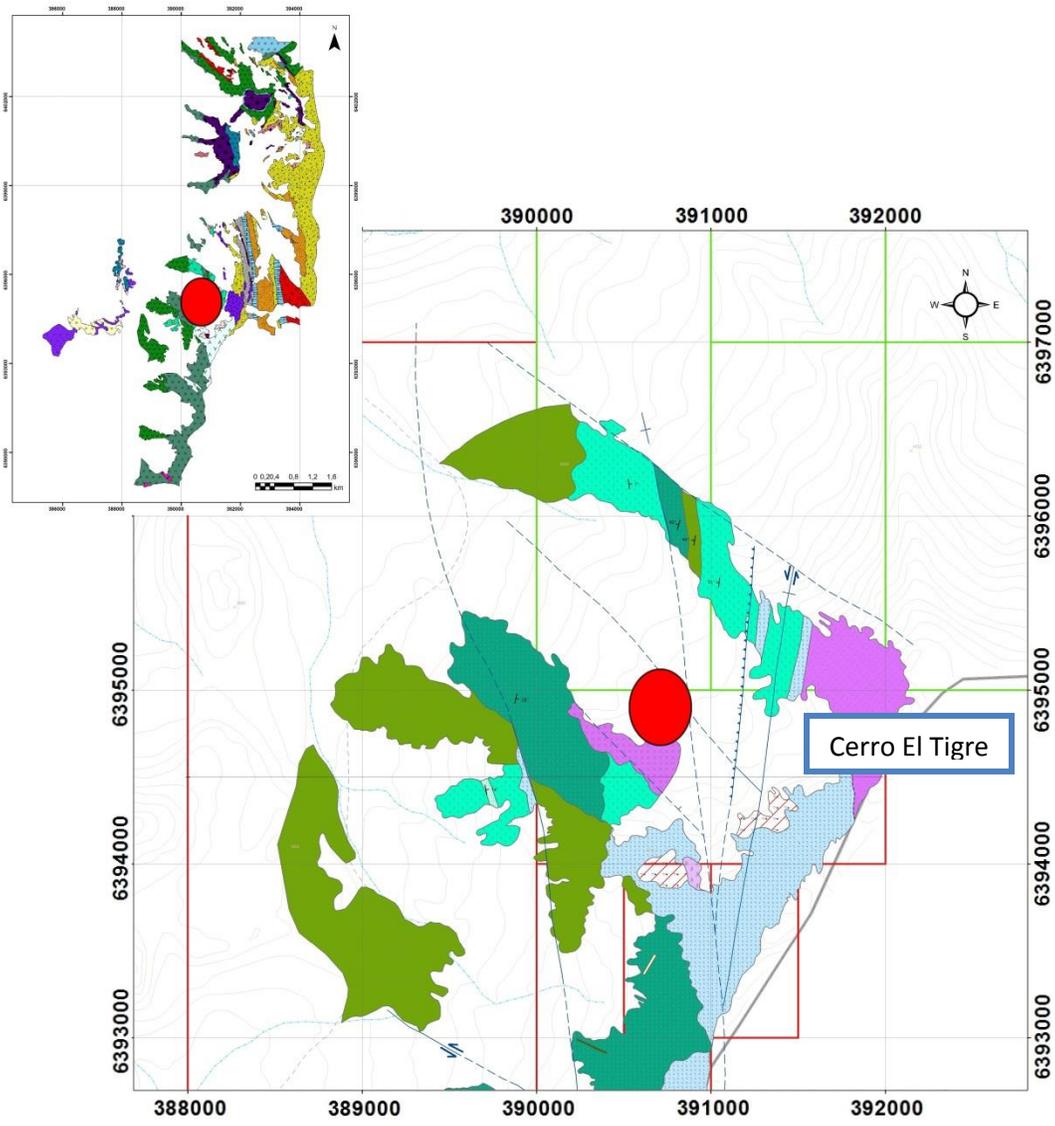
Los intrusivos andesíticos de anfíbola y las microdiorita de anfíbola y piroxeno presentan mineralización de calcopirita ± idaita ± covelina ± digenita, con oxidados como crisocola ± atacamita ± brocantita. Estos se encuentran diseminados, en fracturas y en vetillas. Se encuentran pátinas ocasionales de

calcosina. La abundancia de la mineralización aumenta hacia los márgenes de los cuerpos intrusivos. Además, se observan abundantes vetillas de cuarzo ± hematita ± especularita ± magnetita ± goethita ± jarosita ± yeso ± baritina ± crisocola ± malaquita ± azurita, con pátinas de calcosina. En una zona puntual el vetilleo gradúa a brecha hidrotermal, con matriz de idéntica mineralogía y clastos angulosos del pórfido andesítico de hornblenda intensamente argilizado.

Las tobas de la Formación Farellones habitualmente presentan oxidados de Cu en su matriz, paredes de clastos y vetillas de cuarzo. Además, se observó un dique piroclástico de orientación N80°E/55°N, el cual también contiene oxidados de Cu en la matriz y en paredes de clastos.

3.4. **LEIVA SUR** (Ahumada, 2009; Arrieta, 2014; Hodgkin, 1999; Rivera, 2005; Rivera, 2007; Piquer, 2007b)

Definida antiguamente por Hodgkin (1999) como Tigre, fue rebautizada como Leiva Sur por Rivera (2005) y tiene un tamaño aproximado de 3 km² (Figura 3.10).



Leyenda

Litología

Rocas Estratificadas

- Andesitas porfídicas
- Dique Andesítico
- Tobas de Lapilla
- Tobas de Ceniza
- Tobas Andesíticas
- Areniscas Volcanicas

Rocas Intrusivas

- Monzodiorita
- Pórfido Cuarzo Monzonita
- Pórfido Dacítico
- Veta Yeso (Py-CPy)
- Brecha Intrusivas

Estructuras

- Indica desplazamiento
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Observada
- Rumbo y Manteo
- Contacto Geológico Inferido

Topografía

- Curvas de Nivel
- Hidrografía
- Drenes
- Límites
- Caminos

Figura 3.10: Mapa geológico del sector Leiva Sur. Modificado de Becerra (2012). Se identifica con rojo las coordenadas centrales.

3.4.1. Litología

Las principales unidades que afloran en Leiva Sur corresponden a rocas sedimentarias clásticas y volcánicas piroclásticas; de más antiguo a más joven se reconocen:

a) El miembro inferior de la Formación Río Damas se compone por areniscas y conglomerados finos de origen volcánico, el cual posiblemente corresponde a una unidad transicional depositada sobre los niveles de yeso que marcan el fin del primer ciclo marino del Jurásico Medio.

b) El miembro superior de la Formación Río Damas corresponde a una potente secuencia conglomerádica con muy escasas intercalaciones de flujos de lava andesíticos.

c) La Formación Lo Valdés presenta afloramientos de un miembro inferior compuesto por limonitas, areniscas cuarzo-feldespáticas finas a medias y calcarenitas.

d) Las calizas micríticas y calcarenitas que forman el miembro superior de la Formación Lo Valdés afloran en un paquete homogéneo orientado NS a NNE, subvertical, paralelo a las estructuras del Corrimiento El Fierro, que las ponen en contacto con la Formación Río Damas. Localmente se encuentran recristalizadas y con pirita diseminada, además de ser intruídas por diques dacíticos y dioríticos, por lo que se infiere un eventual potencial de skarn en profundidad.

e) La Formación Colimapu está compuesta por areniscas de grano medio y grueso, característicamente rojizas. Afloran en la quebrada del Tigre, donde sobreyacen a la Formación Lo Valdés.

f) La Formación Abanico consiste en una secuencia volcánica-piroclástica, que se compone de andesitas, tobas andesíticas, dacíticas, tobas de ceniza cristalinas, tobas de lapilli lito-cristalinas y brechas piroclásticas (Anexo III; Corte EAE00000011). La secuencia se presenta fuertemente plegada por la acción del Corrimiento El Fierro, con orientaciones NS y manteos 50-70 al W.

g) Los pórfidos dacíticos y riódacíticos sólo afloran en este sector y están asociados espacialmente con las fallas del Corrimiento El Fierro. Se encuentran diques que tienen potencias métricas y orientación NS. Estos cuerpos fueron datados por Rivano et al. (1993) en ~8 Ma (K-Ar, Roca Total). Además, algunos cuerpos menores aparecen en el extremo SE de la zona estudiada. Su emplazamiento es posiblemente hipabisal (Anexo III; Corte EAE00000016).

h) Los pórfidos andesítico-basálticos afloran en el extremo NE del sector, en el cordón fronterizo cerca de paso Leiva, y están asociados a la rama más oriental del Corrimiento El Fierro (Anexo III; Corte EAE0000012). Forman cuerpos tabulares, en general filonianos, de paredes subverticales y en dirección N40°W. También se identificó un cuerpo aislado en la porción media de la quebrada El Tigre. La relación de corte entre estos dos intrusivos no está clara.

3.4.2. Estructuras

El patrón estructural NE se presenta en la parte N del área de estudio. Puede apreciarse desde el punto fronterizo del Paso Leiva, donde controla una zona lixiviada fuertemente argilizada. Corresponde a fallas subverticales cuya prolongación al SW coincide con la traza del valle de Leiva, generando un abrupto quiebre entre la geología NS de Leiva Sur, y los afloramientos plegados en otra orientación hacia el N. Hacia el SW este lineamiento intersecta al prospecto Novicio.

El Corrimiento El Fierro aflora en el extremo SW del área de estudio. Presenta las rocas más jóvenes de la Formación Abanico en el bloque alzado mientras que en el yacente se encuentran rocas de las Formaciones Río Damas y Lo Valdés. De esto se infiere un movimiento normal previo para esta estructura y un control sobre los depocentros de la Formación Abanico ubicados más al W. Además controla el emplazamiento de los stocks dacíticos-riolíticos descritos (Figura 3.11).

Aproximadamente 1 km al E del Corrimiento El Fierro, se observa un retrocorrimiento con vergencia W, que repite la secuencia que compone la Formación Río Damas, cabalgándola sobre la Fm. Lo Valdés. Estas dos estructuras definen un pilar en compresión, al cual se encuentra restringida la zona.

Las secuencias estratificadas de la Formación Río Damas forman un homoclinal, orientado NS a 45°NNE, subvertical al E.

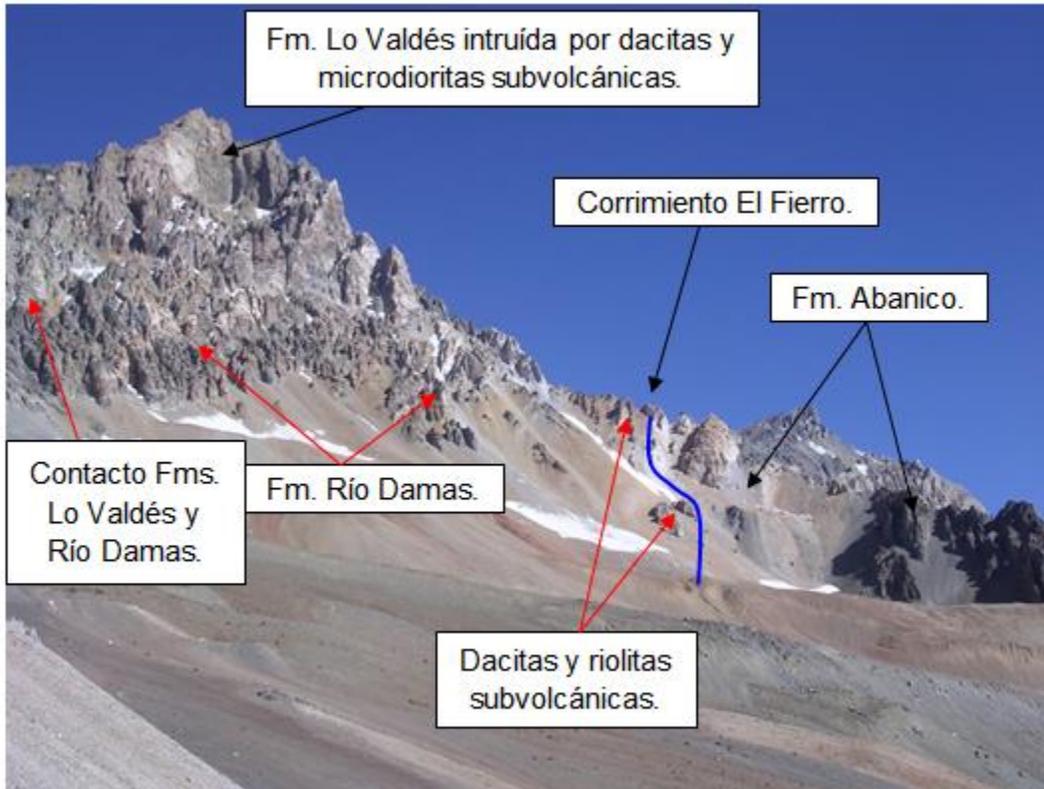


Figura 3.11: Vista panorámica de la parte W del prospecto Leiva Sur. Vista al S. Modificado de Piquer (2007b).

3.4.3. Alteración y Mineralización

La asociación mineral caolinita ± montmorillonita ± cuarzo ± menor sericita afecta las tobas de ceniza de la Formación Abanico cerca de la traza del Corrimiento El Fierro, generando zonas subparalelas a estas estructuras. También se observa argilización en algunos contactos estratigráficos entre distintas unidades mesozoicas, donde este tipo de alteración se asocia generalmente a vetillas con especularita ± goethita ± oxidados de cobre, emplazadas en los planos de estratificación.

La alteración caolinita ± montmorillonita ± cuarzo ± sericita se relaciona directamente con la presencia de stocks dacíticos, rio-dacíticos y riolíticos. Se vuelve más intensa hacia la parte S del área de estudio, donde llega a obliterar completamente las texturas primarias. También afecta a las areniscas del miembro inferior de la Formación Lo Valdés. Presenta diseminación de piritita ± trazas de calcopiritita ± molibdenita, asociadas con vetillas de cuarzo ± calcita ± aragonito.

Se puede definir una relación de sincronía con los eventos argílicos que se superponen al sistema, gracias al mapeo de las vetas y vetillas, su relleno y sus

halos de alteración (Piquer, 2007b). Las mineralogías de relleno de alta sulfidización (enstatita \pm luzonita \pm tetraedrita \pm tenantita), se encuentran en equilibrio con un ambiente argílico. La pirita es alojada principalmente en los pórfidos dacíticos y sedimentos de la Formación Río Damas.

La asociación mineral clorita \pm epidota \pm calcita aparece como reemplazo de minerales máficos y, en menor medida, en vetillas. Domina las rocas volcanoclásticas de la Formación Abanico en el borde SW.

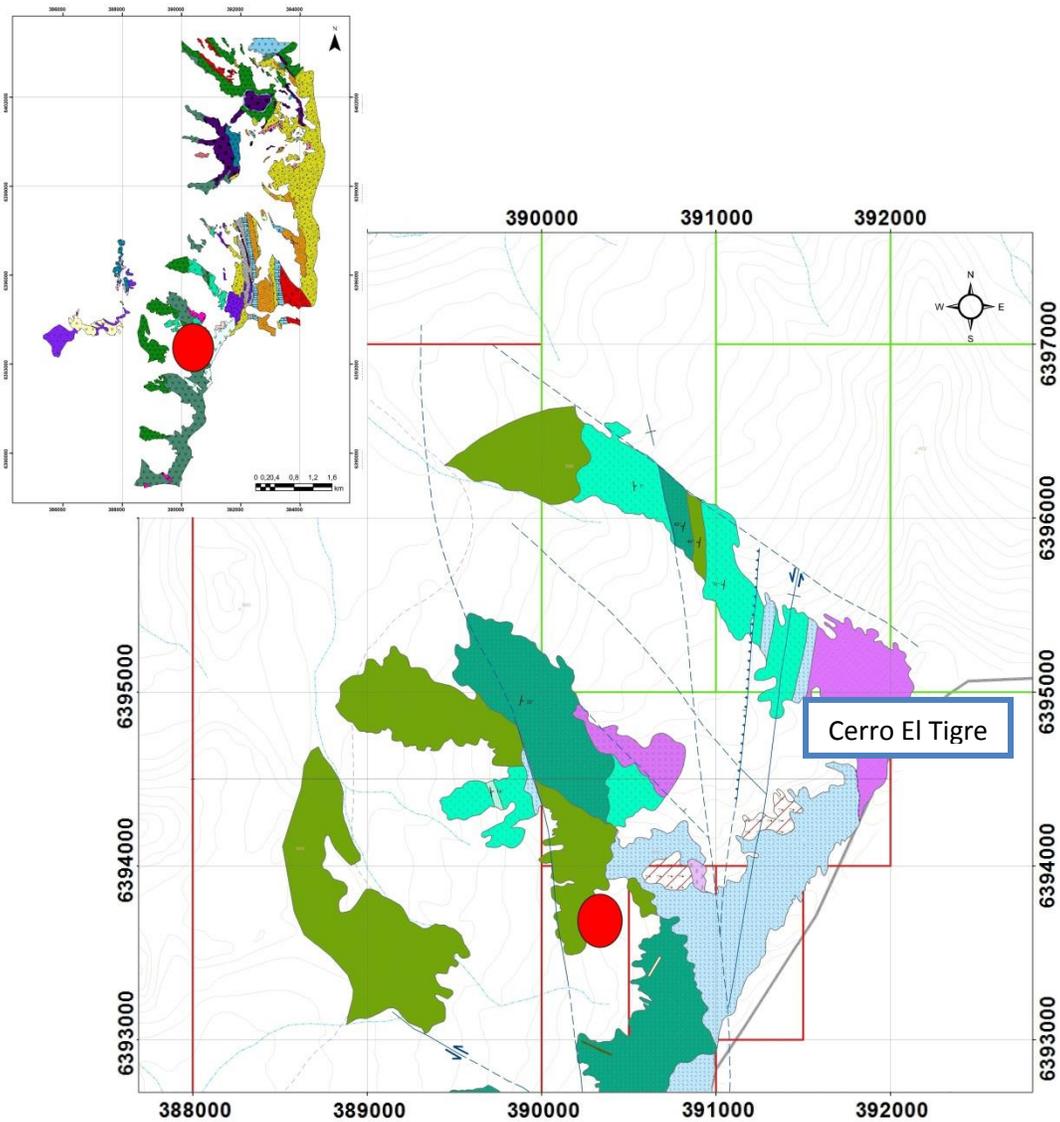
Fueron reconocidas asociaciones tipo Skarn en sedimentitas mesozoicas adyacentes al Corrimiento El Fierro, junto con pórfidos Miocenos (~9 Ma, Rivano et al., 1993). Esta asociación presenta mineralización diseminada.

Se puede encontrar la asociación mineral actinolita \pm clorita en la parte S del área de estudio, con vetillas de actinolita en las sedimentitas mesozoicas que intruyen a los intrusivos miocenos. Además, en la unidad pórfido microdiorítico, se observa reemplazo de actinolita en minerales máficos y en vetillas. También se observan vetillas de pirita, especularita, oxidados de cobre y trazas de molibdenita.

Al N, las rocas sedimentarias presentan vetillas de especularita y/u oligisto, que ocasionalmente portan cantidades importantes de calcopirita y pirita.

3.5. LEIVA SUR SUR (Arrieta, 2014; Becerra, 2012)

Este sector se ubica inmediatamente al S de Leiva Sur, entre las ramas NS del Corrimiento El Fierro (Figura 3.12).



Legenda

Litología

Rocas Estratificadas

- Andesitas porfídicas
- Dique Andesítico
- Tobas de Lapilla
- Tobas de Ceniza
- Tobas Andesíticas
- Areniscas Volcanicas

Rocas Intrusivas

- Monzodiorita
- Pórfido Cuarzo Monzonita
- Pórfido Dacítico
- Veta Yeso (Py-CPy)
- Brecha Intrusivas

Estructuras

- Indica desplazamiento
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Observada
- Rumbo y Manteo
- Contacto Geológico Inferido

Topografía

- Curvas de Nivel
- Hidrografía
- Drenes
- Límites
- Caminos

Figura 3.12: Mapa geológico del sector Leiva Sur Sur. Modificado de Becerra (2012). Se identifica con rojo las coordenadas centrales.

3.5.1. Litología

En el área de trabajo denominada Leiva Sur Sur, afloran principalmente rocas piroclásticas pertenecientes a la Formación Abanico y algunos de los intrusivos mencionados de edad Mioceno.

a) Las principales unidades estratificadas que afloran en el área corresponden a la Formación Abanico y se componen por una secuencia de rocas volcánicas y piroclásticas; compuestas por andesitas, tobas andesíticas, dacitas, tobas de lapilli, tufitas y tobas de cenizas (Anexo III; Cortes EAE00000009, EAE00000010 y EAE00000019). Presentan fuertes basculamientos y/o plegamientos producto del Corrimiento El Fierro.

b) Los cuerpos intrusivos cubren un área total que no supera 1 km² y se ubican en las partes altas del anfiteatro del Cerro El Tigre. Se tratan de intrusivos dacíticos porfídicos, con elongación NS y controlados por estructuras. Esta unidad se caracteriza por colores claros, fenocristales de plagioclasas, relictos de ojos de cuarzo y masa fundamental silíceo. Aparece en contacto por falla en el extremo NE del área.

c) El intrusivo monzonítico es de color gris claro con anfíboles y escasa biotita, textura equigranular a levemente porfídica, con algunas variaciones a aplítica. Presenta abundantes vetillas de anfibolitas, magnetita, cuarzo, feldespato potásico y menor especularita en fracturas (Anexo III; Corte EAE00000018). Se presenta como un stock de 200 x 300 metros, cortando a las rocas piroclásticas y al pórfido dacítico.

d) Además, un pequeño afloramiento, o gran bloque rodado, de intrusivo félsico se encuentra en el centro del campo de morrenas dentro del anfiteatro.

3.5.2. Estructuras

El Corrimiento El Fierro ha ejercido un fuerte control estructural en la configuración de la morfología y la distribución de las principales unidades en el sector. Además, habría permitido el emplazamiento de los cuerpos intrusivos presentes.

Localmente, el patrón principal tiene dirección NW y se expresa ampliamente en el borde N del anfiteatro. Un sistema secundario de fallas inversas de dirección NS se presenta con variaciones de rumbo desde NNW a NNE e inclinaciones desde subvertical a 78°W. Se localizan en el borde W de la cordillera andina con trazas que alcanzan más de 3 km de longitud. Estas estructuras tienen un gran desarrollo de salbanda arcillosa, con espesores entre 20 a 50 cm y claros

indicadores cinemáticos. Dada la cercanía, importancia y actitud se estima que representan ramales del sistema Corrimiento El Fierro.

3.5.3. Alteración y Mineralización

La alteración de mayor distribución corresponde a cuarzo \pm sericita \pm arcillas y afecta principalmente a las tobas de lapilli y tobas cristalinas.

La unidad de tobas de cenizas o tobas cristalinas sufre fuerte argilización, con sericita débil y se encuentra representada principalmente por caolín. Presenta contenidos de sulfuros como pirita \pm trazas de calcopirita. En la parte media, proveniente de las partes altas de la cordillera, rodados de tobas de ceniza presentan fuerte argilización y boxworks de pirita.

La Formación Abanico se presenta poco alterada, con presencia de epidota \pm clorita. En fracturas hay presencia de oxidados de cobre, preferentemente crisocola \pm malaquita \pm probable atacamita. Se distribuye hacia la periferia de la zona anómala en color. Los cortes transparentes muestran que la clorita es de origen deutérico.

La alteración calco-sódica-férrica está presente mayoritariamente en el intrusivo monzonítico, donde está representado por vetas centimétricas y vetillas milimétricas de anfíbola \pm clorita \pm magnetita \pm albita \pm epidota \pm feldespato potásico \pm cuarzo \pm wollastonita \pm escapolita. Durante la campaña de sondaje anterior a este trabajo fueron observados testigos de sondaje que inicialmente fueron asociados a una alteración de feldespato potásico, pero el estudio petrográfico realizado reveló que el color rosa pardusco se debía a la variación del porcentaje de hematita intersticial en una alteración calco-sódica-férrica (Figura 3.13).

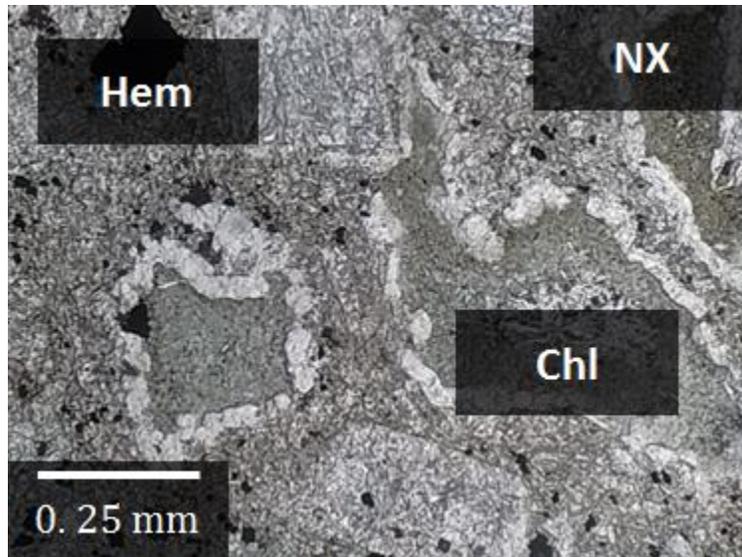
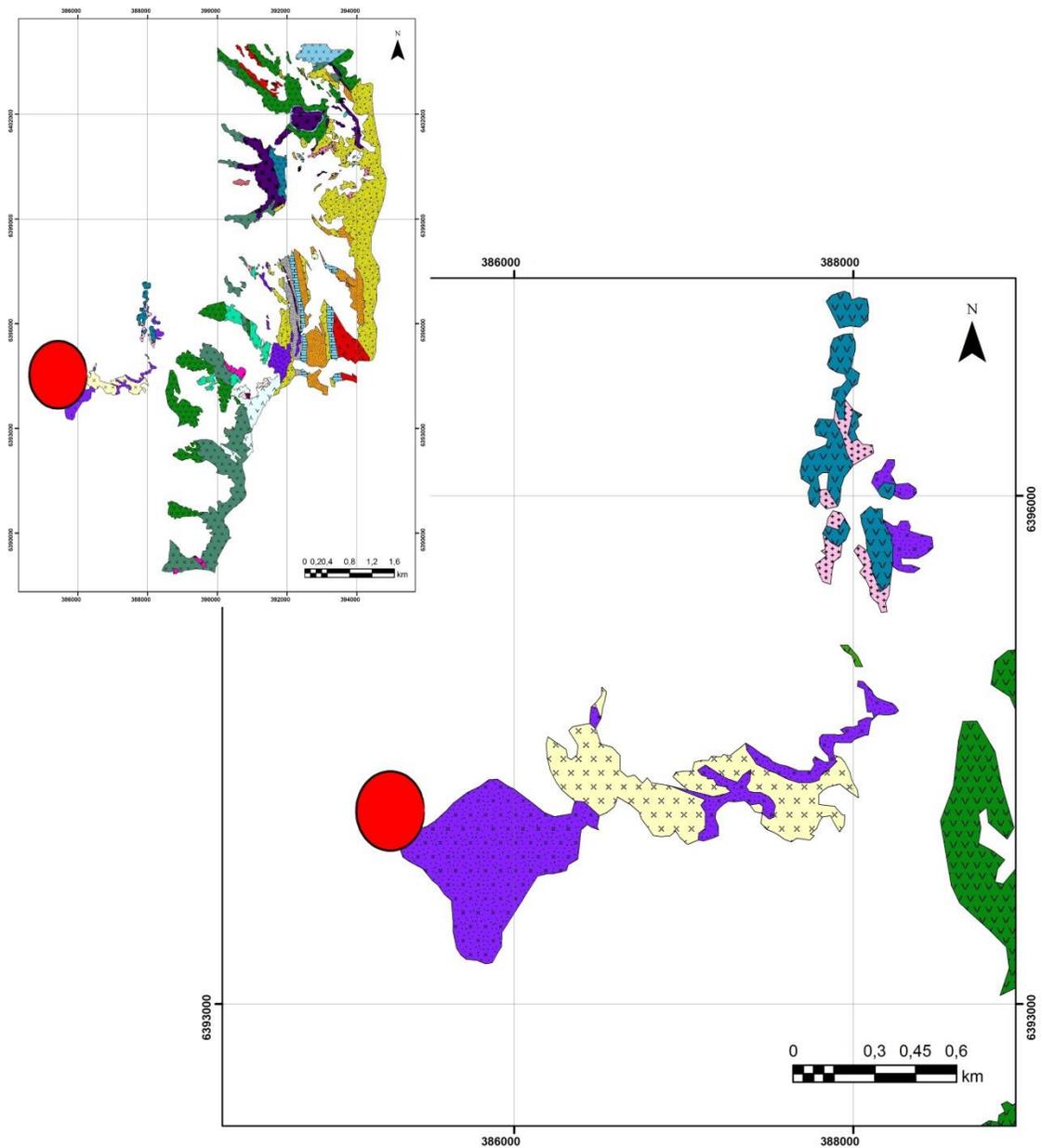


Figura 3.13: Amígdalas con relleno de clorita (Chl) y masa fundamental con hematita (Hem) intersticial. Andesita. Corte EAE00000019.

La mineralización de Cu corresponde mayoritariamente a azurita \pm malaquita \pm crisocola, generada por oxidación de calcopirita. Se distribuye principalmente en los niveles de tobas, en vetas y vetillas con ganga de cuarzo \pm yeso (anhidrita hidratada) \pm baritina. Tanto la mineralización secundaria como primaria, se encuentran mayormente desarrollada en las cercanías del intrusivo monzonítico porfídico, con fuerte alteración calco-sódica. Dentro del intrusivo ocasionalmente se visualiza calcopirita \pm pirita, asociada a vetillas de anfibolita \pm magnetita. Los niveles de tobas de lapilli son los que albergan la mayor cantidad de mineralización de cobre, diseminada y en vetillas, siendo el par calcopirita \pm pirita los principales sulfuros primarios. En algunos rodados se encontró calcosina supérgena sobre calcopirita y también esfalerita \pm enargita, asociada a vetas de cuarzo \pm baritina.

3.6. EL TORDILLO (Thomson, 2005)

Corresponde a una poco explorada zona de alteración hidrotermal conformada por un intrusivo ubicado dentro de un anfiteatro de 1,5 km, a \sim 12 km al SE del Proyecto Novicio (Anglo American) (Figura 3.14).



LEYENDA

ROCAS VOLCÁNICAS	ROCAS INTRUSIVAS
Formación Abanico  Andesita Porfídica	 Pórfido Andesítico Basáltico de Hbl, Ol y Px
Formación Farellones  Toba Litocristalina	 Pórfido Microdiorítico Andesítico de Hbl y Px
 Andesita Dacítica de Hbl	
 Andesita Porfídica	

Figura 3.14: Mapa geológico del sector El Tordillo. Modificado de Piquer (2007b). Se identifica con rojo las coordenadas centrales.

3.6.1. Litología

a) La roca caja corresponde a ignimbritas y tobas riolíticas, con volcarenitas intercaladas, identificadas como Formación Farellones por Rivano et al. (1993).

b) El cuerpo principal corresponde a un intrusivo porfídico dacítico de hornblenda (Anexo III; Corte EAE00000013), emplazado en rocas volcánicas rojas. Se encuentra ubicado dentro de un anfiteatro que mira hacia el N.

c) Hacia los sectores occidental y oriental se incluyen brechas que se extienden cientos de metros.

3.6.2. Estructuras

La zona se encuentra afectada por una serie de fracturas. El rumbo predominante es NW, pero también existen tendencias NS y EW.

3.6.3. Alteración y Mineralización

La zona se encuentra fuertemente sericitizada, silicificada y lixiviada. Existe presencia de limonitas y vetillas síliceas. Se encuentra hematita \pm especularita diseminada y en vetillas; dentro de las brechas y el intrusivo. El corte transparente muestra reemplazo de clorita (Figura 3.15).

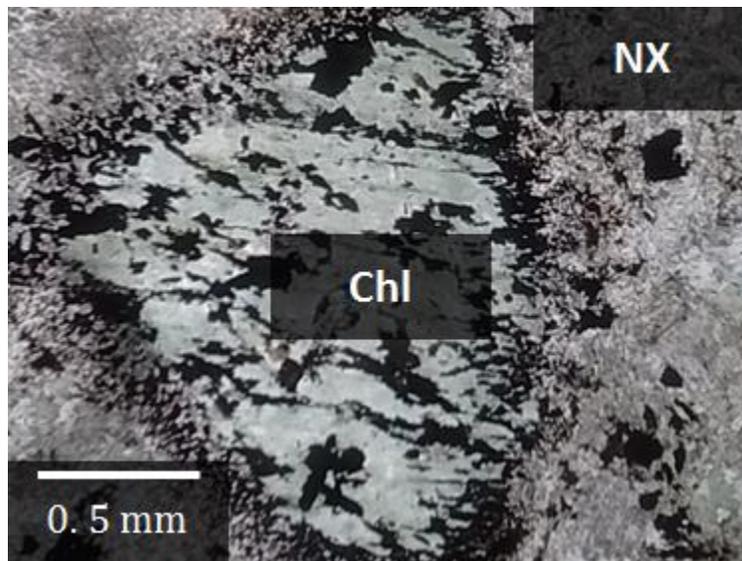


Figura 3.15: Fenocristal de biotita cloritizada (Chl). Pórfido cuarzodiorítico. Corte EAE00000013.

Corresponde a un sistema de vetillas polimetálicas de alta ley, de 2 a 3 mm de espesor y presenta mineralización de calcopirita diseminada \pm galena \pm esfalerita \pm óxidos de Cu. La información preliminar publicada sugiere que existiría un sistema de pórfido cuprífero en profundidad (Thomson, 2005).

El corte pulido realizado se encuentra obliterado por la intensa alteración albítica y subordinadamente por alteración argílica, su posible protolito es una roca volcánica (toba o lava). Se encuentra atravesado por una vetilla gruesa con relleno de cuarzo ± calcita ± siderita ± albita, con agregados de cristales de especularita y con escasa presencia de magnetita, también se observa malaquita de grano fino (Figura 3.16).

La mineralización diseminada corresponde principalmente a cristales de hematita especular, localmente se observa calcopirita remplazada en forma envolvente por limonitas e intercrecimientos con enargita. A nivel traza se observa covelina ± bornita.

De acuerdo a las relaciones de contacto observadas el laboratorio infirió la siguiente secuencia paragenética: Magnetita - Ilmenita - Hematita - (Rutilo) - (Calcopirita - Enargita) – Covelina - Especularita.

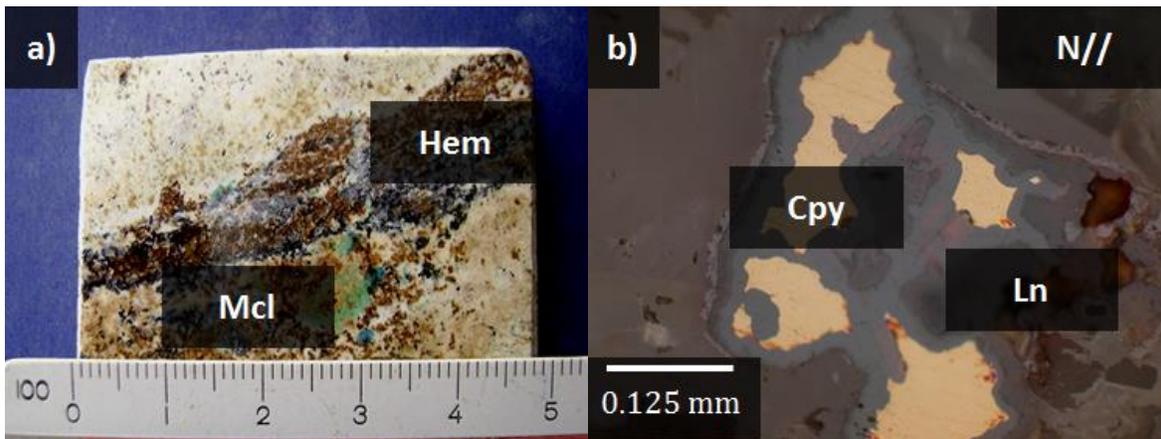


Figura 3.26: a) Vetilla central rellena de cuarzo, calcita-siderita, albita y cristales de especularita (Hem), con mineralización diseminada de malaquita (Mlc). b) Grano de calcopirita reemplazado en forma envolvente por limonitas (Ln). Roca volcánica obliterada. Corte EAE0000014.

4.1. MÉTODO DE TRABAJO

A la información geoquímica levantada anteriormente por EMSA S.A., conformada por 600 muestras de roca, se agregan 40 muestras de superficie tomadas al final de la campaña de verano 2015, las cuales no fueron tomadas personalmente por el autor de este trabajo. Adicionalmente, se añadió información publicada por Cerro Grande Mining Corporation, con valores de Cu y Au para 18 muestras en la zona de El Tordillo (Thomson, 2005), las cuales no cuentan con coordenadas geográficas. Por lo tanto, toda la información disponible se compone de fuentes bibliográficas previas, aportadas por EMSA S.A., y publicaciones. La base de datos total cuenta con 658 muestras, cuya disposición espacial se presenta en la Figura 4.1.

De las muestras tomadas al final de la campaña de verano 2015, 10 corresponden a los intrusivos que afloran en la zona, información con la cual se realizaron los diagramas petrológicos presentados en el CAPÍTULO V: PETROLOGÍA. Los detalles de las muestras de rocas intrusivas estudiadas, así como los resultados analíticos obtenidos para estas se encuentran disponibles en el Anexo I.

Los distintos diagramas fueron realizados usando el software Geochemical Data Toolkit (GCDkit), mientras que los análisis estadísticos fueron realizados usando el software ioGAS. Además, se agrega la información publicada de los proyectos de Novicio, AMOS, West Wall, Pimentón y Vizcachitas, como referencias.

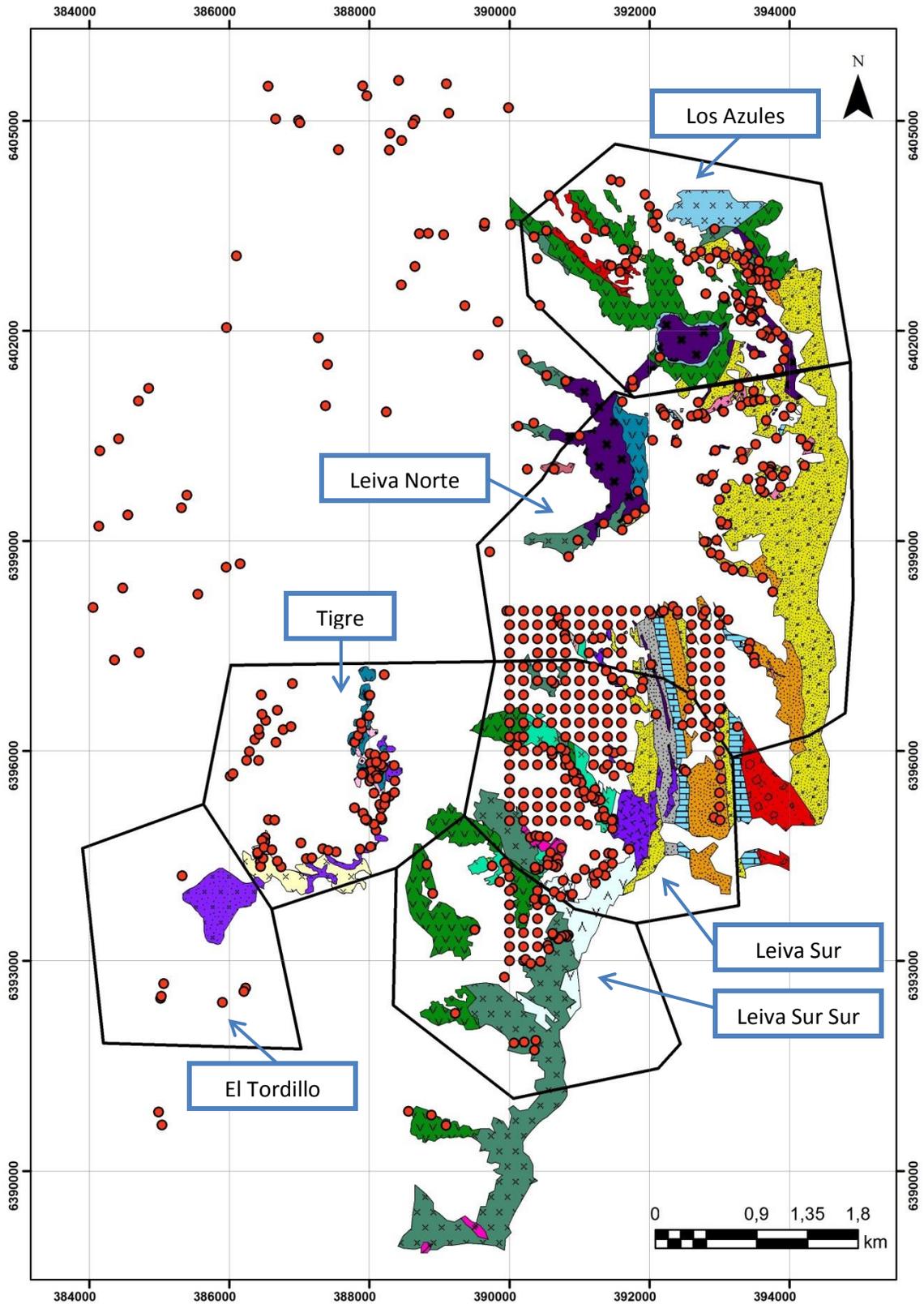


Figura 4.1a: Mapa de afloramientos y muestreo del Bloque Leiva. Modificado de Ahumada (2009), Becerra (2012) y Piquer (2007b).

LEYENDA

Formación Farellones

-  Toba Litocristalina
-  Andesita Dacítica de Hbl
-  Andesita Porfídica

Formación Abanico

-  Toba de Lapilli Litocristalina
-  Toba Riolítica
-  Toba Dacítica
-  Tufita
-  Toba Dacítico Andesítica
-  Basalto de Px
-  Arenisca Volcánica
-  Toba de Ceniza
-  Toba Andesítica
-  Toba de Lapilli
-  Andesita Porfídica

Formación Colimapu

-  Arenisca Roja

Formación Lo Valdés

-  Caliza Micrítica
-  Arenisca - Calcoarenisca

Formación Rio Damas

-  Yeso
-  Conglomerado Grueso
-  Arenisca Gruesa

Intrusivos

-  Dique Andesítico
-  Brecha Intrusiva
-  Brecha Hidrotermal
-  Pórfido Andesítico de Hbl
-  Pórfido Diorítico - Cuarzodiorítico
-  Pórfido Monzonítico
-  Pórfido Cuarzomonzonítico
-  Pórfido Dacítico
-  Pórfido Andesítico Basáltico de Hbl, Ol y Px
-  Pórfido Microdiorítico Andesítico de Hbl y Px

Muestreo

-  Muestra de Roca
-  Sector

Figura 4.1b: Leyenda del mapa de afloramientos y muestreo del Bloque Leiva. Modificado de Ahumada (2009), Becerra (2012) y Piquer (2007b).

4.1.1. Métodos de Análisis

Los análisis de litogeoquímica recibidos cumplen con los procedimientos regulares de EMSA S.A. para este tipo de muestreo. Los estudios realizados a muestras obtenidas al final de la campaña de verano 2015, focalizadas para estudios petrogenéticos comparativos, fueron realizados en los laboratorios de

Andes Analytical Assay Ltda., mediante Espectrometría de Masa (ICP MS) para 52 elementos y Ensaye a Fuego (EF) para el Au.

Se pesaron 200 mg de muestra en una balanza analítica con precisión de 0.1 mg. Posteriormente se realizó el proceso de digestión de 4 ácidos a la muestra: se agregaron 3 ml de ácido fluorhídrico (HF); se agitó y dejó digerir en frío por 30 minutos; se adicionó una mezcla ácida (5 ml de HNO₃ + 15 ml de HCl + 2 ml de HClO₄); se llevó a una plancha hasta la sequedad, sin alcanzar a tostar la muestra, pues esto puede recristalizar el Au disuelto y hacerlo insoluble en el HCl diluido, para eliminar la mayor parte de los nitratos y el ácido nítrico; se disgregó con 25 ml de agua regia; se calentó hasta hervirla; se enfrió y transfirió a un volumétrico de 100 ml; se aforó y agitó; finalmente se trasvasó a un tubo para la determinación final en el ICP MS.

Los límites de detección para cada elemento se incluyen en el Anexo II. El método utilizado no puede disolver minerales muy resistentes, por lo que los resultados pueden ser poco representativos para ciertos elementos (Más información en el apartado 1.5. Limitaciones).

4.1.2. Control de Calidad

El control de calidad de los análisis fue realizado a través de duplicados. Se obtuvieron los errores analíticos utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Error Analítico } i = \frac{|O_i - D_i|}{\left(\frac{O_i + D_i}{2}\right)}$$

Para cada elemento i : O_i es la concentración original reportada por el laboratorio mientras D_i es el valor del duplicado del laboratorio, correspondiente a la muestra O_i . Para tener una precisión aceptable se fija un límite del <10% de error analítico, aunque <20% es aceptable.

En general las muestras presentan buena precisión, con errores dentro de los márgenes esperados, por lo que solo se mencionarán las excepciones. Los errores analíticos obtenidos entre las muestras originales y sus duplicados para cada elemento están incluidos en el Anexo I: Resultados Analíticos.

Los elementos con muestras que presentan errores mayores al 10% se debe a que tienen concentraciones muy bajas (Cu, Ni y Pb) o por limitaciones metodológicas como la digestión parcial de especies minerales (Ta, U y W) y volatilización de las muestras (S). Este último caso parece tener mayor impacto pues 2 de las 3 muestras con duplicados no se encuentran dentro de rango y

siendo este elemento el único con una muestra que presenta un error analítico mayor al 20%.

4.1.3. Poblaciones Estadísticas y Estadígrafos Básicos

En primera instancia se separó la base de datos usando criterios geográficos (6 familias de datos, correspondientes a las zonas de alteración hidrotermal) y litológicos (12 familias, que incluyen roca de caja e intrusivos). Se definió que el valor mínimo de muestras necesarias para conformar una familia de datos estadísticamente válida está conformada por 7 casos independientes, por lo cual algunas litologías con menor información disponible no se encuentran presentes en este estudio.

Las distintas familias de datos fueron obtenidas con el software ArcGIS, que permitió intersectar puntos asociados a cada muestra con polígonos asociados a cada litología y zona de alteración hidrotermal, como se observa en la Figura 4.1, dado que no se contó con las descripciones geológicas asociadas a cada localidad de muestreo en la base de datos provista por EMSA S.A.

Para identificar la línea base de las familias asociadas a cada litología y zona de alteración hidrotermal se asumió que la concentración de los elementos en la naturaleza presenta una distribución lognormal (Lepeltier, 1969), por lo cual las familias de datos fueron transformadas a \log_{10} y se realizaron histogramas para discriminar los datos que se alejaban de la distribución normal. Una vez identificados y removidos los *outliers*, se aplicó la función antilog correspondiente para recuperar las concentraciones en su unidad correspondiente. Este subconjunto de datos se denomina población lognormal e identifica la familia de datos representativa de cada unidad de roca. Se considera que las anomalías corresponden a particularidades geológicas del muestreo, como estructuras y vetillas, por lo que fueron reconocidas y removidas.

Los estadígrafos básicos fueron obtenidos utilizando el software ioGAS, mientras que el umbral de anomalía para cada familia (distrital, local y litológico) se calculó con el valor medio más dos desviaciones estándar de las poblaciones lognormales correspondientes.

Los análisis estadísticos fueron realizados para nueve elementos de interés: cobre, oro, plata, molibdeno, arsénico, plomo, zinc, hierro y azufre. En este capítulo se presentan los principales resultados del estudio, para mayor información referirse al Anexo V: Estadígrafos.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO UNIVARIABLE

4.2.1. Distrital

Para este análisis se realizó un histograma con el total de muestras transformadas a \log_{10} , sin discriminación por litología o zona de alteración hidrotermal.

En la Tabla 4.1 se observa que en general el Bloque Leiva en su conjunto posee valores medios sobre los rangos normales, especialmente en Mo, Ag y As. La anomalía más marcada es la de As, que presenta ~9 veces el valor de la media mundial y que tiene alta probabilidad de incluir en su muestreo rocas de sistemas del tipo pórfido Cu-Au (Sillitoe, 2010). Las medias que se presentan dentro del rango de la corteza son el Cu y el Zn, con el Fe presentando una media más baja, mientras que el resto de los elementos presenta variaciones superiores al promedio.

Tabla 4.1: Umbrales de anomalía distrital y medias para el Bloque Leiva, medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985) y la razón entre ambos valores.

Elemento	Umbral de Anomalía Distrital	Media Bloque Leiva	Medias Mundiales	Razón Media Bloque Leiva/Media Mundial
Cu [ppm]	165,54	52,58	30-72	Dentro del promedio
Mo [ppm]	9,63	3,59	1,0-1,5	~3 veces mayor
Ag [ppm]	0,47	0,21	0,07-0,10	~2 veces mayor
As [ppm]	39,3	13,06	1,5	~9 veces mayor
Au [ppb]	10,66	4,44	3,2-4	Ligeramente mayor
Pb [ppm]	46	16,78	4-15	Ligeramente mayor
Zn [ppm]	259,89	91,11	60-94	Dentro del promedio
Fe [%]	7,47	4,05	5	Ligeramente menor
S [%]	0,45	0,13	0,05	~2 veces mayor

Las medias de elementos metálicos son menores que los valores medios y umbrales de anomalía publicados para los prospectos cercanos (Tabla 4.2), pero, como corresponden a rocas alteradas, dentro de sistemas mineralizados, solo se consideran como una referencia de las concentraciones de elementos de interés de los sectores que rodean el Bloque Leiva.

Tabla 4.2.a: Medias publicadas para AMOS y West Wall. Umbrales de anomalía para Novicio.

Elemento	Novicio (Ortúzar, 2006)	AMOS (Cortés, 2011)	West Wall (Xtrata, 2012)
Cu [ppm]	209,076	2000-2500	5500
Mo [ppm]	7,033	25-30	90
Ag [ppm]	0,237	-	-
Au [ppb]	20	<100	47
Pb [ppm]	25,396	-	-
Zn [ppm]	93,835	-	-

Tabla 4.2.b: Medias publicadas para tres testigos de sondaje obtenidos en Pimentón.

Elemento	Pimentón PM-DD-004 (Pardo, 2006)	Pimentón PM-DD-005 (Pardo, 2006)	Pimentón PM-DD-006 (Pardo, 2006)
Cu [ppm]	2800	1200	2300
Au [ppb]	320	100	260

Tabla 4.2.c: Medias publicadas para las distintas zonas minerales de Vizcachitas.

Elemento	Vizcachitas Overburden (Vázquez et al., 2008)	Vizcachitas Leach / Oxide (Vázquez et al., 2008)	Vizcachitas Supergene (Vázquez et al., 2008)	Vizcachitas Primary (Vázquez et al., 2008)
Cu [ppm]	200	3200	3800	2900
Mo [ppm]	20	80	80	90

4.2.2. Litológico

Utilizando las medias mundiales publicadas para las distintas litologías (Turekian & Wedepohl, 1961; Wedepohl, 1978; Levinson 1974) se observa un comportamiento parecido al caso distrital, con medias de Cu cercanas al promedio mundial, pero con la mayoría del resto de los elementos presentando valores superiores a sus respectivos promedios globales (Tabla 4.3).

Tabla 4.3a: Medias para la Formación Rio Damas y media mundial para las areniscas (Turekian & Wedepohl, 1961; Wedepohl, 1978; Levinson 1974). La X corresponde al orden de magnitud de la media.

Elemento	Media Fm Rio Damas Arenisca	Media Fm Rio Damas Conglomerado	Media Mundial Arenisca
Cu [ppm]	21,98	46,86	X
Mo [ppm]	2,55	2,03	0,2
Ag [ppm]	0,21	0,31	0,0X
As [ppm]	10,71	16,16	1
Au [ppb]	2,5	2,81	X
Pb [ppm]	11,03	12,09	7
Zn [ppm]	89,34	58,29	16

Tabla 4.3b: Medias para la Formación Abanico y media mundial para las rocas ígneas de composición andesítica (Turekian & Wedepohl, 1961; Wedepohl, 1978; Levinson 1974).

Elemento	Media Fm Abanico Andesita Porfídica	Media Fm Abanico Toba Andesítica	Media Fm Abanico Toba de Ceniza	Media Fm Abanico Toba de Lapilli	Media Mundial Rocas Ígneas Andesíticas
Cu [ppm]	50,02	31,1	48,45	17,65	30-72
Mo [ppm]	2,56	3,12	2,57	4,86	1-1,5
Ag [ppm]	0,18	0,22	0,25	0,21	0,07-0,1
As [ppm]	12,04	12,1	9,35	13,38	1,5-2
Au [ppb]	2,73	3,53	4,29	5,44	3,2-4
Pb [ppm]	11,74	10,35	7,6	6,84	4-15
Zn [ppm]	94,15	72,18	21,77	29,87	60-94

Tabla 4.3c: Medias para la Formación Farellones y media mundial para las rocas ígneas de composición andesítica (Turekian & Wedepohl, 1961; Wedepohl, 1978; Levinson 1974).

Elemento	Media Fm Farellones Andesita Porfídica	Media Fm Farellones Toba Lito Cristalina	Media Mundial Rocas Ígneas Andesíticas
Cu [ppm]	39,72	53,35	30-72
Mo [ppm]	0,54	3,74	1-1,5
Ag [ppm]	0,11	0,07	0,07-0,1
As [ppm]	11,3	22,32	1,5-2
Au [ppb]	2,5	2,5	3,2-4
Pb [ppm]	23,78	12	4-15
Zn [ppm]	88,44	112,5	60-94

Tabla 4.3d: Medias para las rocas intrusivas y media mundial para las rocas ígneas de composición andesítica (Turekian & Wedepohl, 1961; Wedepohl, 1978; Levinson 1974).

Elemento	Media Pórfido Cuarzo Monzonita	Media Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Media Brecha Intrusiva	Media Pórfido Andesítico de Hbl	Media Mundial Rocas Ígneas Andesíticas
Cu [ppm]	27	48,77	39,8	27,14	30-72
Mo [ppm]	0,7	3,58	11,92	1	1-1,5
Ag [ppm]	0,14	0,1	0,25	0,12	0,07-0,1
As [ppm]	12,4	14,99	10,6	17,36	1,5-2
Au [ppb]	2,5	2,5	5,4	2,5	3,2-4
Pb [ppm]	3,2	17,94	5	4,86	4-15
Zn [ppm]	29,75	88,68	17,25	60,47	60-94

4.2.3. Diagramas de Caja

Los *boxplots*, o diagramas de caja, son gráficos basados en cuartiles, que permiten visualizar la distribución y dispersión de un conjunto de datos, los valores mínimo y máximo, la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución. En la Figura 4.2 se muestran las distintas partes que conforman esta clase de gráficos.

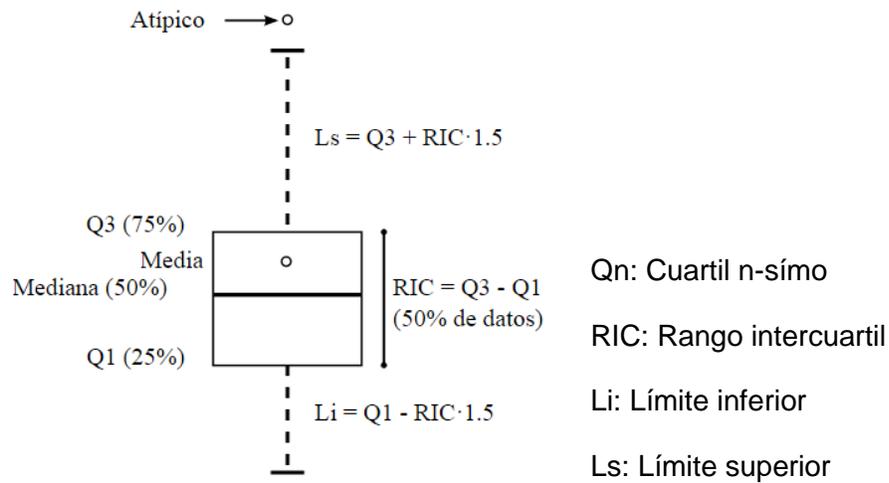


Figura 4.2: Partes de un diagrama de caja.

Los diagramas de caja presentados por sector se realizaron utilizando las familias de datos correspondientes al total de muestras para cada zona de alteración hidrotermal, dado que el objetivo es visualizar las variaciones en el contenido anómalo; mientras que los realizados por litología se realizaron utilizando las familias de datos correspondientes a la población lognormal correspondiente, para comparar las rocas promedio que conforman el Bloque Leiva.

En este capítulo se presentan los *boxplots* de 4 elementos, los cuales presentan comportamientos diferentes y responden a distintos procesos, que se explican en la en la Tabla 4.4. El resto de los diagramas están incluidos en el Anexo V: Estadígrafos.

Tabla 4.4: Zonación del Cu, Mo, Zn y Pb en un sistema de pórfido cuprífero y su movilidad relativa.

Elemento	Zonación Metálica (Sillitoe, 2010)	Movilidad (Andrews-Jones, 1968)
Cobre	Temprana / Proximal	Alta
Molibdeno	Temprana / Proximal	Menor al Cu (Pokalov & Orlov, 1974)
Plomo	Tardía / Distal	Baja
Zinc	Tardía / Distal	Alta

Dado que las concentraciones elementales en la naturaleza presentan una distribución lognormal (Lepeltier, 1969), los diagramas de caja se realizaron usando una escala logarítmica, lo que permite una mejor visualización de las

distintas poblaciones de datos. Se utilizarán los umbrales de anomalía distrital presentados en la Tabla 4.1 como referencia para el comportamiento local y litológico.

4.2.3.1. Por Sector

Los sectores de Los Azules, Leiva Norte, Tigre, Leiva Sur y Leiva Sur Sur presentan una distribución general de concentraciones de Cu relativamente similar, con medias y medianas dentro del mismo orden de magnitud, pero con dispersiones diferentes. En particular, los casos de Leiva Norte y Tigre presentan mayores *outliers*, mientras que Leiva Sur Sur presenta pocas concentraciones sobre el umbral de anomalía distrital. El sector de El Tordillo presenta un diagrama sumamente disperso, que representa el importante sesgo en el muestreo que tiene esta familia de datos (Figura 4.3).

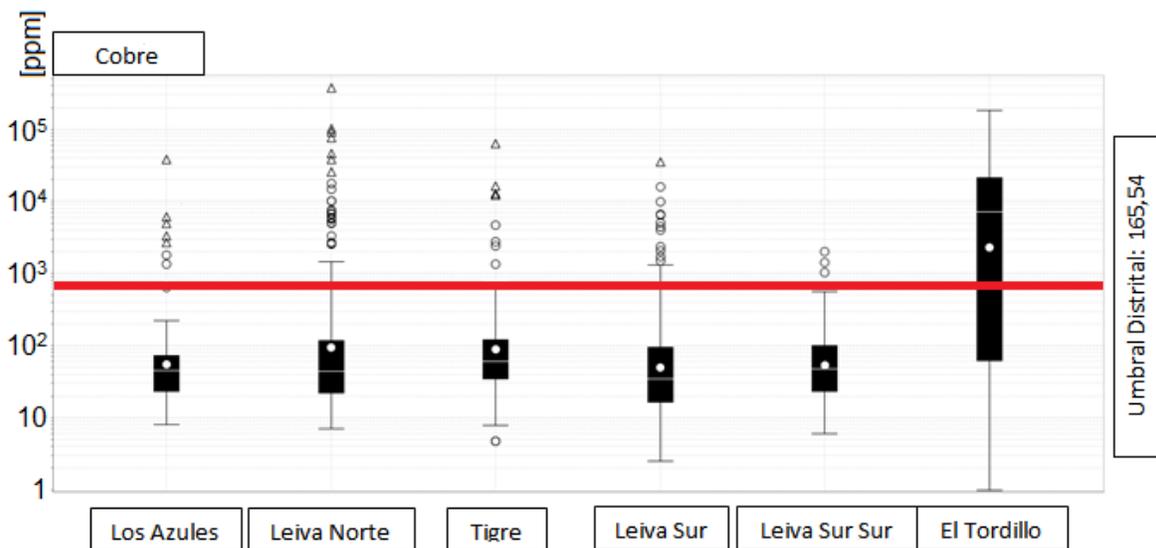


Figura 4.3: Diagrama de caja para Cu, por sector. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

Las medias y medianas de todos los sectores tienen un valor parecido, aunque solo Leiva Norte, Tigre y Leiva Sur presentan mayor cantidad de concentraciones sobre el umbral de anomalía distrital (Figura 4.4).

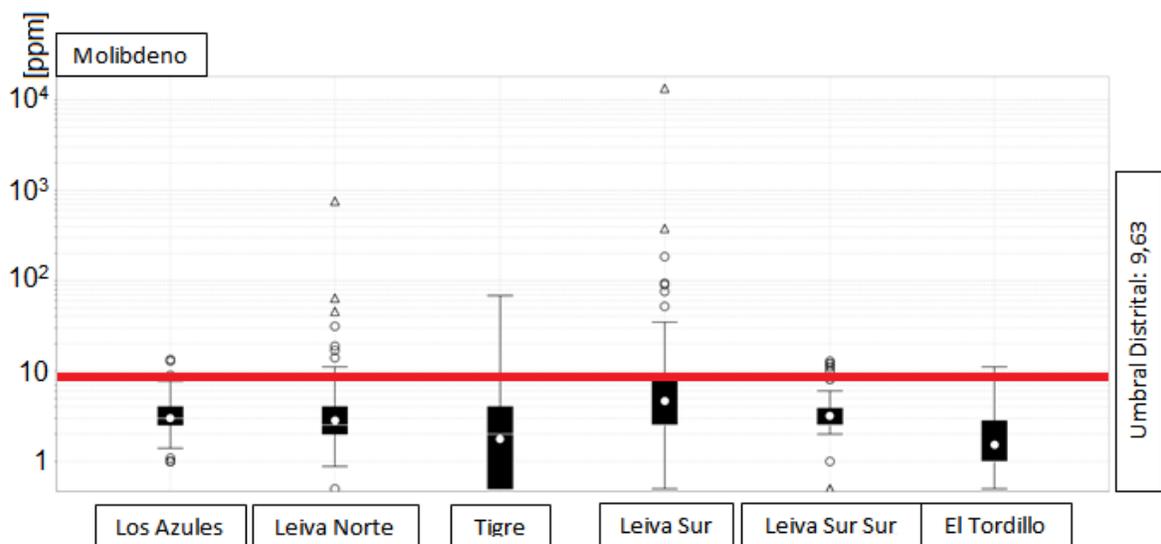


Figura 4.4: Diagrama de caja para Mo, por sector. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

Los sectores de Los Azules, Leiva Norte, Tigre, Leiva Sur y Leiva Sur Sur presentan distribuciones similares de Pb, pero Leiva Norte y Tigre tienen la mayor cantidad de concentraciones *outlier*. El Tordillo muestra una distribución sumamente acotada y completamente bajo el umbral de anomalía distrital (Figura 4.5).

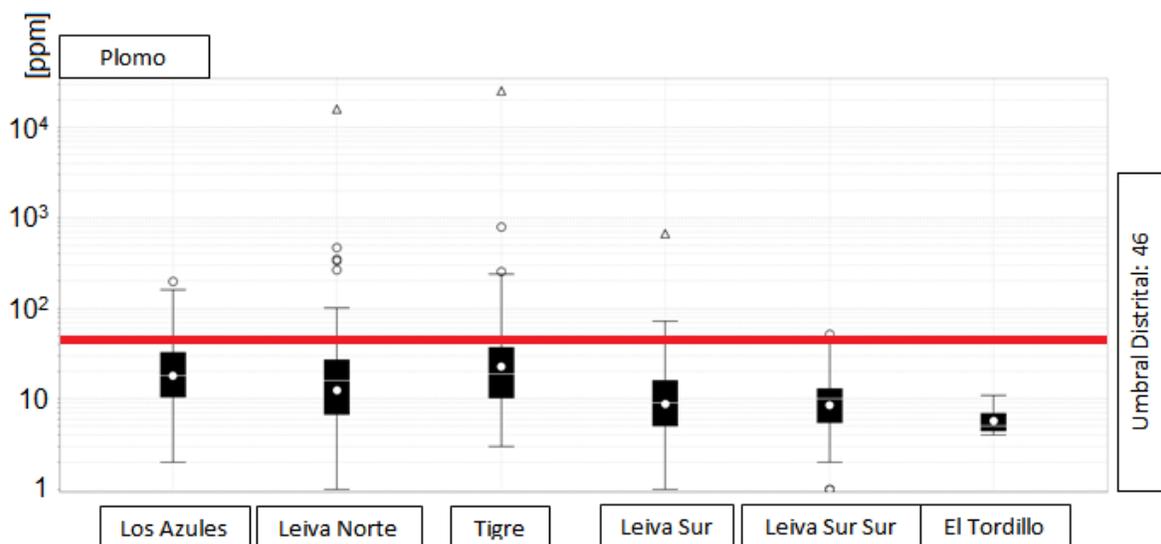


Figura 4.5: Diagrama de caja para Pb, por sector. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

La distribución de Zn es similar para los sectores de Los Azules, Leiva Norte y Tigre, presentando una mayor simetría, incluso presentando *outliers* sobre

y bajo los cuartiles. Leiva Sur Sur presenta un comportamiento parecido pero más asimétrico, con una dispersión más destacada en los cuartiles superiores. Leiva Sur presenta una distribución mucho más amplia que el resto de los sectores, pero su dispersión también es asimétrica, con mayores poblaciones en los cuartiles menores. El Tordillo es la zona de alteración hidrotermal más compacta y se encuentra totalmente bajo el umbral de anomalía distrital, pero se observa una marcada asimetría en los cuartiles superiores (Figura 4.6).

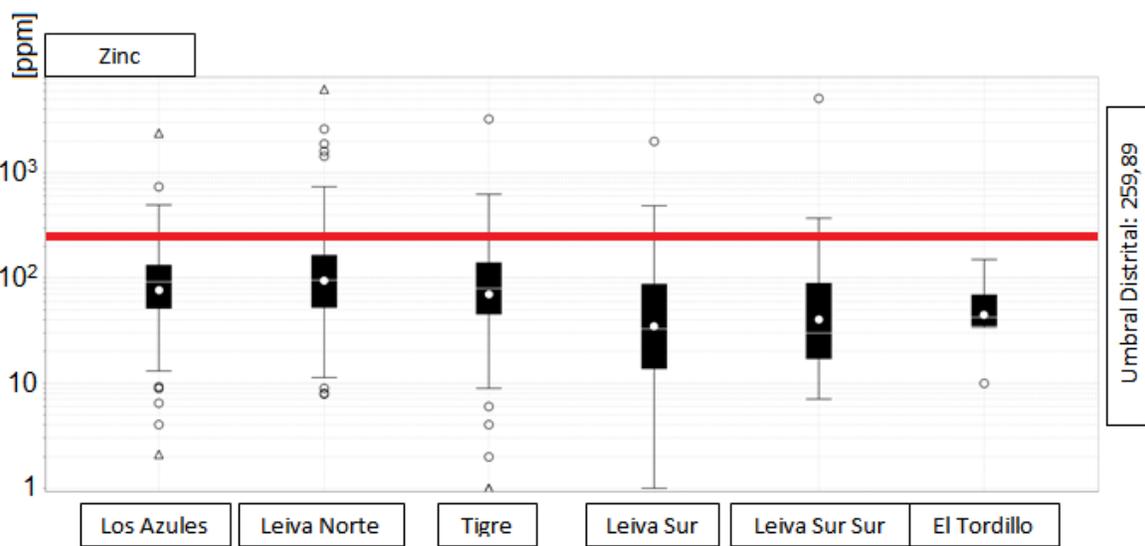


Figura 4.6: Diagrama de caja para Zn, por sector. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

4.2.3.2. Por Litología

La roca caja del Bloque Leiva presenta valores medios y medianas de Cu dentro del mismo orden de magnitud, pero con variaciones importantes. Para la Formación Rio Damas se observa que las areniscas presentan valores medios más bajos pero con una dispersión mayor en el tercer cuartil mientras que los conglomerados tienen concentraciones generalmente más altas, con una distribución simétrica. En la Formación Abanico se puede observar que las andesitas y las tobas andesíticas presentan un comportamiento similar, pero las andesitas tienen una mayor asimetría en sus segundo y tercer cuartiles; mientras que las tobas de ceniza y de lapilli presentan una mayor dispersión de datos en sus primero y segundo cuartil. La Formación Farellones es la que presenta las diferencias litológicas más marcadas, con las andesitas presentando valores dispersos con una asimetría marcada en los primeros cuartiles mientras que las tobas lito cristalinas tienen una distribución compacta pero relativamente alta. Solo los conglomerados de la Formación Rio Damas tienen *outliers*, los cuales se encuentran por sobre el umbral de anomalía distrital (Figura 4.7).

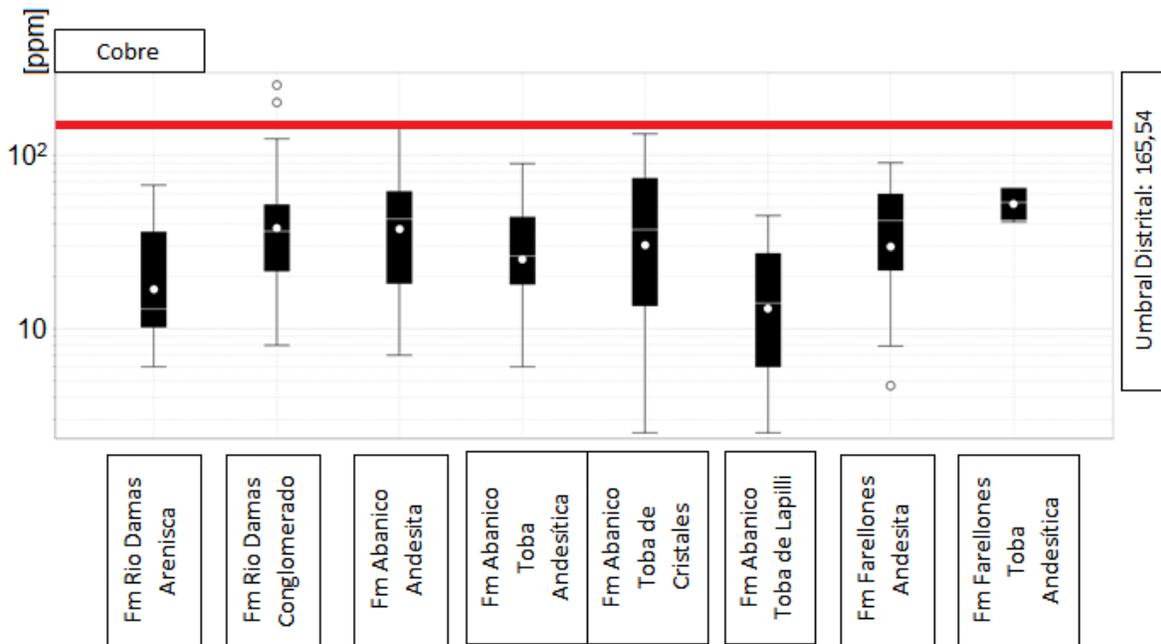


Figura 4.7: Diagrama de caja para Cu, por litología de caja. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

Mientras que cada uno de los intrusivos presenta comportamientos distintos. Los intrusivos cuarzo monzoníticos tienen un contenido acotado de Cu, en comparación con los intrusivos dioríticos que presentan el último cuartil más alto, pero mayor dispersión en su familia de datos. Aunque la brecha intrusiva presenta media y mediana similares a las del pórfido cuarzo monzonítico, es mucho más asimétrica, con una dispersión importante en los tercer y cuarto cuartil. El pórfido andesítico presenta una alta dispersión y asimetría en su tercer cuartil pero sus valores por lo general son más bajos que los obtenidos en el pórfido diorítico y la brecha intrusiva. Todos los diagramas de caja de la población lognormal se presentan bajo el umbral de anomalía distrital (Figura 4.8).

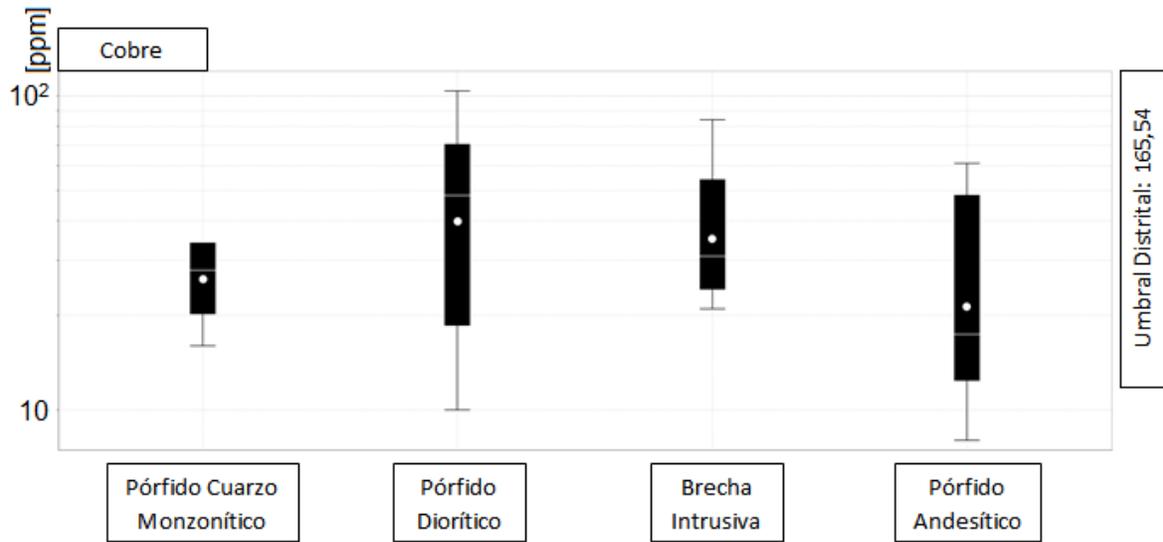


Figura 4.8: Diagrama de caja para Cu, por litología intrusiva.

El Mo presenta diagramas de caja sumamente dispares. En la Formación Rio Damas se observa que las medias y medianas son similares pero la dispersión de datos es mucho mayor los conglomerados. Las andesitas y las tobas andesíticas de la Formación Abanico son similares, pero la lava tiene una mayor dispersión en su primer y cuarto cuartil, mientras que la toba tiene mayor contenido de *outliers*; las concentraciones en la toba de ceniza presentan una variación casi nula y en la toba de lapilli presentan gran simetría y dispersión, siendo esta última unidad la única con concentraciones mayores al umbral de anomalía distrital. En la Formación Farellones las andesitas presentan valores extremadamente bajos mientras que en la toba lito cristalina se observan concentraciones similares a las encontradas en el resto de la roca caja pero con una menor dispersión (Figura 4.9).

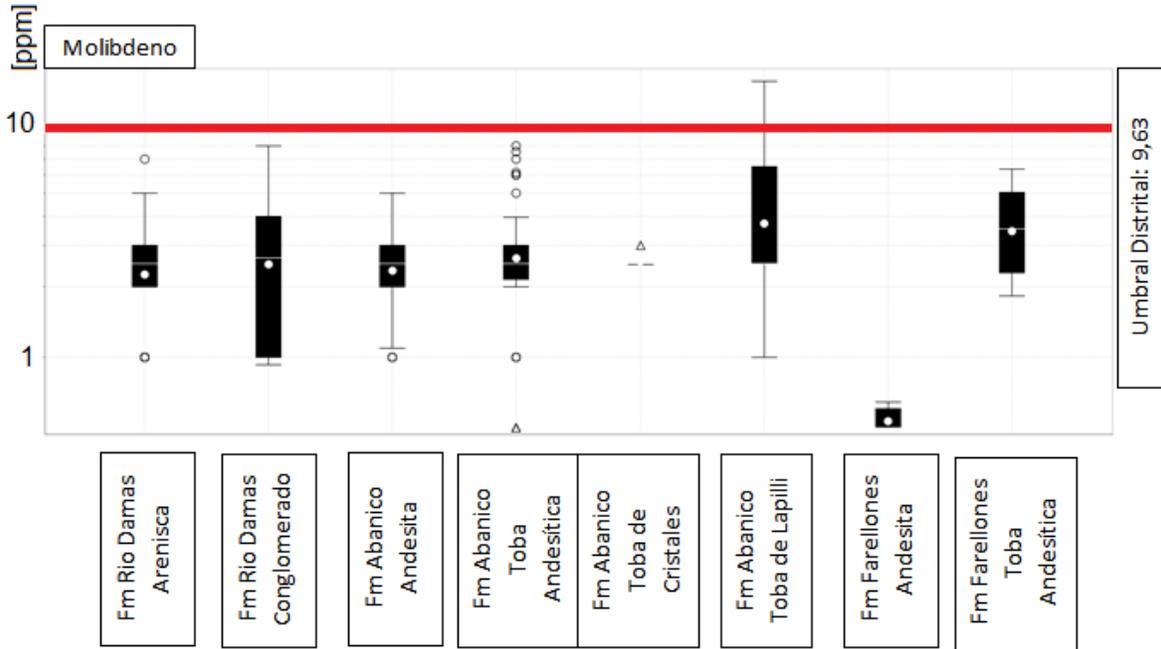


Figura 4.9: Diagrama de caja para Mo, por litología de caja. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

El contenido de Mo en los cuerpos intrusivos tiene un comportamiento claro y diferente. El intrusivo cuarzo monzonítico presenta concentraciones bajas y poca dispersión de datos. El intrusivo diorítico presenta concentraciones y dispersión intermedia. La brecha intrusiva tiene mayores concentraciones y dispersión, con una media y media superiores al umbral de anomalía distrital. El pórfido andesítico no presenta variación en sus concentraciones (Figura 4.10).

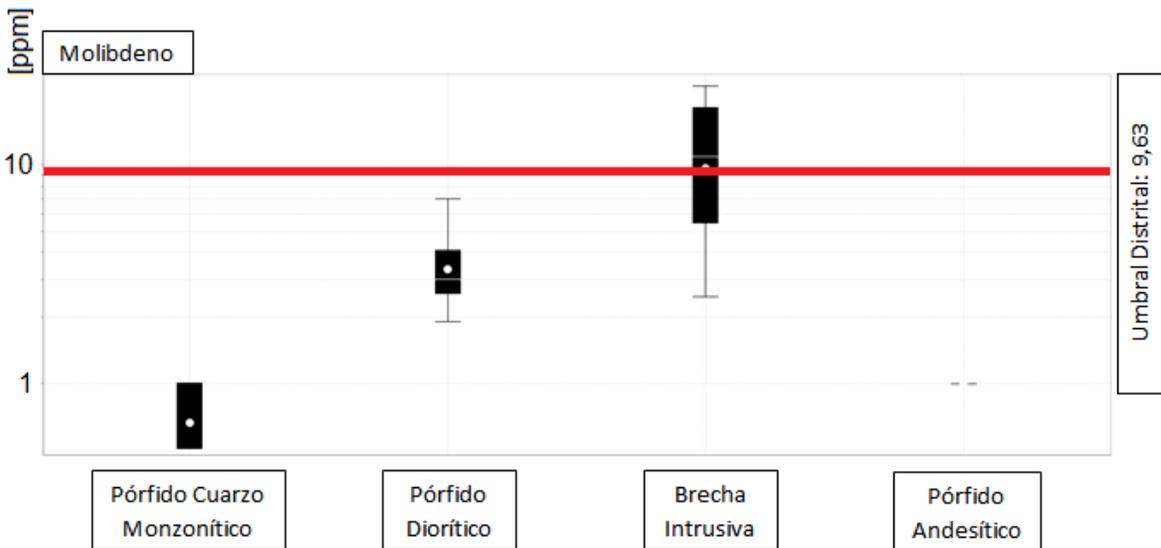


Figura 4.10: Diagrama de caja para Mo, por litología intrusiva. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

El contenido de Pb en la Formación Rio Damas presenta valores medios similares pero los conglomerados tienen una dispersión y asimetría mayor que las areniscas. Las andesitas de la Formación Abanico presentan una gran asimetría y dispersión en su primer cuartil; las tobas andesíticas y de cristales presentan, en promedio, concentraciones algo más bajas pero su dispersión es menor y tienen mejor simetría; mientras que la toba de lapilli presenta una asimetría en el primer y segundo cuartil. En comparación con las otras litologías, la Formación Farellones presenta medias altas y familias de datos compactas. Todas las poblaciones lognormales se encuentran bajo el umbral de anomalía distrital. (Figura 4.11).

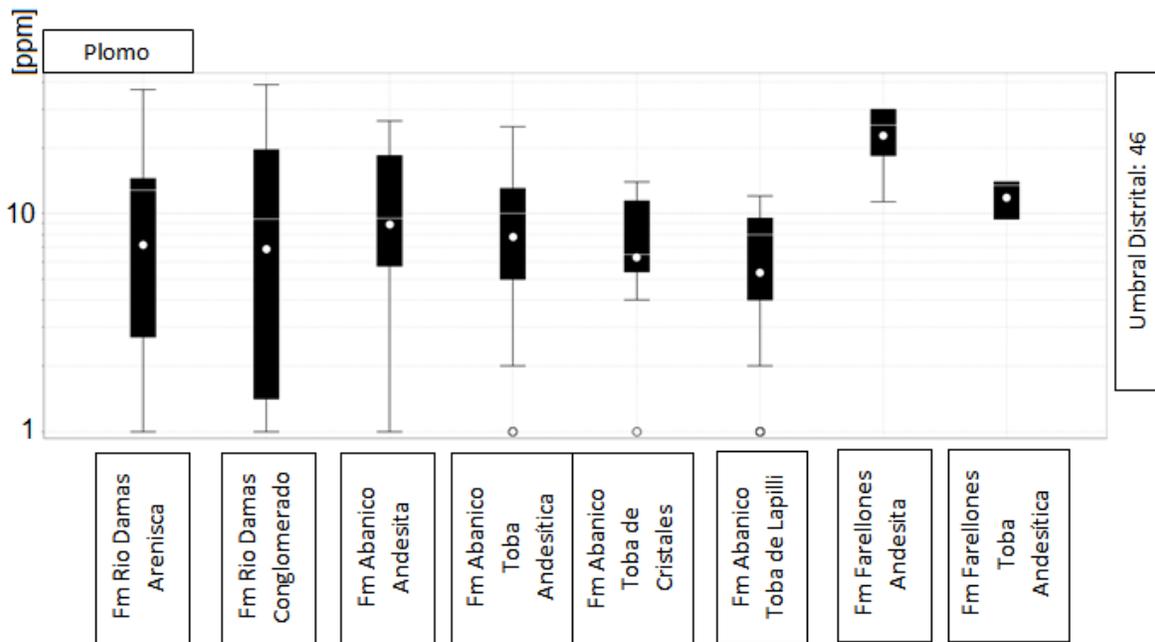


Figura 4.11: Diagrama de caja para Pb, por litología de caja.

En el intrusivo cuarzo monzonítico se observa una distribución simétrica, con una ligera dispersión en el cuarto cuartil y bajas concentraciones. El pórfido diorítico presenta las concentraciones más altas pero también la mayor dispersión, con una importante asimetría en los primeros dos cuartiles. La brecha intrusiva presenta concentraciones intermedias en una distribución acotada. Aunque el pórfido andesítico tenga una mediana similar a las otras litologías, presenta una gran asimetría, con una importante dispersión en el segundo cuartil y las concentraciones más bajas. Nuevamente ninguna población lognormal presenta concentraciones mayores al umbral de anomalía distrital (Figura 4.12).

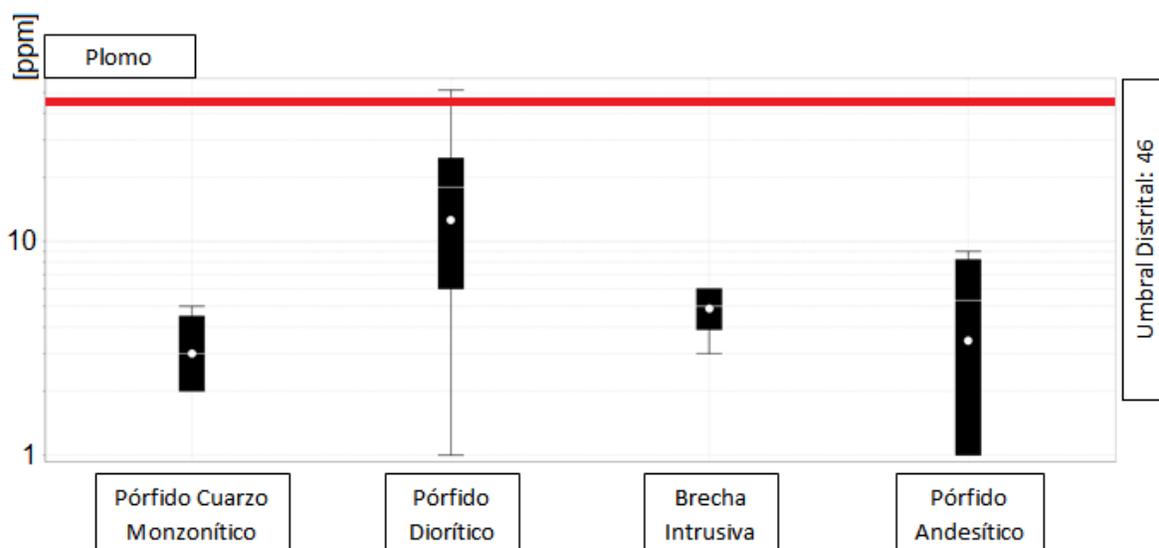


Figura 4.12: Diagrama de caja para Pb, por litología intrusiva. La línea roja representa el umbral de anomalía distrital.

Las concentraciones de Zn varían con la litología. La mediana de las unidades estudiadas son similares pero las areniscas presentan una media más alta, con una dispersión mayor en el tercer cuartil, mientras que los conglomerados presentan una media más baja y una dispersión mayor en el primer y segundo cuartil. La andesita de la Formación Abanico presenta las mayores concentraciones y una distribución más compacta que el resto de las litologías de esta Formación, y tiene una dispersión notable en el primer y tercer cuartil; las tobas andesíticas presentan una mediana ligeramente menor pero una gran dispersión en el primer y segundo cuartil; las tobas de ceniza y lapilli presentan medias y medianas muy cercanas, pero las tobas de lapilli presentan una gran asimetría en su primer y segundo cuartil. En la Formación Farellones las familias de datos no son muy dispersas y las concentraciones son altas. Ninguna concentración de las poblaciones lognormales supera el umbral de anomalía distrital (Figura 4.13).

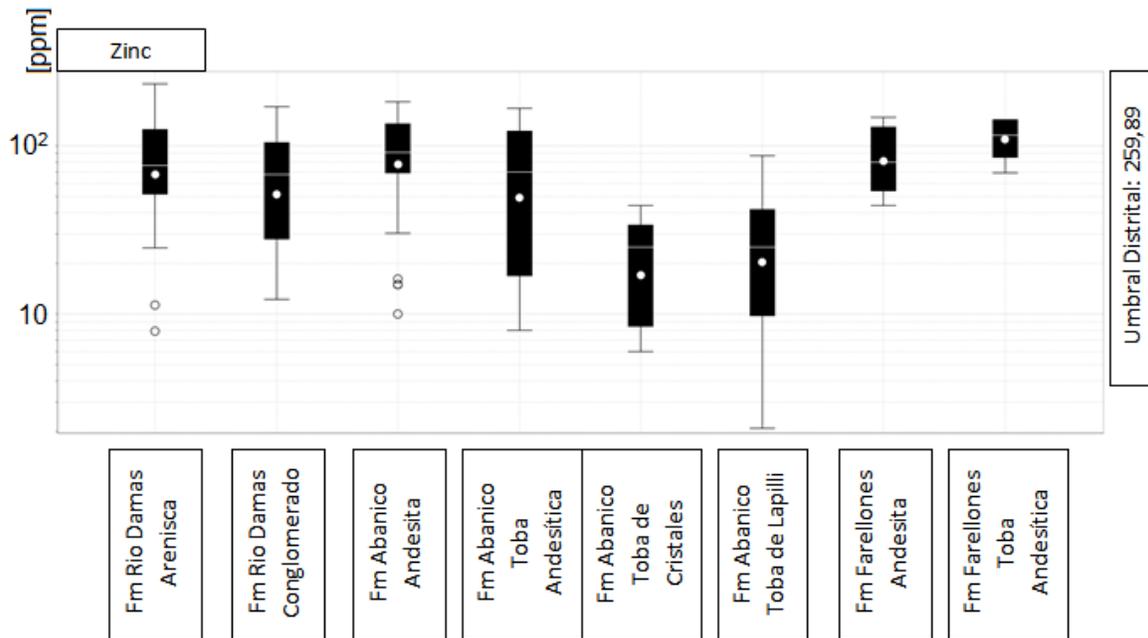


Figura 4.13: Diagrama de caja para Zn, por litología de caja.

El pórfido cuarzo monzonítico tiene una población de datos acotada y concentraciones intermedias. El intrusivo diorítico presenta las mayores concentraciones de Zn, en comparación con los otros cuerpos intrusivos, pero también tiene la mayor dispersión y asimetría en su primer y segundo cuartil. La brecha intrusiva presenta las concentraciones más bajas, pero su caja es asimétrica debido a la dispersión que ocurre en el tercer cuartil. El pórfido andesítico presenta una media similar a la del pórfido diorítico pero sus concentraciones se encuentran mucho menos dispersas. Similar al caso anterior, no existen concentraciones superiores al umbral de anomalía distrital (Figura 4.14).

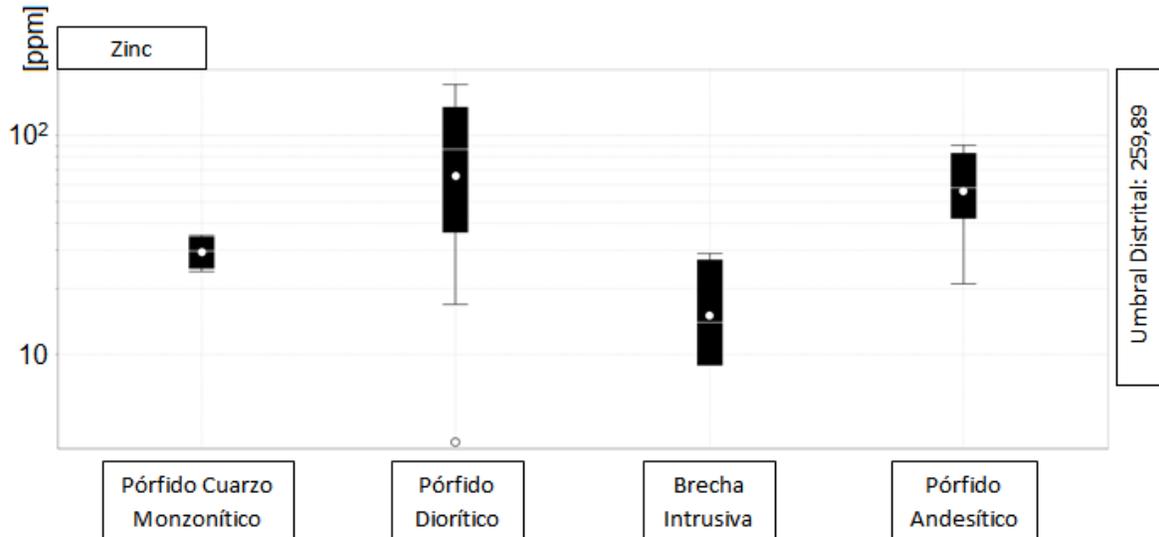


Figura 4.14: Diagrama de caja para Zn, por litología intrusiva.

4.3. MAPAS DE VARIABLES CLASIFICADAS

Los mapas de variables clasificadas o *ranked variable maps* se generan usando el software ioGAS y permiten desplegar simultáneamente las concentraciones elementales de cada muestra estudiada en su posición espacial, asignándole a cada punto un color y tamaño según el valor respectivo, según una escala logarítmica.

Utilizando esta representación gráfica, en conjunto con los umbrales de anomalía local y las medias promedio de la corteza terrestre, es posible determinar la ubicación de los valores anómalos y la relación geográfica que podría existir entre las concentraciones de los distintos elementos.

Al desconocerse la información geológica de detalle, este método permite generar un contexto geoquímico de la zona, con el que puede interpretarse la posible presencia de estructuras o centros mineralizados. Los mapas de variables clasificadas para todo el Bloque Leiva se encuentran en el Anexo IV: Mapas.

Además, se presentan los coeficientes de correlación locales y litológicos que coinciden con las zonas de convergencia de anomalías locales de distintos elementos, de manera de representar las relaciones de dependencia estadística existentes entre las concentraciones. Esto es útil para predecir una potencial relación causal, aunque por si misma esta información es insuficiente para demostrarla y debe ser complementada con la información geológica disponible. Las matrices de correlación individuales para cada sector y litología se encuentran en el Anexo V: Estadígrafos.

4.3.1. Por Sector

Al extremo SE del sector de Los Azules se observa que existe una zona donde convergen concentraciones por sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag, As y Zn; con bajos contenidos de Pb y Mo; rodeada por una zona con muestras anómalas en Pb y Mo inmediatamente al NW (Figura 4.15 y Tabla 4.6). La litología encontrada en la zona de convergencia es el pórfido diorítico – cuarzodiorítico, el cual se encuentra afectado por alteración sericita ± argílica débil. Afloramientos cercanos de esta misma litología presentan alteración clorita ± epidota. Los coeficientes de correlación asociados a ambos blancos se presentan en la Tabla 4.5.

Además, en el sector NW del mapa es posible encontrar muestras con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Ag, Pb y Zn que corresponden al blanco de mineralización diseminada de este elemento descrito por Morel (2012). La litología encontrada en esta zona de convergencia corresponde a las areniscas rojas de la Formación Colimapu y el pórfido diorítico – cuarzo diorítico, afectados por alteración clorita. No existen suficientes muestras de la Formación Colimapu para formar una población estadísticamente válida, por lo que se omiten los coeficientes de correlación de la unidad de areniscas rojas en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Coeficientes de correlación relevantes de las poblaciones de datos de Los Azules y del Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico.

Dupla	Los Azules	Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico
Cu-Ag	0,92	
Cu-As	0,95	0,75
Cu-Zn	0,92	
Mo-Pb		0,99
Mo-Zn		0,63
Ag-As	0,88	
Ag-Zn	0,86	
As-Zn	0,86	
Pb-Zn		0,63

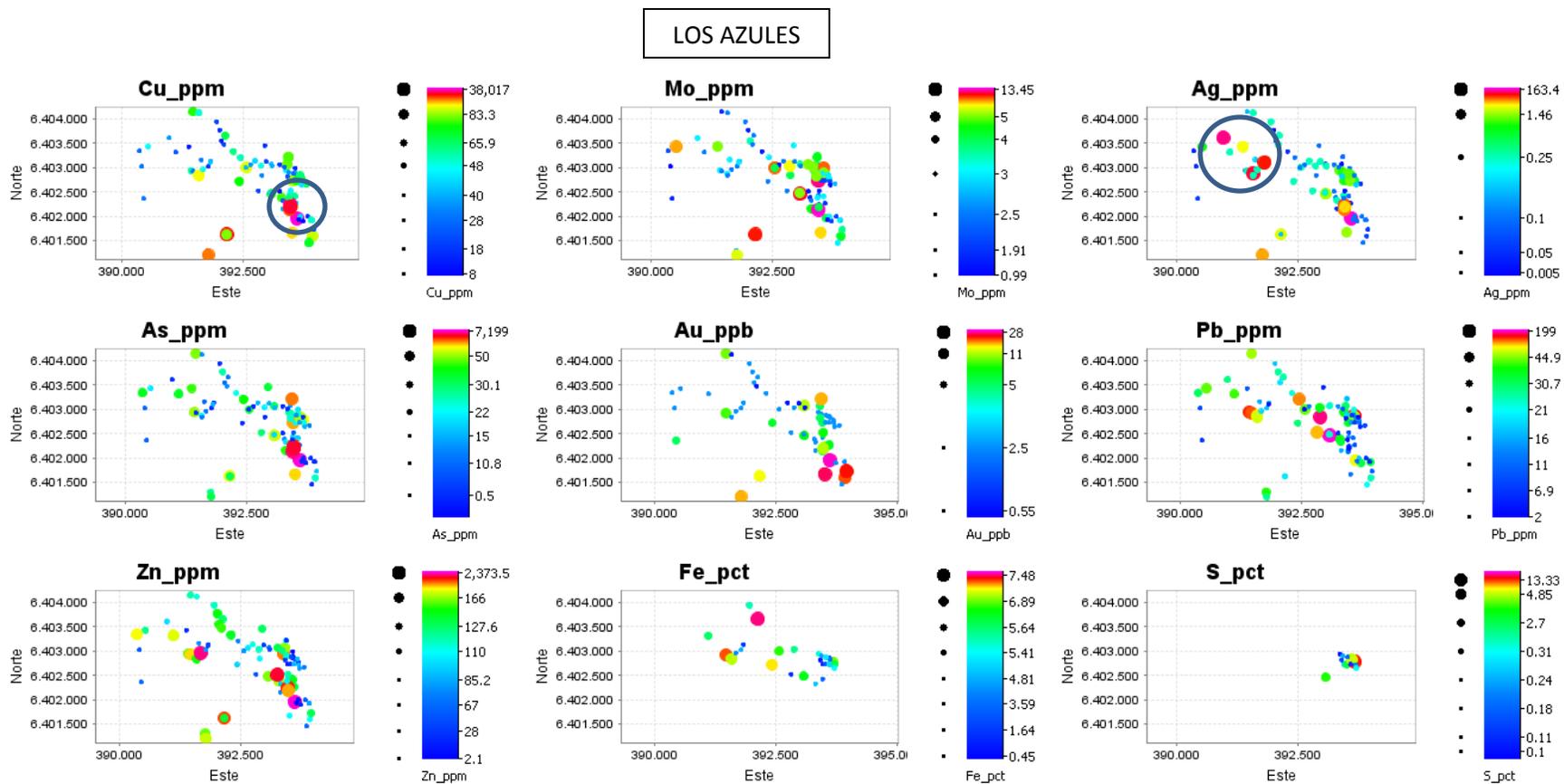


Figura 4.15: Mapas de variable clasificada para el sector de Los Azules. Se identifican las principales muestras anómalas de Cu y Ag.

Tabla 4.6: Umbrales de anomalía local para el sector de Los Azules y medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985).

Los Azules	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Umbral Local	90,85	5,93	0,72	49,32	4,82	52,57	193	8,83	4,6
Media Mundial	30-72	1,0-1,5	0,07-0,10	1,5	3,2-4	4-15	60-94	5	0,05

En Leiva Norte se observan varios lugares, donde convergen concentraciones mayores al umbral de anomalía local (Figura 4.16 y Tabla 4.8). Los coeficientes de correlación para los blancos de interés destacados se presentan en la Tabla 4.7.

Al NE del sector convergen muestras de roca con valores anómalos de Cu, Ag, As y Au, con valores bajo el umbral de anomalía local de Mo, Pb y Zn. La litología encontrada corresponde al pórfido andesítico basáltico, intruyendo las areniscas y conglomerados de la Formación Rio Damas. Estas unidades se encuentran afectadas por distintos grados de alteración argílica y alteración propilítica.

Al centro del sector se observan anomalías de Mo y Pb, con concentraciones bajo el umbral de anomalía local, pero superiores a la media mundial, de Cu, Ag y Zn, al SW de esta área se encuentran muestras que presentan valores anómalos de Zn. Su litología corresponde al pórfido diorítico – cuarzo diorítico, intruyendo conglomerados gruesos de la Formación Rio Damas, tobas andesíticas de la Formación Abanico y andesitas porfídicas de la Formación Farellones. El centro presenta alteración argílica indiferenciada y hacia los bordes es posible encontrar alteración clorita ± epidota y sericita ± argílica fuerte.

Inmediatamente al N y al NW, se encuentran dos zonas con muestras que presentan valores sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, Ag y As, con Au por sobre la media mundial pero bajo este umbral, mientras que las concentraciones de Pb y Zn no sobrepasan la media mundial. Las litologías de estas zonas de convergencia corresponden a las areniscas gruesas de la Formación Rio Damas, que presentan alteración de calcita, y conglomerados gruesos de la Formación Rio Damas, que presentan alteración sericita ± argílica fuerte.

El sector SW se encuentra empobrecido de la mayoría de los elementos de interés, excepto el Pb y Zn, donde se ubican muestras con concentraciones bajo el umbral, pero superiores a la media mundial.

Tabla 4.7: Coeficientes de correlación relevantes de las poblaciones de datos de Leiva Norte, Fm. Rio Damas Arenisca, Fm. Rio Damas Conglomerado, Fm. Farellones Toba Andesítica, Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico y del Pórfido Andesítico Basáltico.

Dupla	Leiva Norte	Fm. Rio Damas Arenisca	Fm. Rio Damas Conglomerado	Fm. Farellones Toba Andesítica	Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Pórfido Andesítico Basáltico
Cu-Mo		0,89				
Cu-Ag		0,95				0,9
Cu-As	0,94	0,74	0,98			
Cu-Zn				0,67		
Mo-Ag		0,76				
Mo-As		0,88				
Mo-Pb		0,63			0,99	
Mo-Zn		0,92				
Ag-As		0,57				
Ag-Au			0,61			
Ag-Zn	0,61					
Pb-Zn	0,74	0,88				

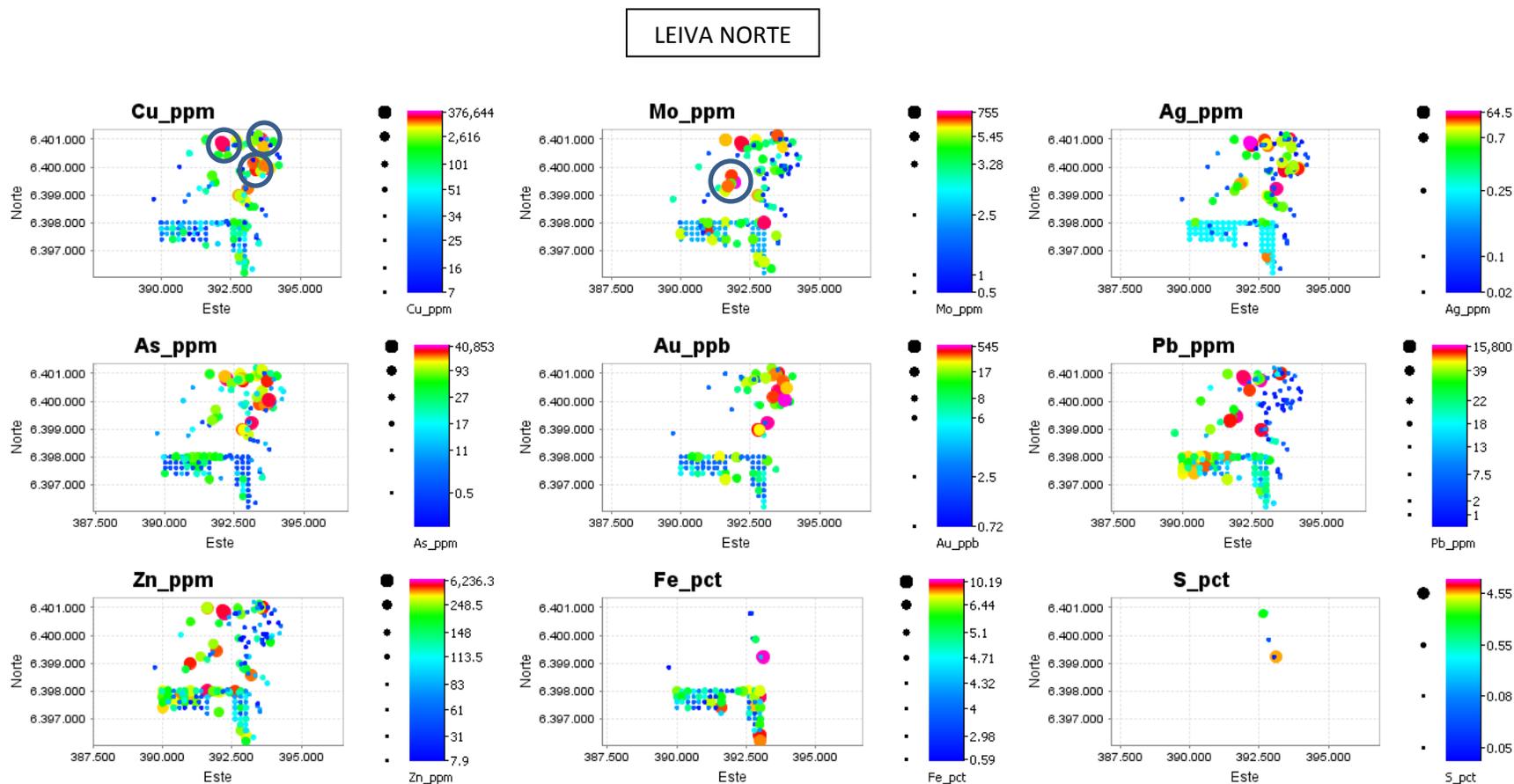


Figura 4.16: Mapas de variable clasificada para el sector de Leiva Norte. Se identifican las principales concentraciones de Cu y Mo.

Tabla 4.8: Umrales de anomalía local para el sector de Leiva Norte y medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985).

Leiva Norte	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Umbral Local	214,6	6,22	0,75	88,41	19,38	58,21	288,33	7,54	0,75
Media Mundial	30-72	1,0-1,5	0,07-0,10	1,5	3,2-4	4-15	60-94	5	0,05

En el sector de Tigre se encuentran distintas zonas donde existe enriquecimiento de elementos (Figura 4.17 y Tabla 4.10).

Al extremo NW coinciden muestras que presentan concentraciones por sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, As, Pb y Zn; con concentraciones bajo este umbral de Ag, Au y S; inmediatamente al S es posible encontrar muestras con concentraciones anómalas de Mo, As, Au y S con concentraciones bajo este umbral de Cu, Ag, Pb, Zn y Fe.

Al E del centro del mapa es posible encontrar una zona con muestras con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, As, Au y Pb; valores por sobre la media mundial pero bajo este umbral de Ag y bajo este umbral de Zn; con concentraciones anómalas de Zn al NE; y de Au, As y Fe al N.

En el límite SW existen muestras de roca con valores sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag y Au con concentraciones bajo este umbral de Zn y Pb; rodeadas por concentraciones anómalas de Mo y As.

La litología de este sector corresponde a andesíticas porfídicas y tobas lito cristalinas de la Formación Farellones, intruídas por el pórfido microdiorítico andesítico y el pórfido andesítico basáltico. No se contaron con mapas de alteración para este sector durante la realización de este trabajo. Los coeficientes de correlación relevantes para esta zona de alteración hidrotermal se encuentran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9: Coeficientes de correlación relevantes de las poblaciones de datos de Tigre, Fm. Farellones Toba Andesítica, Fm. Farellones Toba Lito Cristalina y del Pórfido Andesítico Basáltico. Se identifica con rojo las correlaciones que no coinciden con las convergencias de anomalías.

Dupla	Tigre	Fm. Farellones Andesita Porfídica	Fm. Farellones Toba Lito Cristalina	Pórfido Andesítico Basáltico
Cu-Mo		0,82	-0,54	
Cu-Ag	0,92			0,9
Cu-As	0,92	0,62		
Cu-Au	0,92			
Cu-Zn	0,87	0,67	0,6	
Mo-As		0,7		
Mo-Pb			0,94	
Mo-Zn		0,62	-0,85	
As-Pb	1		0,65	0,56
As-Zn	0,96			
Pb-Zn	0,96		-0,78	

TIGRE

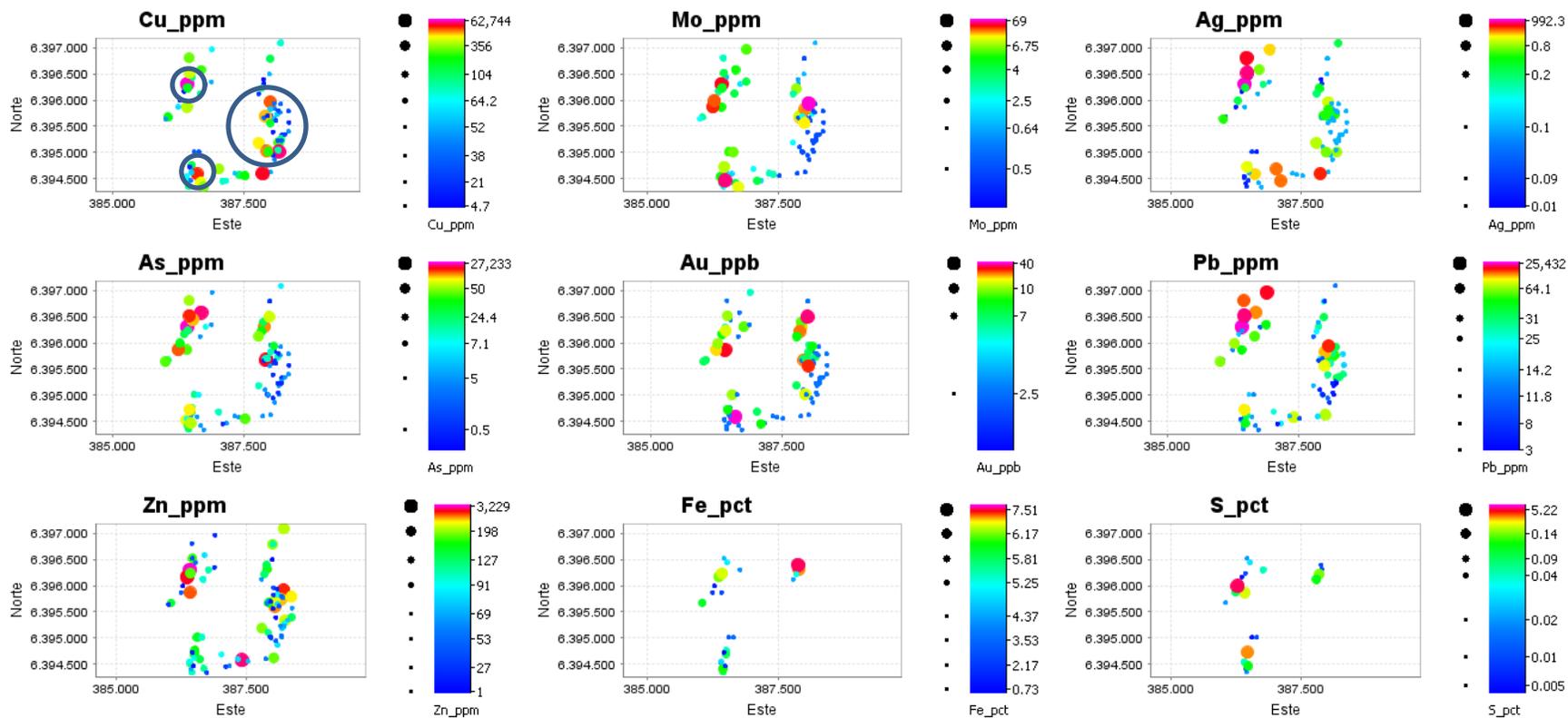


Figura 4.17: Mapas de variable clasificada para el sector de Tigre. Se identifican las principales concentraciones de Cu.

Tabla 4.10: Umbrales de anomalía local para el sector de Tigre y medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985).

Tigre	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Umbral Local	146,34	6,28	1,06	39,21	2,5	81,04	272,07	8,07	0,12
Media Mundial	30-72	1,0-1,5	0,07-0,10	1,5	3,2-4	4-15	60-94	5	0,05

En Leiva Sur es posible encontrar dos grandes sectores donde convergen las anomalías más importantes (Figura 4.18 y Tabla 4.12). Los coeficientes de correlación que coinciden con la convergencia de anomalías para ambos blancos de interés destacados se presentan en la Tabla 4.11.

Al extremo N del sector es posible observar una zona con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag, As y Fe; con muestras que presentan una concentración mayor a la media mundial de As y Au, pero que no superan este umbral; y con concentraciones inferiores de Mo, Pb y Zn; rodeada hacia el NW por concentraciones anómalas de Zn y Pb; y concentraciones bajo este umbral de Cu, Mo, Ag, As, Au y Fe. Además, se encuentran concentraciones anómalas de Mo hacia el SE. La litología encontrada corresponde al pórfido dacítico intruyendo los conglomerados gruesos de la Formación Rio Damas y las tobas de lapilli de la Formación Abanico, las cuales se encuentran afectadas por alteración argílica y alteración actinolita hacia el SE.

Mientras que al extremo S es posible encontrar un grupo de muestras con concentraciones sobre el umbral de anomalía Cu, Mo, Ag, As y Au; con concentraciones bajo este umbral de Zn y Pb, excepto en muestras puntuales. La litología corresponde a los pórfidos monzonita + cuarzo monzonita y la brecha intrusiva, intruyendo las tobas andesíticas, de ceniza y de lapilli de la Formación Abanico, que presentan alteración sericita ± argílica y alteración clorita.

Tabla 4.11: Coeficientes de correlación relevantes de las poblaciones de datos de Leiva Sur, Fm. Rio Damas Conglomerado, Fm. Abanico Toba Andesítica, Fm. Abanico Toba de Ceniza, Pórfido Monzonita + Cuarzo Monzonita y de la Brecha Intrusiva. Se identifica con rojo las correlaciones que no coinciden con las convergencias de anomalías.

Dupla	Leiva Sur	Fm. Rio Damas Conglomerado	Fm. Abanico Toba Andesítica	Fm. Abanico Toba de Ceniza	Pórfido Monzonita + Cuarzo Monzonita	Brecha Intrusiva
Cu-Mo	0,85			0,82		1
Cu-Ag	0,91			0,99	-0,55	1
Cu-As	0,87	0,98		1		1
Cu-Au				0,98		1
Cu-Pb						0,62
Cu-Zn				0,98		0,98
Cu-Fe		0,53		0,58		
Mo-Ag	0,9			0,81	0,74	1
Mo-As	0,67			0,82	-0,53	1
Mo-Au				0,79		1
Mo-Pb						0,63
Mo-Zn				0,76		0,99
Mo-Fe		-0,61				
Ag-As	0,79			0,99		1
Ag-Au		0,61		0,96	0,66	1
Ag-Pb						0,63
Ag-Zn				0,98		0,99
Ag-Fe		0,52				
As-Au				0,98	-0,64	1
As-Pb						0,61
As-Zn				0,98	0,76	0,98
Au-Pb						0,66
Au-Zn				0,96		0,99
Au-Fe				0,52		0,83
Pb-Zn			0,65			0,72
Pb-Fe				0,74		0,83
Zn-Fe		0,65		0,75		0,96

LEIVA SUR

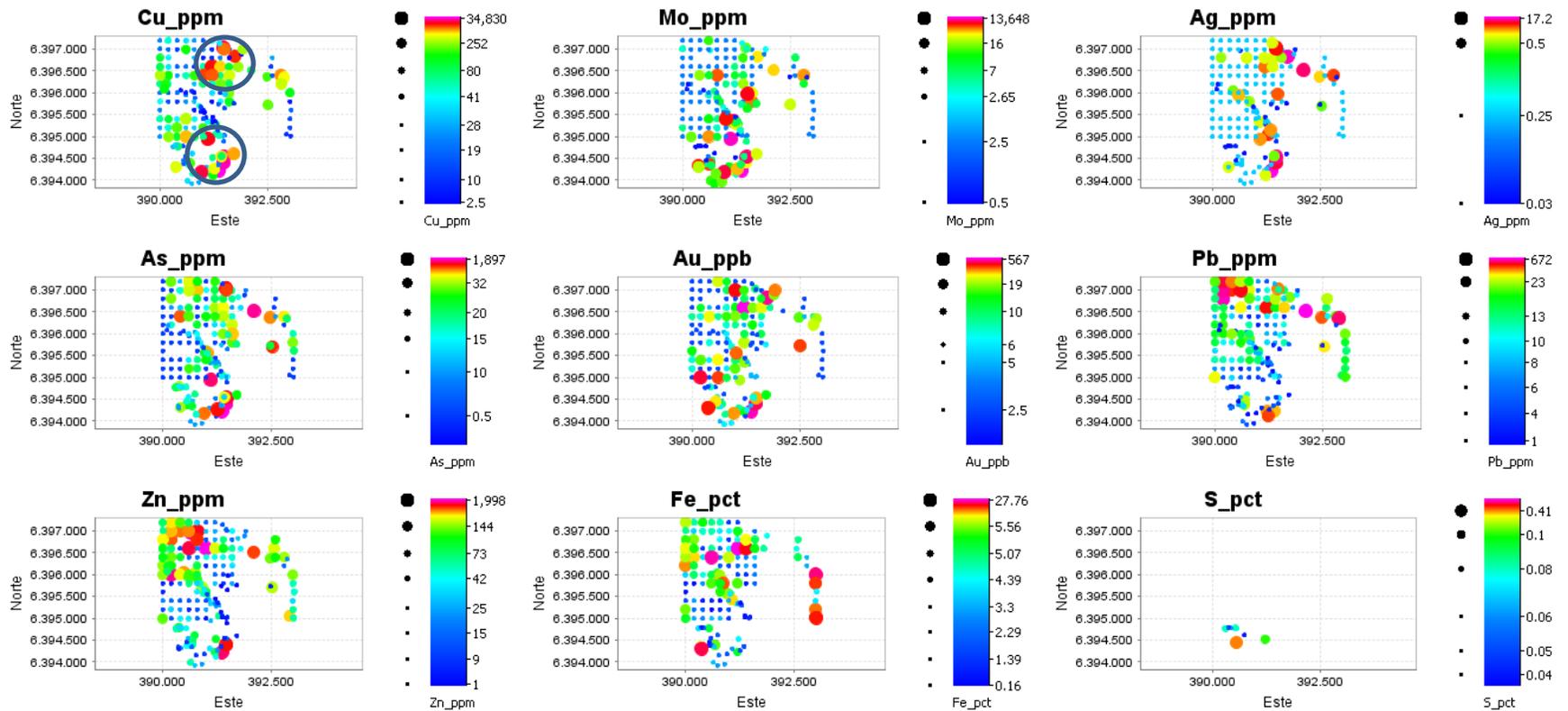


Figura 4.18: Mapas de variable clasificada para el sector de Leiva Sur. Se identifican las principales concentraciones de Cu.

Tabla 4.12: Umbrales de anomalía local para el sector de Leiva Sur y medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985).

Leiva Sur	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Umbral Local	175,84	21,19	0,48	34,52	16,75	30	262,5	7,47	0,11
Media Mundial	30-72	1,0-1,5	0,07-0,10	1,5	3,2-4	4-15	60-94	5	0,05

En el sector de Leiva Sur Sur es posible observar una única zona donde convergen las muestras con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, As y Au; y concentraciones bajo este umbral de Ag, Zn, Pb y Fe. Al N de esta zona se pueden encontrar valores anómalos de Mo y Fe, con valores cercanos al umbral local de Cu; mientras que más al NW se encuentran concentraciones anómalas de Cu, Zn y Fe, con valores cercanos a este umbral de Pb (Figura 4.19 y Tabla 4.14). La litología del blanco corresponde a las tobas andesíticas de la Formación Abanico, las cuales tienen alteración clorita ± epidota.

Los coeficientes de correlación asociados a este blanco se presentan en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13: Coeficientes de correlación relevantes de las poblaciones de datos de Leiva Sur Sur y de la Fm. Abanico Toba Andesítica. Se identifica con rojo las correlaciones que no coinciden con las convergencias de anomalías.

Dupla	Leiva Sur Sur	Fm. Abanico Toba Andesítica
Cu-Ag		0,61
Cu-As	0,68	0,62
Mo-Au		0,59
Ag-As		0,72
Ag-Pb	0,55	
Au-Zn		-0,53

LEIVA SUR SUR

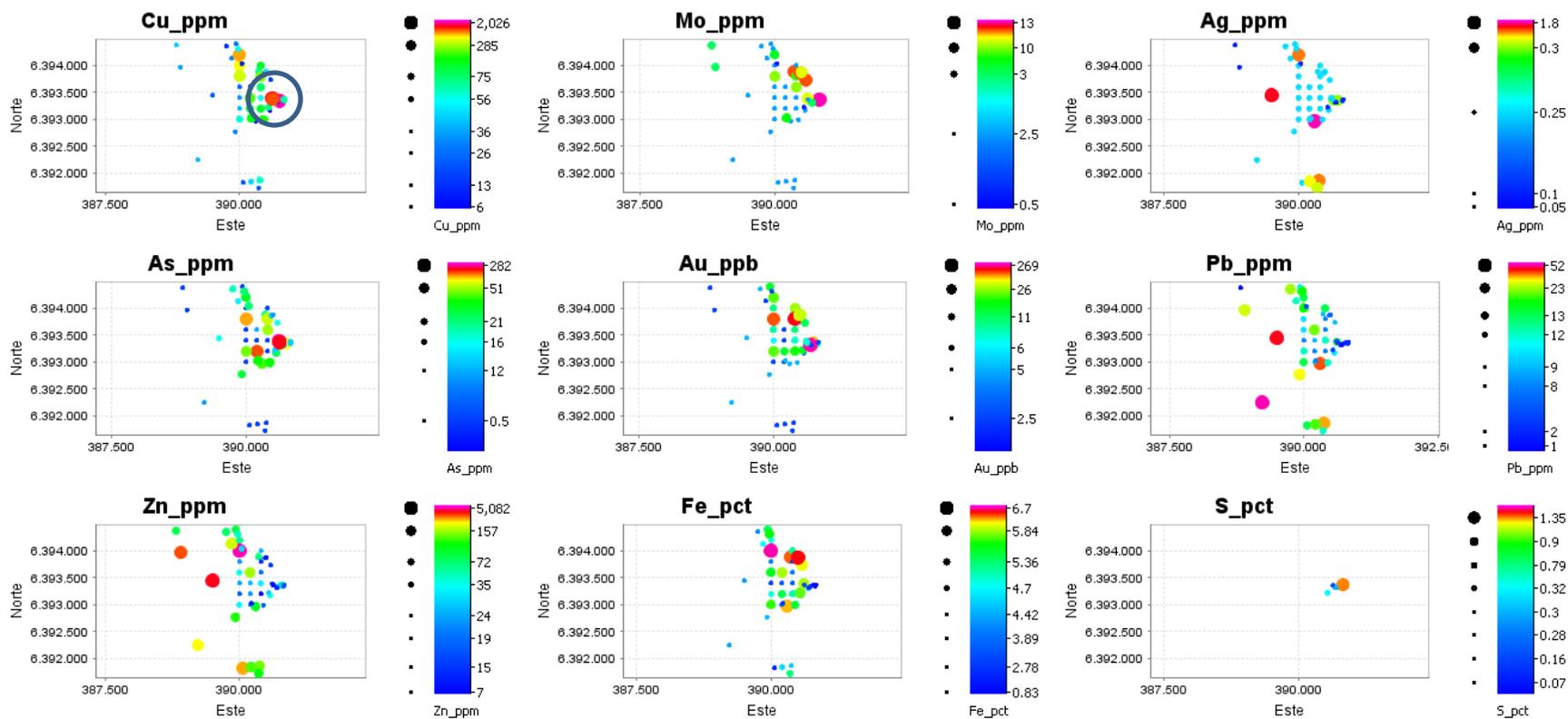


Figura 4.19: Mapas de variable clasificada para el sector de Leiva Sur Sur. Se identifican las principales concentraciones de Cu.

Tabla 4.14: Umbral de anomalía local para el sector de Leiva Sur Sur y medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985).

Leiva Sur Sur	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Umbral Local	108,21	3,48	0,42	59,1	11,22	16,83	108,16	7,2	1,04
Media Mundial	30-72	1,0-1,5	0,07-0,10	1,5	3,2-4	4-15	60-94	5	0,05

No existe suficiente densidad de muestreo en El Tordillo para identificar un blanco de exploración basándose en la convergencia de las anomalías locales, pero la muestra ubicada al extremo N tiene concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag, As, Au y Fe (Figura 4.20 y Tabla 4.16).

Aunque la población de datos total es baja, sigue siendo estadísticamente válida, por lo que se presentan los coeficientes de correlación de este sector en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15: Coeficientes de correlación relevantes de la población de datos de El Tordillo.

Dupla	El Tordillo
Cu-Ag	0,99
Cu-As	0,99
Cu-Au	0,88
Pb-Zn	0,69

EL TORDILLO

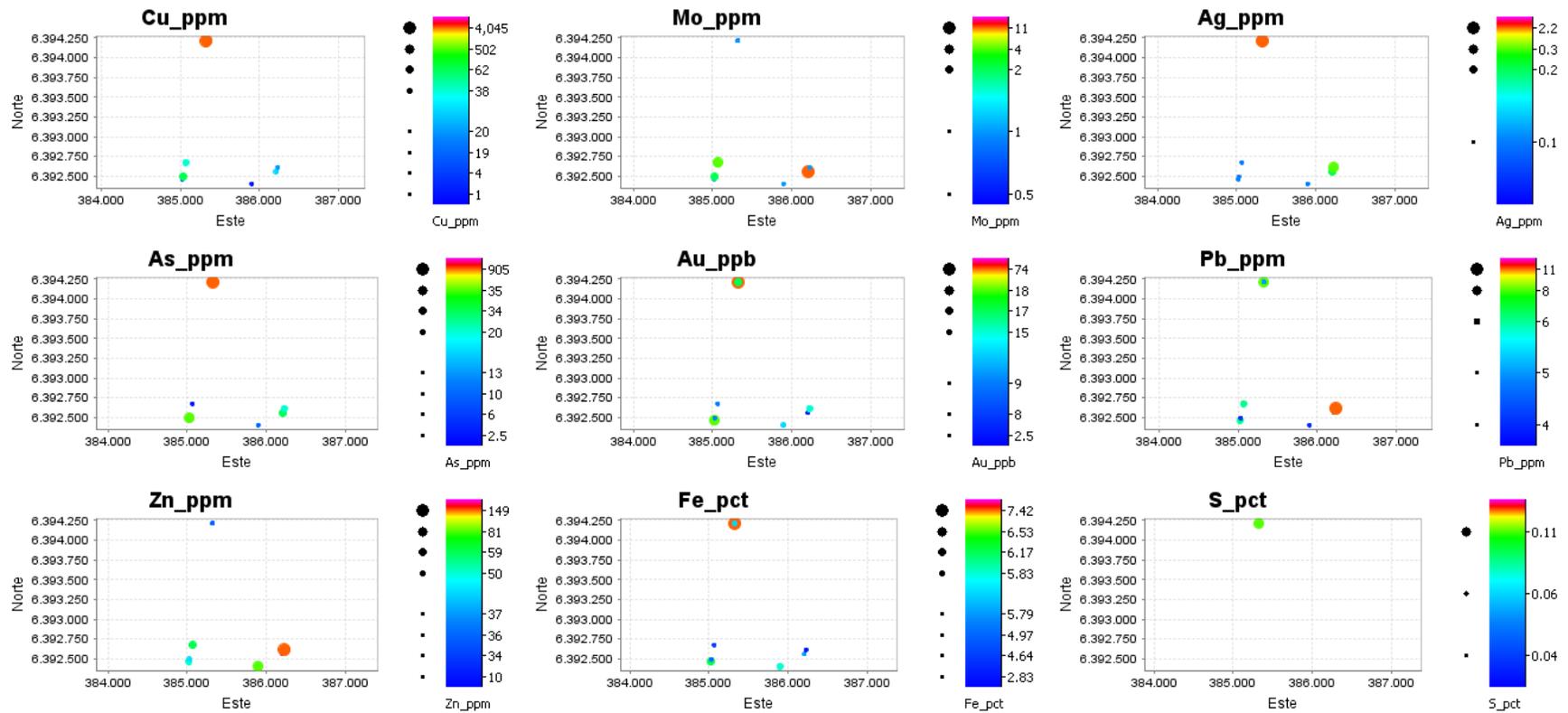


Figura 4.20: Mapas de variable clasificada para el sector de El Tordillo.

Tabla 4.16: Umbrales de anomalía local para el sector de El Tordillo y medias mundiales (Levinson, 1974; Taylor & McLennan, 1985).

El Tordillo	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [pppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Umbral Local	66,59	1,97	0,19	41,03	21,75	6,64	68,89	7,68	0,15
Media Mundial	30-72	1,0-1,5	0,07-0,10	1,5	3,2-4	4-15	60-94	5	0,05

5.1. MÉTODO DE TRABAJO

En el presente capítulo se exponen los diagramas de clasificación para 10 muestras de roca pertenecientes a algunos intrusivos del Bloque Leiva, que se detallan en Tabla 5.1. Los resultados analíticos se encuentran en Anexo I.

Tabla 5.1: Muestras de rocas intrusivas del Bloque Leiva.

Muestra	Sector	Litología	Corte Transparente
EAS00004403	Los Azules	Diorita	EAE00000003
EAS00004404	Los Azules	Diorita	-
EAS00004405	Los Azules	Diorita	-
EAS00004417	Leiva Norte	Pórfido Andesítico	EAE00000007
EAS00004428	Leiva Sur	Monzonita (Diorita)	-
EAS00004432	Leiva Sur	Monzonita (Diorita)	-
EAS00004433	Leiva Sur	Pórfido Andesítico	EAE00000012
EAS00004438	Leiva Sur	Monzonita (Diorita)	EAE00000016
EAS00004425	Leiva Sur Sur	Dacita	-
EAS00004434	El Tordillo	Cuarzo Diorita	EAE00000013

5.1.1. Método de Análisis y Control de Calidad

La metodología de análisis y el control de calidad de las muestras estudiadas se encuentran disponibles en el capítulo anterior.

5.1.2. Manejo de Datos Petroquímicos

Para realizar los distintos diagramas de clasificación las concentraciones elementales fueron transformadas a los óxidos de sus respectivos elementos multiplicando los datos por sus razones molares.

Estos factores de conversión se calculan de la siguiente manera: (Masa atómica del elemento x Número de átomos del elemento + Masa atómica del oxígeno x Número de átomos de oxígeno) / (Masa atómica del elemento x Número de átomos del elemento). Para obtener los valores de FeO y Fe₂O₃ se utilizó la siguiente formula: FeO_T = FeO + 0,8998 x Fe₂O_{3T}.

Finalmente, los elementos mayores fueron normalizados al 100%, sobre una base anhidra.

Los resultados analíticos presentados en el Anexo I se encuentran en concentraciones elementales y no de óxidos.

5.2. DIAGRAMAS DE CLASIFICACIÓN

5.2.1. Diagrama TAS (Middlemost, 1985)

Para la clasificación de los intrusivos se optó por el diagrama TAS Middlemost (1985), pues este presenta un rango composicional más amplio y no tiene campos indeterminados como la versión de Cox et al. (1979).

Dos muestras de Los Azules se clasifican como dioritas y una como monzonita. En el sector de Leiva Norte, la muestra del intrusivo andesítico es clasificada como diorita. El intrusivo andesítico de Leiva Sur es clasificado como diorita, mientras que dos muestras dioríticas son clasificadas como granodioritas y otra como cuarzo monzonita. En Leiva Sur Sur, la dacita es clasificada como sienita. La cuarzdiorita de El Tordillo se clasifica como monzonita (Figura 5.1).

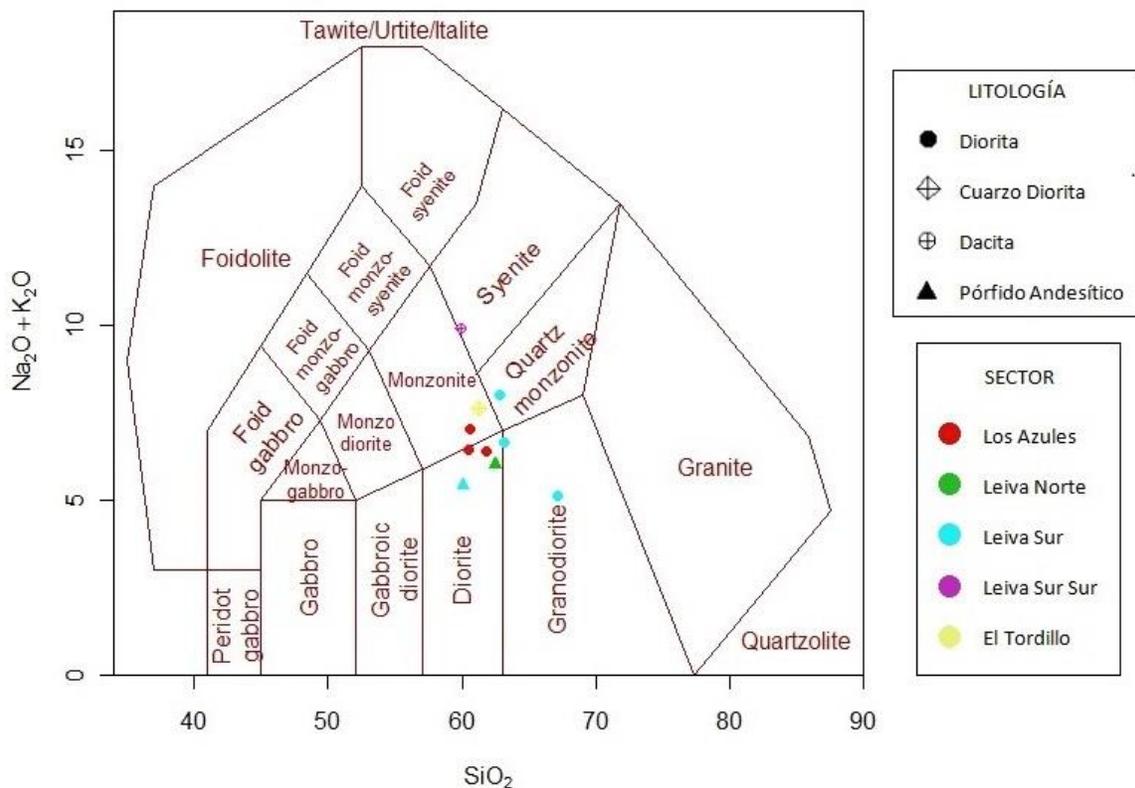


Figura 5.1: Diagrama TAS (Middlemost, 1985)

Los resultados obtenidos en estos diagramas podrían estar comprometidos por efectos de alteración, en especial la alteración calco-sódica-férrica que afecta principalmente los sectores de Leiva Sur y Leiva Sur Sur, por lo que se realizó un diagrama de clasificación adicional, utilizando elementos traza, para confirmar los resultados.

5.2.2. Diagrama de Discriminación con Elementos Inmóviles (Winchester & Floyd, 1977)

Utilizando ciertos elementos inmóviles (Ti, Zr, Y y Nb) es posible discriminar las distintas series magmáticas, incluso en rocas que presentan alteración o metamorfismo. Aunque estos diagramas fueron inicialmente definidos para lavas, es ampliamente utilizado en la clasificación de cuerpos intrusivos.

En este, se muestra que las rocas intrusivas del Bloque Leiva varían en un rango composicional relativamente limitado y coherente con la clasificación anterior. Las muestras correspondientes al sector de Los Azules son clasificadas solo como dioritas. El intrusivo andesítico encontrado en Leiva Norte clasifica en el límite diorítico / granodiorítico. En Leiva Sur, los intrusivos varían entre dioritas y granodioritas. Finalmente, en Leiva Sur Sur y El Tordillo, las muestras se clasifican como dioritas (Figura 5.2).

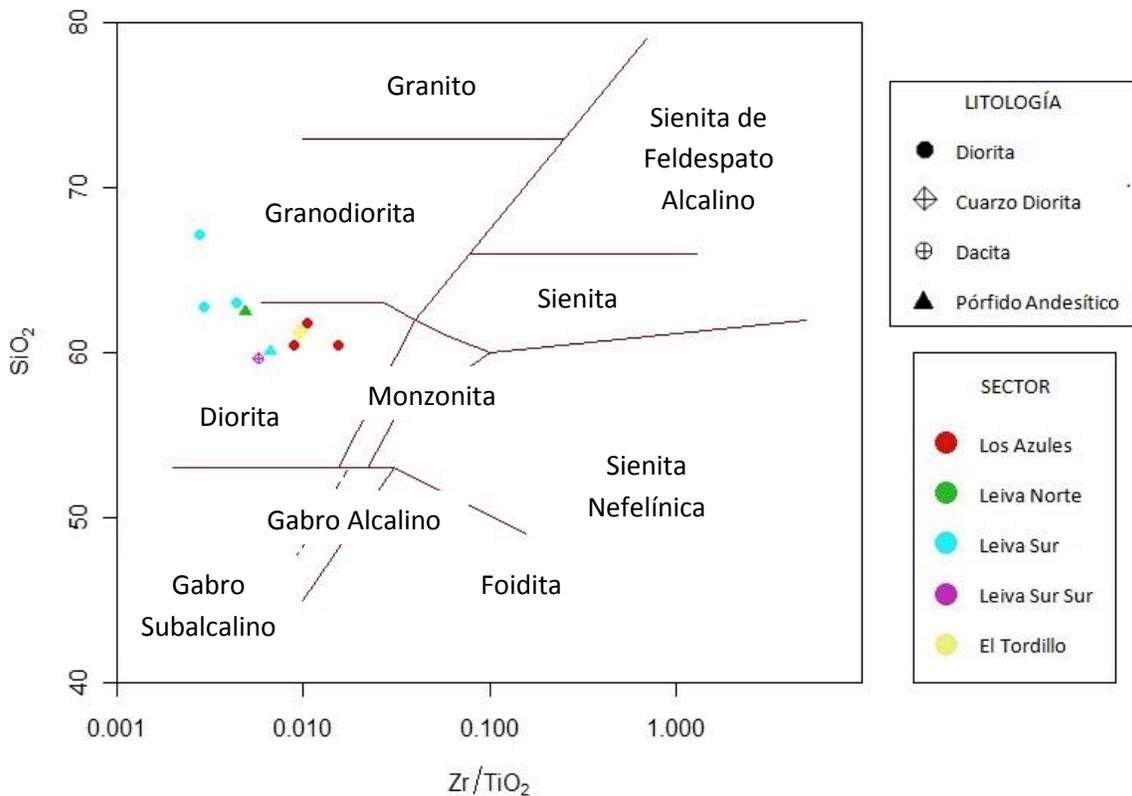


Figura 5.2: Diagrama de clasificación Zr/TiO_2 versus SiO_2 (Modificado de Winchester & Floyd, 1977).

5.2.3. Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971)

La totalidad de las muestras forman parte de la serie calco alcalina, con la excepción de una muestra diorítica del sector de Los Azules que se encuentra en el límite de la serie toleítica (Figura 5.3).

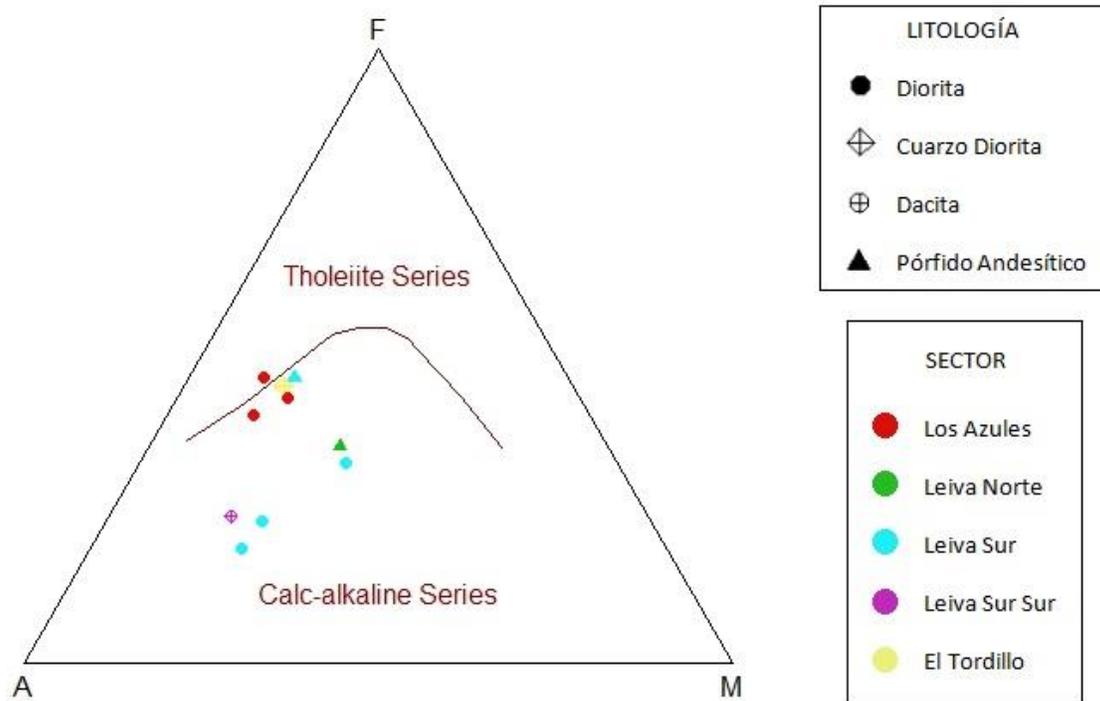


Figura 5.3: Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971).

5.2.4. Diagrama de Saturación de Alúmina (Shand, 1943)

Todos los intrusivos estudiados en el Bloque Leiva fueron clasificados como metaluminosos, clasificación compatible con los minerales diagnósticos primarios encontrados en los intrusivos, como biotita y hornblenda (Figura 5.4).

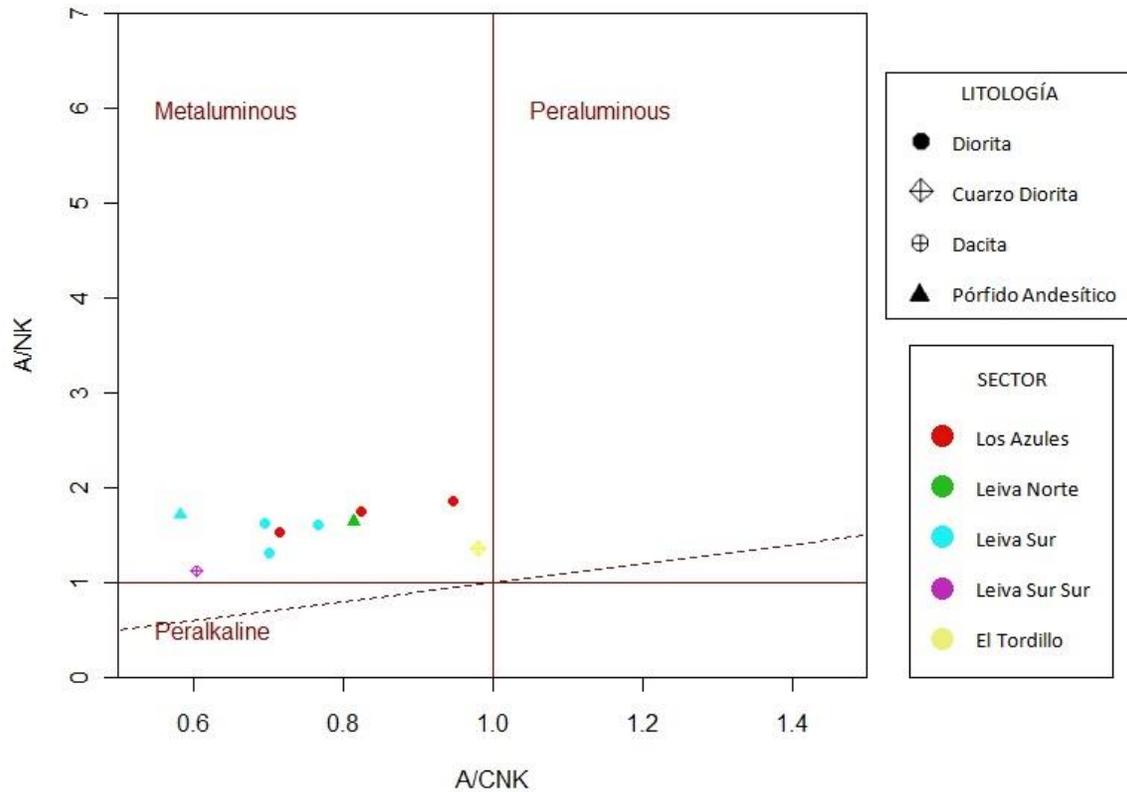


Figura 5.4: Diagrama A/CNK versus A/NK (Shand, 1943).

5.2.5. Diagramas de Variación (Harker, 1909)

Estos diagramas muestran la relación cuantitativa que existe entre los óxidos de elementos mayores con la sílice, de esta forma se pueden establecer relaciones lineales con pendientes positivas o negativas.

De los distintos diagramas de variación para elementos mayores no se puede desprender tendencias lineales claras para TiO_2 y Na_2O ; pero se observa una tendencia lineal positiva para Al_2O_3 y tendencias lineales negativas para K_2O , CaO , P_2O_5 y, debatiblemente, FeO_T y MgO . No se observan múltiples tendencias lineales en un mismo gráfico (Figura 5.5). En general estos resultados son coherentes, salvo los resultados obtenidos para el K_2O , que pueden explicarse por la acción hidrotermal.

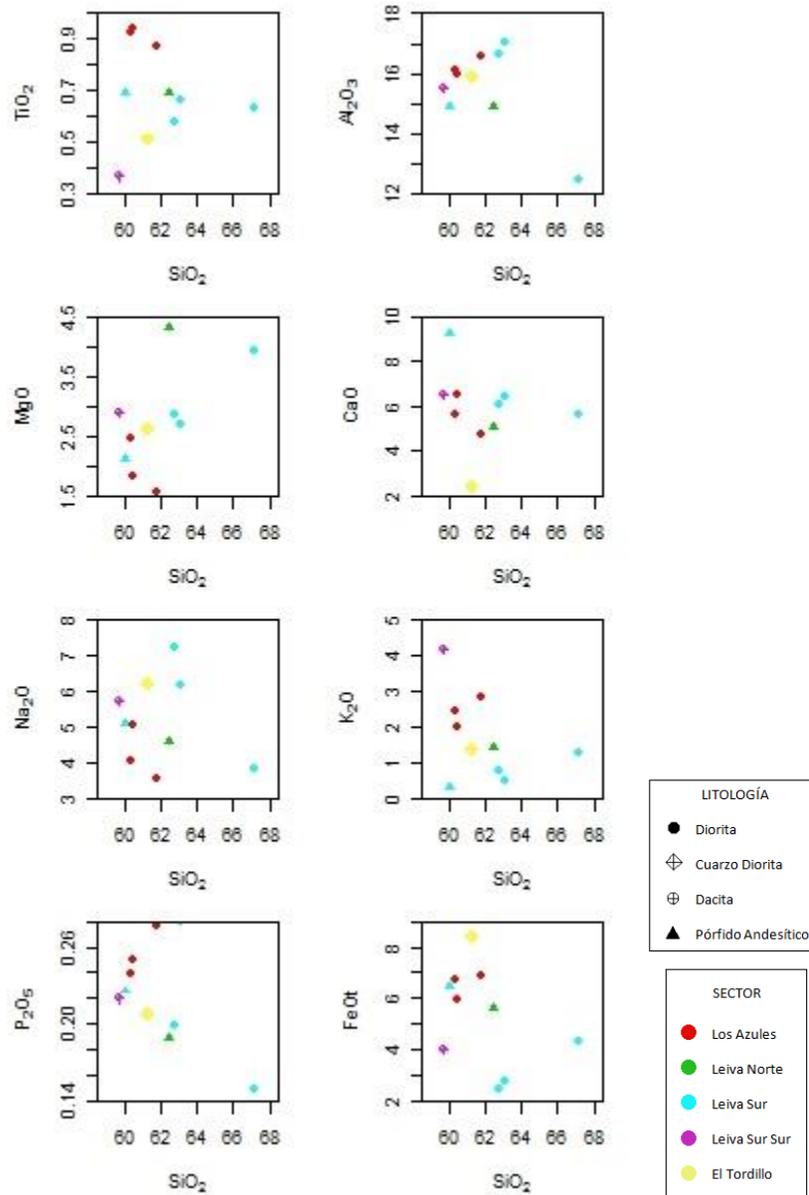


Figura 5.5: Diagramas de variación de óxidos de elementos mayores versus SiO₂ (Harker, 1909).

5.2.6. Análisis de REE

Las tierras raras o RRE (*Rare Earth Elements*) son la serie de metales comprendida entre el lantano y el lutecio. Se dividen en tierras raras pesadas (LREE) y tierras raras pesadas (HREE), según su peso atómico. Estos elementos se normalizan a condritos, los cuales son considerados como muestras poco fraccionadas y representativas de la composición original del planeta, tal procedimiento permite identificar fraccionamientos con respecto a concentraciones primitivas.

Este diagrama permite observar el comportamiento de las tierras raras, en particular la razón $[La/Yb]_N$ y la presencia de anomalías de Eu; de esta forma es posible obtener información sobre la fuente de los magmas y sus condiciones de presión. Adicionalmente se calculará la anomalía de Eu usando la siguiente formula: $Eu/Eu^* = Eu_N / \sqrt{[Sm_N * Gb_N]}$.

Las concentraciones de REE fueron normalizadas usando el condrito de Boynton (1984) para el diagrama *spider* y el condrito de McDonough & Sun (1995) para el cálculo de la razón $[La/Yb]_N$ y de Eu/Eu^* .

El diagrama en general muestra una pendiente $[La/Yb]_N$ negativa y similar para todas las zonas de alteración hidrotermal. Las tres muestras del sector de Los Azules presentan una ligera anomalía negativa de Eu, como también una del intrusivo andesítico de Leiva Sur, aunque esta última es más pronunciada. El resto de los intrusivos de las otras zonas de alteración hidrotermal no muestran anomalías de Eu. Aunque no se observa un ordenamiento en las unidades ni en las zonas, se observa que el sector de Los Azules tiende a poseer mayores concentraciones de REE, mientras que Leiva Sur posee menores (Figura 5.6).

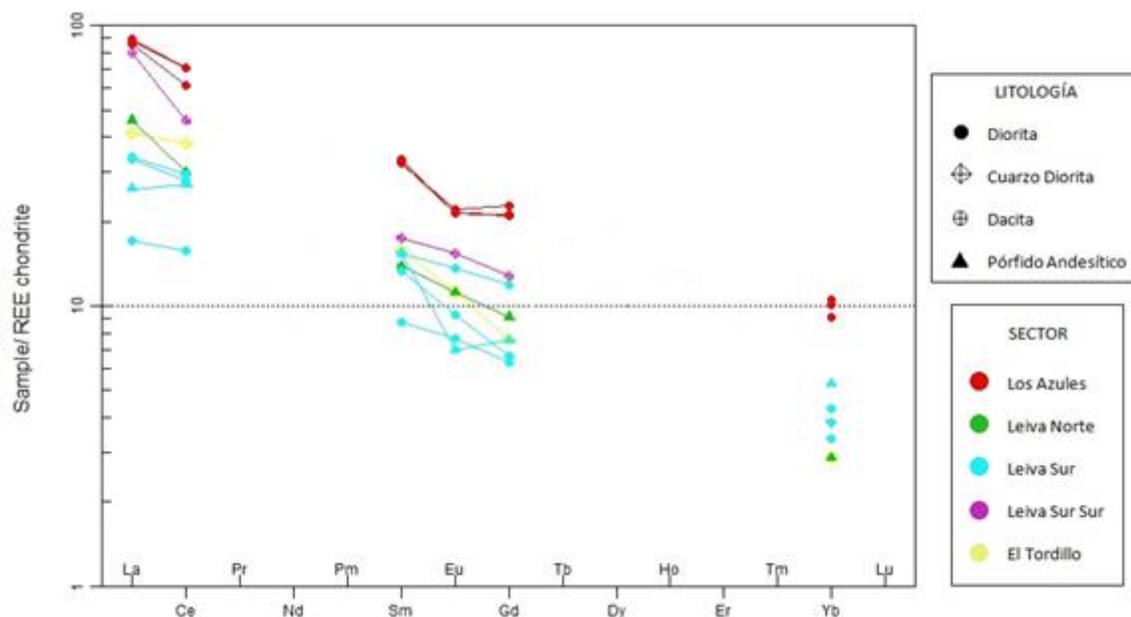


Figura 5.6: Diagrama Spider REE. Valores normalizados a condrito (Boynton, 1984).

Aunque los análisis de REE son precisos analíticamente, carecen de exactitud debido al procedimiento analítico utilizado, que permite solo la digestión parcial de las muestras. La dispersión de casi un orden de magnitud puede deberse a esta situación, por lo cual este diagrama solo tiene un objetivo ilustrativo (Más información en el Capítulo I: Introducción, apartado 1.5. Limitaciones).

Adicionalmente se realizó el diagrama La/Sm versus Sm/Yb, comparando los resultados obtenidos con los de Kay & Mpodozis (2001) para el distrito El Teniente. La Figura 5.7 presenta que las muestras se encuentran dispersas, pero contenidas o cercanas a los rangos de valores recopilados por estos autores. En la zona azul, interpretada como unidades pre-mineral, se encuentran todas las muestras estudiadas para los sectores de Los Azules y Leiva Sur; mientras que en la zona roja, correspondiente a las unidades syn-mineral se encuentra el pórfido andesítico estudiado en Leiva Norte y, alrededor del mismo rango, la dacita de Leiva Sur Sur; finalmente, en el límite entre la zona roja y la zona amarilla, o unidades post-mineral, se encuentra la cuarzo diorita de El Tordillo.

El círculo negro correspondería a los magmas que erupcionaron durante periodos cercanos a la mineralización de Cu. Las muestras de Los Azules y dos muestras de la diorita de Leiva Sur se encontrarían dentro de esta marca.

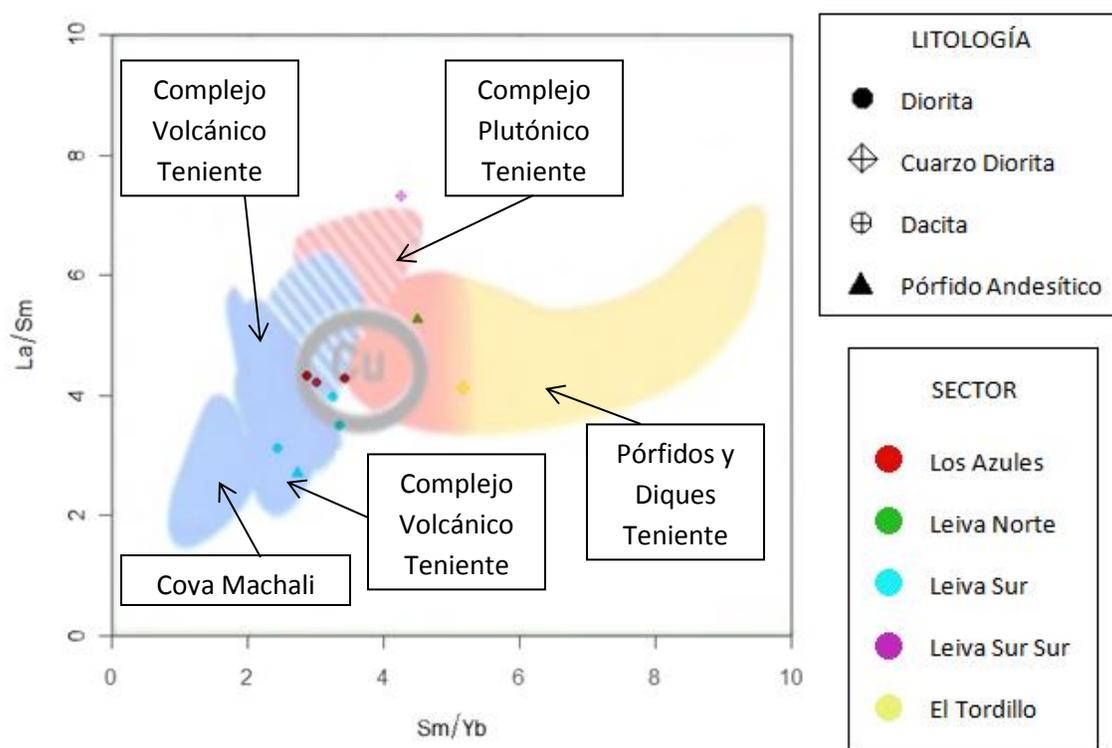


Figura 5.7: Diagrama La/Sm versus Sm/Yb. Modificado de Kay & Mpodozis (2001). Las unidades pre-mineral se encuentran en azul, las unidades syn-mineral en rojo y las post-mineral en amarillo. Los campos rayados corresponden a épocas cercanas a la mineralización de Cu.

5.2.6.1. Razones REE

Para interpretar la razón $[La/Yb]_N$ se considera el valor 1,0 como una línea horizontal. Valores debajo de 1,0 indican una pendiente positiva y sobre 1,0

indican una pendiente negativa. Las concentraciones de REE fueron normalizadas usando el condrito de McDonough & Sun (1995).

Todos los intrusivos estudiados presentan altas razones $[La/Yb]_N$, lo que se traduce en las altas pendientes negativas observadas en la Figura 5.6, en particular los valores más altos se encuentran en el sector de Leiva Sur Sur (Tabla 5.2).

Tabla 5.2: Razones $[La/Yb]_N$. Valores normalizados a condrito (McDonough & Sun, 1995).

Muestra	Sector	$[La/Yb]_N$
EAS00004403	Los Azules	8,61
EAS00004404	Los Azules	8,43
EAS00004405	Los Azules	9,94
EAS00004417	Leiva Norte	16,08
EAS00004428	Leiva Sur	5,14
EAS00004432	Leiva Sur	7,93
EAS00004433	Leiva Sur	5,00
EAS00004438	Leiva Sur	8,75
EAS00004425	Leiva Sur Sur	21,14
EAS00004434	El Tordillo	14,49

La razón $[La/Sm]_N$ muestra el enriquecimiento en LREE (Tabla 5.3), mientras que la razón $[Sm/Yb]_N$ muestra el grado de fraccionamiento de HREE ocurrida en la fuente (Tabla 5.4).

Tabla 5.3: Razones $[La/Sm]_N$. Valores normalizados a condrito (McDonough & Sun, 1995).

Muestra	Sector	$[La/Sm]_N$
EAS00004403	Los Azules	2,64
EAS00004404	Los Azules	2,71
EAS00004405	Los Azules	2,67
EAS00004417	Leiva Norte	3,28
EAS00004428	Leiva Sur	1,95
EAS00004432	Leiva Sur	2,19
EAS00004433	Leiva Sur	1,69
EAS00004438	Leiva Sur	2,47
EAS00004425	Leiva Sur Sur	4,57
EAS00004434	El Tordillo	2,58

Tabla 5.4: Razones $[Sm/Yb]_N$. Valores normalizados a condrito (McDonough & Sun, 1995).

Muestra	Sector	$[Sm/Yb]_N$
EAS00004403	Los Azules	3,26
EAS00004404	Los Azules	3,12
EAS00004405	Los Azules	3,72
EAS00004417	Leiva Norte	4,9
EAS00004428	Leiva Sur	2,64
EAS00004432	Leiva Sur	3,63
EAS00004433	Leiva Sur	2,97
EAS00004438	Leiva Sur	3,54
EAS00004425	Leiva Sur Sur	4,62
EAS00004434	El Tordillo	5,62

5.2.6.2. Anomalía Eu/Eu*

La anomalía de Eu se calcula utilizando la fórmula: $Eu/Eu^* = Eu_N / \sqrt{[Sm_N * Gb_N]}$. Para interpretar esta anomalía se considera el valor 1,0 como normal. Valores debajo de 1,0 indican una anomalía negativa y sobre 1,0 indican una anomalía positiva. Las concentraciones de REE fueron normalizadas usando el condrito de McDonough & Sun (1995).

Las muestras EAS00004403, EAS00004404 y EAS00004405, pertenecientes al sector de Los Azules; EAS00004416, perteneciente al sector de Leiva Norte; y EAS00004433, perteneciente al sector de Leiva Sur, presentan valores marcadamente menores a 1,0. Estos intrusivos se consideran con una anomalía negativa de Eu.

El resto de las muestras muestran anomalías más leves, con valores de Eu/Eu^* que presentan desviaciones centesimales del 1,0 y por lo cual se consideran dentro de los valores normales (Ver Tabla 5.5).

Tabla 5.5: Anomalías de Eu. Valores normalizados a condrito (McDonough & Sun, 1995).

Muestra	Sector	Eu/Eu*
EAS00004403	Los Azules	0,82
EAS00004404	Los Azules	0,83
EAS00004405	Los Azules	0,8
EAS00004416	Leiva Norte	0,62
EAS00004417	Leiva Norte	0,99
EAS00004428	Leiva Sur	1,03
EAS00004432	Leiva Sur	1,00
EAS00004433	Leiva Sur	0,64
EAS00004438	Leiva Sur	0,98
EAS00004425	Leiva Sur Sur	1,03
EAS00004434	El Tordillo	1,01

5.2.7. Diagrama Spider Multielemento, Normalizado al Manto Primitivo (McDonough & Sun, 1995).

El diagrama *spider* corresponde a una extensión del diagrama de REE, agregando elementos de importancia petrogenética, con el objetivo de observar variaciones respecto a una composición primitiva. Los diferentes elementos se encuentran ordenados en orden creciente, según su compatibilidad hacia la fase sólida. Se utiliza para comparar los distintos elementos traza.

El diagrama presenta, una tendencia negativa general para todas las zonas de alteración hidrotermal. Se observa un enriquecimiento mayor en el sector más incompatible (LILE, Th, U, Rb, Ba, Cs) con respecto a un menor enriquecimiento en el sector más compatible (HFSE, Nb, Ta, Ti), en relación al manto primitivo (McDonough & Sun, 1995), este comportamiento es propio de magmatismo de arco (Green, 1980).

El comportamiento de las muestras es disperso, incluso para intrusivos que forman parte del mismo sector, sin embargo el sector de Los Azules presenta, en general, mayores concentraciones de elementos traza (Figura 5.8), por lo que se puede hablar de un enriquecimiento de estos elementos para Los Azules con respecto al resto del Bloque Leiva.

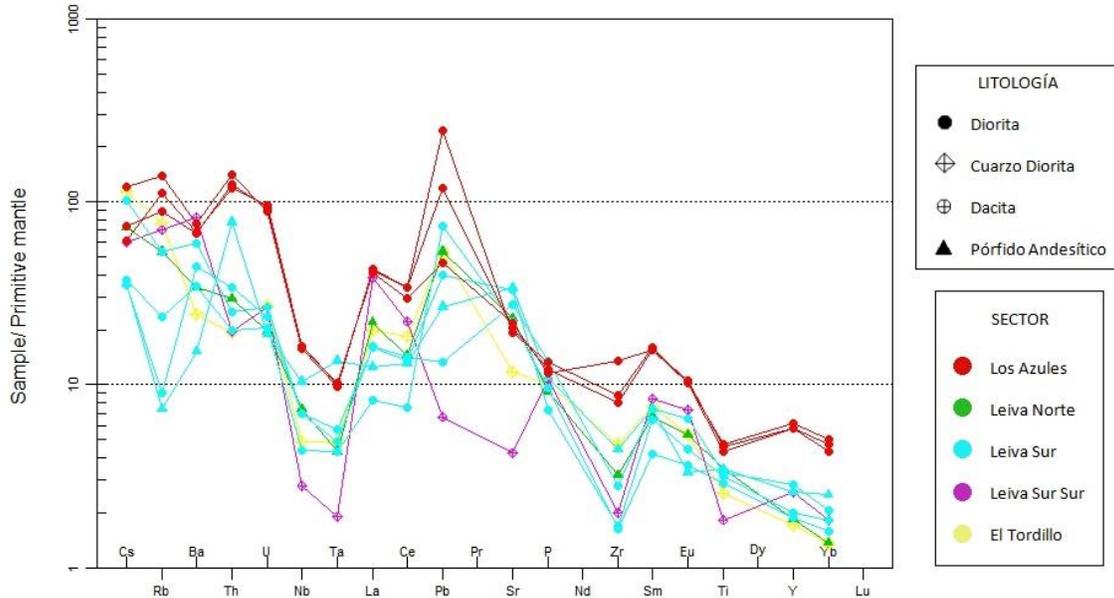


Figura 5.8: Diagrama Spider Multielemento. Valores normalizados al manto primitivo (McDonough & Sun, 1995)

5.2.8. Señal Adakitica

5.2.8.1. Diagramas de Discriminación de Adakitas (Martin, 1986)

Las adakitas se definen originalmente como rocas volcánicas y plutónicas ricas en sílice, altas razones de Sr/Y y La/Yb, originadas por la fusión parcial de corteza oceánica basáltica subductada bajo el arco volcánico (Defant & Drummond, 1990).

Existe una relación entre los depósitos epitermales y de tipo pórfidos de Cu-Au del Cenozoico en los Andes de Chile, Argentina, Perú, Bolivia, y Ecuador; y las señales adakiticas (Thiéblemont et al., 1997; Bissig et al., 2003; Reich et al., 2003; Chiaradia et al., 2004, Coldwell et al., 2005; Carrasquero et al., 2011), por lo cual existe la necesidad de comprobar el comportamiento de las muestras en esta clase de diagrama.

Esta signatura química particular se puede adquirir por engrosamiento cortical, fusión de una placa joven, subducción de flat slab, erosión de ante-arco o cristalización fraccionada en condiciones de alta presión (Defant & Drummond, 1990; Atherton & Petford, 1993; Peacock et al., 1994; Rabbia & Hernández, 2000; Xu et al., 2002; Reich et al., 2003; entre otros), así que la información obtenida con las razones elementales puede ser integrada con los demás resultados para fortalecer la caracterización petrogenética.

El gráfico realizado corresponde a $(La/Yb)_N$ versus Yb_N (Martin, 1986); y discrimina entre rocas adakiticas y rocas ordinarias. Las concentraciones de REE fueron normalizadas usando el condrito de McDonough & Sun (1995).

Del diagrama se desprende que la mayoría de los intrusivos del Bloque Leiva presentan afinidad adakitica, aunque algunas muestras se encuentran en la zona de coincidencia, la única excepción corresponde a las muestras estudiadas en el sector de Los Azules que son clasificadas como andesitas- dacitas de arco ordinarias (Figura 5.9).

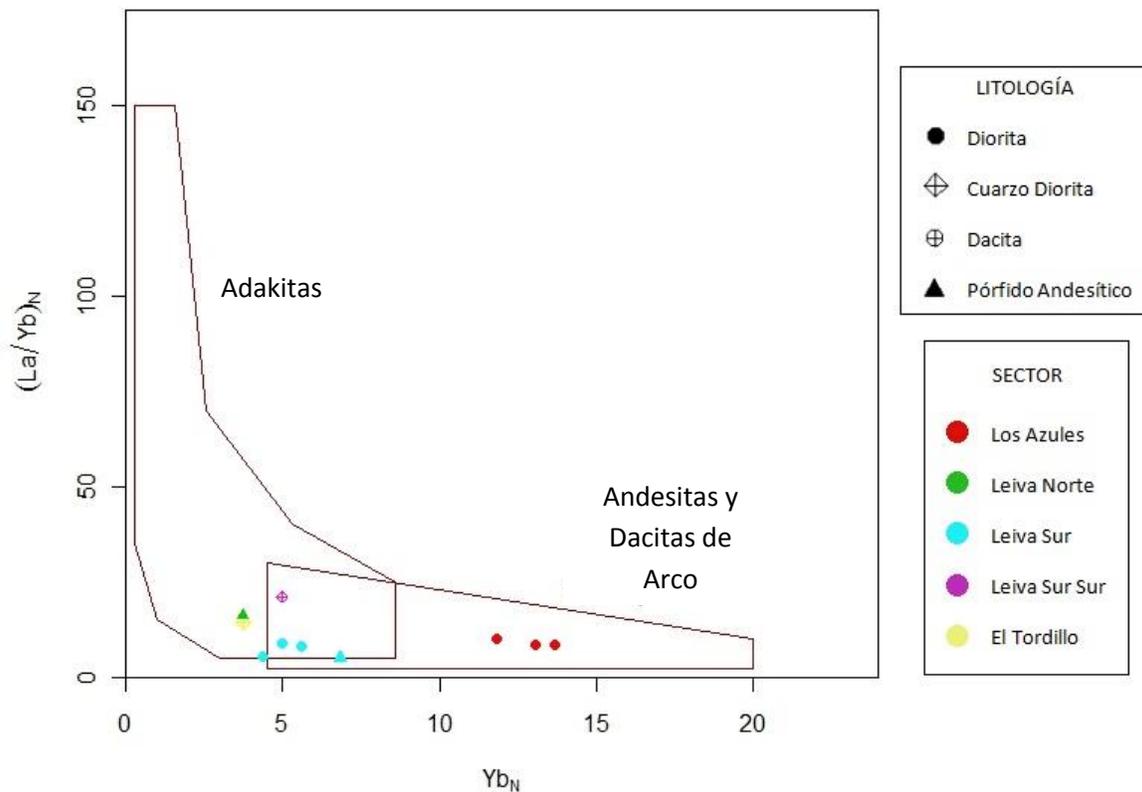


Figura 5.9: Diagrama de discriminación de adakititas (Martin, 1986). Valores normalizados a condrito (McDonough & Sun, 1995).

5.2.8.2. Criterios Adicionales

Otros autores postulan que hablar de adakititas en un sentido genético es incorrecto, debido a que esta signatura química puede tener múltiples orígenes. Richards (2011) recomienda restringir el término a aquellas rocas que cumplan los criterios propuestos por Richards & Kerrich (2007) y presentados en la Tabla 5.6; además, recalca que no existe evidencia concreta de que las adakititas sean rocas especialmente fértiles para el desarrollo de sistemas hidrotermales.

Las muestras estudiadas de los intrusivos del Bloque Leiva no cumplen todos los criterios para ser denominados adakititas.

Tabla 5.6: Criterios propuestos por Richards & Kerrich (2007) para rocas adakiticas. Se identifican con rojo los valores fuera de rango. #Mg = Mg/(Mg+Fe).

Muestra	Sector	SiO ₂ [wt%]	Al ₂ O ₃ [wt%]	MgO [wt%]	#Mg	Na ₂ O [wt%]	K ₂ O [wt%]	K ₂ O/ Na ₂ O	Rb [ppm]	Sr [ppm]	Y [ppm]	Yb [ppm]	Ni [ppm]	Cr [ppm]	Sr/Y	La/Yb
EAS00004403	Los Azules	60,86	16,22	2,49	0,22	4,06	2,43	0,60	67	435	24,8	2,1	13	53	17,54	12,67
EAS00004404	Los Azules	60,84	16,1	1,84	0,19	5,09	1,98	0,39	53	408	26,6	2,2	14	83	15,35	12,41
EAS00004405	Los Azules	62,22	16,69	1,59	0,15	3,6	2,86	0,79	83	381	24,8	1,9	11	69	15,38	14,63
EAS00004417	Leiva Norte	62,85	14,99	4,34	0,37	4,64	1,41	0,3	32	460	7,9	0,6	22	136	58,4	23,67
EAS00004428	Leiva Sur	62,95	16,7	2,85	0,47	7,23	0,79	0,11	14	438	8,1	0,7	3	69	54,31	7,57
EAS00004432	Leiva Sur	63,26	17,12	2,7	0,43	6,18	0,48	0,08	5	544	12,3	0,9	3	71	44,39	11,67
EAS00004433	Leiva Sur	60,47	15,01	2,12	0,2	5,12	0,34	0,07	4	675	11,2	1,1	13	101	60,44	7,36
EAS00004438	Leiva Sur	67,44	12,54	3,93	0,41	3,86	1,27	0,33	32,	657	8,6	0,8	43	190	76,61	12,88
EAS00004425	Leiva Sur Sur	59,94	15,6	2,92	0,36	5,73	4,18	0,73	42	84	11,1	0,8	5	51	7,53	31,13
EAS00004434	El Tordillo	61,82	16,04	2,66	0,2	6,28	1,4	0,22	46	234	7,3	0,6	14	79	31,9	21,33
Esperados		≥ 56	≥ 15	< 3	~0,5	≥ 3,5	≤ 3	~0,42	≤ 65	≥ 400	≤ 18	≤ 1,9	≥ 20	≥ 30	≥ 20	≥ 20

6.1. GEOQUÍMICA

6.1.1. Por Sector

Dado que el Cu es el principal elemento de interés, se usarán los *ranked variable maps*, generados con el software ioGAS, de este elemento para ubicar los centros mineralizados.

A nivel distrital, se observa que los blancos anteriormente descritos en Leiva Norte corresponden a anomalías mayores en comparación con los otros sectores, corroborando la información presentada en los diagramas de caja.

El blanco encontrado en Los Azules parece estar espacialmente relacionado con los cuatro blancos definidos en Leiva Norte. Mientras que el blanco N de Leiva Sur y el único blanco de Leiva Sur Sur presentan menores concentraciones de Cu. En el caso de Tigre se observa que el blanco E presenta las mayores concentraciones hacia el extremo S, mientras que el blanco N no presenta muchas anomalías que destaquen nivel distrital. Las muestras extremadamente anómalas de El Tordillo fueron publicadas por Thomson (2005), por lo cual en el mapa no se observan contrastes importantes en dicho sector (Figura 6.1).

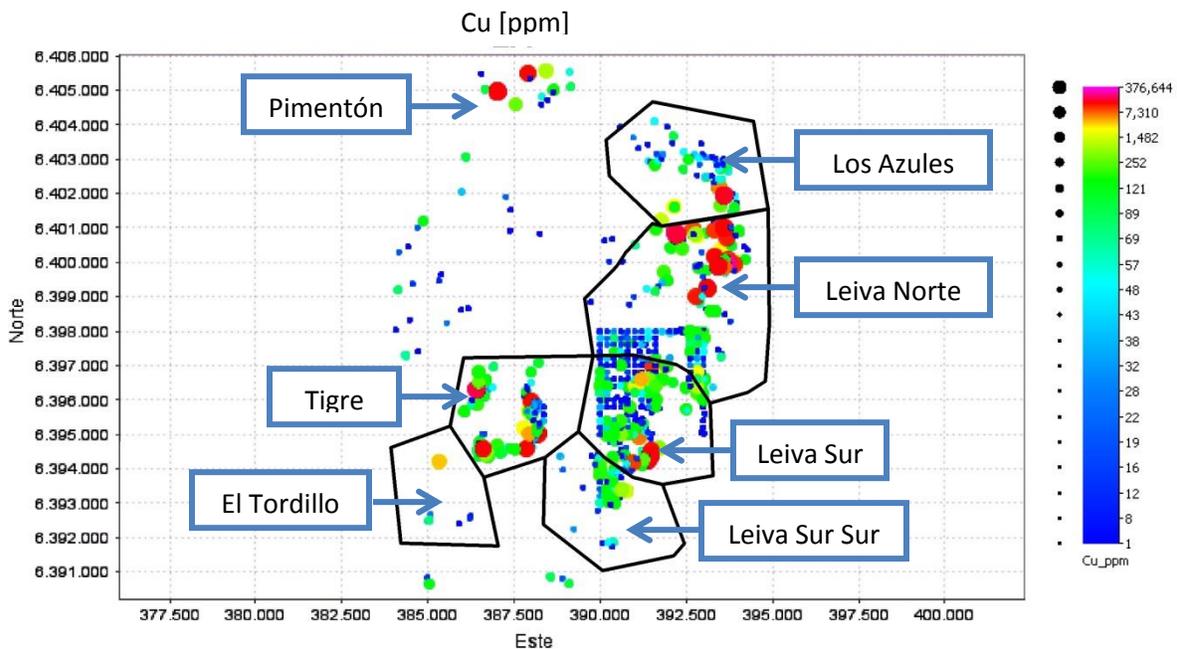


Figura 6.1: Mapa de variable clasificada para Cu, en el Bloque Leiva. Se identifican las zonas de alteración hidrotermal estudiadas.

6.1.1.1. Los Azules

La zona dónde se encuentran las muestras de roca con mayor concentración de Cu (Figura 6.2) coincide con valores sobre el umbral de anomalía local de Ag, As y Zn \pm Mo; y valores bajo el umbral de anomalía local de Au y Pb; esto concuerda con los coeficientes de correlación calculados para el sector, que son muy buenos ($\geq 0,9$) para el Cu con estos elementos y buenos ($\geq 0,75$) entre ellos mismos.

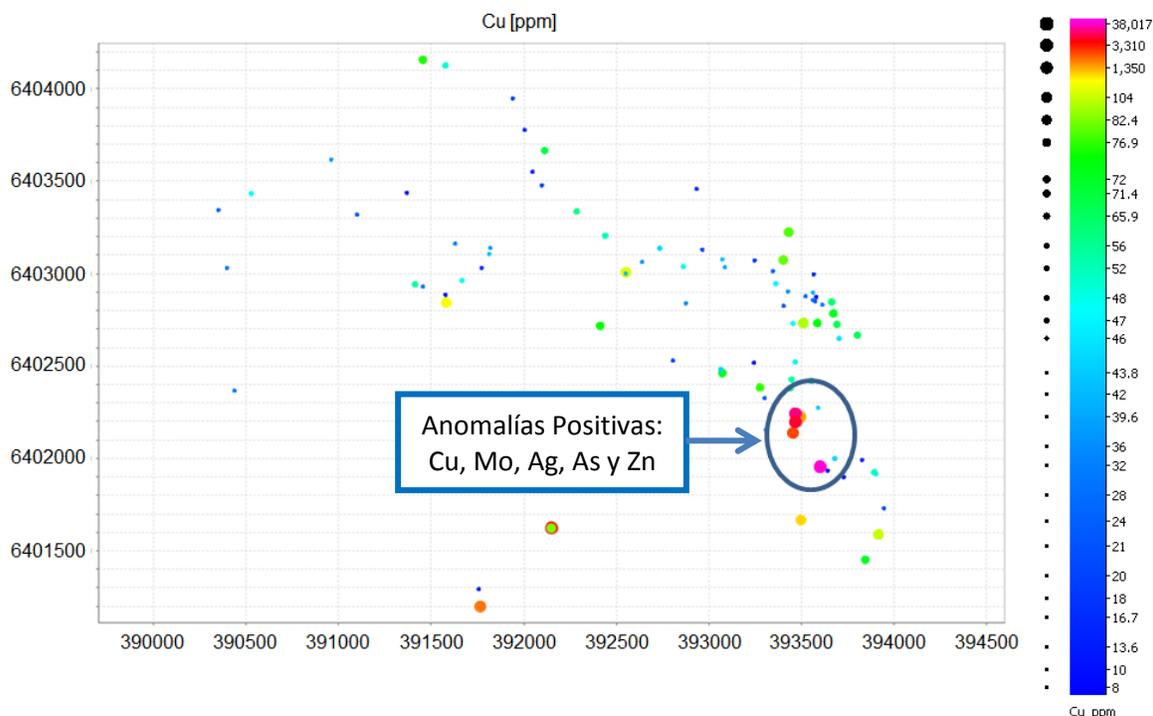


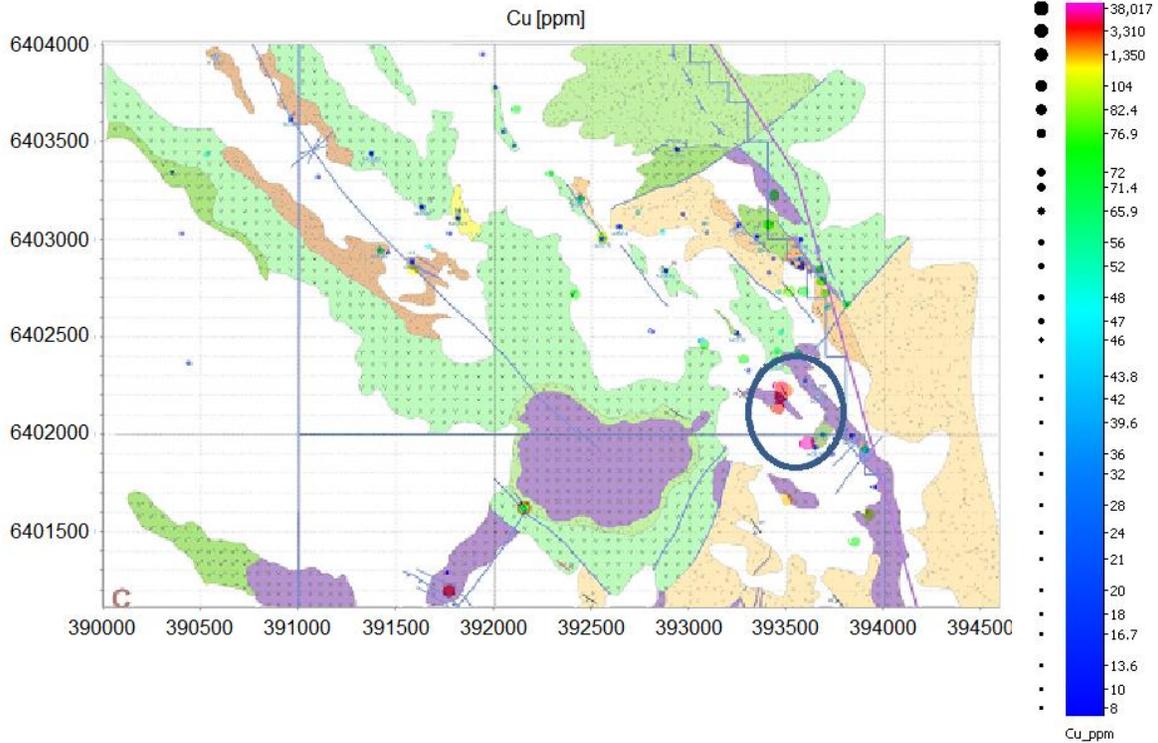
Figura 6.2: Mapa de variable clasificada para Cu, en el sector de Los Azules. Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado.

La mineralogía de sulfuros que mejor se adapta a estas condiciones geoquímicas son la piritita \pm calcopiritita, cuya signatura química incluye valores altos de Cu y As, y la esfalerita, cuya signatura química incluye valores altos de Cu, Ag y Zn (Joyce, 1984). Piritita \pm esfalerita es la principal asociación mineral de sulfuros, excluyendo la galena que no presenta su signatura geoquímica en este sector, encontrada en las zonas de alteración propilítica (Sillitoe, 2010). Esta zona está mapeada como alteración sericitita \pm argílica, que puede incluir mineralización de calcopiritita, aunque junto a ella se registra alteración epidota (Ver Anexo IV), por lo que se propone que el sector de Los Azules, dentro de un modelo de pórfido cuprífero, estaría emplazado en el límite entre ambas alteraciones. Además, el umbral de anomalía local de As obtenido (49,32 ppm) coincide con la distribución diagonal de elementos para el contexto sugerido (Halley et al. 2015).

Según la zonación metálica propuesta por Kouzmanov & Pokrovski (2012), este sector se encontraría relativamente cercano (~1 km) a un núcleo biotítico, dado que las concentraciones anómalas de Cu-Zn, con un coeficiente de correlación muy bueno ($\geq 0,9$), no están acompañadas por contenidos de Pb sobre el umbral.

No se descarta la acción de procesos supérgenos, dado que se registra la alteración biotita \pm sericita en el sector, de mayor profundidad y temperatura, que coincide con las principales anomalías de Au, pero no coincide con las mayores concentraciones de Cu. Además altos valores de Zn no presentan un buen índice de correlación con el Pb. Tomando en consideración la movilidad del Cu y Zn en la superficie (Andrews-Jones, 1968), se considera la opción de lixiviación de Cu o enriquecimiento de Zn por una fuente externa.

El blanco de exploración se encuentra asociado a la intrusión del pórfido diorítico – cuarzo diorítico, que intruye las unidades de andesitas porfídicas de la Formación Abanico, y las areniscas y conglomerados de la Formación Rio Damas. Además, coincide con la intersección de los sistemas de fallas NE y NW (Figura 6.3). La roca caja más antigua, así como la evidencia de alteraciones más profundas inmediatamente al S del blanco, en el sector de Leiva Norte, sugiere que Los Azules tiene una profundidad intermedia, en la zona de clorita – sericita (Sillitoe, 2010).



LEYENDA

LITOLOGIA

ROCAS ESTRATIFICADAS

- Formación Abanico
 - Andesita Porfírica
 - Basalto de Px
 - Toba Andesítica
 - Toba Dacítica Andesítica
 - Toba Dacítica
 - Toba de Lapilli
 - Tuffita
- Formación Collimapu
 - Arenisca Roja

- Formación Lo Valdés
 - Caliza Miorfítica
 - Arenisca - Calcoarenita
- Formación Río Damas
 - Yeso
 - Arenisca Gruesa
 - Conglomerado Grueso
 - Intercalación Andesítica

ROCAS INTRUSIVAS

- Pórfido Andesítico de Hbl
- Pórfido Diorfítico
- Pórfido Cuarzodiorfítico
- Pórfido Dacítico

ESTRUCTURAS

- Falla
- Falla Inversa
- Estratificación Subhorizontal
- Rumbo y Manteo de Estratos
- Estratificación Vertical
- Bandeamiento de Flujo
- Dirección y Ángulo de Manteo de Diques y Fallas

Figura 6.3: Mapa de afloramientos y variable clasificada para Cu, en el sector de Los Azules. Modificado de Ahumada (2009). Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado.

En el sector NW de Los Azules, que se identifica como una zona de mineralización diseminada de Ag en una zona con alteración clorita ± epidota, coinciden valores anómalos de Ag-Pb-Zn y que podría corresponder a un área propilítica periférica, aproximadamente a 2 km de distancia del núcleo potásico (Kouzmanov & Pokrovski, 2012). La presencia de alteración sericítica las cercanías sugiere que esta área también es de menor profundidad.

6.1.1.2. Leiva Norte

El principal centro mineralizado parece ser la zona ubicada al NE del sector (Figura 6.4), contiene valores sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag, As y Au; con valores bajo el umbral de anomalía local de Mo, Pb y Zn; firmas químicas asociadas a la calcopirita, pirita y arsenopirita (Joyce, 1984). En esta zona se reconoce una alteración clorita ± epidota (Ver Anexo IV), lo que coincide con los sulfuros asociados a la firma química (Sillitoe, 2010).

La litología encontrada en este blanco corresponde al pórfido andesítico basáltico intruyendo a las areniscas y conglomerados de la Formación Rio Damas y aunque no se observan fallas directamente sobre este, se puede proyectar una estructura NE (Figura 6.5).

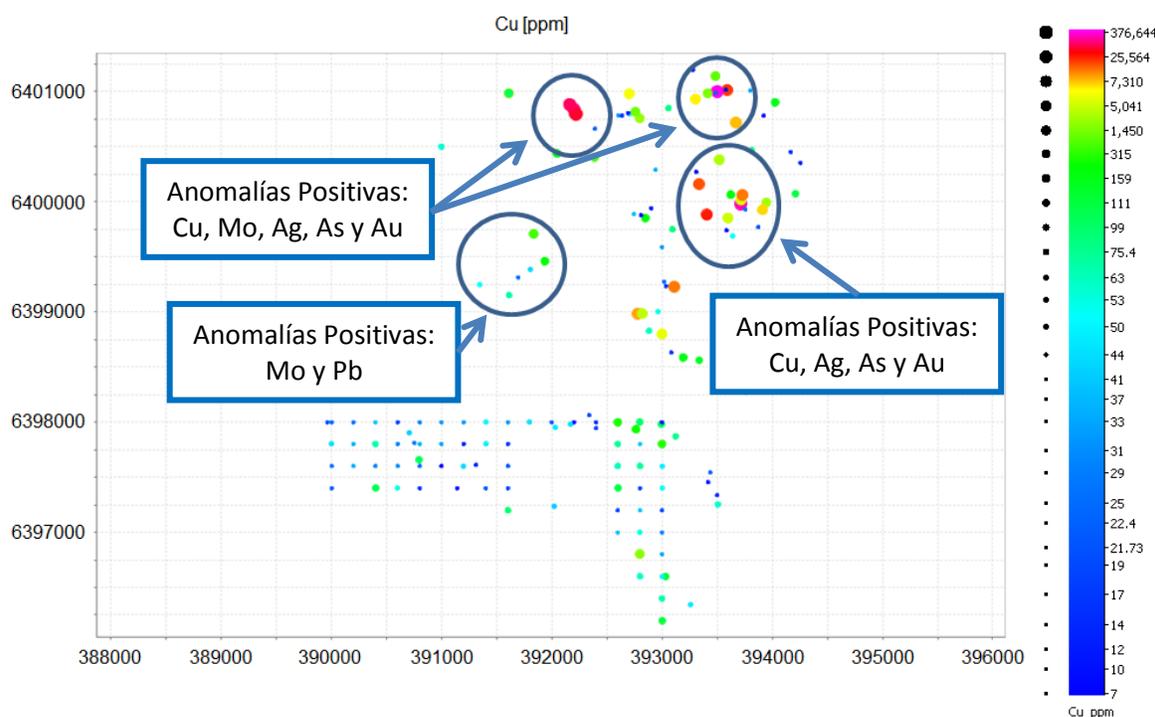


Figura 6.4: Mapa de variable clasificada para Cu, en el sector de Leiva Norte. Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado, junto a los centros mineralizados secundarios asociados.

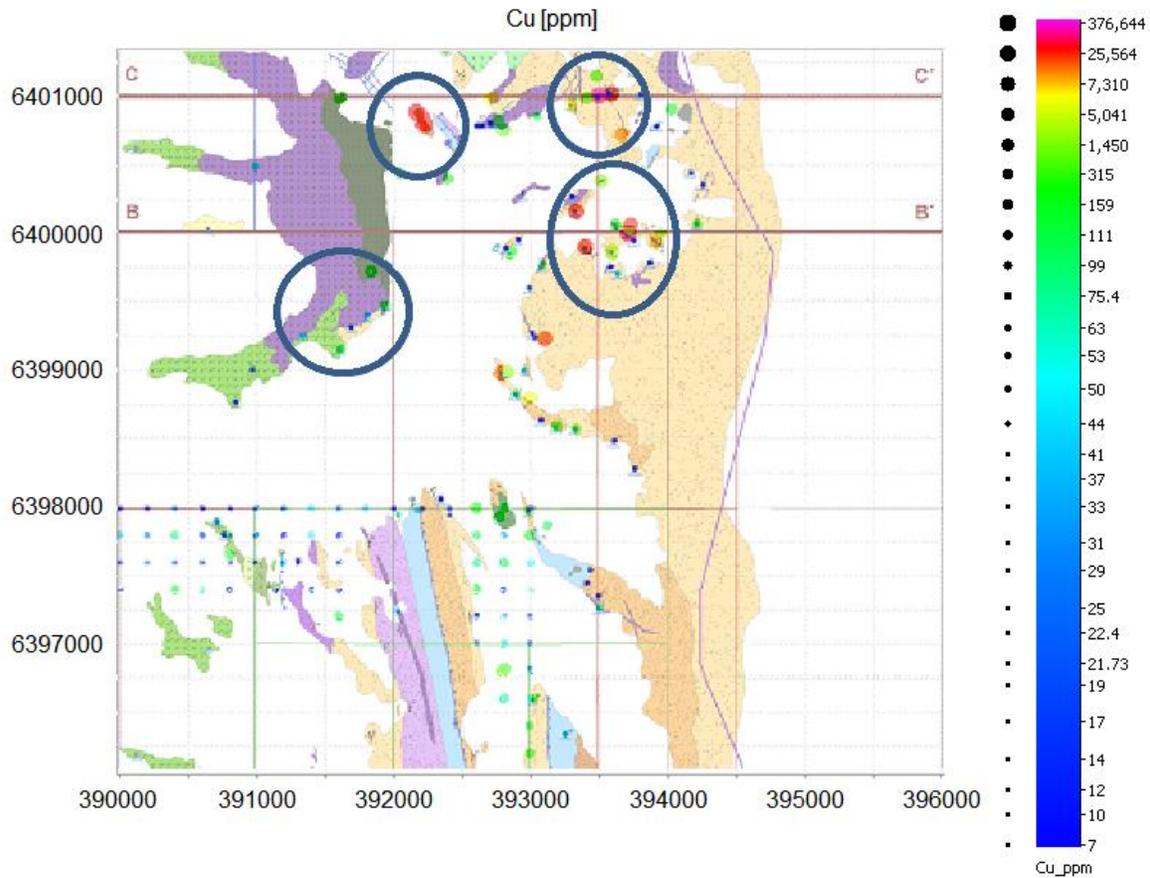
Al N y NW del principal centro mineralizado se encuentran muestras con concentraciones anómalas de Cu, Mo, Ag y As; en conjunto con concentraciones inferiores al umbral de anomalía local de Au, Pb y Zn; asociadas a alteración sericita ± argílica y alteración calcita. La ausencia de Au y presencia de Mo, en conjunto con las alteraciones más superficiales, sugieren que este sector está más arriba en el modelo de pórfido cuprífero en comparación con el centro principal (Halley et al. 2015). Los valores bajo el umbral de anomalía local de Pb y Zn en

ambas agrupaciones de muestreo anómalo sugieren que ambas corresponden a un sector proximal al núcleo potásico, mientras que al extremo NW se encuentran muestras con valores sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, As, Ag, Pb y Zn; la presencia de estos últimos dos elementos sugiere que corresponde a una zonación más periférica al centro principal sugerido (Kouzmanov & Pokrovski, 2012). La litología de estos blancos corresponde a las areniscas y conglomerados de la Formación Rio Damas, donde se intersectan los patrones estructurales NE y NW (Figura 6.5).

Mientras que al SW del principal centro mineralizado se encuentran concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Mo y Pb; con valores mayores a la media mundial, pero menores a este umbral de Cu, Ag y Zn. Este blanco se encuentra en un sector con alteración argílica, que coincide con la presencia anómala de Pb y Zn, pero no con los altos valores de Mo encontrados (Sillitoe, 2010). Dado que el Mo presenta mayor movilidad en climas áridos (Pokalov & Orlov, 1974), caso que no ocurre en el Bloque Leiva, se considera relativamente inmóvil. Se postula que esta zona en particular sufrió una sobre imposición de alteración argílica, que enriqueció la roca con Pb y Zn, sobre la alteración clorita-epidota proximal, lo que explica los altos valores de Mo, y finalmente fue lixiviada, reduciendo las concentraciones de Cu, Ag y Zn.

El alto valor umbral de anomalía local de As obtenido (88,41 ppm), en conjunto con el alto coeficiente de correlación de la dupla Cu-As ($\geq 0,9$), parecen ser contradictorios con las condiciones de profundidad sugeridas por la alteración y la geoquímica, pero pueden ser explicados con la presencia de sulfuros como la pirita y la arsenopirita en las muestras, que incluyen anomalías positivas de As en sus firmas químicas (Joyce, 1984). La presencia de pirita es apoyada por el coeficiente de correlación positivo de la dupla Fe-S ($\geq 0,75$). También puede influir la sobreimposición de alteraciones propuestas. El ambiente profundo, de alta sulfidación, se soporta con excelentes coeficientes de correlación ($\geq 0,9$) existentes para las duplas Cu-S, Ag-S y Au-S. Las litologías encontradas en este blanco corresponden al pórfido diorítico – cuarzo diorítico intruyendo las andesitas porfídicas de la Formación Farellones y las tobas andesíticas de la Formación Abanico, coincidiendo con una falla NE (Figura 6.5).

Aunque la evidencia geoquímica apoya la postura de acción supérgena y sobreimposición de alteraciones en el sector, las correlaciones relativamente buenas ($\geq 0,5$) para las duplas Ag-Zn y Pb-Zn, sugieren que las zonaciones más distales fueron menos afectadas por estos procesos.



LEYENDA

LITOLOGIA

ROCAS ESTRATIFICADAS

- Formación Abanico
 - Andesita Porfírica
 - Basalto de Px
 - Toba Andesítica
 - Toba Dacítica Andesítica
 - Toba Dacítica
 - Toba de Lapilli
 - Tuffita
- Formación Collimapu
 - Arenisca Roja

- Formación Lo Valdés
 - Caliza Miorfítica
 - Arenisca - Calcoarenita
- Formación Río Damas
 - Yeso
 - Arenisca Gruesa
 - Conglomerado Grueso
 - Intercalación Andesítica

ROCAS INTRUSIVAS

- Pórfido Andesítico de Hbl
- Pórfido Diorfítico
- Pórfido Cuarzodiorfítico
- Pórfido Dacítico

ESTRUCTURAS

- Falla
- Falla Inversa
- Estratificación Subhorizontal
- Rumbo y Manteo de Estratos
- Estratificación Vertical
- Bandeamiento de Flujo
- Dirección y Ángulo de Manteo de Diques y Fallas

Figura 6.5: Mapa de afloramientos y variable clasificada para Cu, en el sector de Leiva Norte. Modificado de Ahumada (2009). Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado, junto a los centros mineralizados secundarios asociados.

6.1.1.3. Tigre

Se identifican tres zonas donde se concentran las anomalías químicas, posibles centros mineralizados, en Tigre (Figura 6.6), dado que no se cuenta con un mapa de alteración para este sector, se asociará de manera hipotética la geoquímica obtenida con las descripciones de litología y alteración para el área (Piquer, 2007b) que mejor se adapten a los resultados obtenidos.

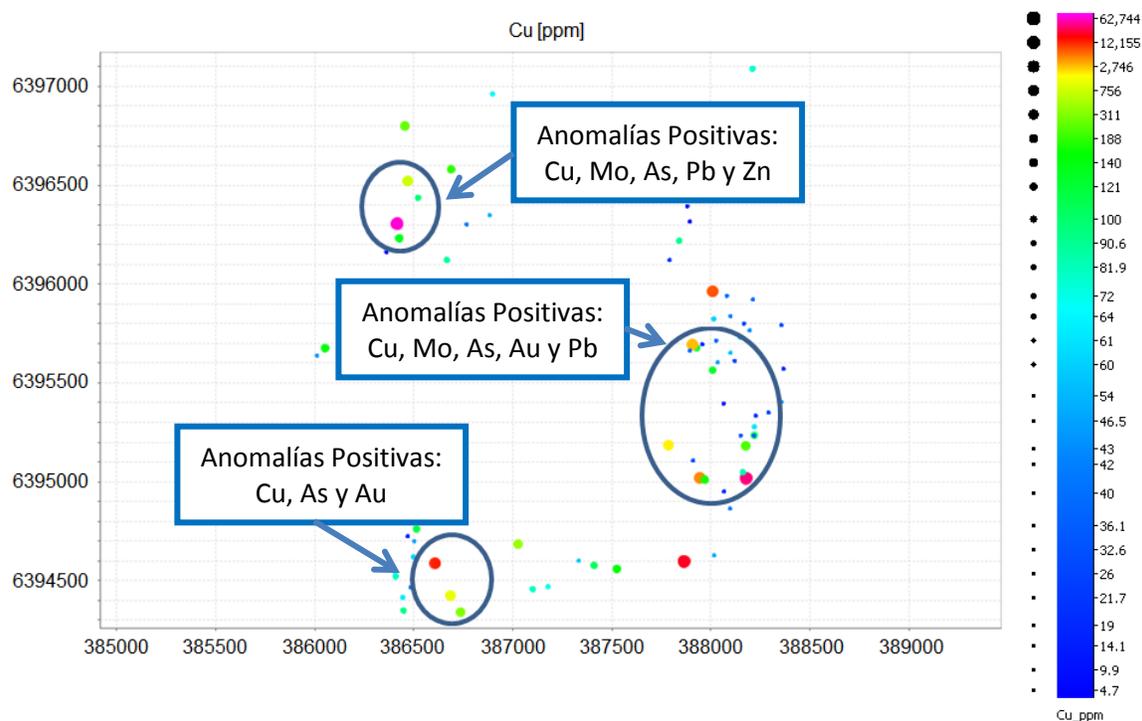


Figura 6.6: Mapa de variable clasificada para Cu, en el sector de Tigre. Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado, junto a los centros mineralizados secundarios.

El primero se ubica en el extremo NW y presenta concentraciones superiores al umbral de anomalía local de Cu, Mo, Ag, As, Pb y Zn; con concentraciones inferiores a este umbral de Au y S. Esto sugiere condiciones más distales (Sillitoe, 2010), probablemente relacionadas a la alteración argílica reportada (Piquer, 2007b). La signatura química sugiere presencia de galena, esfalerita, pirita, calcopirita y arsenopirita (Joyce, 1984); pero los bajos contenidos de S hacen que esta opción poco viable, aunque puede deberse a un problema metodológico que volatilizó este elemento (Más información en el Capítulo I: Introducción, apartado 1.5. Limitaciones). Se considera como un centro mineralizado secundario, dado que presenta anomalías de As-Pb-Zn, propias de una zonación distal y superficial (Kouzmanov & Pokrovski, 2012; Sillitoe, 2010), aunque existe un área importante sin muestreo que separa esta agrupación de anomalías del resto, por lo que es imposible determinar si podría corresponder al

mismo evento intrusivo-hidrotermal que el resto. Las duplas As-Pb, As-Zn y Pb-Zn tienen altos coeficientes de correlación ($\geq 0,9$), soportando la zonación distal en Tigre.

Hacia la zona E del centro del mapa se encuentran concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, As, Au y Pb; con concentraciones de Ag sobre la media mundial pero bajo este umbral y concentraciones inferiores al umbral de anomalía local de Zn. Los intrusivos encontrados en esta zona presentan alteración clorita \pm epidota de baja intensidad (Piquer, 2007b), que concuerdan con un ambiente con galena, pirita, calcopirita y arsenopirita (Joyce, 1984). Los bajos valores de Zn pueden deberse a la gran movilidad que tiene este elemento en ambientes supérgenos (Andrews-Jones, 1968), ya que la dupla Pb-Zn presenta un alto coeficiente de correlación ($\geq 0,9$) que no es representado en esta área. Se considera este como el principal centro mineralizado de Tigre, dado que la distribución de muestras de rocas con concentraciones anómalas es más amplia espacialmente, aunque puede deberse a un muestreo diferencial de estructuras geológicas en esta zona.

Inmediatamente al N de esta zona se encuentran muestras con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Au, As y Fe. Una opción probable de estas anomalías son las vetillas de cuarzo opaco reportadas por Piquer (2005).

Al extremo S del mapa se encuentra un sector muy reducido con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag y Au, sin anomalías de Zn y Pb; rodeado por muestras con valor superior a este umbral de Mo y As; y concentraciones superiores a la media mundial pero menores al umbral de anomalía local de Pb y Zn. Este sector puede estar sobre un núcleo de pórfido cuprífero (Sillitoe, 2010), afectado por la alteración biotita registrada (Piquer, 2007b), dado que las anomalías Cu-Ag-Au se encuentran en la parte más superficial de estos sistemas (Kouzmanov & Pokrovski, 2012). Se considera como un centro mineralizado secundario pues cuenta con una extensión geográfica muy pequeña y no existe información concreta respecto a la alteración ni su intensidad.

Tigre en general presenta excelentes coeficientes de correlación ($\geq 0,9$) para las duplas de elementos propias de sectores distales y superficiales como: Cu-Ag, Cu-As, Ag-Pb, Ag-Zn y Ag-Pb (Kouzmanov & Pokrovski, 2012; Sillitoe, 2010), pero no existen correlaciones importantes para duplas de sectores más profundos en el sistema como Cu-Mo ($< 0,5$), por lo que se considera que el hipotético pórfido en Tigre se encuentra cubierto.

Los tres blancos de exploración presentan las mismas litologías, intrusivos andesítico basálticos y microdioríticos intruyendo andesitas porfídicas y tobas lito cristalinas de la Formación Farellones.

6.1.1.4. Leiva Sur

Leiva Sur presenta dos agrupaciones de anomalías importantes, posibles núcleos mineralizados, que pertenecerían a dos sistemas hidrotermales diferentes (Figura 6.7).

En el extremo N del sector se encuentran concentraciones superiores al umbral de anomalía local de Cu, Ag, As y Fe, valores cercanos a este umbral de Au, e inferiores de Mo, Pb y Zn. Rodeado por concentraciones anómalas de Pb y Zn, con concentraciones bajo el umbral de anomalía local del resto de elementos. Esto corresponde a una clásica zonación elemental que ocurre en los pórfidos cupríferos (Kouzmanov & Pokrovski, 2012; Sillitoe, 2010) y que concuerda con las alteraciones reportadas en el área, que incluyen asociaciones de alta temperatura como la alteración clorita ± epidota con alteración argílica, más distal (Ver Anexo IV).

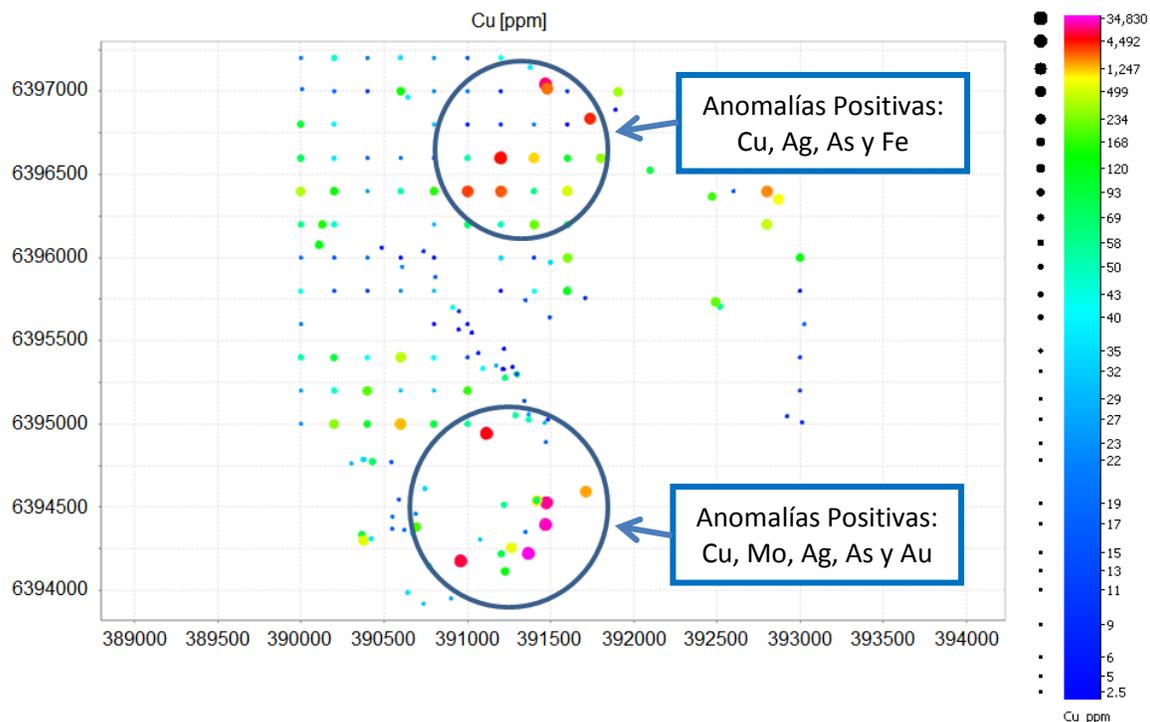


Figura 6.7: Mapa de variable clasificada para Cu, en el sector de Leiva Sur. Se identifica con un círculo los centros mineralizados.

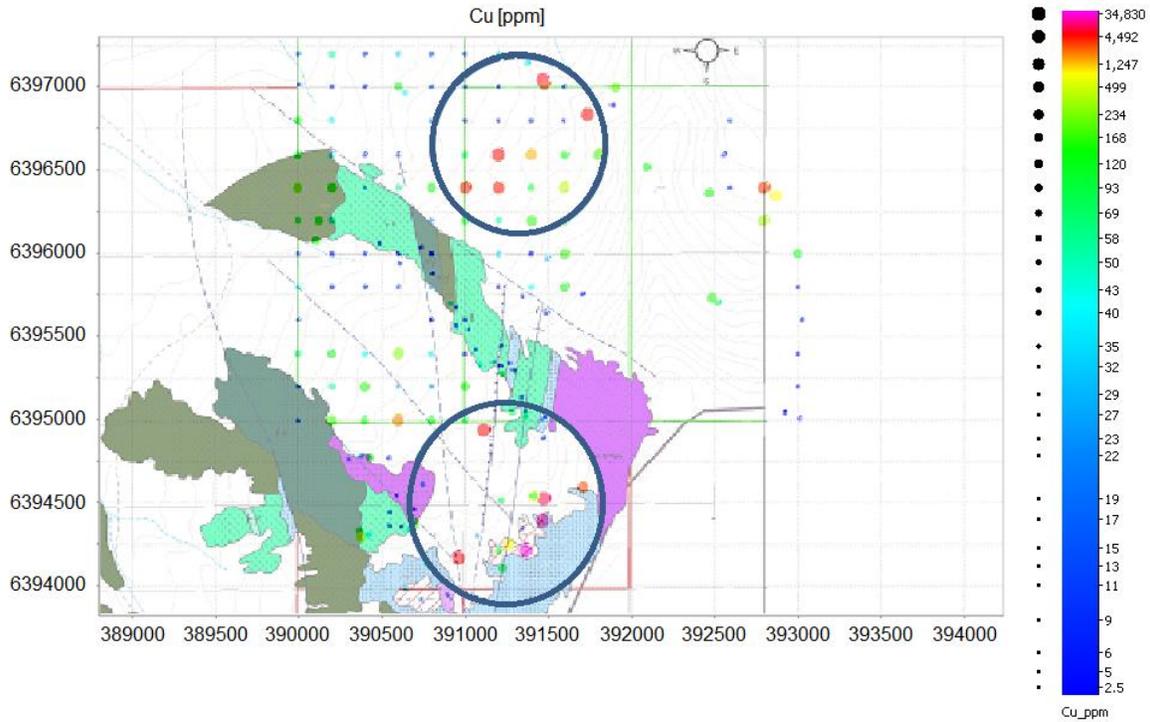
Las firmas químicas sugieren la presencia de pirita y calcopirita (Joyce, 1984), mineralogías que se presentan en las alteraciones reportadas (Sillitoe, 2010). Los bajos valores de Mo sugieren que esta zona de Leiva Sur está en el límite entre la alteración calco sódica y la alteración propilítica (Halley et al., 2015), que se va volviendo más distal hacia el NW.

La litología encontrada en este blanco corresponde al pórfido dacítico, que intruye las tobas de lapilli de la Formación Abanico y los conglomerados de la Formación Río Damas. Limita hacia el S con una falla con rumbo NW, mientras que Ahumada (2009) reportan fallas con rumbo NS al extremo N (Figura 6.8).

Entre ambas agrupaciones de anomalías se encuentra una franja de alteraciones clorita ± epidota, sin concentraciones superiores al umbral de anomalía local de ningún metal, excepto el Fe.

Más al S existe un sector con concentraciones superiores al umbral de Cu, Mo, Ag, As, Au, Zn y Pb; y sin anomalías de Fe; en una zona con alteración sericita ± argílica fuerte, aunque también hay evidencia de alteración biotita y alteración actinolita (Ver Anexo IV), lo que sugiere que esta zona corresponde a un nivel con una alteración sobreimpuesta, sobre un posible núcleo potásico. La sobreimposición de alteraciones se apoya con los buenos coeficientes de correlación ($\geq 0,75$) que existen para las duplas Cu-Mo y Cu-As.

La litología correspondiente a este blanco son intrusivos monzoníticos y cuarzo monzoníticos, asociados a la unidad de brecha intrusiva, intruyendo las tobas de lapilli, de ceniza y andesíticas de la Formación Abanico. Esta zona se encuentra en una intersección de fallas del Corrimiento El Fierro, de orientación NS, con un set de fallas NW (Figura 6.8).



Leyenda

Litología

Rocas Estratificadas

- Andesitas porfídicas
- Dique Andesítico
- Tobas de Lapilla
- Tobas de Ceniza
- Tobas Andesíticas
- Areniscas Volcanicas

Rocas Intrusivas

- Monzodiorita
- Pórfido Cuarzo Monzonita
- Pórfido Dacítico
- Veta Yeso (Py-CPy)
- Brecha Intrusivas

Estructuras

- Indica desplazamiento
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Observada
- 30° Rumbo y Manteo
- Contacto Geológico Inferido

Topografía

- Curvas de Nivel
- Hidrografía
- Drenes
- Límites
- Caminos

Figura 6.8: Mapa de afloramientos y variable clasificada para Cu, en el sector de Leiva Sur. Modificado de Becerra (2012). Se identifica con un círculo los centros mineralizados.

6.1.1.5. Leiva Sur Sur

Al E es posible encontrar un sector con concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Mo, As y Au; y concentraciones bajo este umbral de Ag, Zn, Pb y Fe (Figura 6.9). Se reconoce en esta zona alteración clorita ± epidota (Ver Anexo IV), alteración que contiene la mineralización de sulfuros sugerida por las signatures geoquímicas: Piritita, calcopiritita y arsenopiritita (Joyce, 1984). Los bajos valores de Fe pueden deberse a procesos supérgenos de oxidación, posibilidad

apoyada por el coeficiente de correlación negativo ($<-0,5$) obtenido para la dupla Fe-S.

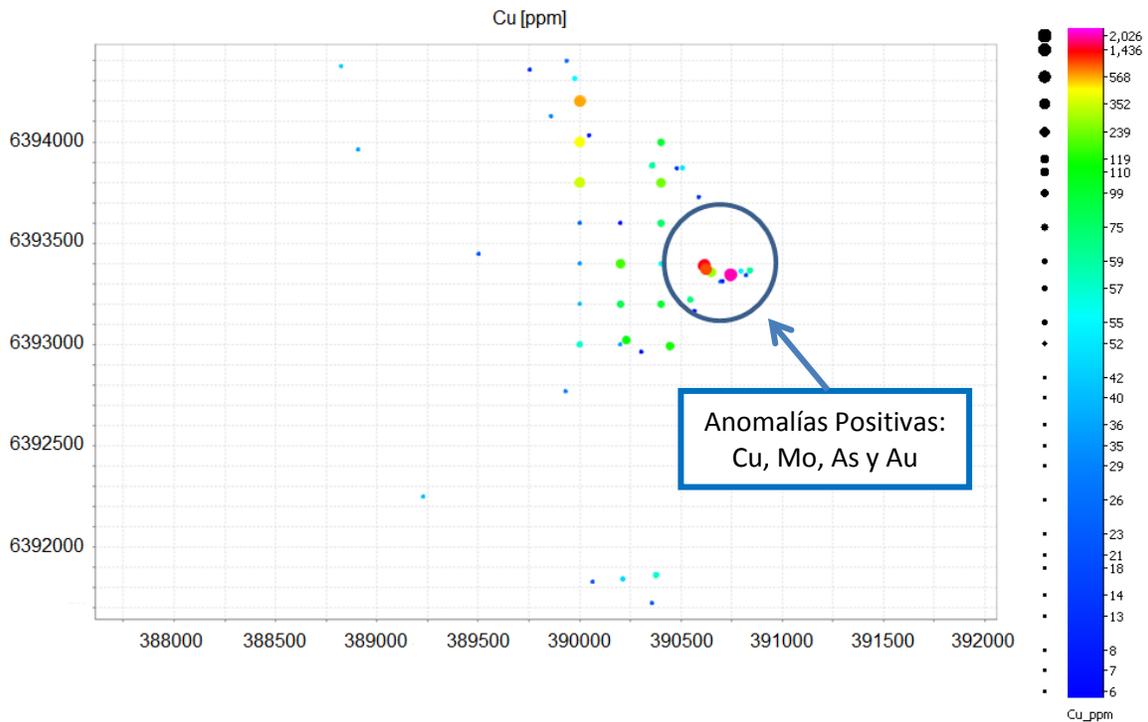
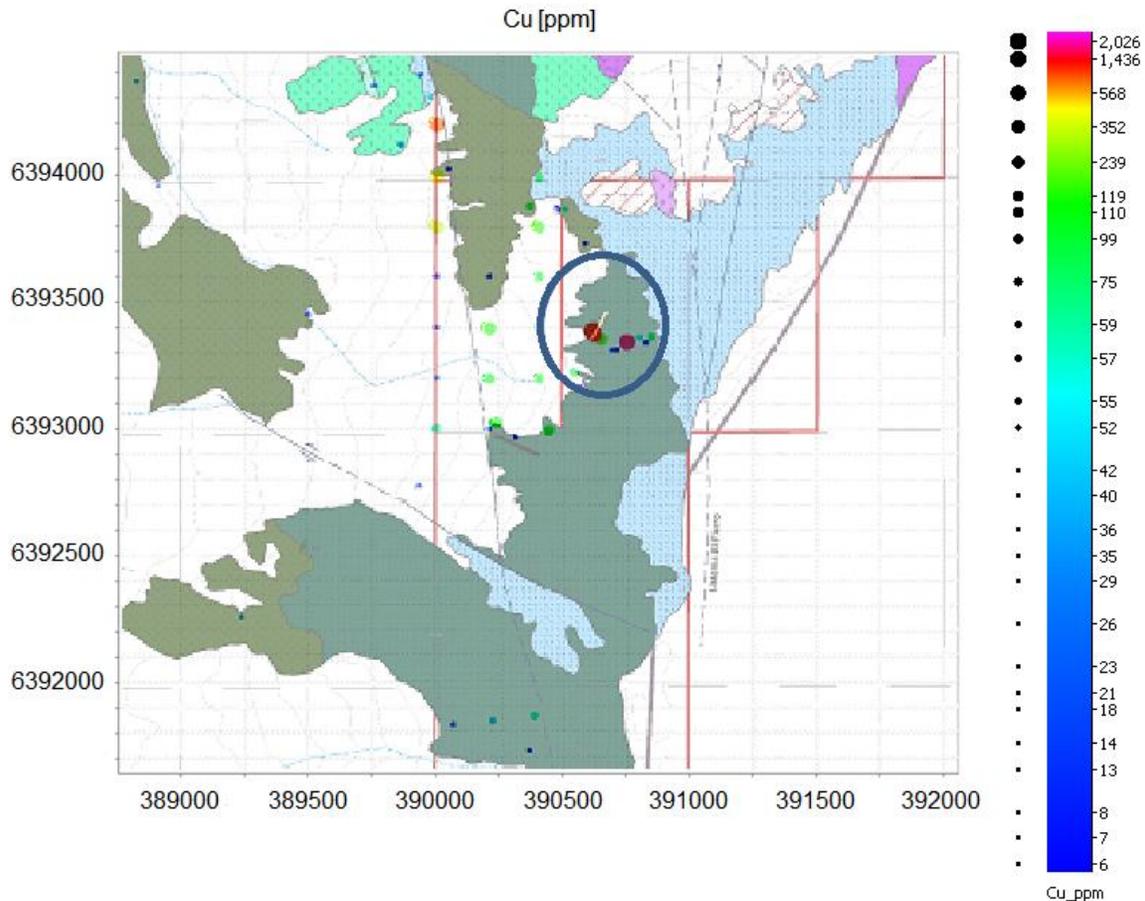


Figura 6.9: Mapa de variable clasificada para Cu, en el sector de Leiva Sur Sur. Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado.

Dada la alteración y concentración de elementos encontrada, se sugiere que Leiva Sur Sur pertenecería a un sector proximal al núcleo potásico, dentro de la alteración propilítica, utilizando el Mo para sugerir su profundidad en el modelo de pórfido cuprífero (Halley et al., 2015), aunque la buena correlación de la dupla Ag-Pb ($\geq 0,5$) puede interpretarse como parte de una zonación de metales más distal (Kouzmanov & Pokrovski, 2012).

La litología de este blanco corresponde a tobas andesíticas de la Formación Abanico, intruídas por vetas de yeso. Esta zona está rodeada por las fallas NS del Corrimiento El Fierro y el set de orientación NW (Figura 6.10).



Leyenda

Litología

Rocas Estratificadas

- Andesitas porfíricas
- Dique Andesítico
- Tobas de Lapilla
- Tobas de Ceniza
- Tobas Andesíticas
- Areniscas Volcanicas

Rocas Intrusivas

- Monzodiorita
- Pórfido Cuarzo Monzonita
- Pórfido Dacítico
- Veta Yeso (Py-CPy)
- Brecha Intrusivas

Estructuras

- Indica desplazamiento
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Observada
- Rumbo y Manteo
- Contacto Geológico Inferido

Topografía

- Curvas de Nivel
- Hidrografía
- Drenes
- Límites
- Caminos

Figura 6.10: Mapa de afloramientos y variable clasificada para Cu, en el sector de Leiva Sur Sur. Modificado de Becerra (2012). Se identifica con un círculo el principal centro mineralizado.

6.1.1.6. El Tordillo

Existe poca evidencia para obtener conclusiones para El Tordillo, pero al N se observa que hay concentraciones sobre el umbral de anomalía local de Cu, Ag,

As, Au y Fe; con sin anomalías de Mo, Zn y Pb; información que puede relacionarse espacialmente al hipotético núcleo biotítico encontrado al S de Tigre, (Figura 6.11). Aunque Thomson (2005) no describe alteración biotítica en el sector de El Tordillo y los cortes transparentes muestran alteraciones de menor temperatura por lo que no se le puede asignar dicho contexto.

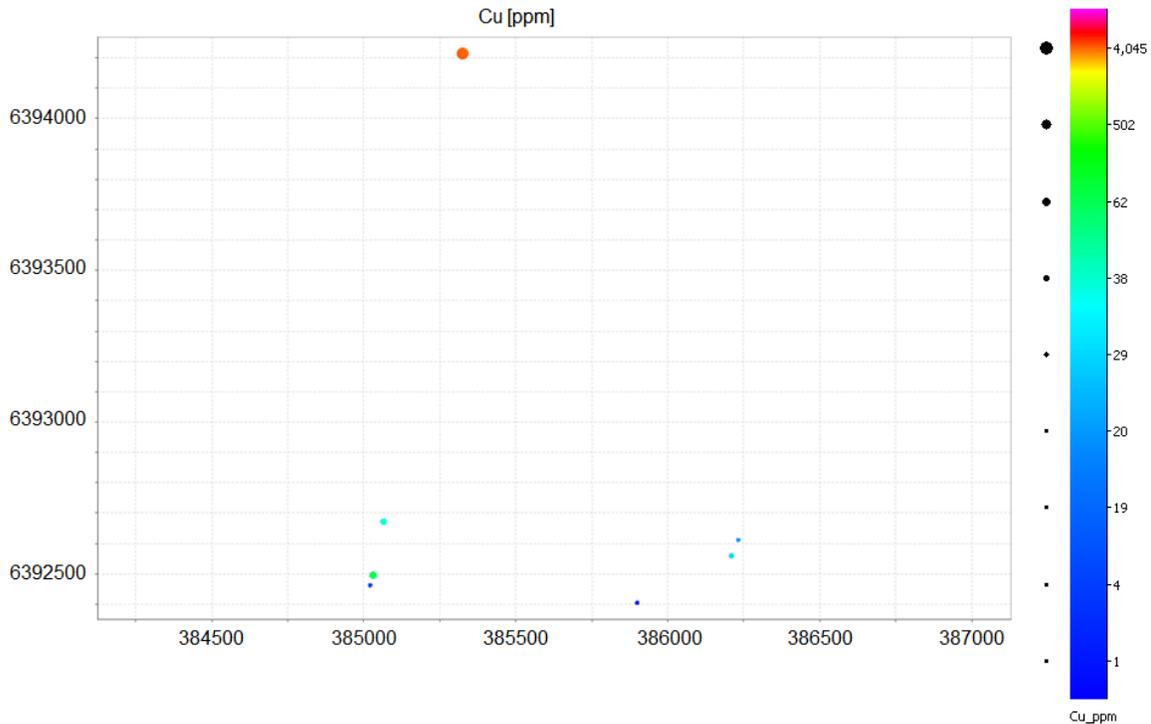


Figura 6.11: Mapa de variable clasificada para Cu, en el sector de El Tordillo.

Los coeficientes de correlación también sugieren un emplazamiento más superficial (Kouzmanov & Pokrovski, 2012), dados los excelentes valores ($\geq 0,9$) para las duplas Cu-As, Cu-Ag y Ag-As ($\geq 0,9$); muy bueno ($\geq 0,75$) para la dupla Cu-Au y bueno ($\geq 0,5$) para la dupla Pb-Zn, mientras que la dupla Cu-Mo no presenta correlación importante ($< 0,5$). Existen otros índices de correlación ($\geq 0,9$) que sugieren un ambiente de mayor sulfidización como las duplas Cu-S, Ag-S y As-S, aunque puede deberse a un muestreo sesgado, con abundantes sulfuros. Mientras que la alta correlación negativa ($\leq -0,9$) de la dupla Fe-S puede deberse a oxidación de pirita, evidencia de procesos súpergenos.

6.1.1.7. Emplazamiento

En la Figura 6.12 se le asigna a cada zona de alteración hidrotermal estudiada un lugar dentro del modelo de pórfido cuprífero (Halley et al., 2015). Se considera que Leiva Norte y Leiva Sur están en un nivel profundo, pero presentan alteraciones sobre impuestas.

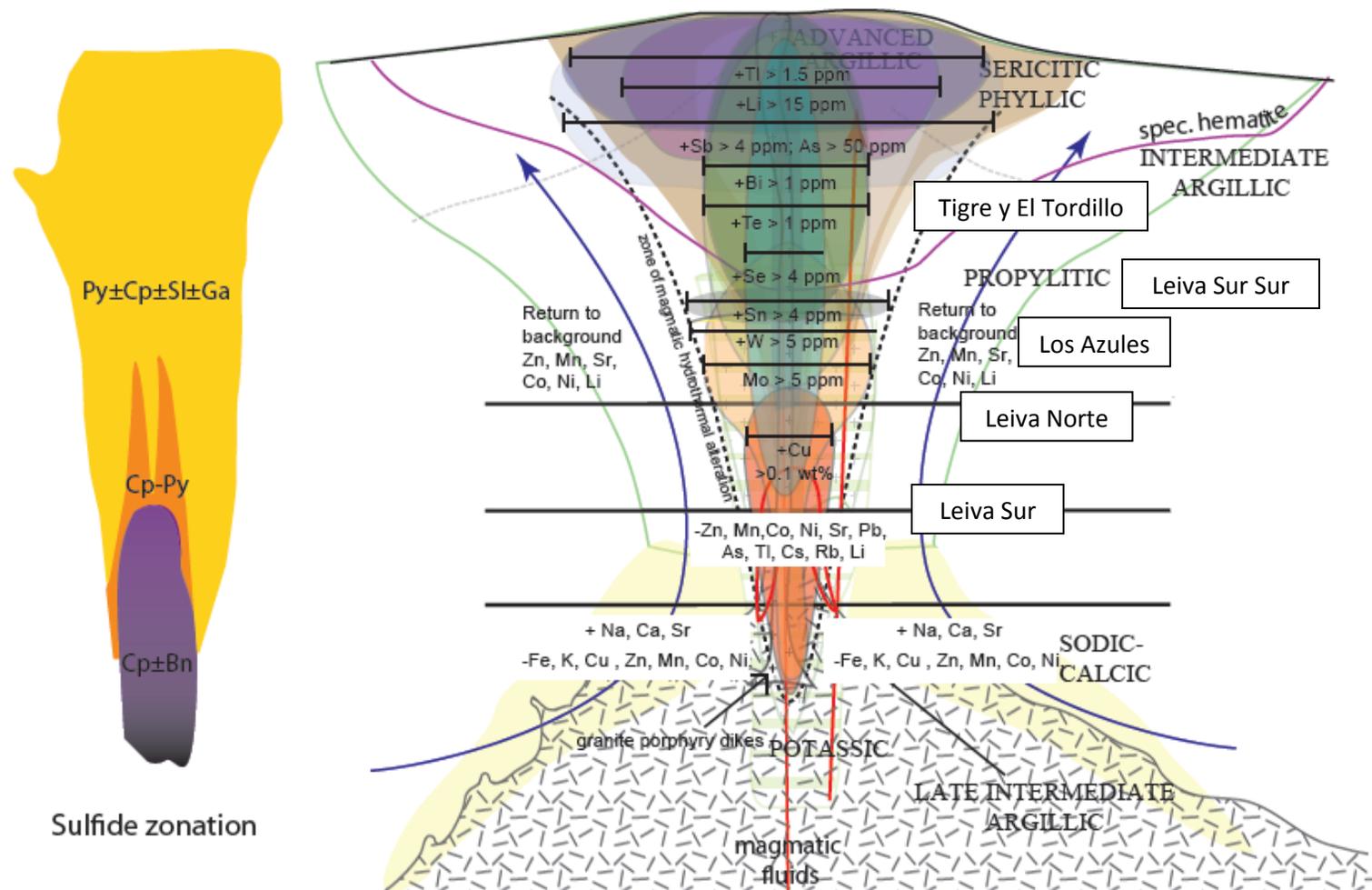


Figura 6.12: Nivel de emplazamiento en un modelo de pórfido cuprífero (Halley et al., 2015) para las zonas de alteración hidrotermal encontradas en el Bloque Leiva.

La zona E del Bloque Leiva parece presentar altos niveles de exhumación, asociados a la traza principal del Corrimiento El Fierro, especialmente en los sectores de Leiva Norte y Leiva Sur, dada la presencia de afloramientos de las secuencias volcánico-sedimentarias jurásicas de la Formación Rio Damas y alteraciones hidrotermales de alta temperatura.

Aunque no existen trabajos al respecto en el *clúster* San Felipe, las tasas de exhumación en la cordillera suelen ser altas debido al alzamiento tectónico y la erosión glacial, como se observa en casos como Rio Blanco, cuyas tasas de exhumación calculadas corresponden a 0,45 mm/año (Maksaev et al., 2009) y 1,1 mm/año (McInnes et al., 2005).

6.1.2. Por Litología

En general, contenido metálico de las unidades litológicas es mayor a las medias mundiales publicadas para el tipo de roca equivalente, por lo que las concentraciones consideradas anómalas se asocian a procesos de alteración hidrotermal y no al contenido primario de la roca.

6.1.2.1. Roca Caja

Los diagramas de caja muestran que, en general, para Formación Rio Damas existen diferencias en concentraciones y dispersión. En particular se observa que los conglomerados tienden a tener mayores concentraciones, aunque con mayor dispersión, de Cu, Mo, Ag, As, Au, Fe y Pb. Ambas litologías son afectadas la alteración clorita \pm epidota, pero las areniscas también son afectadas por la alteración biotita \pm sericita (Ver Anexo IV); por lo que se esperarían mayores concentraciones de Cu, Mo y Au en ellas.

El análisis geoquímico realizado apunta a que podría existir un control litológico influyendo en las concentraciones de elementos de interés económico en esta Formación. Según Sillitoe (2010), los grandes depósitos de alta sulfidización son favorecidos por rocas de caja permeables, siendo esta la razón más probable para las diferencias en las concentraciones encontradas.

La Formación Abanico conforma la roca caja de la mayoría de las zonas de alteración hidrotermal, por lo que diagramas de caja integran todas las alteraciones hidrotermales, especialmente para el caso de las andesitas porfídicas y tobas andesíticas, las cuales presentan un comportamiento muy similar. Aunque las tobas de ceniza y de lapilli también son afectadas por varias alteraciones, en general las tobas de ceniza sufren alteración argílica mientras que las tobas de lapilli sufren alteración clorita \pm epidota (Ver Anexo IV).

Para estos últimos casos la alteración es relevante en el ingreso de elementos, como el Mo, que presenta mayores contenidos en la toba de lapilli. Pero la permeabilidad es un factor relevante en la acción supérgena, pues esta misma litología muestra mayor dispersión de Cu, Mo, Pb, Zn, Fe y S. Alta dispersión y asimetría en los primeros dos cuartiles puede significar un proceso de empobrecimiento que afecta la litología.

Las rocas de la Formación Farellones afloran principalmente en los sectores de Tigre y El Tordillo, donde no se cuenta con mapas de alteración hidrotermal, por lo que se asociarán a las descripciones de Piquer (2007b). La andesita porfídica presenta mayor cantidad de Cu, Ag, Pb y S; con contenidos bajos de Mo; esta litología es la roca de caja del hipotético centro mineralizado con alteración biotita reportada. Mayores contenidos de Pb y S deberían encontrarse en alteraciones de más distales como la alteración clorita \pm epidota que se reporta en el sector donde afloran tobas lito cristalinas. Se propone que el sector fue afectado por procesos supérgenos, pero se sugiere levantar más información en el área.

6.1.2.2. Intrusivos

El intrusivo monzonítico – cuarzo monzonítico, en general, presenta menor concentración para todos los elementos estudiados, excepto de Ag, cuyo comportamiento es similar en todos los pórfidos; y Cu, el cual presenta valores intermedios en con el resto de las litologías intrusivas. En Leiva Sur se encuentra asociado a la alteración calco-sódica. También presenta alteración clorita (sin epidota), alteración argílica y alteración de sílice; de menor temperatura, que concuerdan con bajos contenidos de elementos metálicos. Debido a esto, se postula que este cuerpo intrusivo corresponde a un cuerpo pre-mineral. El diagrama La/Sm versus Sm/Yb, que compara tres muestras de esta litología en el sector de Leiva Sur con la publicada por Kay & Mpodozis (2001) para el distrito El Teniente, sugiere que esta unidad es pre-mineral.

El pórfido andesítico presenta valores ligeramente mayores en su población lognormal que el intrusivo monzonítico, salvo concentraciones mayores de Zn, y presenta alteración clorita \pm epidota, alteración argílica y alteración calcita. Está relacionado espacialmente al centro mineralizado de Leiva Norte, pero su contenido metálico es menor, por lo que se propone que este intrusivo corresponde a una etapa pre-mineral. Aunque la petrografía estudiada (EAE0000007, Anexo III) sugiere que el pórfido andesítico de Leiva Norte puede presentar alteraciones de mayor temperatura, pues en el corte transparente se observa una ligera argilización – sericitización en las plagioclasas, y actinolita \pm epidota \pm biotita flogopítica en los minerales máficos. El diagrama La/Sm versus Sm/Yb, que compara tres muestras de esta litología en el sector de Leiva Norte

con la publicada por Kay & Mpodozis (2001) para el distrito El Teniente, sugiere que esta unidad es syn-mineral.

Asociado espacialmente al intrusivo monzonítico – cuarzo monzonítico se encuentra la brecha intrusiva, que presenta mayores concentraciones que todas las litologías intrusivas estudiadas, excepto Pb y Zn, y coincide con el extremo S del centro mineralizado de Leiva Norte, presentando alteración sericita \pm argílica fuerte. Dado su volumen limitado, que está contenido dentro de un centro mineralizado mayor y presenta alteración de menor temperatura, se considera que este cuerpo podría corresponder a la parte superior de un cuerpo intrusivo syn-mineral o pre-mineral mayor, en profundidad, con el pórfido monzonítico actuando como plutón parental.

Mientras que el pórfido diorítico / cuarzo diorítico presenta altas concentraciones, pero también gran dispersión, de la mayor cantidad de elementos, excepto Au y Ag. Este intrusivo presenta una variedad de alteraciones, que pueden explicar la dispersión y asimetría de algunos de sus diagramas de caja. El sector afectado por la alteración biotita \pm sericita está relacionado espacialmente al centro mineralizado de Leiva Norte, por lo que se propone que este intrusivo corresponde a un cuerpo syn-mineral o pre-mineral temprano. El diagrama La/Sm versus Sm/Yb, que compara tres muestras de esta litología en el sector de Los Azules con la publicada por Kay & Mpodozis (2001) para el distrito El Teniente, sugiere que esta unidad es pre-mineral.

Ahumada (2009) y Becerra (2012) reconocen filones dioríticos / cuarzo dioríticos cortando todas las litologías, presentándose alteración propilítica o sin alteración, se postula que esos cuerpos corresponden a una litología aparte, tardi-mineral a post-mineral, que no está diferenciada del cuerpo mineralizado en los mapas geológicos. La dispersión observada en los diagramas de caja de esta unidad podría explicarse con un pulso temprano y uno tardío.

6.2. PETROLOGÍA

6.2.1. Ambiente y Fuente Magmática

Los diagramas de variación se ven dispersos, pero en general se logra observar una única tendencia lineal, lo que significa que todos los intrusivos estudiados en el Bloque Leiva corresponderían a una única fuente magmática (Harker, 1909).

El diagrama *spider* de REE muestra una distribución similar para todos los intrusivos estudiados y revela una pendiente negativa, con un mayor enriquecimiento de LREE en comparación con las MREE y HREE. Esta tendencia

sugiere engrosamiento cortical, con una fuente magmática cuya roca residual se encontraba dominada por anfíbola y granate, como muestra el fraccionamiento de Yb (Gast, 1968). Para comparar la participación de la anfíbola y el granate en la fuente magmática se utilizó la razón $[Sm/Yb]_N$, la cual fluctúa entre 2,2 y 5,6. Estos resultados implicarían una mayor participación de anfíbola que de granate (Kay & Mpodozis, 2002).

Los intrusivos de la zona tienen una signatura consistente con el magmatismo de arco continental con fuente mantélica, como evidencian el diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971), que clasifica a todas las muestras como calco alcalinas, salvo una excepción en Los Azules, y el enriquecimiento de elementos incompatibles con respecto a los compatibles observados en el diagrama *spider* multielemento normalizado a manto primitivo (Green, 1980). Además el enriquecimiento de LREE (La razón $[La/Sm]_N$ fluctúa entre 1,9 y 4,6) y el fraccionamiento moderado de HFSE (La razón $[Sm/Yb]_N$ fluctúa entre 2,2 y 5,6) presenta valores consistentes con la química de REE del Cretácico tardío – Mioceno medio para la región (Hollings & Cooke, 2005).

El diagrama La/Sm versus Sm/Yb, que compara los intrusivos estudiados con los resultados obtenidos por Kay & Mpodozis (2001) para el distrito El Teniente, muestra que los pórfidos del Bloque Leiva están dentro del rangos de valores recopilados por estos autores. Aunque el resto de la evidencia sugiere que el pórfido diorítico / cuarzodiorítico es syn-mineral y no pre-mineral.

Los resultados obtenidos son solo ilustrativos, considerando factores como la digestión parcial y la alteración de minerales portadores de REE, como la anfíbola y la titanita, pueden afectar el resultado de estos patrones (Rabbia et al., 2012). Además de que para este estudio no se contó con las concentraciones de la mayoría de las tierras raras.

6.2.1.1. Anomalía de Eu

Las anomalías de Eu parecen depender de la litología. Las dioritas de Los Azules y el pórfido andesítico de Leiva Norte presentan marcadas anomalías, mientras que el resto de los intrusivos se encuentra dentro del rango considerado normal.

El diagrama *spider* de REE correspondiente al intrusivo estudiado en El Tordillo presenta una forma escalada, con un enriquecimiento relativamente alto de Sm y un fraccionamiento relativamente alto de Gd, ambos con respecto al Eu, pero su valor de Eu/Eu^* es muy cercano a 1,0 por lo que se considera sin anomalías.

Según Loucks (2012), los magmas generadores de mineralogía rica en Cu tienen diagramas *spider* de REE que adoptan formas lístricas, sin anomalías relevantes de Eu. Pese a que este trabajo no dispone las concentraciones de todas las Tierras Raras, las irregulares anomalías de Eu que presentan algunas de las muestras estudiadas de los intrusivos asociados a la mineralización no son prometedoras. Las muestras estudiadas presentan concentraciones dentro del orden de magnitud esperada para la base de datos publicada por este autor (Figura 6.13).

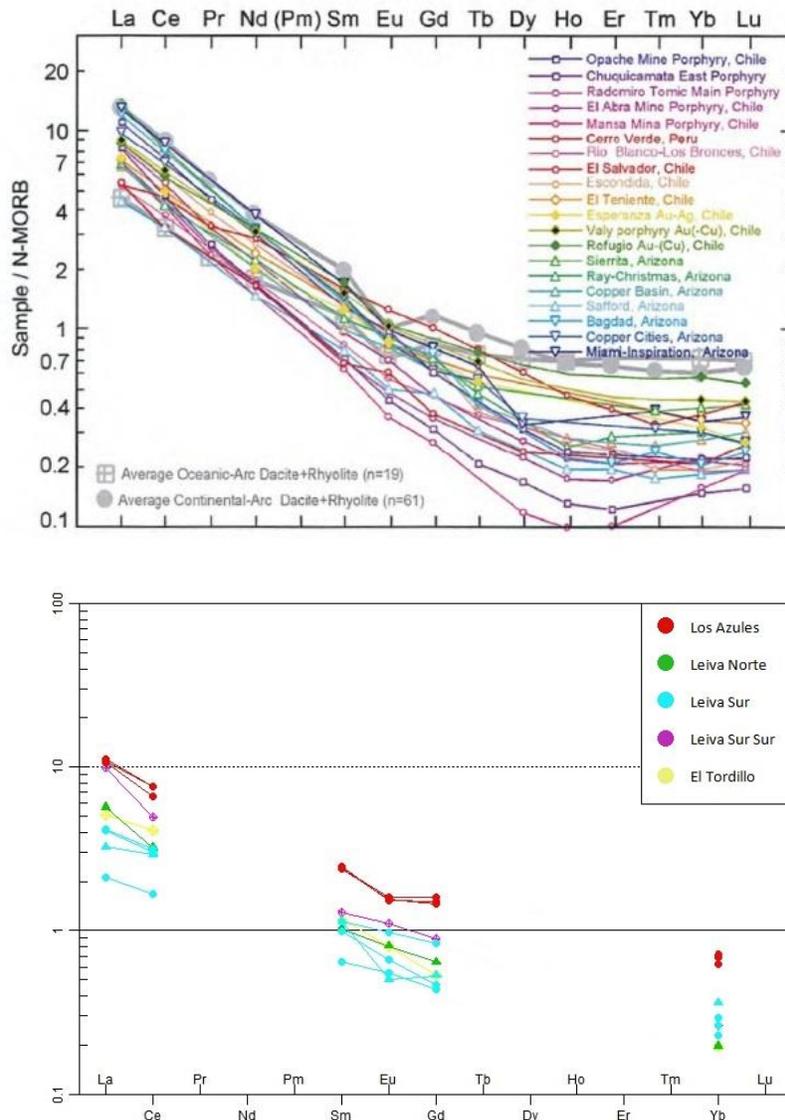


Figura 6.13: Comparación de diagramas *spider* REE. Modificado de Loucks (2012). Diagrama inferior normalizado a N-MORB (Sun & McDonough, 1989).

6.2.1.2. Señal Adakitica

El diagrama de clasificación de Martin (1986) muestra que varios intrusivos se encuentran en el campo compartido entre las adakitas y las andesitas ordinarias de arco volcánico. Otros autores postulan que hablar de adakitas en un sentido genético es incorrecto debido a que esta signatura química puede tener múltiples orígenes. Richards (2011) recomienda restringir el término a aquellas rocas que cumplan los criterios propuestos por Richards & Kerrich (2007) y recalca que no existe evidencia concreta de que las adakitas sean rocas especialmente fértiles para el desarrollo de sistemas hidrotermales.

Las muestras estudiadas de los intrusivos del Bloque Leiva no cumplen todos los criterios para ser denominados adakitas, aunque algunos valores pueden verse afectados por la alteración hidrotermal del sector, por ejemplo: Una posible explicación a los bajos valores de Ni se podría deber al efecto de la alteración hidrotermal calco sódica, que afecta los intrusivos de Leiva Sur; y en particular los minerales de anfíbola, que pierden elementos como Mn, Co, Ni, Zn, Cu, V, Cr, As y Sb (Halley et al., 2015). Mientras que para los bajos valores de Sr, la alteración en minerales de feldespato genera pérdida de elementos como Na, Ca, K, Sr, Ba, Rb y Pb (Halley et al., 2015). También existe el problema de digestión parcial de la muestra en cuestión.

Pese a que los intrusivos en Los Azules en general presentan un enriquecimiento mayor en elementos traza con respecto a los cuerpos estudiados de otras zonas de alteración hidrotermal, son los únicos que no muestran las señales adakiticas, esto se debe a que las rocas estudiadas en este sector presentan altas concentraciones de Yb, y de elementos incompatibles en general, en comparación a otras rocas del Bloque Leiva.

6.3. COMPARACIÓN CON EL RESTO DEL *CLÚSTER* SAN FELIPE

6.3.1. Estructuras

Las zonas de alteración hidrotermal estudiadas no solo están relacionadas a una única estructura mayor, como el Corrimiento El Fierro, sino que corresponden a una intersección de distintos patrones estructurales. Estas agrupaciones de estructuras presentan orientaciones NW, NE y NS, cuya intersección generaría zonas de debilidad cortical que favorecen el ascenso de fluidos hidrotermales, como se observa en las Figuras 6.3, 6.5, 6.8 y 6.10.

En el Bloque Leiva, y en los prospectos cercanos, cada sector estudiado posee al menos dos tendencias estructurales diferentes. En particular, las zonas donde no fue descrito el accionar del patrón estructural NW (Leiva Norte, Leiva

Sur y Tigre) se encuentran dentro del punto de inflexión del Corrimiento El Fierro, que presenta rumbos NW hacia el N y NS hacia el S (Figura 1.3).

Según Collipal (1998), en el proyecto AMOS se reconocen dos sistemas de falla principales, definidos por dos fallas de rumbo NW y NNW. Mientras que Cortés (2011) identifica dos grupos importantes de fallas y/o lineamientos en el área del proyecto AMOS-Andrés, uno con orientación preferencial NE y otro en sentido NS.

El proyecto Pimentón (Pardo 2006) también se encuentra fuertemente orientado hacia el NW, su complejo intrusivo se dispone en diversas fajas con esta orientación y sus estructuras principales (La Falla Pimentón, de tipo inverso, que sirve de eje al anticlinal del valle Pimentón) también presenta este rumbo. Además, existe un patrón estructural NE de fallas menores.

Para Novicio (Ortúzar, 2006) se definen tres conjuntos principales de fallas. Las Fallas La Gringa y Tordillo presentan orientación NE a NNE. El segundo conjunto corresponde a dos fallas principales de orientación NW, posiblemente de carácter regional, y relacionadas al emplazamiento de otros depósitos como West Wall y Pimentón, denominadas Falla Mancilla SW y Falla Mancilla NE. Finalmente se reconoce un conjunto estructural NS.

En West Wall (Wells et al. 2014) el principal control estructural es NS, con estructuras secundarias NNE y con un fuerte cizalle en dirección WWN.

La evidencia sugiere que las distintas zonas de alteración hidrotermal del *clúster* San Felipe están conectadas estructuralmente con sistemas de fallas de carácter regional como el Corrimiento El Fierro y las Fallas Mancilla SW y NE; y su ubicación está determinada por la intersección de estas estructuras mayores con otros patrones estructurales (Figura 1.2).

A nivel regional, los grandes yacimientos del tipo Pórfido Cu-Au del Mioceno – Plioceno (El Teniente, Rio Blanco – Los Bronces, Los Pelambres) están constituidos por centros de alteración hidrotermal que siguen una orientación general NW (Rivera & Cerda, 2012). El estudio de la distribución de las unidades geológicas reconocidas muestra marcadas discontinuidades transversales al orógeno andino, lo que sugiere la existencia de rasgos estructurales heredados de ciclos geológicos antiguos (Rivera & Yáñez, 2007; Rivera & Yáñez, 2009), seguramente los bordes de las cuencas del Triásico, de orientación NNW (Charrier, 1979).

6.3.2. Litología

A nivel regional, los distintos *clústers* que conforman la Franja de Pórfidos Cu-Mo del Mioceno-Plioceno presentan plutones precursores del tipo polifásico con variaciones desde dioritas a granodioritas (Toro et al., 2009). Localmente, los prospectos Vizcachitas, Pimentón, Novicio y West Wall se encuentran ligados a intrusivos dioríticos/granodioríticos (Pardo, 2006; Toro et al., 2006; Vázquez et al., 2008). El prospecto AMOS presenta mayor variedad composicional, con un pórfido andesítico, un pórfido dacítico a diorítico, un intrusivo dacítico, una diorita a cuarzdiorita, un pórfido monzonítico y un dique dacítico. La alteración potásica afecta tanto al intrusivo dacítico como al monzonítico (Collipal, 1998).

La evidencia sugiere que los intrusivos dioríticos / cuarzdioríticos también serían los posibles cuerpos *syn-mineral* en el Bloque Leiva.

Cepeda (1981) propone, para Rio Blanco – Los Bronces, que la diorita corresponde a sectores donde la granodiorita ha asimilado material andesítico proveniente de la Formación Farellones. Además, en el proyecto Pimentón existe evidencia de un cambio de facies del pórfido diorítico a granodiorítico a medida que aumenta la profundidad (Pardo, 2006). Si el mismo proceso ocurrió en el Bloque Leiva, las diferencias composicionales dentro de los intrusivos dioríticos / cuarzdioríticos corresponderían a distintas secciones dentro del mismo evento.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. Geoquímica y Petrología

Para cada zona de alteración hidrotermal, con excepción de El Tordillo, donde no existe suficiente información, fue posible identificar *targets* para exploración futura, basándose en las zonas donde coinciden espacialmente las anomalías de metales, las cuales se correlacionan según su distribución en el modelo de pórfido cuprífero utilizando los criterios de Halley et al. (2015), Kouzmanov & Pokrovski (2012) y Sillitoe (2010)

Las principales anomalías en Los Azules ubican esta área en el límite entre la alteración argílica y la alteración propilítica, relativamente cerca del origen del sistema hidrotermal dada la correlación Cu-Zn.

En Leiva Norte fue posible identificar una zona de alteración clorita ± epidota con anomalías geoquímicas de Cu-Ag-Au-As. Se identificó hacia el SW del *target* una zona con sobreimposición de alteración sericítica.

Tigre presenta alteración argílica y alteración clorita ± epidota. Los coeficientes de correlación de duplas como As-Pb, As-Zn y Pb-Zn sugieren que este sector se ubica en una zona de baja profundidad y temperatura dentro del modelo de pórfido cuprífero.

En Leiva Sur se identificaron dos *targets* diferentes, ambos presentan una alteración principalmente argílica y son profundos, dado que no existen anomalías de Mo-Pb-Zn en el *target* norte y el *target* sur está en contacto con alteración biotita y alteración actinolita.

Leiva Sur Sur se observa una zona afectada por alteración clorita ± epidota, relativamente proximal al núcleo del sistema dado a los valores bajo el umbral de Pb-Zn.

El comportamiento de los elementos en general no depende de la litología, salvo para la Formación Rio Damas, donde la diferencia de permeabilidad jugaría un rol de control para la depositación de elementos metálicos. Así mismo, la porosidad controla la tendencia a lixiviación que presentan las rocas de distintas Formaciones.

Las rocas presentan composiciones intermedias a félsicas, forman parte de la serie calco alcalina (toleítica en un caso dentro del sector de Los Azules) y son metaluminosas.

Todos los intrusivos forman parte de un sistema con una única fuente magmática, en un ambiente de arco continental, como evidencian las anomalías negativas del par Nb – Ta, con corteza engrosada y un fraccionamiento de REE que sugiere una fuente rica en anfíbola y granate. Ninguna muestra cumple todos los criterios propuestos por Richards & Kerrich (2007) para clasificarse como adakititas.

Los intrusivos estudiados en el Bloque Leiva presentan algunas características litológicas favorables para la formación de un sistema del tipo Pórfido Cu – Au: rocas dioritas / granodioritas del tipo calco alcalino con composición intermedia a félsica (e.g. Enns et al., 1995; Sillitoe, 1973) y metaluminosas (Sillitoe, 2010). Además, el contexto estructural incluye ambiente tectónico (Tosdal & Richards, 2001) e intersección de distintos sets de fallas (Sillitoe, 2010).

Aunque también carecen de ciertas características que algunos autores consideran relevantes, como la señal adakitica (Thiéblemont et al., 1997; Bissig et al., 2003; Reich et al., 2003; Chiaradia et al., 2004, Coldwell et al., 2005; Carrasquero et al., 2011) o diagramas *spider* de REE que adopten formas lítricas (Loucks, 2012).

7.1.2. Prospectos

7.1.2.1. Los Azules

Los factores positivos de este sector corresponden a:

- 1) Alta cantidad de muestras con anomalías de Cu superiores al umbral distrital.
- 2) Alteración hidrotermal de relativamente superficial, posibilidad de mayores leyes de Cu en profundidad.
- 3) Intersección de distintos sistemas de fallas.
- 4) Blanco de Ag, probablemente subordinado al blanco principal de Cu.

Mientras que los factores negativos corresponden a:

- 1) Blanco de pequeña superficie.
- 2) Muestras presentan fraccionamiento de plagioclasas.
- 3) Prospecto binacional.

7.1.2.2. Leiva Norte

Los factores positivos de este sector corresponden a:

1) Alta cantidad de muestras con anomalías de Cu superiores al umbral distrital. Mayores concentraciones con respecto a los otros prospectos.

2) Múltiples eventos intrusivos asociados a los blancos de exploración y sobreimposición de alteraciones.

3) Múltiples blancos cercanos que cubren una gran superficie. Posible relación con el blanco de exploración de Los Azules.

4) Intersección de distintos sistemas de fallas.

Mientras que los factores negativos corresponden a:

1) Evidencia de exhumación y lixiviación, sin evidencia de enriquecimiento secundario.

7.1.2.3. Tigre

Los factores positivos de este sector corresponden a:

1) Alta cantidad de muestras con anomalías de Cu superiores al umbral distrital.

2) Blanco principal de gran superficie.

3) Concentraciones anómalas, con correlaciones distales y alteraciones superficiales descritas sugieren alteración y mineralización en profundidad.

Mientras que los factores negativos corresponden a:

1) Muestras estériles dentro del blanco principal sugieren muestreo diferencial de estructuras.

2) Mapeo de superficie insuficiente.

7.1.2.4. Leiva Sur

Los factores positivos de este sector corresponden a:

1) Alta cantidad de muestras con anomalías de Cu superiores al umbral distrital en el blanco S.

2) Brechas intrusivas.

- 3) Blancos de gran superficie.
- 4) Intersección de distintos sistemas de fallas.

Mientras que los factores negativos corresponden a:

- 1) Una muestra presenta fraccionamiento de plagioclasas.
- 2) Anomalías de Cu del blanco N no son muy superiores al umbral de anomalía distrital.
- 3) Alteración calco-sódica evidencia exhumación y erosión de casi todo el sistema.

7.1.2.5. Leiva Sur Sur

Los factores positivos de este sector corresponden a:

1) Alteración propilítica con epidota, relativamente cerca de un posible núcleo potásico.

2) Intersección de distintos sistemas de fallas.

Mientras que los factores negativos corresponden a:

1) Baja cantidad de muestras con anomalías de Cu superiores al umbral distrital. Menores concentraciones con respecto a los otros prospectos.

2) Sin un intrusivo asociado en superficie. Posiblemente subordinado al sector de Leiva Sur.

3) Blanco de pequeña superficie.

7.1.2.6. El Tordillo

Los factores positivos de este sector corresponden a:

1) Alta cantidad de muestras con anomalías de Cu superiores al umbral distrital. Mayores concentraciones con respecto a los otros prospectos.

Mientras que los factores negativos corresponden a:

1) Se desconoce la ubicación de las muestras con concentraciones extremadamente altas de Cu y Au publicadas por terceros.

2) Mapeo de superficie insuficiente.

3) Prospecto con pertenencia de terceros.

7.2. RECOMENDACIONES

Considerando las distintas capas de información levantadas, se propone continuar la exploración con primera prioridad en el sector de Leiva Norte. Además el blanco S de Leiva Sur y el sector SE de Tigre con segunda prioridad. Dado que El Tordillo está dentro de una pertenencia de terceros, se le da una menor prioridad pese a las altas concentraciones de Cu-Au publicadas.

Para los sectores de Los Azules y Leiva Sur Sur se propone definir una posible subordinación a los eventos hidrotermales ocurridos en los sectores de Leiva Norte y Leiva Sur.

Además, para comprender a cabalidad los procesos ocurridos en *clúster* San Felipe, y en particular en el Bloque Leiva, se necesita levantar una mayor densidad de información, que deberá incluir entre otros factores:

1) La determinación de las edades y/o relaciones de corte entre los distintos intrusivos, y sus correlaciones en base a petrografía de muestras frescas. Así como un estudio distrital de los distintos conjuntos de fallas.

2) La generación de una base de datos geoquímica más robusta que permita apreciar mejor las diferencias existentes entre los distintos cuerpos intrusivos y las distintas zonas de alteración hidrotermal. Utilizando métodos analíticos apropiados para estudios petrológicos. Dado que el Bloque Leiva está dentro de un contexto favorable para el desarrollo de pórfidos cupríferos, se recomienda realizar nuevas campañas de muestreo de grillas, para levantar información geoquímica en los centros de interés identificados para cada zona de alteración hidrotermal, según los niveles de prioridad propuestos.

3) El estudio de inclusiones fluidas, de forma tal de comprender la composición y evolución de los fluidos hidrotermales que formaron parte de los eventos de alteración.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, L. 1960. Geología de los Andes de Chile Central (provincia de Aconcagua). Instituto de Investigaciones Geológicas - Chile, Boletín, No. 9, p. 70.
- Aguirre, L.; Féraud, G.; Vergara, M.; Carrasco, J.; Morata, D. 2000. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of basic flows from the Valle Nevado stratified sequence (Farellones Formation), Andes of Central Chile. In: Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas, Vol.1, p. 583-585. Puerto Varas.
- Aguirre, L.; Calderón, S.; Vergara, M.; Oliveros, V.; Morata, D.; Belmar, M. 2009. Edades isotópicas de rocas de los valles Volcán y Tinguiririca, Chile central. In: Congreso Geológico Chileno, No. 12, Actas, Vol. 1, p.S8-001. Santiago.
- Ahumada, C. 2009. Integración Geológica Escala 1:10K y Prospección entre Los Azules y Leiva Sur, Cluster Pimentón, Alta Cordillera de la V Región, Chile Central. Inédito, EMSA-GCEX.
- Andrews-Jones, D. 1968. The application of geochemical techniques to mineral exploration. Mineral Industries Bulletin, Vol. 11, No. 6.
- Arrieta, M. 2014. Informe Geológico Preliminar, Prospecto Leiva Sur Sur. Inédito, EMSA.
- Atherton, M.; Petford, N. 1993. Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. Nature, Vol. 362, No. 6416, p. 144-146.
- Bartos, P. 1989. Prograde and retrograde base metal lode deposits and their relationship to underlying porphyry copper deposits. Economic Geology, Vol. 84, p. 1671-1683.
- Beccar, I.; Vergara, M.; Munizaga, F. 1986. Edades K Ar de la Formación Farellones en el Cordón del Cerro La Parva, Cordillera de los Andes de Santiago, Chile. Revista Geológica de Chile, Vol.28-29, p. 109-113.
- Becerra, H. 2012. Prospecto Leiva Sur Sur, Levantamientos Geológicos Escala 1:10.000 del Cluster Pimentón, Los Andes, IV Región, Chile. Inédito, EMSA.
- Bissig, T.; Clark, A.; Lee, J.; von Quadt, A. 2003. Petrogenetic and metallogenetic responses to Miocene slab flattening: new constraints from the El Indio-Pascua Au–Ag–Cu belt, Chile/Argentina. Mineralium Deposita, Vol. 38, No. 7, p. 844-862.
- Boynton, W. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies. In: Rare earth element geochemistry. Henderson, P. (Editor), Elsevier Sci. Publ. Co., p. 63-114. Amsterdam.

- Carrasquero, S.; Rubinstein, N.; Fontignie, D. 2011. Adakite-like signature in volcanic rocks associated with the Oro del Sur Au – (Cu) epithermal deposit, Southern Precordillera, Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Vol. 261, No. 3, p. 309–320.
- Cepeda, A. 1981. *Geología Económica del Distrito Rio Blanco – Disputada*. Instituto de Investigaciones Geológicas – Chile, Boletín, No. 36, p. 11.
- Cepeda, A. 2004. Evaluación de Propiedades Tigre y Codornal, parte superior de la cuenca del río Colorado, Los Andes, V Región. Inédito, CODELCO Chile.
- Charrier, R. 1979. El Triásico en Chile y regiones adyacentes de Argentina: Una reconstrucción paleogeográfica y paleoclimática. *Comunicaciones*, No. 26, p. 1-37.
- Charrier, R.; Wyss, A.; Flynn, J.; Swisher III, C.; Norell, M.; Zapatta, F.; McKenna, M.; Novacek, M. 1996. New evidence for late Mesozoic – early Cenozoic evolution of the Chilean Andes in the Upper Tinquiririca Valley (35° S), Central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 9, p. 393-422.
- Charrier, R.; Baeza, O.; Esgueta, S.; Flynn, J.; Gans, P.; Kay, S.; Muñoz, N.; Swisher III, C.; Wyss, A.; Zurita, E. 2002. Evidence for extensional basin development and tectonic inversion in the southern central Andes, Chile (33°-36°S). *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 15, No. 1, p. 117-139.
- Chiaradia, M.; Fontboté, L.; Beate, B. 2004. Cenozoic continental arc magmatism and associated mineralization in Ecuador. *Mineralium Deposita*, Vol. 39, p. 204-222.
- Coldwell, B.; Petford, N.; Murphy, P.; Smith, M. 2005. Adakitic rocks of the Yungay Formation, Peru: problems with tectonic setting and origin. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 02656.
- Collipal, S. 1998. *Geología, Geoquímica y Geotermobarometría del Prospecto de Cu-Au AMOS, Frontera chileno-argentina, V Región de Valparaíso*. Memoria de Título, Universidad de Chile.
- Corbett, G.; Leach, T. 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. *Society of Economic Geologist, Special Publication Number 6*, p. 237.
- Cortés, J. 2011. *Evolución Geológica de los Sistemas Porfídicos de Cu-Mo AMOS y Andrés, Andes Centrales de Chile y Argentina*. Tesis de Grado. Universidad de Chile.

Cox, K.; Bell, J.; Pankhurst, R. 1979. The Interpretation of Igneous Rocks. Springer Netherlands, p. 42-82. London.

Defant, M.; Drummond, M. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted oceanic lithosphere. *Nature*, Vol. 347, p. 662-665.

Drake, R.; Curtis, G.; Vergara, M. 1976. Potassium-argon dating of igneous activity in the central Chilean Andes – latitude 33°S. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 1, p. 285-295.

Enns, S.; Thompson, J.; Stanley, C.; Lang, J. 1995. The Galore Creek porphyry copper-gold deposits, northwestern British Columbia. *Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Special Volume 46*, p. 630–644.

Fuentes, F.; Vergara, M.; Nyström, J.; Levi, B.; Aguirre, L. 2000. Geology and geochemistry of Tertiary volcanic rocks from the Cuesta de Chacabuco area. In: *Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas, Vol. 2*, p. 656-659. Puerto Varas.

Fuentes, F.; Vergara, M.; Aguirre, L. 2002. Relaciones de contacto de unidades volcánicas terciarias de los Andes de Chile central (33°S): una reinterpretación sobre la base de dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 29, p. 207-225.

Fuentes, F. 2004. Petrología y metamorfismo de muy bajo grado de unidades volcánicas oligoceno-miocenas en la ladera occidental de los Andes de Chile central (33°S). Tesis de Grado. Universidad de Chile.

Gana, P.; Wall, R. 1997. Evidencias geocronológicas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y K-Ar de un hiatus cretácico superior – eoceno en Chile central (33°S-33°30'S). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 24, p. 145-163.

Gast, P. 1968. Trace element fractionation and the origin of tholeiitic and alkaline magma types. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 32, p 1057–1086.

González, O. 1963. Observaciones geológicas en el valle del Rio Volcán. *Revista Minerale*s, Vol. 16, No. 81, p. 20-61.

Green, T. 1980. Island arc and continent-building magmatism — A review of petrogenic models based on experimental petrology and geochemistry. *Tectonophysics*, Vol. 63, No. 1–4, p. 367-385.

Halley S.; Dilles J.; Tosdal R. 2015. Footprints: hydrothermal alteration and geochemical dispersion around porphyry copper deposits. *Society of Economic Geologists Newsletter*, Vol. 100, p. 12-17.

Harker, A. 1909. *The Natural History of Igneous Rocks*. Methuen, p. 110-146. London.

Hastie, A.; Kerr, A.; Pearce, J.; Mitchell, S. 2007. Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th Co discrimination diagram. *Journal of Petrology*, Vol. 48, No. 12, p. 2341-2357.

Hodgkin, A. 1999. Tigre: prospecto de Cu-Au, frontera de la V Región. Inédito. CODELCO Chile.

Hollings, P.; Cooke, D. 2005. Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Controls. *Economic Geology*, Vol. 100, No. 5, p. 801-818.

Iriarte, S.; Selles, D. 2000. Geología de Exploración Básica Generativa entre el paso Libertadores y mina Pelambres, 1:100.000. Inédito, CODELCO Chile.

Irvine, T.; Baragar, W. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 8, p. 523-548.

Joyce, A. 1984. *Geochemical Exploration*. Glenside: The Australian Mineral Foundation Inc. p.10.

Kay, S.; Mpodozis, C. 2001. Central Andean ore deposits linked to evolving shallow subduction systems and thickening crust. *GSA Today*, Vol. 11, No. 3, p. 4–9.

Kay, S.; Mpodozis, C. 2002. Magmatism as a probe to the Neogene shallowing of the Nazca plate beneath the modern Chilean flat-slab. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 15, No. 1, p. 39–57.

Klohn, C. 1960. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile central (provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó). Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín, No. 8, p. 95.

Kouzmanov, K.; Pokrovski, G. 2012. Hydrothermal controls on metal distribution in porphyry Cu (-Mo-Au) systems. *Special Publication of the Society of Economic Geologists*, Vol. 16, p. 573–618

I.U.G.S. - Le Maitre, R. 1989. *A classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Recommendations of the I.U.G.S., Blackwell Scientific Publications, p. 193. Oxford.

Lepeltier, C. 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology*, Vol. 64, p. 538--550.

Levi, B.; Aguirre, L.; Nyström, J.; Padilla, H.; Vergara, M. 1989. Low-grade regional metamorphism in the Mesozoic-Cenozoic volcanic sequences of the Central Andes. *Journal of Metamorphic Geology*, Vol. 7, p. 487-495.

Levinson, A. 1974. *Introduction to Exploration Geochemistry*. Applied Publishing Ltd. Illinois.

Loucks, R. 2012. Chemical characteristics, geodynamics settings, and petrogenesis of Copper-ore-forming arc magmas. *CET Cuartely News*, Vol.19, p. 1, 4-10.

Maksaev, V.; Munizaga, F.; Zentilli, M.; Charrier, R. 2010. Fission track thermochronology of Neogene plutons in the Principal Andean Cordillera of central Chile (33-35 S): Implications for tectonic evolution and porphyry Cu-Mo mineralization. *Andean Geology*, Vol. 36, No. 2, p. 153-171.

Martin, H. 1986. Effect of steeper Archaean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas. *Geology* Vol. 14, p. 753–756.

Martin, H. 1999. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids. *Lithos*, Vol. 46, p. 411–429.

Martin, H.; Smithies, R.; Rapp, R.; Moyen, J.; Champion, D. 2005. An overview of adakite, tonalite–trondhjemite–granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos*, Vol. 79, No. 1–2, p. 1–24.

Martínez, R.; Osorio, R. 1963. Consideraciones preliminares sobre la presencia de Carófitas fósiles en la Formación Colimapu: *Revista Minerale*s, Vol. 82, p. 28-43.

McDonough, W.; Sun, S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, Vol. 120, No. 3–4, p. 223–253.

McInnes, B.; Evans, N.; Fu, F.; Garwin, S.; Belousova, E.; Griffin, W.; Bertens, A.; Sukarna, D.; Permanadewi, S.; Andrew, R.; Deckart, K. 2005. Thermal history analysis of selected Chilean, Indonesian, and Iranian porphyry Cu-Mo-Au deposits. *Super Porphyry Copper and Gold Deposits: A Global Perspective*. Porter, T. (Editor). Porter Geoconsultancy Publishing. Adelaide, Australia. P 27-42.

Middlemost, E. 1985. *Magmas and Magmatic Rocks*. Longman, London, p. 266.

Morel, R. 2012. Mapeo Geológico y Muestreo Geoquímico en los Prospectos Roberto (Tinguiririca, VI Región) y Los Azules (Pimentón, V Región). Inédito. EMSA.

- Moscoso, R.; Padilla, H.; Rivano, S. 1982. Hoja Los Andes, Región de Valparaíso. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 52, p.67.
- Nyström, J.; Vergara, M.; Morata, D.; Levi, B. 2003. Tertiary volcanism during extensión in the Andean foothills of central Chile (33°15'-33°45'S). Geological Society of America, Vol. 115, p. 1523-1537.
- Ortúzar, J. 2006. Geología del Prospecto Novicio, Alta Cordillera, 5ª Región, Chile central. Memoria de Título. Universidad de Chile.
- Pardo, R. 2006. Proyecto Pimentón, Región de Valparaíso – Chile. Informe Final. South American Gold and Copper Co.Ltd & Rio Tinto Mining and Exploration Ltd.
- Peacock, S.; Rushmer, T.; Thompson, A. 1994. Partial melting of subducting oceanic crust. Earth and Planetary Science Letters, Vol. 121, No. 1–2, p. 227–244.
- Pearce, J. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. Andesites, p. 528–548.
- Philpotts, J.; Schnetzler, C. 1968. Europium anomalies and the genesis of basalt. Chemical Geology, Vol. 3, No. 1, p. 5–13.
- Piquer, J. 2005. Geología del sector Tigre, Cordillera Principal, Quinta Región. Inédito. CODELCO Chile.
- Piquer, J. 2007b. Geología de los prospectos Leiva Norte y Leiva Sur, Cluster Pimentón, escala 1:10.000. Inédito. EMSA.
- Pokalov, V.; Orlov, V. 1974. MOLYBDENUM BEHAVIOR IN OXIDATION ZONE. GEOKHEMIIYA, No. 4, p. 616-622.
- Polansky, R. 1972. Descripción Geológica de la hoja 24ab, Cerro Tupungato, escala 1:200.000. Provincia de Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín, No. 128. Buenos Aires.
- Rabbia O.; Hernández, L. 2000. Quartz diorite trend in porphyry copper deposits: Underlying petrological processes and implications in copper metallogenesis. Mineral Metal, No. 6, p. 416-423.
- Rabbia, O.; Hernandez, L.; Cabrera, J.; Ulrich, T.; Bissig, T.; Parra, A. 2013. Evidencias de movilidad de las REE en depósitos tipo pórfido de cobre durante la alteración hidrotermal. In: Congreso Geológico Chileno, No. 13, p. 90-92. Antofagasta.

- Reich, M.; Parada, M.; Palacios, C.; Dietrich, A.; Schultz, F.; Lehmann, B. 2003. Adakite-like signature of late Miocene intrusions at the Los Pelambres giant porphyry copper deposit in the Andes of central Chile: metallogenic implications. *Mineralium Deposita*, Vol. 38, No. 7, p. 876-885.
- Richards, J. 2011. High Sr/Y arc magmas and porphyry Cu ± Mo ± Au deposits: just add water. *Economic Geology*, Vol. 106, p. 1075–1081.
- Richards, J.; Kerrich, R. 2007. Adakite-like rocks: Their diverse origins and questionable role in metallogenesis. *Economic Geology*, Vol. 102, p. 537–576.
- Rivano, S. 1980. Cuadrángulos D86, Las Ramadas, Carrizal y Paso Río Negro, Región de Coquimbo. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, No. 41-44, p. 68.
- Rivano, S.; Godoy, E.; Vergara, M.; Villaroel, R. 1990. Redefinición de la Formación Farellones en la Cordillera de los Andes de Chile Central (32-34°S). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 17, No. 2, p. 205-214.
- Rivano, S.; Sepúlveda, P.; Boris, R.; Espíñera, D. 1993. Hojas Quillota y Portillo, V Región, Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, No. 73, 1 mapa 1:250.000.
- Rivera, O. 2005. Geología distrital del Cluster Pimentón en las nacientes de los ríos Colorado y Blanco, Cordillera de los Andes, V Región, escala 1:25.000. Inédito. CODELCO Chile.
- Rivera, O. 2007. Resultados de los levantamientos geológicos distritales en el Cluster Pimentón, V Región y en el sector del Distrito Teniente, VI Región, Escala 1:25.0000. Inédito. EMSA.
- Rivera, O.; Yáñez, G. 2007. Geotectonic Evolution of the Central Chile Oligo-Miocene Volcanic Arc, 33-34°S: Towards a Multidisciplinary Re-interpretation of the Inherited Lithospheric Structures. In: GEOSUR 2007, Congreso Internacional sobre Geología y Geofísica del Hemisferio Sur, Libro de Resúmenes, p. 138. Santiago.
- Rivera, O.; Yáñez, G. 2009. Naturaleza y Rol de Estructuras Translitosféricas en la Evolución del Arco Volcánico OligoMioceno de Chile Central entre los 32° y 34° S. In: Congreso Geológico Chileno, No. 12, Actas S9_092, p. 5. Santiago.
- Rivera, O.; Cerda, A. 2012. Los Pórfidos Cupríferos de Chile Central: Significado de Estructuras Translitosféricas y Anomalías Gravimétricas en la Metalogénesis Andina. In: Congreso Geológico Chileno, No. 13, p. 2-4. Antofagasta.

Sellés, D. 1999. La Formación Abanico en el Cuadrángulo Santiago (33°15'-33°30'S; 70°30'-70°45'O), Chile Central. Estratigrafía y Geoquímica. Memoria de Título. Universidad de Chile.

Sellés, D.; Godoy, E. 2000. Residual garnet signature in early miocene subvolcanic stocks from the andean foothills of central Chile. In: Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas, Vol. 1, p. 697-699. Puerto Varas.

Shand, S. 1943. Eruptive rocks. D. Van Nostrand Company. New York.

Sillitoe, R. 1973. The tops and bottoms of porphyry copper deposits. Economic Geology, Vol.68, p. 799-815.

Sillitoe, R. 1988. Epochs of intrusion-related copper mineralization in the Andes. Journal of South American Earth Sciences, Vol. 1, No. 1, p. 89-108.

Sillitoe, R. 2010. Porphyry Copper Systems. Economic Geology, Vol. 105, p. 3-41.

Sillitoe, R.; Perelló, J. 2005. Andean copper province: Tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and Discovery. Economic Geology, 100th Anniversary Volume, p. 845-890.

Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth-Science Reviews, Vol. 12, No. 1, p. 1-33.

Sun, S.; McDonough, W. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Saunders A.; Norry M. (Editors). Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society. London. p. 313-345.

Taylor, S.; McLennan, S. 1985. The continental crust: Its composition and evolution. Blackwell Scientific Pub., Palo Alto, CA. United States.

Thiéblemont, D.; Stein, G.; Lescuyer, J. 1997. Gisements épithermaux et porphyriques: la connexion adakite Epithermal and porphyry deposits: the adakite connection. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science, Vol. 325, No. 2, p. 103-109.

Thiele, R. 1980. Hoja Santiago, Región Metropolitana. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, No. 39, p. 51. Santiago.

Thomson, D. 2005. Tordillo Project. Cerro Grande Mining Corporation.

Toro J.; Ortúzar J.; Maksaev V.; Barra F.; Zamorano J. 2006. Cronología de un nuevo clúster en la franja de pórfidos cupríferos del Mioceno de Chile Central. In: Congreso Geológico Chileno, No. 11, Actas 2, p. 367–370. Antofagasta.

Toro, J.; Ortúzar, J.; Maksaev, V.; Barra, F. 2009. Nuevos antecedentes geocronológicos franja de pórfidos Cu-Mo del mioceno-plioceno, Chile central: Implicancias metalogénicas. In: Congreso Geológico Chileno, No. 12, Actas 4. Santiago.

Tosdal, R.; Richards, J. 2001. Magmatic and structural controls on the development of porphyry Cu ± Mo ± Au deposits. *Reviews in Economic Geology*, Vol. 14, p. 157–181.

Turekian, K.; Wedepohl, K. 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 72, No. 2, p. 175-192.

Vázquez, S; Simon, R.; Paventi, P. 2008. Mineral Resource of the Vizcachitas Project Region V, Chile. Informe Técnico. Los Andes Copper Ltd.

Wedepohl, K. (Executive Editor). 1969-1978. *Handbook of Geochemistry*, 5 volumes. Springer.

Vergara, M.; Drake, R. 1979. Edades K-Ar en secuencias volcánicas continentales post Neocomianas de Chile Central; su depositación en cuencas intermontañas restringidas. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, Vol. 34, No. 1; p. 42-52. Buenos Aires.

Wells, J.; Hernández, M.; Rodríguez, P.; Flores, R. 2014. Mineral Resource of the Vizcachitas Project, Region V, Chile. Informe Técnico. Los Andes Copper Ltd.

Whitney, D.; Evans, B. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, Vol. 95, p. 185–187.

Winchester, J.; Floyd, P. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, Vol. 20, p. 325–343.

Wyss, A.; Flynn, J.; Noreli, M.; Swisher, C.; Novacek, M.; McKenna, M.; Charrier, R. 1994. Paleogene mammals from the Andes of central Chile: a preliminary taxonomic, biostratigraphic, and geochronologic assessment. *American Museum Novitates* Vol. 3090, p. 1-31.

Xtrata. 2012. Mineral Resources & Ore Reserves, p.31-36. Informe Técnico.

Xu, J.; Shinjo, R.; Defant, M.; Wang, Q.; Rapp, R. 2002. Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: Partial melting of delaminated lower continental crust? *Geology*, Vol. 30, p. 1111-1114.

Yáñez, G.; Cembrano, J.; Pardo, M.; Ranero, C.; Selles, D. 2001. The Challenger – Juan Fernández – Maipo major tectonic transition of the Nazca – Andean subduction System at 33-34°S: geodynamic evidence and implications. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 15, p. 23-38.

Yáñez, G. 2006. Interpretación Geofísica Proyecto Helimag, Cluster Pimentón, Distrito Andina, Distrito Teniente. Inédito. CODELCO Chile.

Yrigoyen, M. 1979. Cordillera Principal. In: Turner, J.; Coordinator. Simposio de Geología Regional Argentina, No. 2, p. 651-694. Córdoba.

ANEXO I: RESULTADOS ANÁLITICOS

Muestra	Sector	Au [ppb]	Ag [ppm]	Al [wt%]	As [ppm]	Ba [ppm]	Be [ppm]
EAS00004403	Los Azules	<5	0,6	8,75	12	453	1,9
EAS00004404	Los Azules	<5	0,5	8,54	26	446	1,9
EAS00004405	Los Azules	<5	0,6	8,87	27	506	2,1
EAS00004417	Leiva Norte	<5	0,1	7,86	18	224	0,9
EAS00004428	Leiva Sur	<5	<0.1	9,04	18	227	0,9
EAS00004431	Leiva Sur	<5	<0.1	9,17	14	220	1
EAS00004432	Leiva Sur	7	0,1	9,19	13	293	0,9
EAS00004438	Leiva Sur	<5	0,1	8,4	5	391	0,8
EAS00004425	Leiva Sur Sur	<5	0,1	7,28	9	547	0,5
EAS00004434	El Tordillo	74	0,1	8,4	13	161	1,2

Muestra	Bi [ppm]	Ca [wt%]	Cd [ppm]	Ce [ppm]	Co [ppm]	Cr [ppm]	Cs [ppm]
EAS00004403	0,1	4,16	0,2	49,49	15,3	53	1,28
EAS00004404	<0.1	4,72	0,4	57,25	15	83	1,56
EAS00004405	<0.1	3,4	0,2	57,32	14,8	69	2,56
EAS00004417	<0.1	3,6	0,1	24,21	7,2	136	1,52
EAS00004428	<0.1	4,45	<0.1	12,65	4,2	69	0,79
EAS00004431	0,1	5,1	0,1	15,91	3,6	54	3,34
EAS00004432	<0.1	4,65	<0.1	23,78	8,2	71	0,74
EAS00004438	<0.1	5,13	0,1	22,63	16	190	2,15
EAS00004425	<0.1	4,11	<0.1	37,19	6,9	51	1,26
EAS00004434	0,3	1,75	0,1	30,69	5,8	79	2,38

Muestra	Cu [ppm]	Eu [ppm]	Fe [wt%]	Ga [ppm]	Gd [ppm]	Ge [ppm]	Hf [ppm]
EAS00004403	28	1,63	5,38	30,52	5,87	6,68	3,25
EAS00004404	36	1,58	4,68	31,8	5,41	5,64	2,24
EAS00004405	47	1,57	5,44	36,9	5,50	6,51	2,1
EAS00004417	16	0,82	4,37	20,46	2,36	3,91	0,99
EAS00004428	34	0,56	1,98	18,92	1,62	2,04	0,48
EAS00004431	34	0,69	0,94	18,32	2,12	1,31	0,48
EAS00004432	69	1,00	2,22	18,89	3,08	2,14	0,67
EAS00004438	58	0,68	4,3	25,72	1,72	0,51	0,56
EAS00004425	12	1,13	2,76	24,31	3,30	3,82	0,49
EAS00004434	502	0,82	6,53	23,86	1,96	1,71	0,56

Muestra	In [ppm]	K [wt%]	La [ppm]	Li [ppm]	Mg [wt%]	Mn [ppm]	Mo [ppm]
EAS00004403	0,08	2,06	26,6	10,3	1,53	767	3
EAS00004404	0,06	1,65	27,3	5,2	1,11	837	3
EAS00004405	0,03	2,38	27,8	18	0,96	616	4
EAS00004417	0,02	1,16	14,2	23,8	2,59	526	<1
EAS00004428	0,02	0,67	5,3	10,3	1,76	667	<1
EAS00004431	0,01	2,68	7,4	9	0,3	790	1
EAS00004432	0,03	0,4	10,5	11,4	1,65	331	<1
EAS00004438	<0,01	1,33	10,3	15,4	3	638	1
EAS00004425	<0,01	3,06	24,9	8,7	1,55	1012	3
EAS00004434	0,1	1,15	12,8	13,4	1,59	423	1

Muestra	Na [wt%]	Nb [ppm]	Ni [ppm]	P [wt%]	Pb [ppm]	Rb [ppm]	Re [ppm]
EAS00004403	3,07	10,65	13,2	0,107	7	66,8	0,046
EAS00004404	3,78	10,75	13,6	0,11	18	53,17	0,046
EAS00004405	2,68	10,32	11	0,122	37	83,45	0,046
EAS00004417	3,41	4,83	22	0,082	8	32,14	0,04
EAS00004428	5,49	2,86	3,3	0,089	11	14,05	0,04
EAS00004431	4,34	1,33	1,4	0,125	2	59	0,041
EAS00004432	4,65	4,59	3,2	0,124	2	5,46	0,041
EAS00004438	3,62	4,6	43	0,083	6	32,02	0,011
EAS00004425	3,75	1,84	5	0,085	1	42,01	0,04
EAS00004434	4,61	3,21	13,5	0,091	8	45,78	0,01

Muestra	S [wt%]	Sb [ppm]	Si [wt%]	Sc [ppm]	Sm [ppm]	Sn [ppm]	Sr [ppm]
EAS00004403	0,18	0,1	29,0	13,81	6,3	1,62	434,9
EAS00004404	0,24	0,1	28,5	13,79	6,3	1,91	407,6
EAS00004405	0,1	0,3	29,2	13,48	6,5	1,46	380,9
EAS00004417	0,05	0,6	29,1	11,13	2,7	0,47	460,2
EAS00004428	0,04	0,5	30,1	5,74	1,7	0,27	438,3
EAS00004431	0,05	0,7	27,9	5,52	2,2	0,09	104,1
EAS00004432	0,06	0,4	30,0	6,66	3	0,3	543,8
EAS00004438	0,1	0,6	39,9	11,87	2,6	0,32	657,3
EAS00004425	0,3	0,5	24,7	8,48	3,4	0,45	83,9
EAS00004434	0,06	4	28,6	7,48	3,1	<0.05	233,5

Muestra	Ta [ppm]	Te [ppm]	Th [ppm]	Ti [wt%]	Tl [ppm]	U [ppm]	V [ppm]
EAS00004403	0,38	<0.1	9,54	0,571	0,14	1,91	116
EAS00004404	0,37	<0.1	9,97	0,571	0,14	1,86	111
EAS00004405	0,36	<0.1	11,34	0,528	0,28	1,78	108
EAS00004417	0,16	<0.1	2,36	0,414	0,25	0,39	114
EAS00004428	0,16	<0.1	1,59	0,355	0,07	0,41	51
EAS00004431	0,05	<0.1	2,41	0,153	0,11	0,41	65
EAS00004432	0,18	<0.1	2,71	0,406	0,06	0,47	96
EAS00004438	0,21	<0.1	2	0,484	0,16	0,53	147
EAS00004425	0,07	<0.1	1,56	0,194	0,1	0,53	110
EAS00004434	0,18	<0.1	1,55	0,307	0,12	0,54	98

Muestra	W [ppm]	Y [ppm]	Yb [ppm]	Zn [ppm]	Zr [ppm]
EAS00004403	1,28	24,8	2,1	47	142,9
EAS00004404	1,17	26,55	2,2	112	84,3
EAS00004405	1,19	24,77	1,9	233	91,4
EAS00004417	0,48	7,88	0,6	83	33,6
EAS00004428	0,9	8,07	0,7	84	17
EAS00004431	0,78	9,07	0,6	33	21,2
EAS00004432	0,46	12,25	0,9	35	29,3
EAS00004438	0,41	8,58	0,8	88	17,6
EAS00004425	1,12	11,14	0,8	11	20,9
EAS00004434	0,46	7,32	0,6	37	49,3

Error Analítico	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi
O1-D1	0,00	0,00	0,72	7,41	1,88	8,70	0,00
O2-D2	0,00	0,00	1,64	5,71	1,77	0,00	0,00
O3-D3	0,00	0,00	3,74	6,90	1,77	8,70	0,00

Error Analítico	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu
O1-D1	0,57	0,00	1,21	0,00	3,87	2,12	1,00
O2-D2	2,20	0,00	2,08	2,74	3,61	4,50	11,76
O3-D3	3,44	0,00	2,60	3,74	4,08	5,13	4,44

Error Analítico	Fe	Ga	Ge	Hf	In	K	La
O1-D1	0,15	0,59	4,79	7,41	0,00	1,75	2,37
O2-D2	0,68	1,55	1,02	3,96	0,00	1,71	4,81
O3-D3	3,57	3,29	1,08	1,45	8,70	4,69	3,14

Error Analítico	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni
O1-D1	3,80	0,00	0,71	0,00	0,43	3,16	4,35
O2-D2	1,67	1,53	0,19	0,00	1,17	2,86	3,13
O3-D3	8,19	1,73	1,51	0,00	1,77	2,80	14,81

Error Analítico	P	Pb	Rb	Re	S	Sb	Sc
O1-D1	0,00	0,00	1,69	9,52	15,38	0,00	6,34
O2-D2	2,41	13,33	0,44	2,47	22,22	0,00	2,05
O3-D3	3,70	0,00	2,42	4,55	0,00	0,00	2,71

Error Analítico	Sm	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti
O1-D1	6,67	0,00	0,39	11,76	0,00	5,30	1,31
O2-D2	3,64	2,11	1,60	0,00	0,00	4,96	2,39
O3-D3	4,44	2,82	1,04	4,08	0,00	3,49	0,41

Error Analítico	Tl	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr	Si
O1-D1	8,70	5,71	3,11	0,00	0,69	0,00	2,67	3,98	0,97
O2-D2	3,92	2,60	0,00	10,99	2,51	0,00	7,50	2,06	0,36
O3-D3	5,26	10,91	0,94	6,06	1,50	0,00	0,00	2,54	-

ANEXO II: LÍMITES DE DETECCIÓN

Análisis de 49 elementos, con digestión multi ácido y determinación final por ICP-MS

*: La digestión es parcial para algunos elementos en muestras minerales.

‡: Durante la etapa fumante, puede haber volatilización, obteniendo resultados menores para algunos como S.

≠: La digestión es extremadamente parcial o son definitivamente insolubles en muestras minerales.

Elementos	Límite de Detección	Límite Superior	Elementos	Límite de Detección	Límite Superior
Ag	0,1 ppm	500 ppm	Sr*	0,1 ppm	2,000 ppm
Al*	0,01 %	20 %	Te	0,1 ppm	2,000 ppm
As	1 ppm	20,000 ppm	Th*	0,01 ppm	2,000 ppm
Ba*	1 ppm	2,000 ppm	Ti*	0,001 %	20 %
Bi	0,1 ppm	2,000 ppm	Tl*	0,05 ppm	2,000 ppm
Ca	0,01 %	35 %	U*	0,05 ppm	2,000 ppm
Cd	0,1 ppm	20,000 ppm	V	1 ppm	20,000 ppm
Co	0,1 ppm	20,000 ppm	W*	0,05 ppm	20,000 ppm
Cr≠	1 ppm	20,000 ppm	Zn	1 ppm	20,000 ppm
Cu	1 ppm	20,000 ppm			
Fe*	0,01 %	35 %	Be*	0,1 ppm	4,000 ppm
Ga	0,05 ppm	2,000 ppm	Ce*	0,01 ppm	2,000 ppm
K	0,01 %	20 %	Cs*	0,01 ppm	2,000 ppm
La*	0,1 ppm	2,000 ppm	Ge	0,05 ppm	2,000 ppm
Mg	0,01 %	35 %	Hf*	0,01 ppm	2,000 ppm
Mn	1 ppm	20,000 ppm	In	0,01 ppm	2,000 ppm
Mo	1 ppm	20,000 ppm	Li	0,1 ppm	2,000 ppm
Na	0,01 %	10 %	Nb	0,01 ppm	4,000 ppm
Ni	0,1 ppm	20,000 ppm	Rb*	0,01 ppm	2,000 ppm
P	0,001 %	2,00 %	Re	0,001 ppm	2,000 ppm
Pb	1 ppm	20,000 ppm	Sn≠	0,05 ppm	2,000 ppm
S[‡]	0,01 %	20 %	Ta*	0,01 ppm	4,000 ppm
Sb	0,1 ppm	20,000 ppm	Y*	0,01 ppm	2,000 ppm
Sc	0,01 ppm	4,000 ppm	Yb	0,10 ppm	2,000 ppm
Sm	0,10 ppm	2,000 ppm	Zr*	0,1 ppm	2,000 ppm

ANEXO III: PETROGRAFÍA

Nº Muestra	EAE0000001
-------------------	------------

Procedencia	Los Azules
--------------------	------------

Clasificación petrográfica	Toba intensamente argilizada.
-----------------------------------	-------------------------------

Textura	%Frg: 60 %Mx: 40
Volcanoclástica, con fragmentos y matriz intensamente argilizadas y silicificadas.	

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca volcanoclástica, color beige muy claro, formada por abundantes fragmentos líticos, posiblemente juveniles y posibles fragmentos de lava con intenso reemplazo por montmorillonita, leucoxeno y cuarzo granular muy fino. La matriz presenta igual alteración, con desarrollo predominante de cuarzo granular muy fino. Se observan muy escasos cristales de rutilo en forma diseminada.

Fragmentos: 60%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Líticos	60	Fragmentos angulosos de hasta 15 mm, correspondientes a posibles fragmentos juveniles de toba cinerítica y en parte posibles fragmentos de lava, completamente alterados a arcillas finas, agregados de leucoxeno y granos muy finos de cuarzo granular de origen secundario.

Matriz: 40%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Cinerítica (?)	40	La matriz se encuentra intensamente alterada, con desarrollo de granos extremadamente finos de cuarzo granular, arcillas finas y desarrollo local de leucoxeno. Se observan shards silicificados.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Cuarzo	45	Como reemplazo parcial a intenso de fragmentos y matriz.
Arcillas finas	35	Como reemplazo parcial a intenso de fragmentos y matriz, correspondientes a montmorillonita y escasa caolinita.
Leucoxeno	15	Agregados de granos muy finos presentes en parte de fragmentos y matriz.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Rutilo (semiopaco)	<1	Cristales subhedrales muy finos de hasta 0,1 mm.

Procedencia
Los Azules

Clasificación petrográfica	Andesita de clino y ortopiroxeno.
-----------------------------------	-----------------------------------

Textura	%Fcx: 35 %MF: 65
Porfídica, con masa fundamental es intergranular fina.	

Observaciones megascópicas/ microscópicas
Roca porfídica, color gris intermedio, con fenocristales frescos de plagioclasa de hasta 9 mm y fenocristales de clino y ortopiroxeno (augita e hiperstena respectivamente) de hasta 2 mm, localmente con desarrollo escaso de clorita y esmectitas finas. La masa fundamental es intergranular fina, con microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,1 mm, sin orientación preferente y con escaso piroxeno en forma intersticial. Magnetita diseminada.

Fenocristales: 35%

Mineral	%	Características especiales/ Modo de ocurrencia
Plagioclasa	28	Cristales subhedrales / euhedrales de 1-9 mm, frescos, localmente con incipiente textura poikilítica mostrando inclusiones de cristales de piroxeno. Presenta composición andesina (An ₄₂).
Clino y Ortopiroxeno	7	Cristales subhedrales de 0,5-2 mm, correspondientes a cristales de augita e hiperstena. Localmente se observa desarrollo parcial de agregados muy finos de clorita y esmectitas.

Masa Fundamental: 65%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	60	Cristales subhedrales muy finos con tamaño medio de 0,1 mm, sin orientación preferente. Fresca.
Piroxeno	5	En forma intersticial entre microlitos de plagioclasa.

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 0,4 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Clorita-Esmectitas	<1	Como reemplazo débil de cristales de piroxeno.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita	5,0	Cristales subhedrales de hasta 1 mm y granos muy finos menores que 0,2 mm en la masa fundamental, con muy escasa hematita y rutilo asociados.

Procedencia
Los Azules

Clasificación petrográfica	Microdiorita parcialmente alterada a calcita y caolinita.
-----------------------------------	---

Textura
Microfanerítica con tendencia levemente porfídica.

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca microfanerítica, con tendencia porfídica, de emplazamiento posiblemente hipabisal, color gris claro a intermedio, formada por cristales de plagioclasa en cristales de 0,1 hasta 1,5 mm, con tamaño medio de 0,6 mm, con reemplazo parcial a fuerte por calcita y localmente caolinita. Se observan posibles cristales máficos con reemplazo intenso por calcita y localmente agregados de cristales muy finos de clorita. La roca presenta abundantes vetillas entrecruzadas con relleno de calcita. Los minerales opacos consisten en cristales de hematita en forma diseminada; escasos cristales de sulfuros parcialmente oxidados.

Componentes Minerales

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	90	Cristales subhedrales de 0,1 a 1,5 mm, con tamaño medio de 0,6 mm. Presenta reemplazo parcial a fuerte por calcita y localmente agregados de caolinita muy fina.
Máficos (?)	10	Cristales anhedrales correspondientes a posibles máficos con reemplazo intenso por calcita y localmente con reemplazo de agregados de clorita en cristales muy finos.

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,1 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Clorita	2	Como reemplazo de cristales máficos en forma local.
Calcita	15	Como relleno de vetillas y reemplazo parcial a fuerte de cristales de plagioclasa y máficos.
Caolinita	<1	Como reemplazo parcial a fuerte de cristales de plagioclasa en forma local.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sulfuros y Limonitas	8	Cristales de pirita con parcial a fuerte oxidación / limonitización.

Estructuras

Vetillas / Agregados	Espesor	Características / Modo de ocurrencia
Vetillas de Calcita	<1,5 mm	Muy abundantes, entrecruzadas, con relleno de calcita y escasos opacos en forma local y con formas sinuosas e irregulares.

Procedencia
Los Azules

Clasificación petrográfica	Posible roca volcánica con intensa argilización.
-----------------------------------	--

Textura
Obliterada por la intensa alteración.

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca obliterada por intensa alteración, color gris claro con "nódulos" blanquecinos. El protolito es de posible roca volcánica (toba o lava) aunque la textura original se encuentra completamente borrada. Consiste en agregados de granos extremadamente finos de caolinita, arcillas finas indiferenciadas con aspecto turbio y granos de cuarzo secundario; presenta cristales de alunita extremadamente fina en agregados amorfos junto con arcillas finas. Los minerales opacos consisten en cristales muy finos de hematita.

Componentes Minerales

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Caolinita	35	Agregados de cristales extremadamente finos con tamaño medio inferior a 0,01 mm.
Arcillas finas	25	Impregnadas en toda la muestra, concentrada en sectores junto con alunita.
Alunita	15	Agregados de cristales extremadamente finos, menores que 10 mm. Se concentra en agregados amorfos de hasta 15 mm junto con arcillas muy finas. En forma local se observan agregados que aparentemente reemplazan cristales de plagioclasa de hasta 1,5 mm.
Cuarzo	25	Granos anhedrales extremadamente finos, menores que 0,01 mm.
Opacos	<1	

Minerales Opacos

Mineral	%	Características/Modo de ocurrencia
Hematita	<1	Cristales granulares muy finos, localmente en finos agregados.

Procedencia
Leiva Norte

Clasificación petrográfica	Andesita fluidal.
-----------------------------------	-------------------

Textura	%Fcx: 25 %MF: 75
Porfídica, con masa fundamental pilotaxítica.	

Observaciones megascópicas / microscópicas

Roca porfídica, color gris intermedio, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 5 mm, escasamente argilizada y con débil albitización y fenocristales de máficos con reemplazo intenso por clorita y escasa epidota; no conservan formas originales. La masa fundamental es pilotaxítica, con microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,1 mm, fuertemente orientados, con escaso reemplazo por arcillas finas y albita. Se observan cristales de pirita parcial a fuertemente oxidada en forma diseminada.

Fenocristales: 25%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	21	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 5 mm, con reemplazo débil por arcillas finas y albita.
Máficos	4	Cristales pseudomorfos sin formas reconocibles, de hasta 2 mm, con reemplazo intenso por clorita y escasa epidota.

Masa Fundamental: 75%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	73	Cristales subhedrales con tamaño medio de 0,1 mm, fuertemente orientados.
Opacos	2	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,2 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Arcillas finas	3	Como reemplazo débil de plagioclasa.
Albita	2	Como reemplazo débil de plagioclasa.
Clorita	3	Reemplazando en forma intensa a cristales máficos.
Epidota	1	Como reemplazo parcial de máficos en forma local.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Pirita	2,0	Cristales subhedrales de hasta 1 mm, parcial a fuertemente oxidada.

Procedencia
Leiva Norte

Clasificación petrográfica	Dacita afanítica.
-----------------------------------	-------------------

Textura
Afanítica microfelsítica.

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca de textura afanítica microfelsítica, color beige claro, formada por cristales subhedrales / anhedrales de plagioclasa de 0,05-0,4 mm, con tamaño medio de 0,2 mm, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y albita, con escaso desarrollo de calcita fina. Se observan escasos cristales de muscovita como posible reemplazo de biotita. Abundante cuarzo granular con tamaño medio de 0,15 mm, posiblemente en parte infiltrado en la roca. Los minerales opacos consisten en cristales de hematita fina, localmente en vetillas junto con siderita.

Componentes Minerales

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	35	Cristales subhedrales de 0,05-0,45 mm, con tamaño medio de 0,2 mm. Presenta reemplazo parcial por sericita y albita; localmente desarrollo escaso de calcita.
Cuarzo	61	Granos anhedrales con tamaño medio de 0,15 mm, posiblemente en parte infiltrado en la roca.
Opacos	4	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Circón	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,12 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	10	Como reemplazo parcial a fuerte de cristales de plagioclasa.
Albita	10	Como reemplazo metasomático parcial a fuerte de cristales de plagioclasa.
Calcita-Siderita	5	Desarrollada en forma diseminada, impregnada en plagioclasa, y como parte de vetillas.
Cuarzo	?	Parte del cuarzo granular presente en toda la roca podría ser de origen secundario. No es posible determinar la cantidad correspondiente a cuarzo hidrotermal.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Hematita	4,0	Cristales muy finos en forma diseminada y como parte de vetillas de siderita. Escasos cristales de rutilo de hasta 0,1 mm.

Estructuras

Vetillas / Agregados	Espesor	Características/Modo de ocurrencia
Vetillas de Siderita-Cuarzo	<2,5 mm	Con formas irregulares. Presenta cuarzo euhedral de hasta 1 mm y hematita asociada.

Procedencia

Leiva Norte

Clasificación petrográfica	Pórfido andesítico de hornblenda.
-----------------------------------	-----------------------------------

Textura	%Fcx: 45 %MF: 55
----------------	------------------

Porfídica, con masa fundamental intersertal.
--

Observaciones megascópicas / microscópicas

Roca porfídica, color gris intermedio con tonos verdosos, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 3 mm, escasamente argilizada y sericitizada y fenocristales de hornblenda localmente con reemplazo parcial a fuerte por actinolita, localmente con desarrollo de epidota y escasa biotita flogopítica. La masa fundamental es intersertal, con microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,2 mm, sin orientación preferencial, con hornblenda parcial a fuertemente actinolizada en forma intersticial. Los minerales opacos consisten en cristales de magnetita en forma diseminada.

Fenocristales: 45%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	35	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 3 mm, con reemplazo débil por arcillas finas y sericita. Presenta composición andesina (An_{40}).
Hornblenda	10	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 5 mm, con reemplazo por actinolita y escasa epidota y biotita flogopítica muy fina en forma local.

Masa Fundamental: 55%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	47	Cristales subhedrales con tamaño medio de 0,2 mm, sin orientación preferente.
Hornblenda	5	Entre microlitos de plagioclasa, con parcial a fuerte reemplazo por actinolita y escasa epidota.
Opacos	3	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,2 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	2	Como reemplazo débil de plagioclasa.
Arcillas finas	2	Como reemplazo débil de plagioclasa.
Actinolita	6	Como reemplazo parcial a fuerte de cristales de hornblenda.
Epidota	2	Como reemplazo de hornblenda en forma local.
Biotita flogopítica	2	Como reemplazo de hornblenda en forma local.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita	3,0	Cristales subhedrales de hasta 0,5 mm, principalmente asociada a hornblenda.

Procedencia
Leiva Norte

Clasificación petrográfica	Andesita fluidal.
-----------------------------------	-------------------

Textura	%Fcx: 25 %MF: 75
Porfídica, con masa fundamental pilotaxítica.	

Observaciones megascópicas / microscópicas	
Roca porfídica, color marrón, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 3 mm, con reemplazo débil a moderado por arcillas muy finas y con escasa sericita, albita y calcita. Presenta impregnación de granos extremadamente finos de hematita, lo que le entrega el tono marrón a la roca. La masa fundamental es pilotaxítica, con microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,2 mm, fuertemente orientados. Con reemplazo parcial por albita, sericita y arcillas finas, con muy escasa clorita en forma intersticial en forma local. Los minerales opacos consisten en magnetita y abundante hematita diseminadas. Se observan vetillas delgadas con relleno de hematita y clorita.	

Fenocristales: 25%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	25	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 3 mm, con reemplazo parcial por arcillas finas, con escasa sericita, albita y calcita. Presenta composición andesina (An ₃₂). Se observa impregnación de granos muy finos de hematita.

Masa Fundamental: 75%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	47	Cristales subhedrales con tamaño medio de 0,2 mm, fuertemente orientados y con reemplazo parcial por albita, arcillas finas y escasa sericita.
Clorita	1	En forma intersticial entre microlitos de plagioclasa.
Opacos	3	

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	2	Como reemplazo débil de plagioclasa.
Arcillas finas	2	Como reemplazo débil de plagioclasa.
Albita	6	Como reemplazo parcial a fuerte de cristales de hornblenda.
Clorita	2	Entre microlitos de plagioclasa en forma local y como parte de relleno de microvenillas.
Calcita	2	Impregnada en feldespatos y como parte de relleno de microvenillas.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita-Hematita	3,0	Cristales finos de magnetita y granos muy finos de hematita en forma diseminada; como parte de relleno de microvenillas.

Estructuras

Vetillas / Agregados	Espesor	Características / Modo de ocurrencia
Vetillas de Clorita, Calcita y Opacos	<1 mm	Con formas irregulares y sinuosas.

Nº Muestra	EAE0000009
------------	------------

Procedencia
Leiva Sur Sur

Clasificación petrográfica	Andesita afectada por metamorfismo de contacto.
-----------------------------------	---

Textura	%Fcx: 40 %MF: 60
Porfídica, con masa fundamental recrystalizada.	

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca porfídica, color gris claro, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 4 mm, con reemplazo parcial por albita, bordes corroídos y parcialmente deformada en forma local; fenocristales de piroxeno correspondiente a diópsido con formas anhedrales. La masa fundamental se encuentra fuertemente recrystalizada, correspondiente a plagioclasa anhedral, parcial a fuertemente albitizada y cristales anhedrales de diópsido; el tamaño medio de estos cristales es de 0,15 mm; escasa biotita secundaria en forma local. Los minerales opacos consisten en escasos cristales de hematita diseminada.

Fenocristales: 40%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	35	Cristales subhedrales / anhedrales de hasta 4 mm, con bordes corroídos y localmente con parcial deformación (cizallamiento).
Clinopiroxeno	5	Granos anhedrales de hasta 1,5 mm, frescos, correspondientes a cristales de diópsido.

Masa Fundamental: 60%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	53	Granos anhedrales con tamaño medio de 0,15 mm, parcial a fuertemente albitizada y recrystalizada.
Piroxeno	5	Cristales anhedrales de 0,03-0,2 mm.
Opacos	2	

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Albita	20	Como reemplazo metasomático parcial a fuerte de cristales de plagioclasa.
Biotita	<1	Cristales muy finos diseminados en parte de la roca.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Hematita	2,0	Cristales subhedrales / anhedrales de hasta 1 mm.

Procedencia
Leiva Sur Sur

Clasificación petrográfica	Andesita.
-----------------------------------	-----------

Textura	%Fcx: 25 %MF: 75
Porfídica, con masa fundamental intersertal.	

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca porfídica, color gris intermedio, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 2,5 mm, con reemplazo moderado por sericita y pseudomorfos de máficos con reemplazo intenso por clorita, calcita y bordes oxidados. La masa fundamental es intersertal, formada por microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,1 mm, sin orientación preferente y con escasa clorita y calcita en forma intersticial. Los minerales opacos corresponden a cristales de magnetita y escasa magnetita y sulfuros en forma diseminada.

Fenocristales: 25%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	20	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 2,5 mm, con reemplazo moderado por sericita, de composición andesina (An ₃₄).
Máficos	5	Cristales pseudomorfos de hasta 3 mm, de hornblenda y/o piroxeno con reemplazo intenso por clorita, localmente calcita y bordes oxidados.

Masa Fundamental: 75%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	67	Cristales subhedrales con tamaño medio de 0,1 mm, sin orientación preferente.
Clorita>Calcita	3	En forma intersticial entre microlitos de plagioclasa.
Opacos	5	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 0,2 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	15	Como producto de alteración moderada de cristales de plagioclasa, especialmente en fenocristales.
Clorita	5	Como reemplazo parcial a fuerte de cristales máficos.
Calcita	2	Reemplazando a máficos en forma local.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita	5,0	Cristales subhedrales de hasta 0,6 mm, reemplazando parcialmente a máficos. Escasa hematita y sulfuros en forma local.

Procedencia
Leiva Sur

Clasificación petrográfica	Andesita.
-----------------------------------	-----------

Textura	%Fcx: 35 %MF: 65
Porfídica, con masa fundamental intersertal.	

Observaciones megascópicas / microscópicas

Roca porfídica, color gris claro, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 5 mm, con reemplazo moderado a fuerte por sericita e impregnación escasa de calcita; seudomorfos escasos de máficos con reemplazo intenso por calcita. La masa fundamental es intersertal, con microlitos de plagioclasa parcialmente orientados y con desarrollo de calcita en forma intersticial, localmente abundante. Escasos cristales finos de biotita secundaria fina. Los minerales opacos corresponden a cristales de rutilo y escasa hematita en forma diseminada.

Fenocristales: 35%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	32	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 5 mm, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y localmente impregnación parcial de calcita, de composición andesina (An ₃₂).
Máficos	3	Cristales seudomorfos de hasta 3 mm, con formas originales que no resultan reconocibles. Presenta reemplazo intenso por calcita.

Masa Fundamental: 65%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	52	Cristales subhedrales con tamaño medio de 0,2 mm, con orientación en forma local; presenta reemplazo parcial por sericita y calcita.
Calcita	10	Entre microlitos de plagioclasa, posiblemente como reemplazo de máficos.
Biotita	2	Cristales subhedrales muy finos de hasta 0,05 mm en forma diseminada.
Opacos	1	

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	15	Como producto de alteración moderada a fuerte de cristales de plagioclasa.
Calcita	15	En forma diseminada, como reemplazo de máficos y localmente desarrollada en plagioclasa.
Biotita	2	Cristales subhedrales en forma diseminada.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Hematita-Rutilo	1,0	Cristales de rutilo de hasta 0,6 mm y escasa hematita en forma diseminada.

Nº Muestra	EAE0000012
------------	------------

Procedencia
Leiva Sur

Clasificación petrográfica	Pórfido andesítico / diorítico afectado por metamorfismo de contacto.
-----------------------------------	---

Textura	%Fcx: 40 %MF: 60
Porfídica, con masa fundamental fuertemente recristalizada.	

Observaciones megascópicas / microscópicas	
Roca porfídica, color gris intermedio, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 3 mm, con reemplazo escaso por calcita en forma local; fenocristales de clinopiroxeno (augita) parcialmente recristalizada. La masa fundamental consiste en cristales de plagioclasa fina con recristalización parcial a fuerte, en granos anhedrales con tamaño medio de 0,06 mm, con desarrollo de cristales de clinopiroxeno en granos finos, recristalizados. La roca se encuentra cortada por numerosos planos de cizalle. Los minerales opacos corresponden a cristales de magnetita en forma diseminada.	

Fenocristales: 40%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	35	Cristales subhedrales / anhedrales de hasta 3 mm, escasamente reemplazados por calcita y sericita, de composición andesina (An ₄₀).
Piroxeno	5	Cristales de augita de 0,5-2 mm, con bordes corroídos.

Masa Fundamental: 60%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	48	Cristales anhedrales con tamaño medio de 0,06 mm, producto de fuerte recristalización por metamorfismo de contacto.
Piroxeno	7	Granos anhedrales de augita de hasta 0,4 mm, localmente en agregados de material recristalizado.
Opacos	5	

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	1	Como reemplazo débil de cristales de plagioclasa.
Calcita	1	Como reemplazo débil de plagioclasa y como relleno de planos de cizalle que localmente se encuentran abiertos.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita	5,0	Cristales subhedrales de hasta 1 mm.

Estructuras

Vetillas / Agregados	Espesor	Características / Modo de ocurrencia
Planos de cizalle	<0,1 mm	Entrecruzados, fracturando y localmente triturando a los componentes minerales de la roca. Presenta desarrollo de calcita en forma local, en los planos que se encuentran abiertos.

Nº Muestra	EAE0000013
------------	------------

Procedencia
El Tordillo

Clasificación petrográfica	Pórfido cuarzodiorítico con máficos alterados.
-----------------------------------	--

Textura	%Fcx: 40 %MF: 60
Porfídica, con masa fundamental microfanerítica.	

Observaciones megascópicas / microscópicas	
Roca porfídica, color gris intermedio, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 4 mm, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y escasa albita; fenocristales de máficos consistentes en pseudomorfos de biotita y hornblenda con reemplazo intenso por clorita y hematita. La masa fundamental es microfanerítica, formada por cristales de plagioclasa de 0,1-1 mm, con tamaño medio de 0,4 mm, con reemplazo parcial por sericita y albita, cuarzo y máficos cloritizados en forma intersticial. Los minerales opacos corresponden a cristales de magnetita y hematita en forma diseminada.	

Fenocristales: 40%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	32	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 4 mm, parcial a fuertemente reemplazada por sericita y escasa albita, de composición andesina (An ₃₂).
Máficos	8	Consiste en cristales subhedrales / euhedrales de biotita y de hornblenda en proporciones similares, de hasta 2 mm, con reemplazo intenso por clorita y con bordes hematizados.

Masa Fundamental: 60%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	45	Cristales subhedrales de hasta 1 mm, con reemplazo débil a moderado por sericita y albita.
Cuarzo	5	En forma intersticial entre cristales de plagioclasa.
Máficos	5	Entre cristales de plagioclasa, con reemplazo intenso por clorita y hematita.
Opacos	5	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,2 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	20	Como reemplazo moderado a fuerte de cristales de plagioclasa.
Albita	5	Como reemplazo metasomático débil de cristales de plagioclasa.
Clorita	10	Como reemplazo intenso de cristales máficos.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita-Hematita	5,0	Cristales subhedrales / anhedrales de hasta 0,6 mm, localmente en bordes de cristales máficos.

Nº Muestra	EAE00000014
------------	-------------

Procedencia
El Tordillo

Clasificación petrográfica	Roca obliterada por fuerte albitización.
-----------------------------------	--

Textura
Obliterada por intensa alteración, con protolito de posible roca volcánica (toba o lava).

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca obliterada por intensa alteración, con protolito posible de roca volcánica (toba o lava), formada por cristales anhedrales/ subhedrales de feldespatos con reemplazo intenso por albita y escasas arcillas finas, con tamaños que van entre 0,02 y 0,3 mm. Se observan agregados anhedrales de cristales de siderita. Escaso cuarzo posiblemente infiltrado. La roca se encuentra cortada por vetilla gruesa con relleno de cuarzo, calcita-siderita y albita, con agregados de cristales de especularita. Localmente se observan escasos agregados de cristales muy finos de malaquita.

Componentes Minerales

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Feldespatos	87	Cristales anhedrales de 0,02-0,3 mm, producto de fuerte reemplazo metasomático por albita y escasas arcillas finas. No se conservan formas originales.
Máficos (?)	10	Cristales anhedrales de posibles máficos de hasta 1,5 mm con reemplazo intenso por siderita.
Opacos	3	

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Albita	60	Como reemplazo metasomático muy fuerte de cristales de feldespatos.
Arcillas	10	Como reemplazo parcial de feldespatos en forma local.
Siderita-Calcita	10	Desarrollada en agregados como reemplazo de posibles máficos.
Malaquita	<1	Agregados de cristales muy finos de hasta 0,1 mm presentes en forma local.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita-Hematita	5,0	Ver estudio de corte pulido.

Estructuras

Vetillas / Agregados	Espesor	Características / Modo de ocurrencia
Vetillas de Cuarzo, Calcita/Siderita y Especularita	<12 mm	Con relleno de cuarzo euhedral de hasta 1 mm, calcita de hasta 5 mm y agregados de cristales de especularita; escasa albita en forma local.

Procedencia
El Tordillo

Observaciones macroscópicas / microscópicas
Posible roca volcánica obliterada por intensa alteración albítica y subordinadamente por alteración argílica. La roca se encuentra cortada por vetilla gruesa con relleno de cuarzo, calcita-siderita y albita, con agregados de cristales de especularita y con escasa presencia de magnetita, también se observa malaquita de grano fino. La mineralización diseminada corresponde principalmente a hematita especular, localmente se observa calcopirita reemplazada en forma envolvente por limonita, magnetita reemplazada por hematita, inclusiones de calcopirita en magnetita y entrecrecimientos con enargita. Ilmenita reemplazada por hematita. A nivel traza se observa covelina. Agregados escasos de cristales muy finos de malaquita.

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Magnetita	1	Granos euhedrales a subhedrales reemplazados por hematita. Algunos granos presentan inclusiones de calcopirita. Tamaño promedio 0.2mm
Hematita	2	Se presenta en vetilla y en forma diseminada, reemplaza a magnetita en forma envolvente y como agregados de cristales prismáticos con hábito especular . Tamaño entre 0.2-0.6mm.
Calcopirita	tr	Granos anhedrales reemplazada en forma envolvente por limonitas , y como inclusiones en magnetita y en enargita, tamaño 0.2mm.
Enargita	tr	Granos anhedrales de tamaño inferior a 0,1mm, entrecrecidos con calcopirita.
Ilmenita	0.1	Probable ilmenita totalmente reemplazado por hematita y rutilo.
Covelina	tr	Escasa, se presenta en los bordes de la muestra. Tamaño 0.1mm
Óxidos verdes	0.3	Corresponden a malaquita. Se presenta en forma diseminada y como relleno en vetillas.
Óxidos de hierro	0.2	Como impregnación en la roca.
Rutilo	0.2	Granos subhedrales a euhedrales y agregados de tamaño no superior a 1,3mm, con poca frecuencia sobrecrecidos por pirita.

Secuencia paragenética
De acuerdo a las relaciones de contacto observadas se puede inferir lo siguiente: Magnetita – Ilmenita – Hematita - (Rutilo) - (Calcopirita - Enargita) – Covelina - Especularita.

Nº Muestra	EAE0000015
------------	------------

Procedencia
Tigre

Clasificación petrográfica	Andesita.
-----------------------------------	-----------

Textura	%Fcx: 25 %MF: 75
Porfídica, con masa fundamental intersertal parcialmente recristalizada.	

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca porfídica, color gris intermedio, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 5 mm, con reemplazo débil a moderado por albita y arcillas finas y escasos máficos con reemplazo intenso por biotita, sericita y hematita. La masa fundamental es intersertal muy fina, con microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,05 mm, con biotita secundaria muy fina, escasa, en forma intersticial y parcial a fuerte recristalización y albitización parcial. Los minerales opacos consisten en abundantes cristales de sulfuros y escasa hematita en forma diseminada.

Fenocristales: 25%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	23	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 5 mm, con reemplazo débil a moderado por albita y arcillas finas, de composición andesina (An ₃₆).
Máficos	2	Cristales pseudomorfos reemplazados por biotita secundaria fina, sericita y localmente opacos. No se observan formas reconocibles.

Masa Fundamental: 75%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	66	Cristales subhedrales / anhedrales muy finos, con tamaño medio de 50 μ m, sin orientación preferente, con parcial albitización y con parcial a fuerte recristalización.
Biotita-Sericita	3	En forma intersticial entre cristales de plagioclasa.
Cuarzo	1	Corresponde a granos finos menores que 0,1 mm infiltrados en la roca en forma local.
Opacos	5	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Circón	tr	Cristales subhedrales de hasta 0,07 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sericita	2	Desarrollada localmente como reemplazo parcial a fuerte de cristales de biotita secundaria.
Albita	10	Como reemplazo débil a moderado de cristales de plagioclasa.
Arcillas finas	3	Como reemplazo débil de feldespatos.
Biotita	2	Desarrollada en la masa fundamental en forma diseminada y como reemplazo de fenocristales de máficos.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sulfuros	5,0	Cristales de piritita y posible calcopiritita en parte con escasa hematita asociada. Se presenta diseminada.

Nº Muestra	EAE0000016
------------	------------

Procedencia
Leiva Sur

Clasificación petrográfica	Pórfido diorítico de biotita y piroxeno.
-----------------------------------	--

Textura	%Fcx: 35 %MF: 65
Porfídica, con masa fundamental microfanerítica intergranular.	

Observaciones megascópicas / microscópicas	
Roca porfídica de emplazamiento posiblemente hipabisal, color gris intermedio, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 3 mm, fresca, fenocristales de biotita y clinopiroxeno de hasta 2 mm y escasa hornblenda, sin alteración. La masa fundamental es microfanerítica intergranular, formada por cristales delgados de plagioclasa con tamaños que van entre 0,1-0,6 mm, con tamaño medio de 0,4 mm, presentando cristales de clinopiroxeno, biotita y escasa hornblenda en forma intersticial. Los minerales opacos corresponden a cristales de magnetita fina en forma diseminada.	

Fenocristales: 35%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	25	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 3 mm, fresca, de composición andesina (An ₄₆).
Clinopiroxeno	5	Cristales de augita, sub a anhedral, de hasta 2 mm.
Biotita	5	Cristales frescos de hasta 2 mm.
Hornblenda	<1	Escasos cristales subhedrales de hasta 1 mm, con bordes que muestran desarrollo de clinopiroxeno.

Masa Fundamental: 65%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	51	Cristales subhedrales de 0,1-0,6 mm, con tamaño medio de 0,4 mm, sin alteración.
Piroxeno	10	Cristales subhedrales / anhedrales finos de augita y escasa hiperstena, entre cristales de plagioclasa.
Biotita	2	Cristales finos de hasta 0,3 mm, entre cristales de plagioclasa.
Hornblenda	<1	Escasos cristales finos de hasta 0,2 mm.
Opacos	2	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,3 mm.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita	2	Cristales subhedrales de hasta 0,3 mm, en forma diseminada.

Nº Muestra	EAE0000017
------------	------------

Procedencia
Leiva Norte

Clasificación petrográfica	Andesita.
-----------------------------------	-----------

Textura	%Fcx: 25 %MF: 75
Porfídica, con masa fundamental intersertal.	

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca porfídica, color gris claro, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 5 mm, parcial a fuertemente reemplazada por sericita y calcita; escasos fenocristales de máficos con reemplazo intenso por clorita y opacos. La masa fundamental es intersertal, formada por microlitos de plagioclasa con tamaño medio de 0,1 mm, escasamente orientados, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y calcita y parcial albitización, con escasa clorita en forma intersticial. Los minerales opacos corresponden a cristales de sulfuros y escaso rutilo asociado.

Fenocristales: 25%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	23	Cristales subhedrales / euhedrales de hasta 5 mm, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y calcita; las maclas polisintéticas se encuentran borradas por la alteración por lo que no es posible estimar la composición.
Clinopiroxeno	2	Cristales de hasta 2 mm intensamente cloritizados y reemplazados parcialmente por opacos. No se reconocen formas originales.

Masa Fundamental: 75%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	67	Cristales subhedrales muy delgados, con tamaño medio de 0,1 mm, escasamente orientados, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y calcita y parcial albitización.
Máficos	2	Intensamente cloritizados, en forma intersticial entre microlitos de plagioclasa.
Opacos	6	

Minerales de Alteración

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Sericita	25	Como producto de alteración parcial a fuerte de cristales de plagioclasa.
Albita	10	Como reemplazo metasomático parcial de cristales de plagioclasa, especialmente microlitos.
Calcita	10	Desarrollada en granos finos en plagioclasa, tanto en fenocristales como en microlitos.
Clorita	3	Como reemplazo intenso de máficos.
Turmalina	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,7 mm en forma diseminada.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sulfuros	6,0	Cristales de pirita y posible calcopirita en parte de hasta 2 mm, escasamente oxidada.

Nº Muestra	EAE0000018
------------	------------

Procedencia

Leiva Sur Sur

Clasificación petrográfica	Cuarzodiorita de hornblenda.
-----------------------------------	------------------------------

Textura

Fanerítica de grano medio, escasamente porfídica.

Observaciones megascópicas / microscópicas

<p>Roca fanerítica de grano medio, escasamente porfídica, color gris claro, formada por cristales de plagioclasa de 0,5-3 mm, localmente con parcial a fuerte albitización, con cuarzo y escasa ortoclasa en forma intersticial. Se observan cristales de hornblenda de hasta 5,5 mm, con reemplazo escaso por biotita secundaria fina. La roca se encuentra cortada por vetillas con relleno de yeso y anhidrita con sulfuros asociados. Se observa magnetita, rutilo y titanita en forma diseminada en la roca de caja.</p>

Componentes Minerales

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	87	Cristales anhedrales de 0,5-3 mm, con tamaño medio de 1,3 mm. Presenta parcial a fuerte albitización en forma local.
Cuarzo	10	Entre cristales de plagioclasa y en cristales subhedrales/ anhedrales de hasta 1 mm.
Ortoclasa	2	En forma intersticial entre cristales de plagioclasa.
Hornblenda	6	Cristales subhedrales de hasta 5,5 mm, con reemplazo débil por biotita secundaria fina.
Opacos	3	

Minerales Accesorios

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Apatita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,4 mm.
Circón	tr	Cristales subhedrales de hasta 0,1 mm.
Titanita	<1	Cristales subhedrales de hasta 0,6 mm.

Minerales Alteración (Secundarios)

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Albita	5	Como reemplazo parcial a fuerte de plagioclasa en forma local.
Biotita	1	Como reemplazo débil de hornblenda en forma local,
Yeso-Anhidrita	7	Como relleno de vetillas.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Magnetita	2,0	Cristales de hasta 0,3 mm en forma diseminada.
Sulfuros	3,0	Como parte de relleno de vetillas.

Estructuras

Vetillas / Agregados	Espesor	Características / Modo de ocurrencia
Vetillas de Yeso-Anhidrita	<4 mm	Con formas irregulares; presenta sulfuros asociados.

Procedencia
Leiva Sur Sur

Clasificación petrográfica	Andesita amigdaloidal.
-----------------------------------	------------------------

Textura	%Fcx: 35 %MF: 65
Porfídica, con masa fundamental intersertal.	

Observaciones megascópicas / microscópicas
Roca porfídica, color gris verdoso, formada por fenocristales de plagioclasa de hasta 1-3 mm, moderada a fuertemente reemplazada por sericita y calcita, localmente con parcial albitización. La masa fundamental es intersertal, formada por microlitos de plagioclasa muy finos con tamaño medio de 0,02 mm, con abundante clorita en forma intersticial y desarrollo de abundantes amígdalas con relleno de clorita y bordes con cuarzo muy fino, localmente con relleno de calcita. Los minerales opacos corresponden a cristales de magnetita en forma diseminada.

Fenocristales: 35%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	35	Cristales subhedrales/ euhedrales de 1-3 mm, con reemplazo parcial a fuerte por sericita y calcita, con desarrollo escaso de albita en forma local. Presenta composición andesina (An ₃₄).

Masa Fundamental: 65%

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Plagioclasa	32	Cristales subhedrales muy finos con tamaño medio de 0,02 mm, sin orientación preferente y con reemplazo parcial a fuerte por sericita, calcita y parcial albitización.
Clorita	20	En forma intersticial entre microlitos de plagioclasa.
Amígdalas	10	De hasta 1 mm, con relleno de clorita, calcita y bordes con cuarzo granular fino. Escasa sericita local.
Opacos	3	

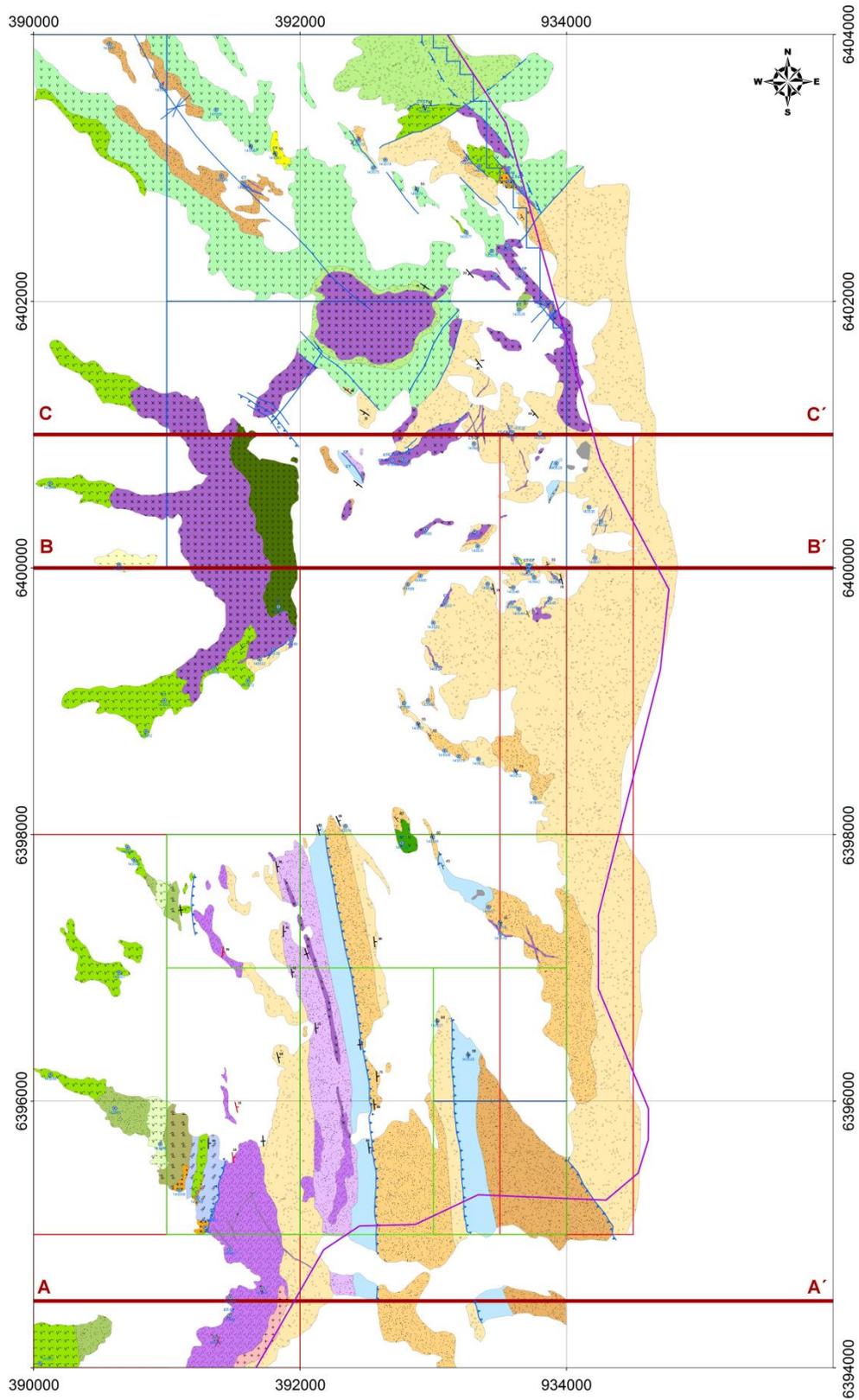
Minerales de Alteración

Mineral	%	Características especiales / Modo de ocurrencia
Sericita	30	Como producto de alteración parcial a fuerte de cristales de plagioclasa y localmente en amígdalas.
Calcita	12	Desarrollada en plagioclasa y en amígdalas.
Albita	8	Como reemplazo metasomático parcial de cristales de plagioclasa.
Clorita	25	Entre microlitos de plagioclasa y como parte de relleno de amígdalas.
Cuarzo	3	Desarrollada en bordes de amígdalas, en granos muy finos menores que 0,06 mm.

Minerales Opacos

Mineral	%	Características / Modo de ocurrencia
Sulfuros	3,0	Cristales subhedrales de hasta 0,4 mm.

ANEXO IV: MAPAS



SIMBOLOGÍA

LITOLOGÍA

ROCAS ESTRATIFICADAS

Formación Farellones (Mioceno Inferior - Plioceno)

TSMvcla Andesitas porfíricas medias

Formación Abanico (Eoceno Superior - Mioceno Inferior)

TIESMsdcc Toba de Lapilli Lito - Cristalina

TIESMlvbpx Brechas Piroclásticas medias y gruesas

TIESMlvcla Andesitas Porfíricas finas y medias

TIESMlvclb Basalto de piroxeno

TIESMlvcta Tobas andesíticas

TIESMlvctda Tobas dacianandesíticas

TIESMlvctr Tobas riolíticas

TIESMlvctd Tobas dacíticas

TIESMlvpctc Toba de Ceniza

TIESMlvpcti Toba de lapilli

TIESMlvsectu Tuffitas

Formación Colimapu (Cretácico Superior)

Ksdca Areniscas epidolásticas medias y conglomeráticas de color rojizo

Formación Lo Valdés (Jurásico Superior - Cretácico Inferior)

JrSKlscmcz Calizas Micríticas

JrSKlscsa Areniscas finas a medias y calcarenitas

Formación Río Damas (Oxfordiano - Kimmeridgiano)

JrSKlsgty Yeso

JrSsdca Areniscas medias, gruesas y conglomeráticas

JrSsdcc Conglomerados oligomicticos medios y gruesos

JrSvcli Intercalaciones andesíticas

ROCAS INTRUSIVAS

TSMPhbx Brechas hidrotermales

TSMhan Pórfidos andesíticos de hornblenda

TSMhd Pórfidos dioríticos

TSMhdq Pórfidos Qz dioríticos

TSMhdt Pórfidos dacíticos

TSMhmd Monzodiorita hipabisal

ESTRUCTURAS

Falla

Falla Inversa

Brecha de Falla

Estratificación Subhorizontal

Rumbo y Manteo de Estratos

Estratificación Vertical

Bandeamiento de Flujo

Dirección y Ángulo de Manteo de Diques y Fallas

ESTUDIO DE VETAS Y VETILLAS GANGA DOMINANTE - MENA DOMINANTE

Baritina, Oxidos de Cobre

Calcita, Oxidos de Cobre

Carbonatos, Oxidos de Cobre

Cuarzo, Calcopirita

Cuarzo, Oxidos de Cobre

Hematita, Oxidos de Cobre

Magnetita, Limonita Indígena

Petrografía CT: Corte Transparente; CP: Corte Pulido ;

CT-CP: Corte Transparente Pulido

Muestras

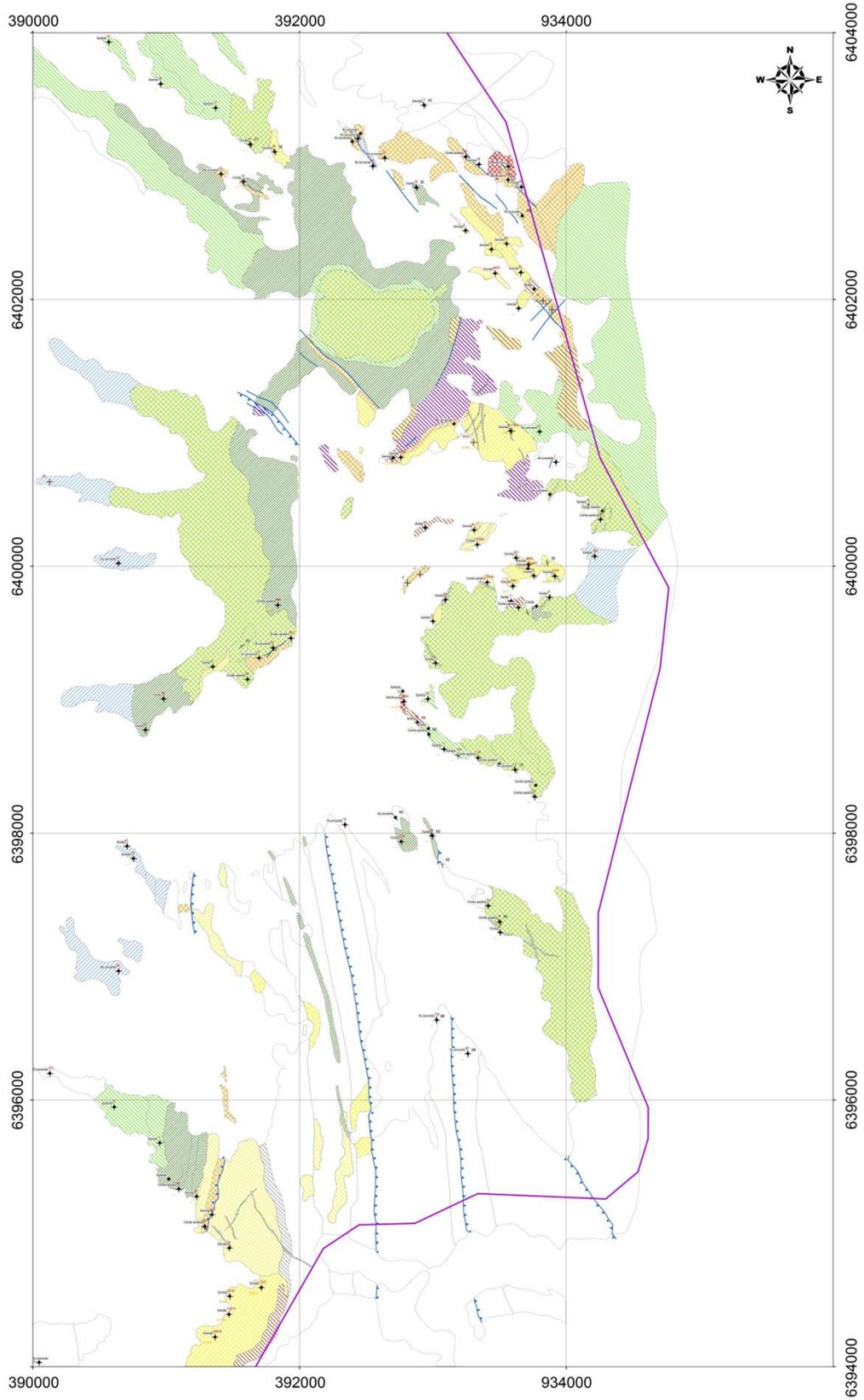
N° de Muestras

Perfil Geológico

500 250 0 500 m.

Escala 1 : 10.000

 Una empresa Codelco	
Preparado: C. Canales Procesado: C. Canales Aprobado: C. Ahumada Solicitado por: C. Ahumada Fecha: 22/06/2009 Fecha Impresión: 26/06/2009 Proyección: PSA066 H195 Escala: 1:10000 Fuente:	PROYECTO PÓRFIDOS SUR PROSPECTO LEIVA - CLUSTER PIMENTÓN LITOLOGÍA - ESTRUCTURAS
Ruta: D:\Proyectos 2009\Proyectos GIS\Zona Sur\PPS\ENA_LOS_AZULES_1704200900_MXD_MAPAS	Mapa 2/16



SIMBOLOGÍA

ALTERACIÓN

-  Actinolita
-  Argilico Indiferenciado
-  Biotita Débil a Moderada
-  Biotita Sericita
-  Calcita
-  Celadonita, Zeolitas
-  Clorita
-  Clorita Epidota
-  Epidota
-  Sericita + Argilico Débil a Moderado
-  Sericita + Argilico Fuerte
-  Silicificación

◆ Descripción puntual de alteración

GEOQUÍMICA

1364 Valor Cu
 + Muestras Químicas
 0,005 Valor Au

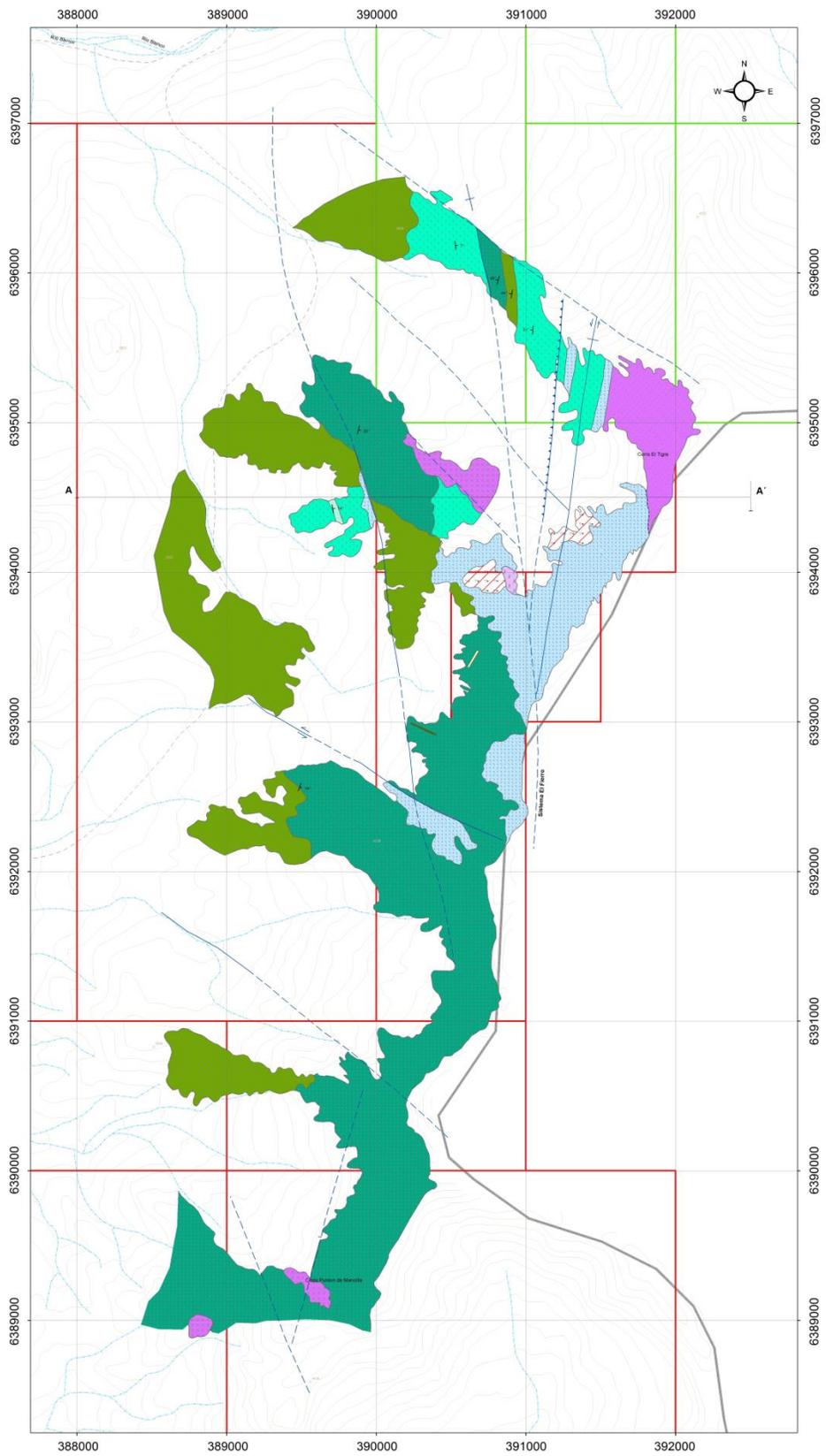
ESTRUCTURAS

-  Falla
-  Falla Inversa
-  Brecha de Falla
-  Estratificación Subhorizontal
-  Rumbo y Manteo de Estratos
-  Estratificación Vertical
-  Bandeamiento de Flujo
-  Dirección y Ángulo de Manteo de Diques y Fallas
-  Contactos Litológicos y Borde Afloramientos
-  Límite Internacional

500 250 0 500 m.

Escala 1 : 10.000

 Una empresa Codelco	
Preparó: C. Canales Procesó: C. Canales Aprobó: C. Ahumada Solicitado por: C. Ahumada Fecha Preparación: 22/06/2009 Fecha Impresión: 26/06/2009 Proyección: PSAD56 H19S Escala: 1:10000 Fuente:	PROYECTO PÓRFIDOS SUR PROSPECTO LEIVA - CLUSTER PIMENTÓN ALTERACIÓN ZONAS MINERALES
Mapa 4/16	
Ruta: D:\Proyectos\2009\Proyectos GIS\Zona Sur\PPS\LEIVA_LOS_AZULES_17042009\00_MXD_MAPAS	



Leyenda

Litología

Rocas Estratificadas

	Andesitas porfídicas
	Dique Andesítico
	Tufitas
	Tobas de Lapilla
	Tobas de Ceniza
	Tobas Andesíticas
	Areniscas Volcanicas

Rocas Intrusivas

	Monzodiorita
	Pórfido Cuarzo Monzonita
	Pórfido Dacítico
	Veta Yeso (Py-CPy)
	Pebble Dyke
	Brecha Intrusivas

Estructuras

	Indica desplazamiento
	Falla Inferida
	Falla Inversa
	Falla Observada
	Rumbo y Manteo
	Contacto Geológico Inferido
	Traza Perfil A-A'

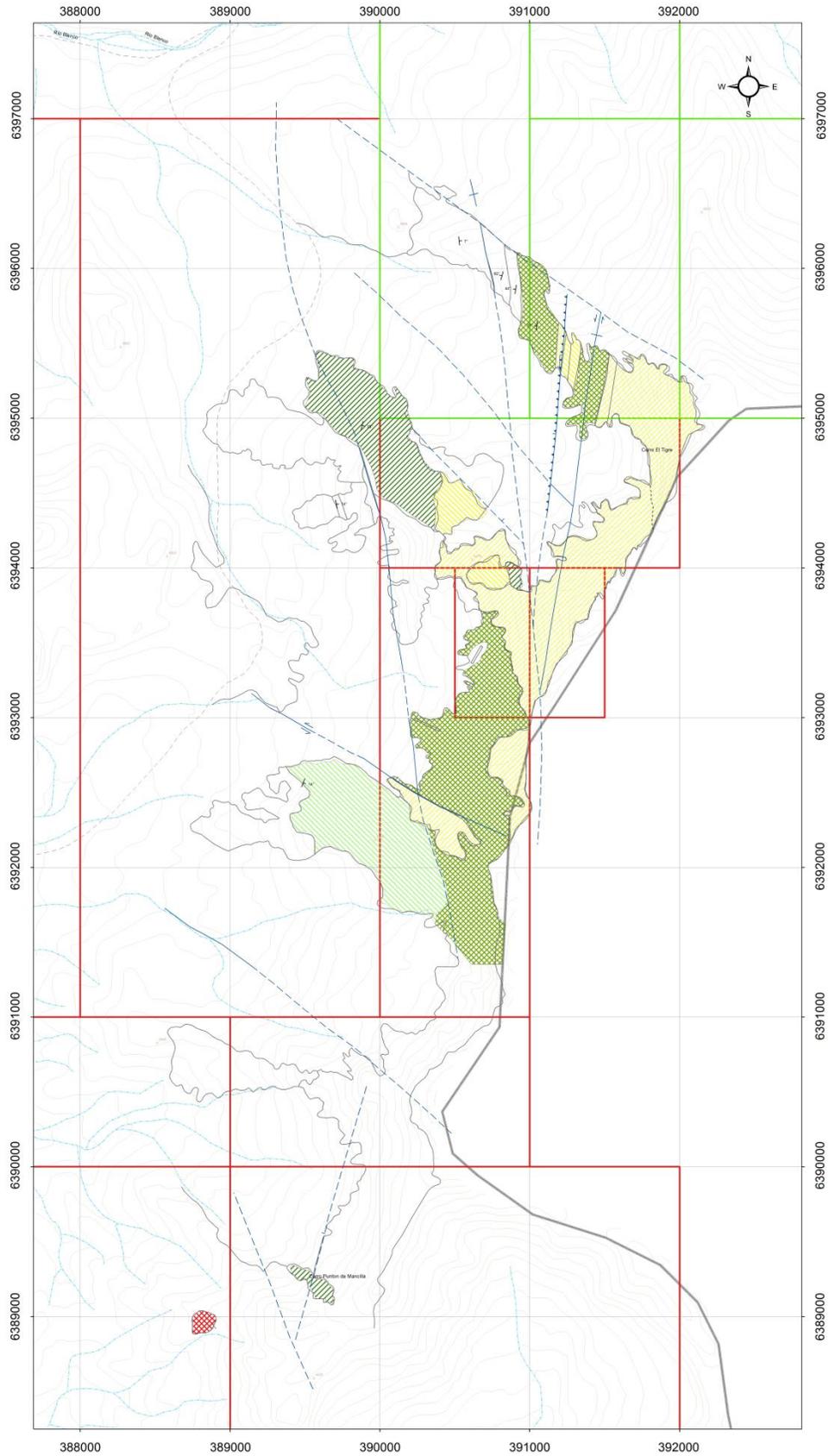
Propiedad Minera

	PM Terceros
	PM Codelco Explotación
	PM Codelco Exploración

Topografía

	Curvas de Nivel
	Hidrografía
	Drenes
	Límites
	Caminos

EM Exploraciones Mineras		
Solicitó:	Hugo Becerra	EXPLORACIÓN BÁSICA CHILE BLOQUE AMOS - LEIVA LEIVA SUR SUR Litología y Estructuras
Aprobó:	Hugo Becerra	
Procesó:	GEOINFO	
Fecha de proceso:	31-Julio-2012	
Fecha de impresión:	31-Julio-2012	
Sistema de proyección:	PSAD56 19S	
Escala:	1 : 10.000	
Fuente:		Mapa N°
Ruta:		



Leyenda

Alteración

-  Clorita
-  Clorita - Epidota
-  Epidota
-  Sericita + Argilica débil
-  Sericita + Argilica fuerte
-  Silicificación

Estructuras

-  Indica desplazamiento
-  Falla Inferida
-  Falla Inversa
-  Falla Observada
-  Rumbo y Manteo
-  Contacto Geológico Inferido
-  Traza Perfil A-A'

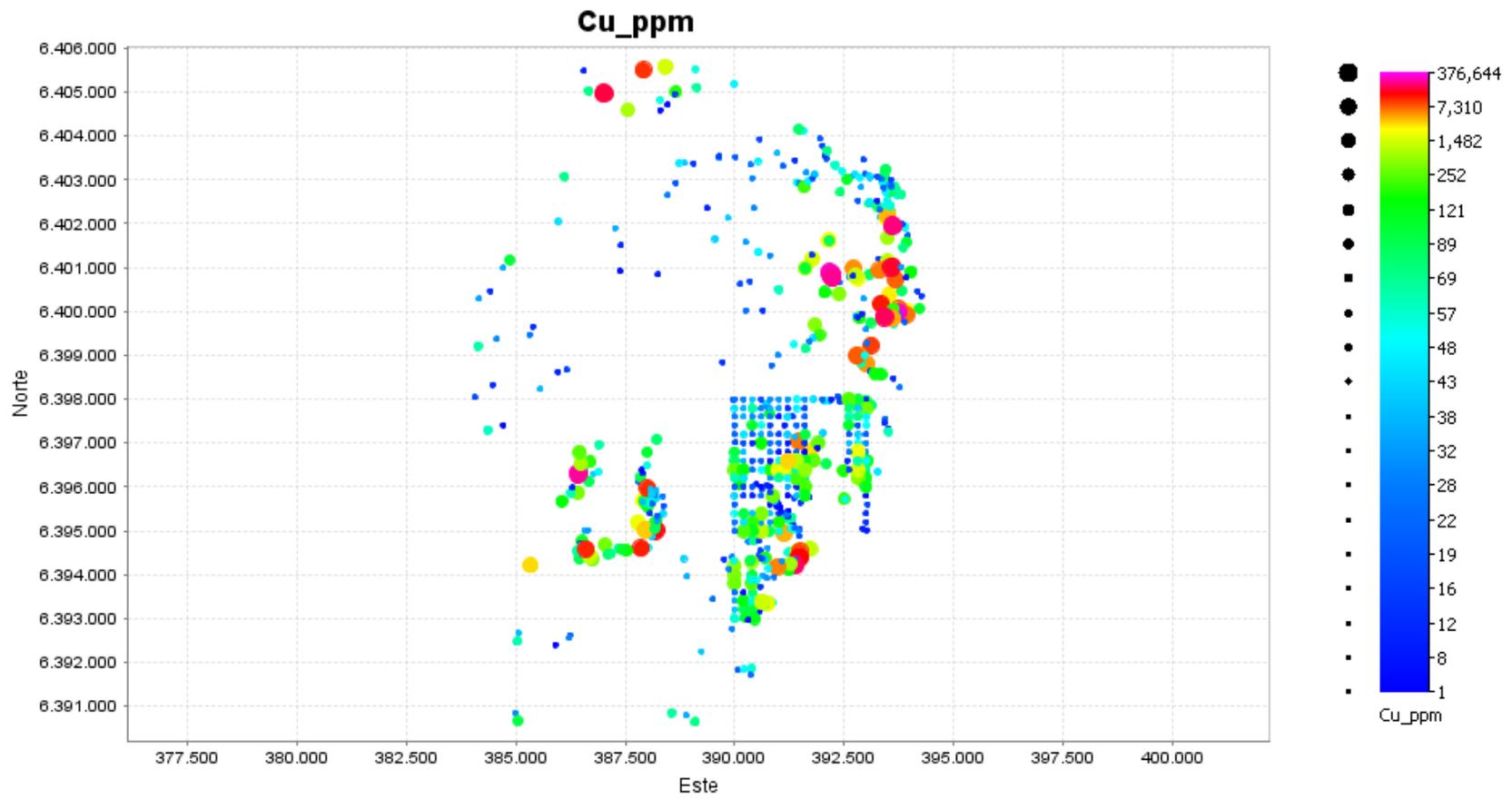
Propiedad Minera

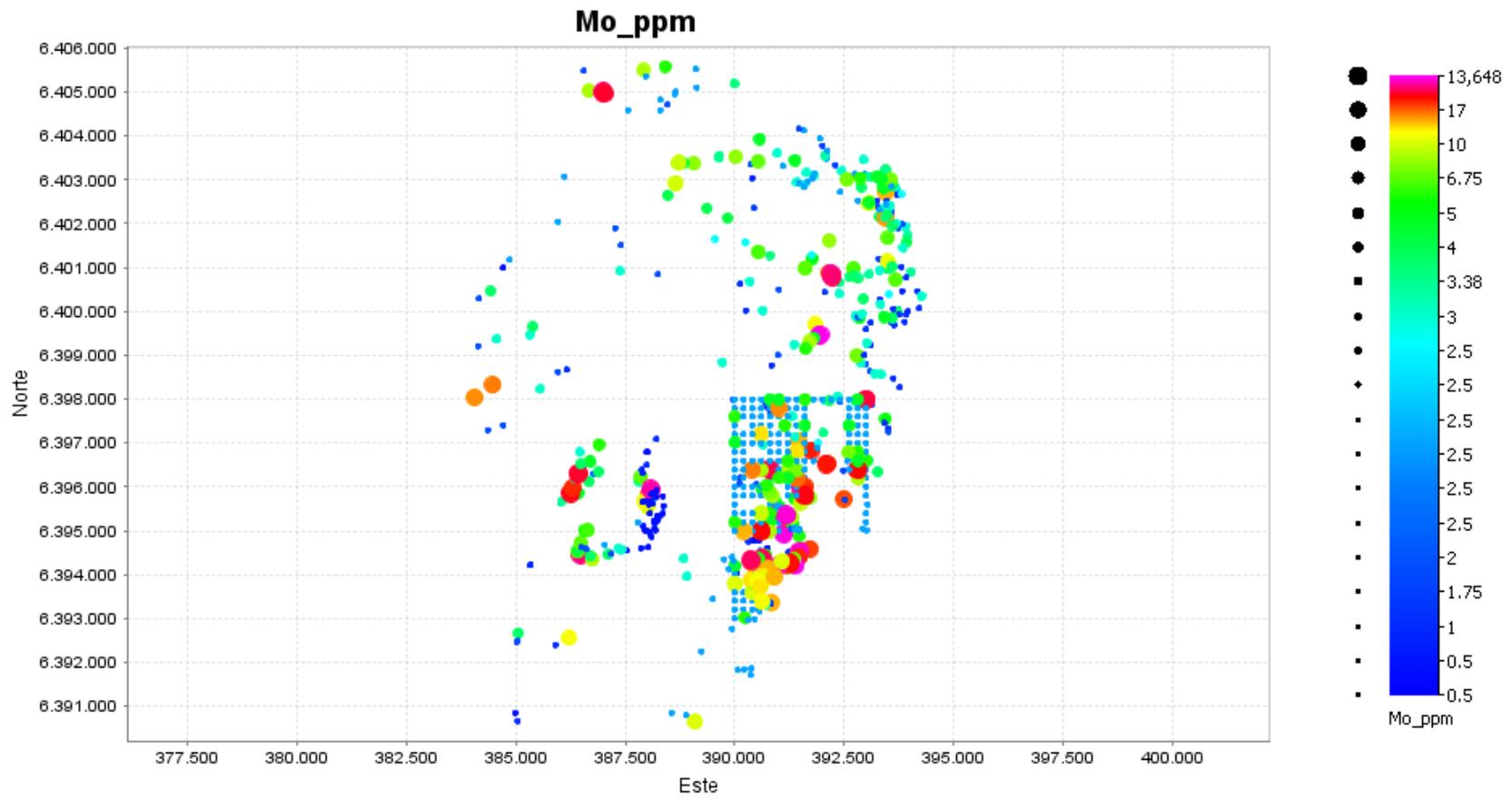
-  PM Terceros
-  PM Codelco Explotación
-  PM Codelco Exploración

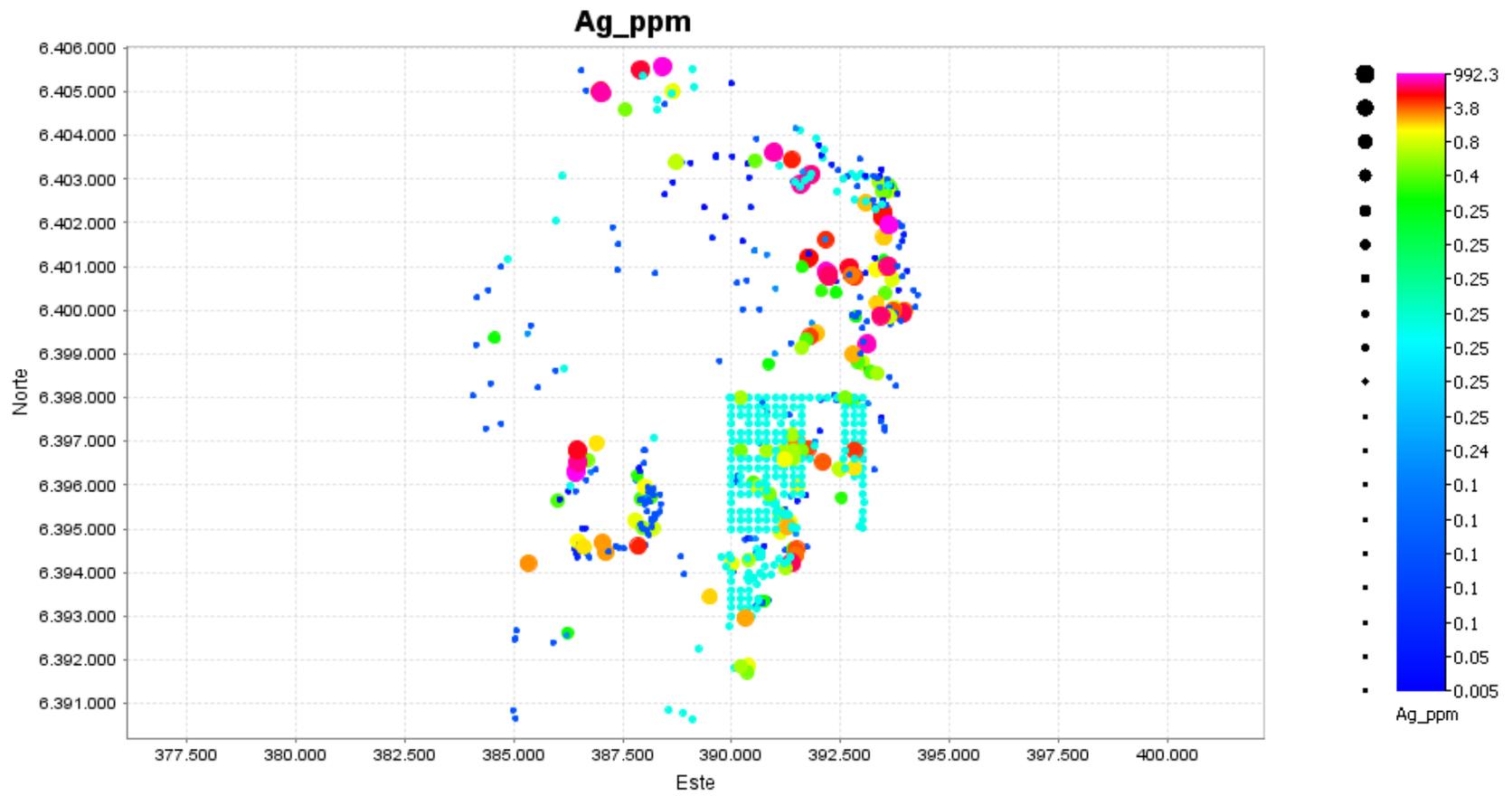
Topografía

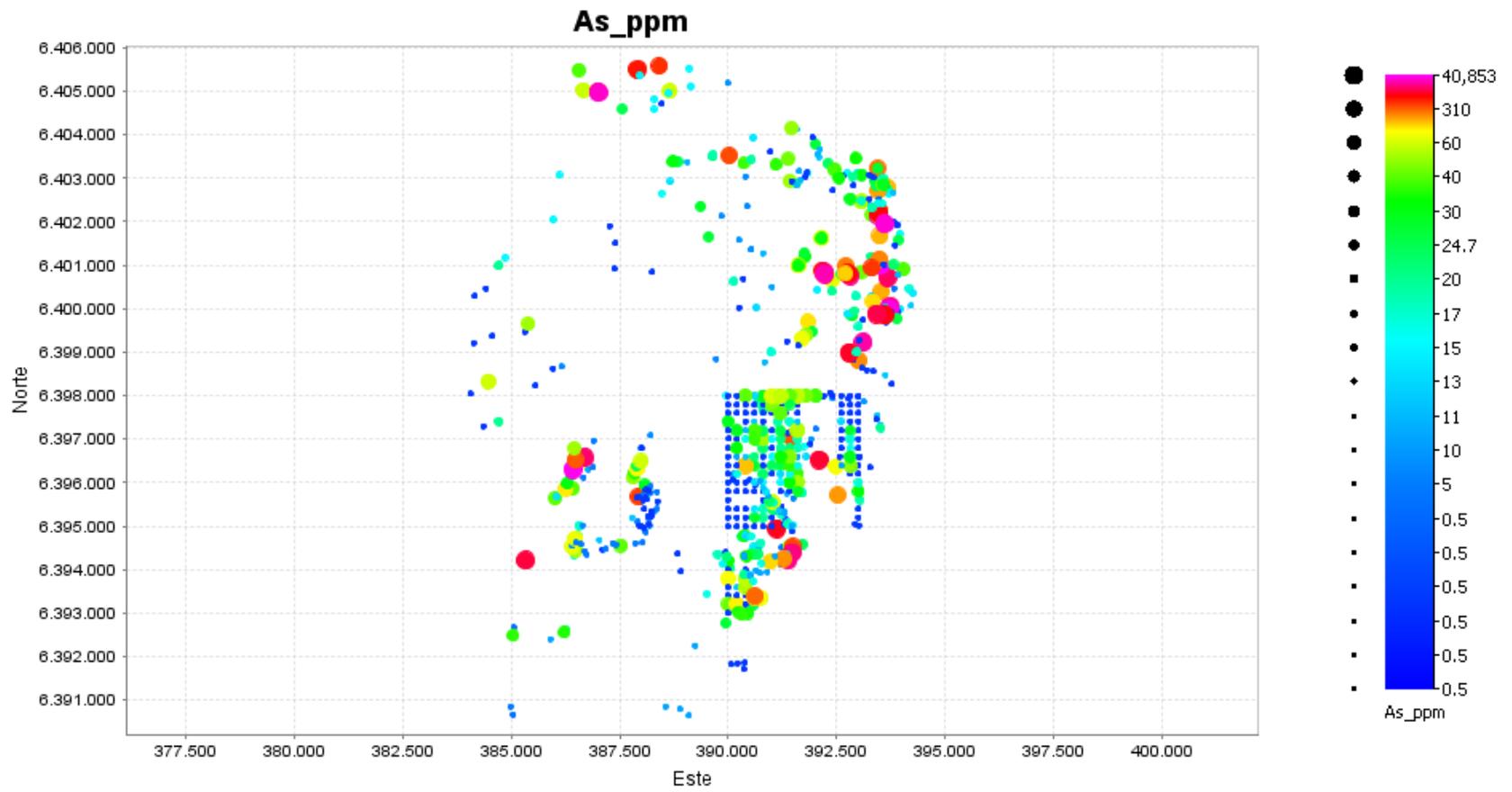
-  Curvas de Nivel
-  Hidrografía
-  Drenes
-  Límites
-  Caminos

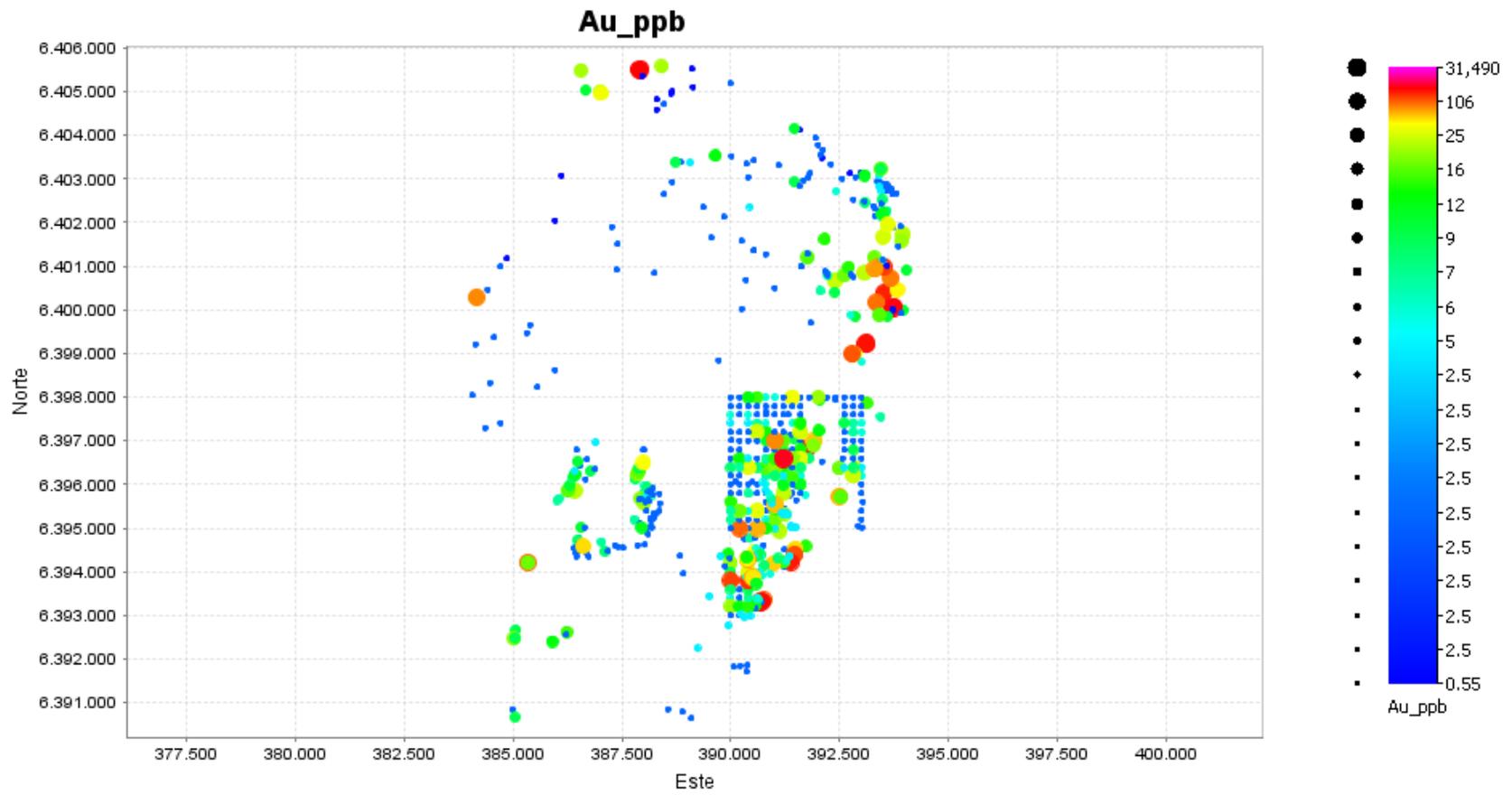
			
Solicitó:	Hugo Becerra	EXPLORACIÓN BÁSICA CHILE BLOQUE AMOS - LEIVA LEIVA SUR SUR Alteración	
Aprobó:	Hugo Becerra		
Procesó:	GEOINFO		
Fecha de proceso:	31-Julio-2012		
Fecha de impresión:	31-Julio-2012		
Sistema de proyección:	PSAD56 19S		
Escala:	1 : 10.000		
Fuente:			Mapa N°
Ruta:			

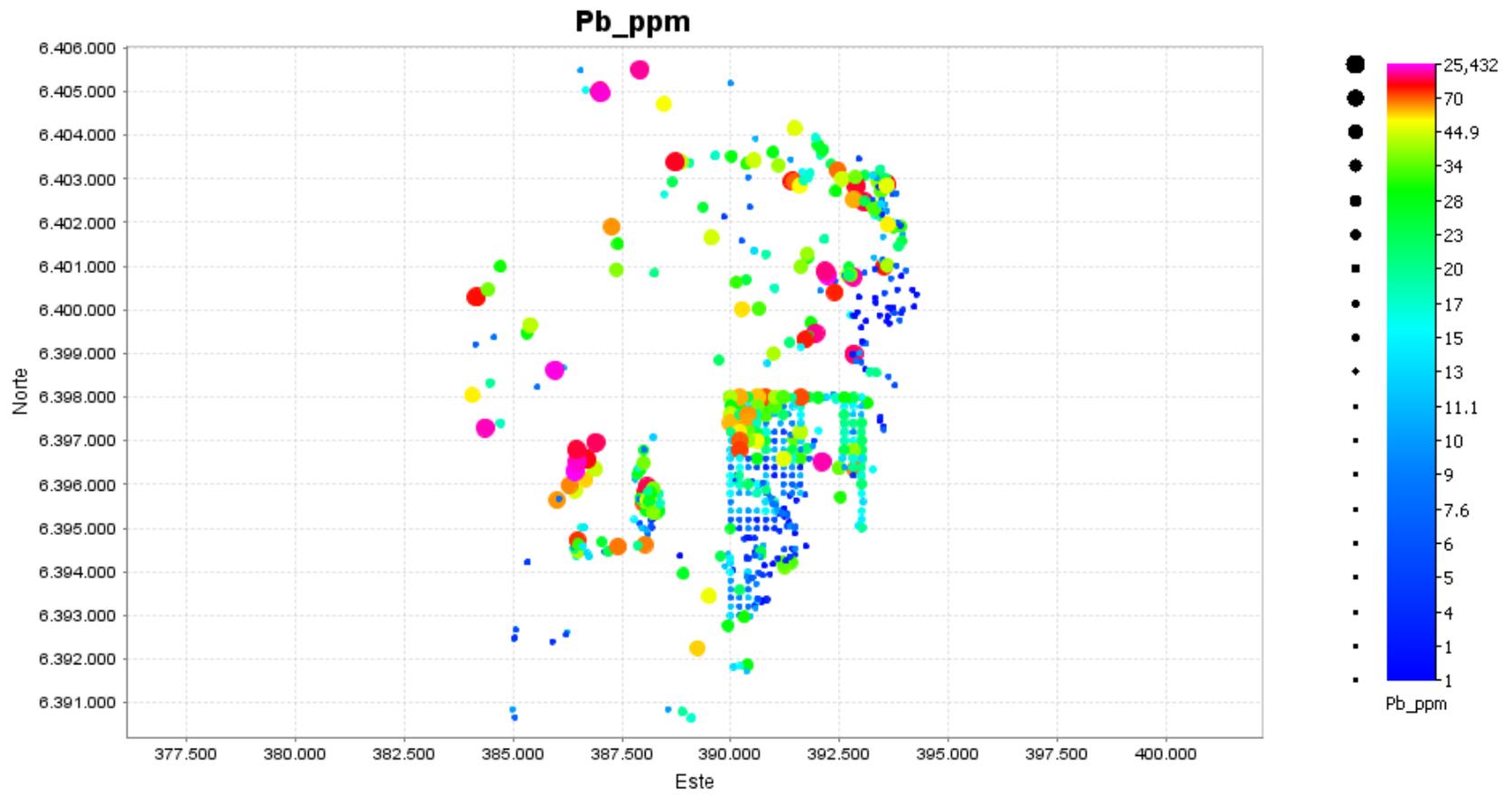


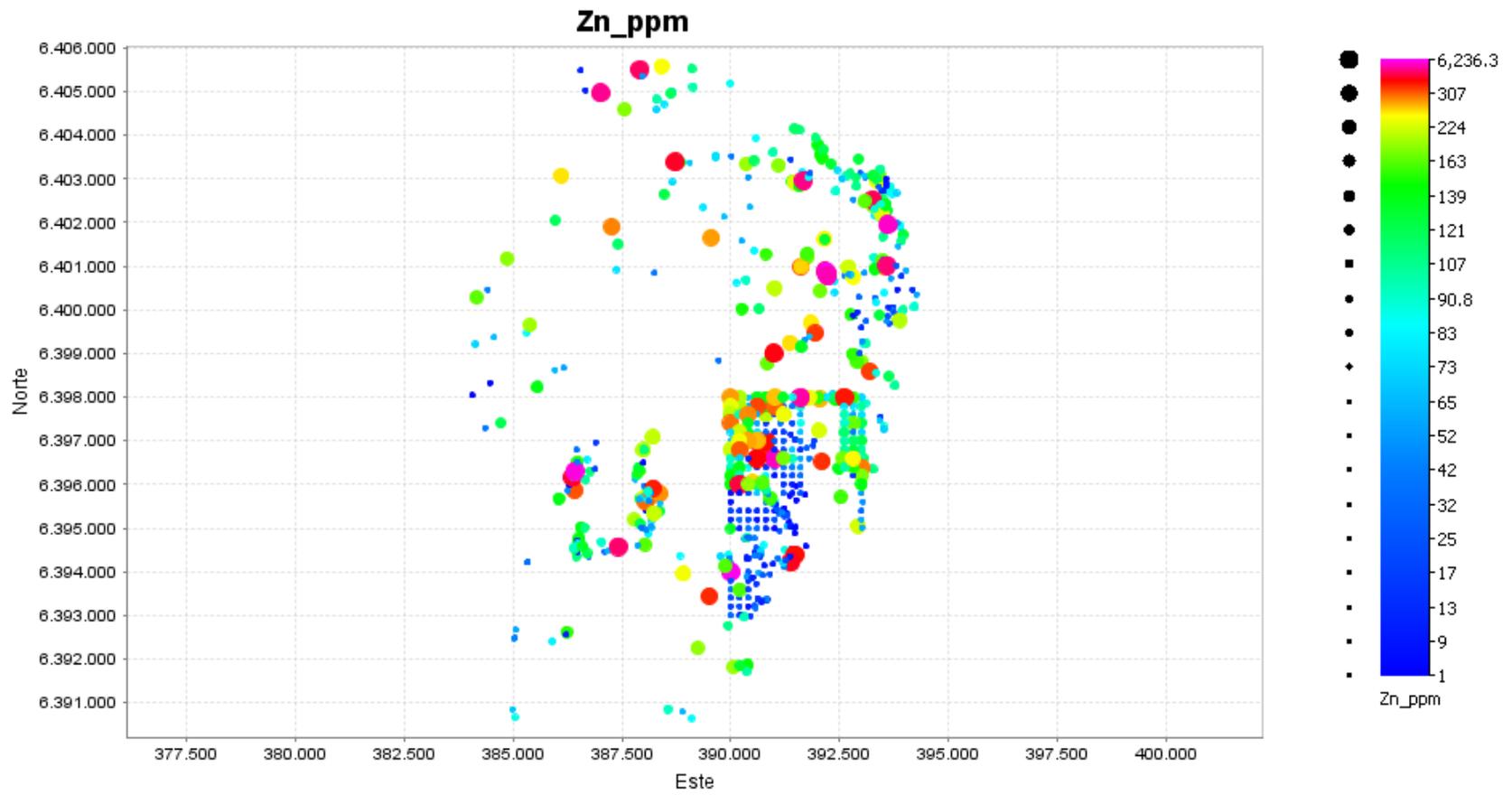


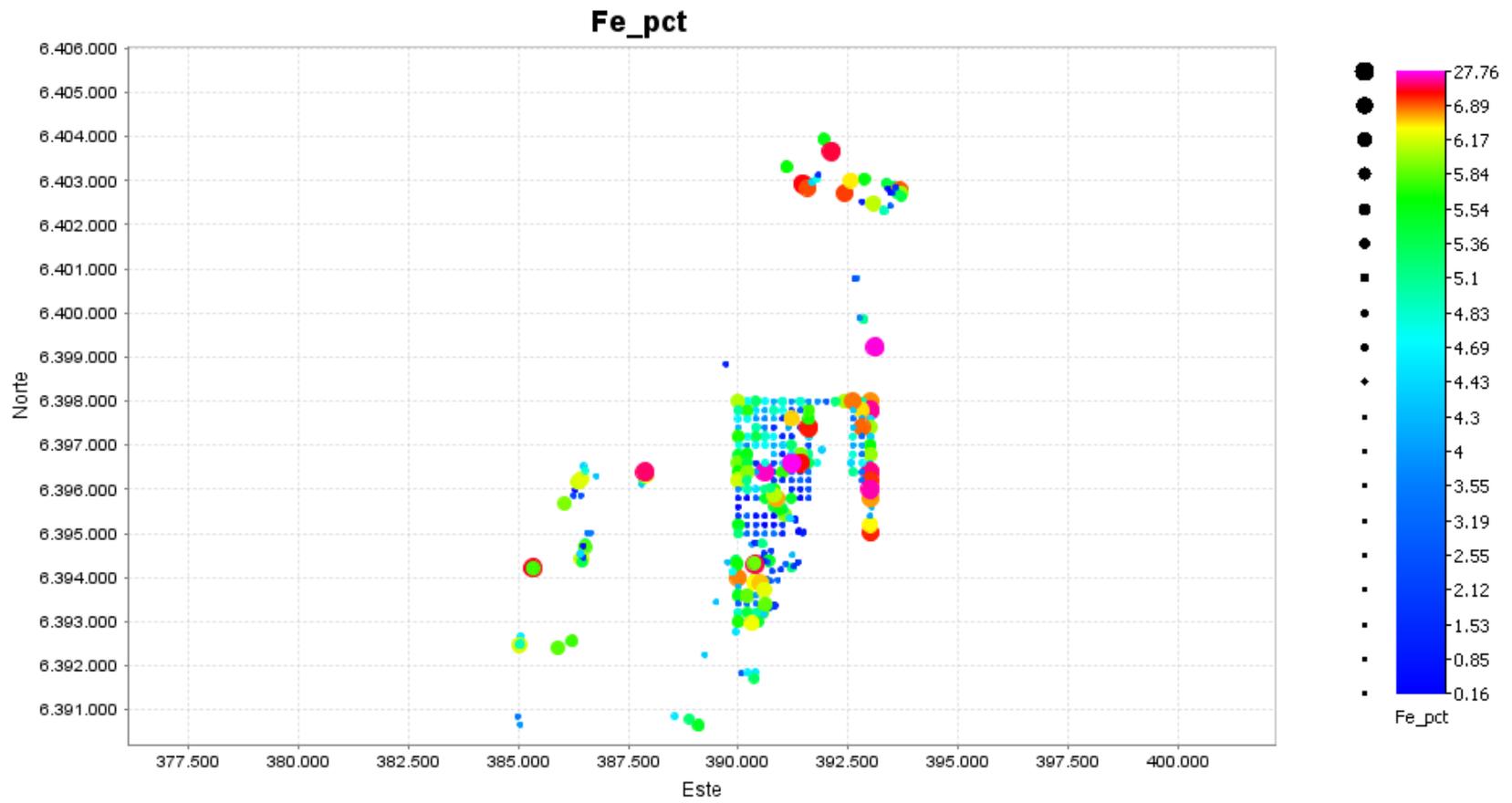


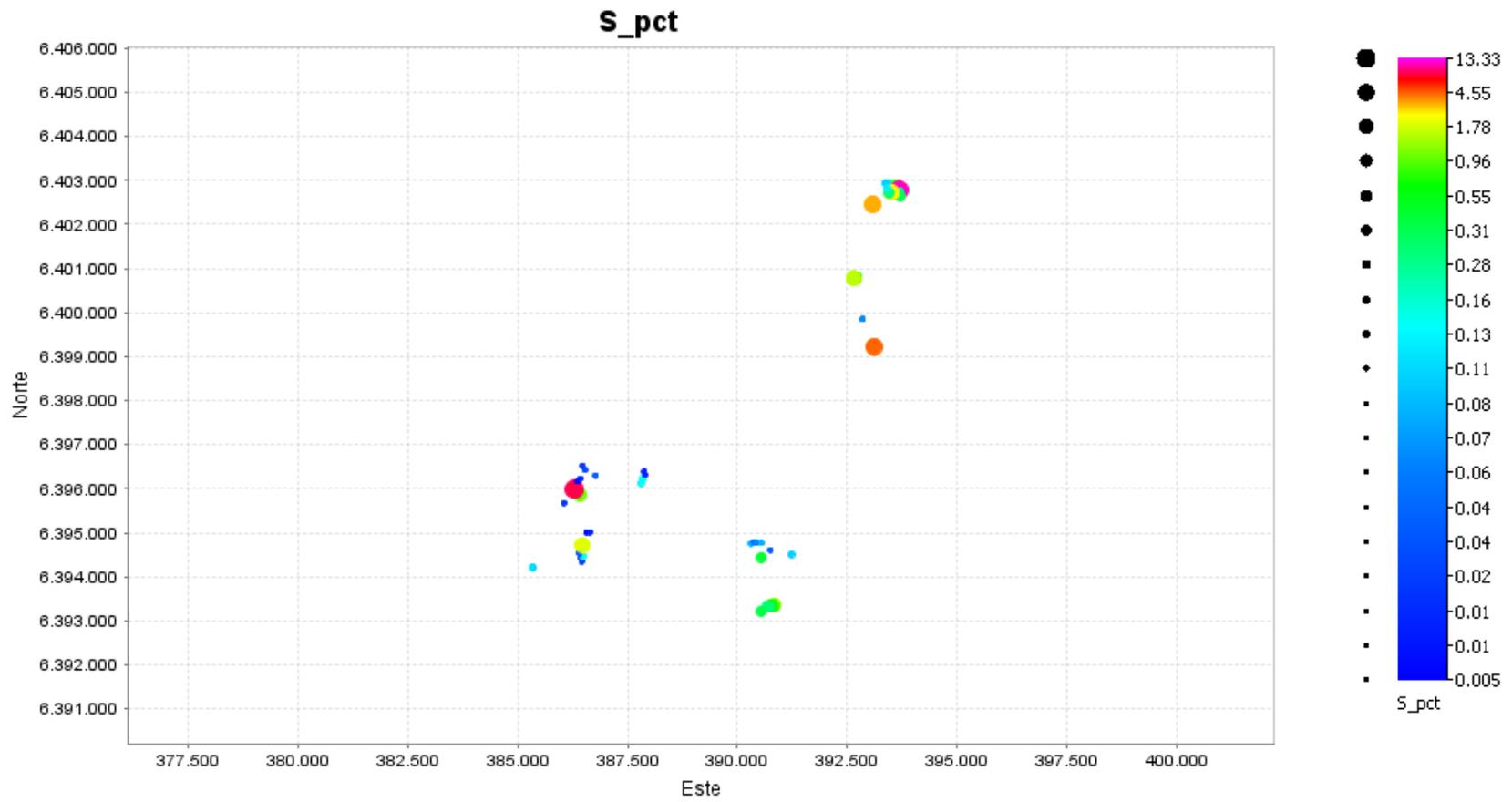












ANEXO V: ESTADIGRAFOS

BASE DE DATOS TOTAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Fm Rio Damas Areniscas	Cu [ppm]	27	6	92684	9711,2	18	24475,01	11	159	52202,4	86373,6	92684
	Mo [ppm]	27	1	64	7,58	2,5	14,55	2	4	24,4	56,8	64
	Ag [ppm]	27	0,09	64,5	5,61	0,25	16,29	0,1	0,4	25,3	61,46	64,5
	As [ppm]	27	0,5	2550	233,91	15	576,1	0,5	27	933	2119,2	2550
	Au [ppb]	18	2,5	107	9,44	2,5	24,5	2,5	2,625	21,5	107	107
	Pb [ppm]	25	1	15800	659,024	13	3155,08	4,5	17,5	192,4	11161,1	15800
	Zn [ppm]	27	7,9	6236,3	541,37	86	1295,84	60	233	2010,68	4778,18	6236,3
	Fe [%]	11	4,04	7,05	5,37	5,41	1,07	4,26	6,41	6,96	7,05	7,05
	S [%]	3	0,1	0,31	0,2	0,19	0,11	0,1	0,31	0,31	0,31	0,31
Fm Rio Damas Conglomerados	Cu [ppm]	46	8	376644	12646,67	49,5	57010,44	27	3017,5	15502,6	74887,95	376644
	Mo [ppm]	46	0,93	21,2	3,78	3	3,64	1,465	4,6175	7	12,195	21,2
	Ag [ppm]	46	0,02	53,9	2,82	0,25	8,92	0,1	0,7525	4,625	22,33	53,9
	As [ppm]	46	0,5	40853	1472,6	17	6646,16	6,875	64,975	1132,3	13854,45	40853
	Au [ppb]	33	0,55	265	32,17	6	61,41	2,5	29,5	126,8	217,4	265
	Pb [ppm]	43	1	101	17,5	12	22,75	4	21	37,4	94,2	101
	Zn [ppm]	46	12,2	729,7	94,78	73,3	114,58	28,525	112	165,4	284,5	729,7
	Fe [%]	11	0,51	10,19	5,33	5,58	3,07	2,31	7,68	9,702	10,19	10,19
	S [%]	4	0,12	4,55	1,3	0,27	2,17	0,15	3,4875	4,55	4,55	4,55
Fm Abanico Andesita Porfídica	Cu [ppm]	35	7	3310	150,1	45	552,53	20	65,9	142,2	896,4	3310
	Mo [ppm]	35	1	12	4,22	2,5	3,4	2,5	5	11,4	12	12
	Ag [ppm]	35	0,005	6,3	0,51	0,25	1,34	0,1	0,25	0,334	5,588	6,3
	As [ppm]	35	0,5	61,3	13,45	10	13,23	0,5	19,1	30,98	46,66	61,3
	Au [ppb]	27	1	44	7,41	2,5	10,45	2,5	8	19	42	44
	Pb [ppm]	34	1	160	19,18	14	27,68	6,75	19,375	44	79	160
	Zn [ppm]	35	10	492,7	109,82	94	83,94	71	142	167,4	293,74	492,7
	Fe [%]	16	3,02	6,5	5,43	5,56	0,98	5,0075	6,26	6,451	6,5	6,5
	S [%]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BASE DE DATOS TOTAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Fm Abanico Toba Andesítica	Cu [ppm]	47	6	2026	130,94	29	360,15	18	57	293,2	1090,8	2026
	Mo [ppm]	47	0,5	35	4,74	2,5	5,8	2,5	6	11,4	16,6	35
	Ag [ppm]	47	0,005	1,8	0,27	0,25	0,29	0,1	0,25	0,6	0,84	1,8
	As [ppm]	47	0,5	359	26,48	12	64,57	0,5	19	36,16	197,6	359
	Au [ppb]	36	2,5	269	16,15	2,5	47,34	2,5	6	39,6	130,45	269
	Pb [ppm]	47	1	47	16,42	13	12,38	6	28,4	32,8	42,6	47
	Zn [ppm]	47	8	485,3	108,24	91	103,16	21	144	259,84	361,88	485,3
	Fe [%]	29	0,83	7,49	4,55	4,98	1,67	3,59	5,56	6,32	7,035	7,49
	S [%]	7	0,07	1,35	0,55	0,3	0,47	0,9	0,9	1,35	1,35	1,35
Fm Abanico Toba de Ceniza	Cu [ppm]	11	2,5	15914	1490,77	48	4783,81	15	99	12757,8	15914	15914
	Mo [ppm]	11	2,5	21	6,09	2,5	6,01	2,5	8	19,4	21	21
	Ag [ppm]	11	0,25	3,1	0,54	0,25	0,86	0,25	0,25	2,6	3,1	3,1
	As [ppm]	11	0,5	1741	166,77	10	552,16	0,5	16	1397	1741	1741
	Au [ppb]	11	2,5	109	16,82	5	31,29	5	12	92,4	109	109
	Pb [ppm]	11	1	35	10,09	7	9,1	6	13	30,8	35	35
	Zn [ppm]	11	6	394,1	61,36	25	112,77	9	44	332,28	394,1	394,1
	Fe [%]	9	0,16	5,66	2,65	2,12	2,21	0,73	5,325	5,66	5,66	5,66
	S [%]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fm Abanico Toba de Lapilli	Cu [ppm]	28	2,5	173	27,8	18	33,8	6,25	39,25	65,2	125,3	173
	Mo [ppm]	28	1	183	12,77	3,5	34,08	2,5	9,5	21,3	115,5	183
	Ag [ppm]	28	0,1	1	0,26	0,25	0,18	0,25	0,25	0,42	0,82	1
	As [ppm]	28	0,5	119	18,93	1,5	23,47	10	23	35,1	93,8	119
	Au [ppb]	22	2,5	43	9,95	5	10,72	5	9,5	30,5	41,35	43
	Pb [ppm]	28	1	23	8,18	8	5,29	4,25	10,75	17,1	20,75	23
	Zn [ppm]	28	2,1	258	42,63	25	53,98	10,25	51	94,2	213,45	258
	Fe [%]	20	0,52	6,02	3,42	4,01	1,82	1,565	4,91	5,553	5,997	6,02
	S [%]	1	0,41	0,41	0,41	0,41	0	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

BASE DE DATOS TOTAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Fm Farellones Andesita Porfídica	Cu [ppm]	14	4,7	470	104,06	49,5	153,26	21,925	93,2	459,5	470	470
	Mo [ppm]	14	0,5	11	2,95	0,64	3,47	0,5	6,5025	9,105	11	11
	Ag [ppm]	14	0,03	0,4	0,16	0,1	0,11	0,1	0,2275	0,375	0,4	0,4
	As [ppm]	14	0,5	93	27,89	18,35	30,85	0,5	51,575	84,9	93	93
	Au [ppb]	14	2,5	18	5,75	2,5	5,32	2,5	8,25	17	18	18
	Pb [ppm]	14	11,3	55	30,34	28,6	12,61	23,075	39,5	51,5	55	55
	Zn [ppm]	14	44	332	152,04	129	97,65	65,5	250,875	314	332	332
	Fe [%]	4	4,37	7,51	5,86	5,78	1,36	4,59	7,21	7,51	7,51	7,51
	S [%]	4	0,01	0,14	0,07	0,07	0,07	0,01	0,1375	0,14	0,14	0,14
Fm Farellones Toba Lito Cristalina	Cu [ppm]	7	41,1	116,5	71,84	64,2	26,51	46,5	91,1	116,5	116,5	116,5
	Mo [ppm]	7	1,82	50,3	10,39	3,7	17,66	2,47	6,36	50,3	50,3	50,3
	Ag [ppm]	7	0,04	0,28	0,1	0,09	0,08	0,05	0,09	0,28	0,28	0,28
	As [ppm]	7	7,1	65,9	32,74	28,9	20,15	17,4	51,7	65,9	65,9	65,9
	Au [ppb]	7	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Pb [ppm]	7	9,4	38,2	16,91	13,6	10,05	9,5	20,2	38,2	38,2	38,2
	Zn [ppm]	7	4	143	97	110	48,7	69	140	143	143	143
	Fe [%]	7	1,71	6,14	4,68	5,34	1,52	3,89	5,81	6,14	6,14	6,14
	S [%]	7	0,01	0,13	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,13	0,13	0,13
Pórfido Cuarzo Monzonita (Petrografía: Dacita)	Cu [ppm]	8	16	69	34,25	31,5	16,25	23,25	40,75	69	69	69
	Mo [ppm]	8	0,5	13	3,13	1	4,41	0,5	5,125	13	13	13
	Ag [ppm]	8	0,05	0,25	0,14	0,1	0,09	0,0625	0,25	0,25	0,25	0,25
	As [ppm]	8	10	32	16,63	14	7,17	11,5	20,25	32	32	32
	Au [ppb]	8	2,5	7	4,25	3,75	1,95	2,5	6	7	7	7
	Pb [ppm]	8	2	23	7,25	4,5	7,09	2,25	10,25	23	23	23
	Zn [ppm]	8	24	105	54,88	47	29,94	28,5	81	105	105	105
	Fe [%]	8	0,94	4,04	2,38	2,335	0,92	1,8225	2,98	4,04	4,04	4,04
	S [%]	5	0,04	0,08	0,06	0,06	0,01	0,045	0,07	0,08	0,08	0,08

BASE DE DATOS TOTAL													
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99	
Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Cu [ppm]	20	10	5940	685,62	58,5	1685,14	30,925	98,825	4,651	5891,25	5940	
	Mo [ppm]	20	1,91	755	41,15	3,125	168,03	2,685	4,4675	6,919	717,6	755	
	Ag [ppm]	20	0,005	36,1	3,27	0,1	8,43	0,1	1,175	12,29	34,94	36,1	
	As [ppm]	20	0,5	715	77,05	20,5	165,58	5,95	29,8	234,6	691	715	
	Au [ppb]	12	2,5	19	8,71	8	6,33	2,5	15,5	18,1	19	19	
	Pb [ppm]	20	1	347	34,39	18,25	74,65	6,95	26,075	49,65	332,2	347	
	Zn [ppm]	20	4	351,1	121,66	107,5	86	56,075	166,75	229,48	345,055	351,1	
	Fe [%]	1	6,89	6,89	6,89	6,89	0	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89
	S [%]	1	13,33	13,33	13,33	13,33	0	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33
Brecha Intrusiva	Cu [ppm]	7	21	34830	5099,86	35	13111,88	28	670	34830	34830	34830	
	Mo [ppm]	7	2,5	13648	1959,93	12	5153,96	7	23	13648	13648	13648	
	Ag [ppm]	7	0,25	17,2	2,67	0,25	6,41	0,25	0,25	17,2	17,2	17,2	
	As [ppm]	7	10	1897	302,29	10	705,59	19	166	1897	1897	1897	
	Au [ppb]	7	5	259	43	6	95,32	5	15	259	259	259	
	Pb [ppm]	7	3	33	12,86	6	13,46	5	32	33	33	33	
	Zn [ppm]	7	9	423,8	89,97	29	149,44	9	78	423,8	423,8	423,8	
	Fe [%]	6	1,26	5,22	2,8	2,45	1,44	1,725	3,945	5,22	5,22	5,22	
	S [%]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pórfido Andesítico de Hbl	Cu [ppm]	12	8	6797	985,59	43,55	2079,76	14,75	1050,25	5759,9	6797	6797	
	Mo [ppm]	12	1	4	2,05	1,5	1,19	1	3	3,91	4	4	
	Ag [ppm]	12	0,05	17,1	1,8	0,1	4,89	0,1	0,3875	12,87	17,1	17,1	
	As [ppm]	12	0,5	697	90,02	21,85	194,94	13,25	81	526,3	697	697	
	Au [ppb]	7	2,5	249	39,79	2,5	92,41	2,5	17	249	249	249	
	Pb [ppm]	12	1	40	11,64	7,5	13,21	1,5	18,75	38,2	40	40	
	Zn [ppm]	12	21	125	65,85	64,2	28,51	44,5	87,125	114,74	125	125	
	Fe [%]	3	1,78	3,57	2,66	2,64	0,9	1,78	3,57	3,57	3,57	3,57	
	S [%]	3	0,49	1,43	0,82	0,55	0,53	0,49	1,43	1,43	1,43	1,43	

BASE DE DATOS TOTAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Sector Los Azules	Cu [ppm]	91	8	38017	688,86	45	4066,31	23	72	200,4	2956	38017
	Mo [ppm]	91	0,99	13,45	3,47	3	2,15	2,5	4	5,892	7,308	13,45
	Ag [ppm]	91	0,005	163,4	3,64	0,2	18,17	0,1	0,3	6,122	14,99	163,4
	As [ppm]	91	0,5	7199	150,89	18	804,72	4,6	32	108,26	461,6	7199
	Au [ppb]	68	0,55	28	5,28	2,5	5,78	2,5	5,75	14,2	20,1	28
	Pb [ppm]	86	2	199	27,25	18	31,4	10,45	32,25	50,3	95,65	199
	Zn [ppm]	91	2,1	2373,5	131,98	92	256,82	51,1	131	184,8	254,8	2373,5
	Fe [%]	29	0,45	7,48	4,51	5,36	2,16	2,735	6,105	7,03	7,4	7,48
	S [%]	13	0,1	13,33	2,11	0,3	3,75	0,15	3,385	9,938	13,33	13,33
Sector Leiva Norte	Cu [ppm]	164	7	376644	5419,24	43,5	32024,86	22	117,5	5885	17006,5	197765,95
	Mo [ppm]	164	0,5	755	8,59	2,5	59,02	2	4	6	10,925	305,85
	Ag [ppm]	164	0,02	64,5	2,07	0,25	8,4	0,1	0,29	2,3	11,275	59,56
	As [ppm]	164	0,5	40853	491,19	13	3560,19	0,5	30,6	244	1345,75	27470,15
	Au [ppb]	119	0,718	545	19,15	2,5	61,66	2,5	10	29	74	489
	Pb [ppm]	162	1	15800	124,85	16	1240,49	6,725	26,889755	51,3	95,25	6137,69
	Zn [ppm]	164	7,9	6236,3	200,03	94,5	559,5	52,525	164,95	287	374,275	3866,855
	Fe [%]	71	0,59	10,19	4,61	4,55	1,63	3,93	5,62	6,794	7,362	10,19
	S [%]	7	0,05	4,55	1,03	0,49	1,63	0,06	1,43	4,55	4,55	4,55
Sector Tigre	Cu [ppm]	85	4,7	62744	1572,08	60	7309,98	35,05	121,5	1789,6	12150,5	62744
	Mo [ppm]	85	0,5	69	4,74	2	10,16	0,5	4	8,8	26,43	69
	Ag [ppm]	85	0,01	992,3	12,5	0,1	107,6	0,1	0,27	1,276	5,01	992,3
	As [ppm]	85	0,5	27233	363,74	5	2955,12	5	29,45	67,26	247,03	27233
	Au [ppb]	84	2,5	40	5,98	2,5	6,49	2,5	7	13,5	19,5	40
	Pb [ppm]	85	3	25432	340,33	19	2755,57	10,2	37	79,52	222,1	25432
	Zn [ppm]	85	1	3229	144,03	80	353,51	45	139,5	253,4	358,7	3229
	Fe [%]	23	0,73	7,51	4,41	4,51	1,83	3,43	6,01	6,274	7,27	7,51
	S [%]	23	0,005	5,22	0,39	0,03	1,13	0,01	0,13	1,488	4,532	5,22

BASE DE DATOS TOTAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Sector Leiva Sur	Cu [ppm]	178	2,5	34830	622,82	34,85	3064,88	16,675	101,75	677,1	2408,35	19886,36
	Mo [ppm]	178	0,5	13648	87,35	2,5	1022,7	2,5	8	20,1	33,1	3166,28
	Ag [ppm]	178	0,03	17,2	0,5	0,25	1,41	0,25	0,25	0,6	1,315	7,2065
	As [ppm]	178	0,5	1897	49,91	13	211,77	0,5	23	45	142,7	1773,76
	Au [ppb]	169	2,5	567	16,12	5	50,82	2,5	13	27	44	351,4
	Pb [ppm]	178	1	672	16,09	9	50,85	5	16	25,3	35,05	198
	Zn [ppm]	178	1	1998	81,61	32,5	173,21	13,875	86,25	188,9	364,4	802,967
	Fe [%]	144	0,16	27,76	3,83	4,01	2,76	2,12	5,2025	5,985	6,595	19,3855
	S [%]	8	0,04	0,41	0,11	0,07	0,12	0,0525	0,095	0,41	0,41	0,41
Sector Leiva Sur Sur	Cu [ppm]	49	6	2026	167,37	48	375,69	23	99	439	1238	2026
	Mo [ppm]	49	0,5	13	4,19	2,5	3,5	2,5	4	11	12	13
	Ag [ppm]	49	0,05	1,8	0,33	0,25	0,32	0,25	0,25	0,6	1,2	1,8
	As [ppm]	49	0,5	282	25,18	13	44,47	0,5	29,5	71	94,5	282
	Au [ppb]	48	2,5	269	21,91	5	50,27	2,5	12	50,2	161,75	269
	Pb [ppm]	49	1	52	12,16	10	10,62	5,5	13	28	38,5	52
	Zn [ppm]	49	7	5082	136,39	30	720,85	17	89,5	183	304	5082
	Fe [%]	46	0,83	6,7	4,46	4,62	1,37	3,485	5,485	6,299	6,458	6,7
	S [%]	8	0,07	1,35	0,52	0,31	0,44	0,19	0,8725	1,35	1,35	1,35
Sector El Tordillo	Cu [ppm]	27	1	182800	27163,7	7100	50374,52	62	21100	125420	180200	182800
	Mo [ppm]	9	0,5	11	2,5	1	3,35	1	3	11	11	11
	Ag [ppm]	9	0,1	2,2	0,37	0,1	0,69	0,1	0,25	2,2	2,2	2,2
	As [ppm]	9	2,5	905	115,5	14	296,28	8	35	905	905	905
	Au [ppb]	27	2,5	31490	3876,28	1090	6941,31	17	4450	10350	26698	31490
	Pb [ppm]	9	4	11	6	5	2,24	4,5	7	11	11	11
	Zn [ppm]	9	10	149	55,33	42	40,11	35	70	149	149	149
	Fe [%]	9	2,83	7,42	5,55	5,8	1,3	4,805	6,35	7,42	7,42	7,42
	S [%]	3	0,04	0,11	0,07	0,06	0,04	0,04	0,11	0,11	0,11	0,11

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Fm Rio Damas Areniscas	Cu [ppm]	20	6	67	21,98	13	18,22	10,25	38,625	51,5	66,25	67
	Mo [ppm]	23	1	7	2,55	2,5	1,37	2	3	4,6	6,6	7
	Ag [ppm]	22	0,09	0,6	0,21	0,25	0,13	0,1	0,25	0,37	0,57	0,6
	As [ppm]	22	0,5	31	10,71	12	10,41	0,5	20	25,5	30,4	31
	Au [ppb]	14	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Pb [ppm]	22	1	37	11,03	12,8	8,39	2,75	14,5	19	34,3	37
	Zn [ppm]	21	7,9	233	89,34	76	61,98	51,5	124,3	212,8	232,1	233
	Fe [%]	11	4,04	7,05	5,37	5,41	1,07	4,26	6,14	6,96	7,05	7,05
	S [%]	3	0,1	0,31	0,2	0,19	0,11	0,1	0,31	0,31	0,31	0,31
Fm Rio Damas Conglomerados	Cu [ppm]	31	8	201	46,86	36	41,11	21	51	118,2	155,4	201
	Mo [ppm]	30	0,93	3,48	2,03	2,5	0,89	1	3	3	3,238	3,48
	Ag [ppm]	38	0,02	1,4	0,31	0,25	0,31	0,1	0,4	0,721	1,21	1,4
	As [ppm]	36	0,5	70	16,16	14,5	16,84	0,5	20,15	41	64,305	70
	Au [ppb]	18	0,55	6	2,81	2,5	1,83	1,3765	5	6	6	6
	Pb [ppm]	40	1	39	12,09	9,55	10,35	1,75	19,55	24,8	34,9	39
	Zn [ppm]	37	12,2	128,2	58,29	49,5	36,76	27,1	93,5	111,2	113,62	128,2
	Fe [%]	11	0,51	10,19	5,33	5,58	3,07	2,31	7,68	9,702	10,19	10,19
	S [%]	3	0,12	0,3	0,22	0,24	0,09	0,12	0,3	0,3	0,3	0,3
Fm Abanico Andesita Porfídica	Cu [ppm]	33	7	153	50,02	43	37,02	18,35	62	121,4	140,4	153
	Mo [ppm]	27	1	5	2,56	2,5	1,05	2	3	4,182	4,964	5
	Ag [ppm]	33	0,005	0,46	0,18	0,25	0,1	0,1	0,25	0,25	0,313	0,46
	As [ppm]	34	0,5	43	12,04	10	10,43	0,5	16,775	28,45	34,75	43
	Au [ppb]	18	0,55	6	2,73	2,5	1,12	2,5	2,5	5,1	6	6
	Pb [ppm]	30	1	26,5	11,74	9,5	7,17	5,75	18,425	21,85	24,19	26,5
	Zn [ppm]	33	10	183	94,15	90,9	45,71	69	135	151,2	164,8	183
	Fe [%]	15	3,02	6,5	5,43	5,56	0,98	5,0075	6,26	6,451	6,5	6,5
	S [%]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Fm Abanico Toba Andesítica	Cu [ppm]	40	6	90	31,1	26,15	20,23	18	43,95	58,8	79,64	90
	Mo [ppm]	42	0,5	8	3,12	2,5	1,82	2,1475	3	6,084	7,476	8
	Ag [ppm]	45	0,005	0,6	0,22	0,25	0,15	0,1	0,25	0,5	0,6	0,6
	As [ppm]	44	0,5	36,8	12,1	10,5	10,62	0,5	17	32,5	35,75	36,8
	Au [ppb]	31	2,5	7	3,53	2,5	1,59	2,5	5	6	7	7
	Pb [ppm]	35	1	25	10,35	10	6,79	5	13	21,8	24,2	25
	Zn [ppm]	39	8	166	72,18	70	52,61	17	121,6	144	164,8	166
	Fe [%]	29	0,83	7,49	4,55	4,98	1,67	3,59	5,56	6,32	7,035	7,49
	S [%]	6	0,07	0,9	0,42	0,29	0,34	0,1375	0,8175	0,9	0,9	0,9
Fm Abanico Toba de Ceniza	Cu [ppm]	10	2,5	133	48,45	38,5	41,74	13,75	75	129,6	133	133
	Mo [ppm]	7	2,5	3	2,57	2,5	0,19	2,5	2,5	3	3	3
	Ag [ppm]	9	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	As [ppm]	10	0,5	21	9,35	10	7,06	0,5	15,25	20,5	21	21
	Au [ppb]	7	2,5	5	4,29	5	1,22	2,5	5	5	5	5
	Pb [ppm]	10	1	14	7,6	6,5	4,03	5,5	11,5	13,9	14	14
	Zn [ppm]	9	6	44	21,77	25	14,95	8,5	34,95	44	44	44
	Fe [%]	9	0,16	5,66	2,65	2,12	2,21	0,73	5,325	5,66	5,66	5,66
	S [%]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fm Abanico Toba de Lapilli	Cu [ppm]	24	2,5	45	17,65	14	13,15	6	27,25	40,5	44	45
	Mo [ppm]	25	1	15	4,86	2,5	3,89	2,5	6,5	12,4	14,4	15
	Ag [ppm]	25	0,1	0,25	0,21	0,25	0,07	0,175	0,25	0,25	0,25	0,25
	As [ppm]	26	0,5	32	13,38	13,5	9,21	7,675	19,25	25,5	30,95	32
	Au [ppb]	18	2,5	11	5,44	5	2,37	4,375	6,25	9,2	11	11
	Pb [ppm]	25	1	12	6,84	8	3,64	4	9,5	12	12	12
	Zn [ppm]	26	2,1	87	29,87	25	24,09	9,8	42	74,5	86,3	87
	Fe [%]	20	0,52	6,02	3,42	4,01	1,82	1,565	4,91	5,553	5,997	6,02
	S [%]	1	0,41	0,41	0,41	0,41	0	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Fm Farellones Andesita Porfídica	Cu [ppm]	11	4,7	90,6	39,72	42	26,25	21,7	60	85,08	90,6	90,6
	Mo [ppm]	8	0,5	0,64	0,54	0,5	0,06	0,5	0,605	0,64	0,64	0,64
	Ag [ppm]	11	0,03	0,2	0,11	0,1	0,04	0,1	0,13	0,19	0,2	0,2
	As [ppm]	10	0,5	33,5	11,3	5	13,33	0,5	26,225	33,23	33,5	33,5
	Au [ppb]	9	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Pb [ppm]	10	11,3	30	23,78	25,5	6,63	18,55	30	30	30	30
	Zn [ppm]	9	44	148	88,44	80	38,44	55	129	148	148	148
	Fe [%]	4	4,37	7,51	5,86	5,78	1,36	4,59	7,21	7,51	7,51	7,51
	S [%]	4	0,01	0,14	0,07	0,07	0,07	0,01	0,1375	0,14	0,14	0,14
Fm Farellones Toba Lito Cristalina	Cu [ppm]	4	41,1	64,2	53,35	54,05	11,3	42,45	63,55	64,2	64,2	64,2
	Mo [ppm]	6	1,82	6,36	3,74	3,54	1,62	2,3075	5,1	6,36	6,36	6,36
	Ag [ppm]	6	0,04	0,09	0,07	0,075	0,02	0,0475	0,09	0,09	0,09	0,09
	As [ppm]	5	7,1	33,8	22,32	24,4	10,43	12,25	31,35	33,8	33,8	33,8
	Au [ppb]	7	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Pb [ppm]	5	9,4	14	12	13,5	2,34	9,45	13,8	14	14	14
	Zn [ppm]	6	69	143	112,5	116	28,77	85,5	140,75	143	143	143
	Fe [%]	6	3,89	6,14	5,18	5,355	0,84	4,355	5,8925	6,14	6,14	6,14
	S [%]	6	0,01	0,04	0,03	0,025	0,01	0,0175	0,04	0,04	0,04	0,04
Pórfido Cuarzo Monzonita (Petrografía: Dacita)	Cu [ppm]	6	16	34	27	28	7,04	20,5	34	34	34	34
	Mo [ppm]	5	0,5	1	0,7	0,5	0,27	0,5	1	1	1	1
	Ag [ppm]	8	0,05	0,25	0,14	0,1	0,09	0,0625	0,25	0,25	0,25	0,25
	As [ppm]	5	10	14	12,4	13	1,82	10,5	14	14	14	14
	Au [ppb]	4	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Pb [ppm]	5	2	5	3,2	3	1,3	2	4,5	5	5	5
	Zn [ppm]	4	24	35	29,75	30	5,12	24,75	34,5	35	35	35
	Fe [%]	6	0,94	2,5	1,98	2,1	0,58	1,5625	2,4625	2,5	2,5	2,5
	S [%]	4	0,04	0,06	0,05	0,055	0,01	0,0425	0,06	0,06	0,06	0,06

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL													
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99	
Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Cu [ppm]	16	10	104	48,77	48,5	27,69	19,475	70,25	89,51	104	104	
	Mo [ppm]	19	1,91	7	3,58	3	1,43	2,58	4,07	6,19	7	7	
	Ag [ppm]	15	0,005	0,2	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1	0,2	0,2	0,2	
	As [ppm]	16	0,5	30,6	14,99	17	11,13	1,525	26,535	28,36	30,6	30,6	
	Au [ppb]	5	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
	Pb [ppm]	19	1	51	17,94	18	12,93	6	24,5	37,5	51	51	
	Zn [ppm]	16	4	171	88,68	86,45	52,04	37,075	134,975	159,1	171	171	
	Fe [%]	1	6,89	6,89	6,89	6,89	0	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89	6,89
	S [%]	1	13,33	13,33	13,33	13,33	0	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33
Brecha Intrusiva	Cu [ppm]	5	21	84	39,8	31	25,23	24,5	59,5	84	84	84	
	Mo [ppm]	6	2,5	23	11,92	11	7,28	5,875	18,5	23	23	23	
	Ag [ppm]	6	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	As [ppm]	5	10	13	10,6	10	1,34	10	11,5	13	13	13	
	Au [ppb]	5	5	6	5,4	5	0,55	5	6	6	6	6	
	Pb [ppm]	5	3	6	5	5	1,22	4	6	6	6	6	
	Zn [ppm]	4	9	29	17,25	15,5	9,95	9	27,25	29	29	29	
	Fe [%]	5	1,26	3,52	2,31	1,92	0,92	1,57	3,25	3,52	3,52	3,52	
	S [%]	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pórfido Andesítico de Hbl	Cu [ppm]	8	8	61	27,14	17,5	20,53	12,5	49,775	61	61	61	
	Mo [ppm]	6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
	Ag [ppm]	9	0,05	0,2	0,12	0,1	0,05	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	
	As [ppm]	9	0,5	27	17,36	20	8,36	12,5	24,35	27	27	27	
	Au [ppb]	5	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
	Pb [ppm]	9	1	9	4,86	5,3	3,4	1	8,2	9	9	9	
	Zn [ppm]	11	21	90,8	60,47	57,6	22,63	42	83	90	90,8	90,8	
	Fe [%]	3	1,78	3,57	2,66	2,64	0,9	1,78	3,57	3,57	3,57	3,57	
	S [%]	3	0,49	1,43	0,82	0,55	0,53	0,49	1,43	1,43	1,43	1,43	

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Sector Los Azules	Cu [ppm]	82	8	110	43,11	42,25	23,87	21	59,75	76,45	83,165	110
	Mo [ppm]	87	0,99	7	3,13	3	1,4	2,5	4	5	6,24	7
	Ag [ppm]	80	0,005	1,5	0,22	0,14	0,25	0,1	0,25	0,496	0,6	1,5
	As [ppm]	82	0,5	61,3	18,12	15	15,6	0,5	28,05	42,88	49,925	61,3
	Au [ppb]	52	0,55	6	2,62	2,5	1,1	2,5	2,5	5	5	6
	Pb [ppm]	82	2	69	21,47	17	15,55	10	30,775	45,18	50,85	69
	Zn [ppm]	84	2,1	271	89	88,35	52	49,5	123,4	151,25	170,25	271
	Fe [%]	29	0,45	7,48	4,51	5,36	2,16	2,735	6,105	7,03	7,4	7,48
	S [%]	12	0,1	4,85	1,18	0,27	1,71	0,135	2,265	4,616	4,85	4,85
Sector Leiva Norte	Cu [ppm]	137	7	470	59,68	33	77,46	20	63	119,4	204,7	462,02
	Mo [ppm]	156	0,5	11	2,9	2,5	1,66	2	3,43	5,135	6,0285	9,29
	Ag [ppm]	148	0,02	1,6	0,25	0,25	0,25	0,1	0,25	0,405	0,7	1,551
	As [ppm]	148	0,5	231	20,15	12	34,13	0,5	22,925	53,2	82,65	213,36
	Au [ppb]	110	0,718	34	6,34	2,5	6,52	2,5	7	15	22,9	33,45
	Pb [ppm]	157	1	101	19,19	15	19,51	6,45	24	39,2	62,2	101
	Zn [ppm]	157	7,9	415,8	114,75	90,8	86,79	50,75	149,8	250,36	295,3	396,196
	Fe [%]	70	0,59	7,72	4,54	4,49	1,5	3,9075	5,365	6,594	7,0895	7,72
	S [%]	5	0,05	0,55	0,25	0,08	0,25	0,055	0,52	0,55	0,55	0,55
Sector Tigre	Cu [ppm]	71	4,7	194	60,22	47	43,06	30	81,9	121,8	161,4	194
	Mo [ppm]	77	0,5	8	2,18	1	2,05	0,5	3,37	5,712	6,758	8
	Ag [ppm]	81	0,01	2	0,26	0,1	0,4	0,1	0,225	0,74	1,296	2
	As [ppm]	75	0,5	60	11,41	5	13,9	0,5	14	33,62	41,86	60
	Au [ppb]	51	2,5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Pb [ppm]	77	3	178	25,52	15	27,76	10	29	51,4	92,57	178
	Zn [ppm]	83	1	433	101,11	78	85,48	45	135	212,707668	301,6	433
	Fe [%]	23	0,73	7,51	4,41	4,51	1,83	3,43	6,01	6,274	7,27	7,51
	S [%]	20	0,005	0,14	0,04	0,02	0,04	0,01	0,04	0,13	0,1395	0,14

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL												
Litología	Elemento	N° Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Des. Estándar	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Percentil 99
Sector Leiva Sur	Cu [ppm]	156	2,5	326	51,8	29	62,02	15	54,975	138	207,9	307,19
	Mo [ppm]	172	0,5	52	6,27	2,5	7,46	2,5	7	16,7	22,025	39,59
	Ag [ppm]	164	0,03	0,61	0,26	0,25	0,11	0,25	0,25	0,305	0,6	0,6035
	As [ppm]	163	0,5	46	12,28	10,8	11,12	0,5	18	29	32	45,36
	Au [ppb]	150	2,5	24	6,51	5	5,12	2,5	8	15	18	23,49
	Pb [ppm]	174	1	50	11,4	9	9,3	5	15	23	33,25	47,75
	Zn [ppm]	177	1	485,3	70,78	32	95,86	13,75	86	171,6	319,9	448,406
	Fe [%]	143	0,16	9,15	3,67	3,98	1,9	2,12	5,18	5,93	6,546	8,534
	S [%]	7	0,04	0,1	0,07	0,06	0,02	0,05	0,08	0,1	0,1	0,1
Sector Leiva Sur Sur	Cu [ppm]	41	6	127	44,29	36	31,96	19,5	58	99	118,1	127
	Mo [ppm]	37	0,5	3	2,36	2,5	0,56	2,5	2,5	3	3	3
	Ag [ppm]	45	0,05	0,6	0,24	0,25	0,09	0,25	0,25	0,27	0,44	0,6
	As [ppm]	47	0,5	80	17,94	13	20,58	0,5	25	51,8	74	80
	Au [ppb]	38	2,5	12	5,12	5	3,05	2,5	7	11,1	12	12
	Pb [ppm]	41	1	16	8,27	9	4,28	4	12	13	14	16
	Zn [ppm]	42	7	144	38,84	25	34,66	16	47,75	99,6	128,55	144
	Fe [%]	46	0,83	6,7	4,46	4,62	1,37	3,485	5,485	6,299	6,458	6,7
	S [%]	7	0,07	0,9	0,4	0,3	0,32	0,16	0,79	0,9	0,9	0,9
Sector El Tordillo	Cu [ppm]	7	1	62	24,71	20	20,94	4	38	62	62	62
	Mo [ppm]	7	0,5	2	1,07	1	0,45	1	1	2	2	2
	Ag [ppm]	7	0,1	0,2	0,11	0,1	0,04	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
	As [ppm]	8	2,5	35	16,81	13,5	12,11	7	30,5	35	35	35
	Au [ppb]	8	2,5	18	11,31	10,5	5,22	8,25	16,5	18	18	18
	Pb [ppm]	7	4	6	5	5	0,82	4	6	6	6	6
	Zn [ppm]	7	10	59	38,29	37	15,3	34	50	59	59	59
	Fe [%]	8	2,83	6,53	5,32	5,795	1,18	4,7225	6,085	6,53	6,53	6,53
	S [%]	3	0,04	0,11	0,07	0,06	0,04	0,04	0,11	0,11	0,11	0,11

BASE DE DATOS TOTAL										
LITOLOGÍA										
	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]	
Fm Rio Damas Areniscas	Cu [ppm]	1	0,89	0,95	0,74	-0,07	0,43	0,89	0,13	-0,12
	Mo [ppm]	0,89	1	0,76	0,88	-0,061	0,63	0,92	-0,042	-0,96
	Ag [ppm]	0,95	0,76	1	0,57	-0,1	0,074	0,76	0,051	-0,93
	As [ppm]	0,74	0,88	0,57	1	0,15	0,5	0,68	0,27	-1
	Au [ppb]	-0,07	-0,061	-0,1	0,15	1	-0,037	-0,1	-	-
	Pb [ppm]	0,43	0,63	0,074	0,5	-0,037	1	0,88	0,12	-0,9
	Zn [ppm]	0,89	0,92	0,76	0,68	-0,1	0,88	1	-0,33	-0,83
	Fe [%]	0,13	-0,042	0,051	0,27	-	0,12	-0,33	1	-0,12
	S [%]	-0,12	-0,96	-0,93	-1	-	-0,9	-0,83	-0,12	1
Fm Rio Damas Conglomerados	Cu [ppm]	1	0,018	0,064	0,98	0,37	0,52	0,24	0,53	1
	Mo [ppm]	0,018	1	-0,029	0,015	0,26	0,26	-0,06	-0,61	-0,55
	Ag [ppm]	0,064	-0,029	1	0,055	0,61	-0,021	0,34	0,52	1
	As [ppm]	0,98	0,015	0,055	1	0,34	0,46	0,17	0,49	1
	Au [ppb]	0,37	0,26	0,61	0,34	1	0,25	-0,026	0,53	1
	Pb [ppm]	0,52	0,26	-0,021	0,46	0,25	1	0,31	-0,1	-0,37
	Zn [ppm]	0,24	-0,06	0,34	0,17	-0,026	0,31	1	0,65	0,47
	Fe [%]	0,53	-0,61	0,52	0,49	0,53	-0,1	0,65	1	0,91
	S [%]	1	-0,55	1	1	1	-0,37	0,47	0,91	1
Fm Abanico Andesita Porfídica	Cu [ppm]	1	0,025	0,62	0,61	-0,1	-0,0015	0,27	0,2	-
	Mo [ppm]	0,025	1	0,086	0,24	0,59	-0,0026	-0,4	0,27	-
	Ag [ppm]	0,62	0,086	1	0,72	-0,078	-0,036	0,022	-	-
	As [ppm]	0,61	0,24	0,72	1	-0,074	-0,0033	-0,037	0,02	-
	Au [ppb]	-0,1	0,59	-0,078	-0,074	1	-0,31	-0,53	-0,08	-
	Pb [ppm]	-0,0015	-0,0026	-0,036	-0,0033	-0,31	1	0,068	-0,026	-
	Zn [ppm]	0,27	-0,4	0,22	-0,037	-0,53	0,068	1	-0,15	-
	Fe [%]	0,2	0,27	-	0,02	-0,08	-0,026	-0,15	1	-
	S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BASE DE DATOS TOTAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Fm Abanico Toba Andesítica	Cu [ppm]	1	0,097	0,018	0,4	0,26	-0,25	-0,21	-0,033	0,19
	Mo [ppm]	0,097	1	0,024	0,12	-0,02	-0,31	-0,3	0,28	0,59
	Ag [ppm]	0,018	0,024	1	-0,082	-0,1	0,087	-0,029	0,29	-0,1
	As [ppm]	0,4	0,12	-0,082	1	-0,0085	0,053	-0,15	0,12	0,22
	Au [ppb]	0,26	-0,02	-0,1	-0,0085	1	-0,29	-0,24	-0,018	-0,16
	Pb [ppm]	-0,25	-0,31	0,087	0,053	-0,29	1	0,65	0,25	-0,34
	Zn [ppm]	-0,21	-0,3	-0,029	-0,15	-0,24	0,65	1	0,098	-0,22
	Fe [%]	-0,033	0,28	0,29	0,12	-0,018	0,25	0,098	1	-0,7
	S [%]	0,19	0,59	-0,1	0,12	-0,16	-0,34	-0,33	-0,7	1
Fm Abanico Toba de Ceniza		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,82	0,99	1	0,98	-0,22	0,98	0,58	-
	Mo [ppm]	0,82	1	0,81	0,82	0,79	-0,42	0,76	-0,3	-
	Ag [ppm]	0,99	0,81	1	0,99	0,96	-0,11	0,98	-	-
	As [ppm]	1	0,82	0,99	1	0,98	-0,23	0,98	-0,27	-
	Au [ppb]	0,98	0,79	0,96	0,98	1	-0,23	0,96	0,52	-
	Pb [ppm]	-0,22	-0,42	-0,11	-0,23	-0,23	1	-0,13	0,74	-
	Zn [ppm]	0,98	0,76	0,98	0,98	0,96	-0,13	1	0,75	-
	Fe [%]	0,58	-0,3	-	-0,27	0,52	0,74	0,75	1	-
S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fm Abanico Toba de Lapilli		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,029	-0,051	-0,042	-0,11	0,45	-0,067	0,059	-
	Mo [ppm]	0,029	1	-0,0032	0,0036	-0,087	-0,019	-0,003	0,12	-
	Ag [ppm]	-0,051	-0,0032	1	-0,072	-0,26	-0,2	0,099	0,34	-
	As [ppm]	-0,042	0,0036	-0,072	1	0,29	0,17	0,15	0,22	-
	Au [ppb]	-0,11	-0,087	-0,26	0,29	1	-0,18	-0,24	-0,048	-
	Pb [ppm]	0,45	-0,019	-0,2	0,17	-0,18	1	0,12	0,44	-
	Zn [ppm]	-0,067	-0,003	0,099	0,15	-0,24	0,12	1	0,45	-
	Fe [%]	0,059	0,12	0,34	0,22	-0,048	0,44	0,45	1	-
S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

BASE DE DATOS TOTAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Fm Farellones Andesita Porfídica	Cu [ppm]	1	0,82	0,15	0,62	-0,26	0,063	0,67	-0,47	0,75
	Mo [ppm]	0,82	1	0,53	0,7	0,049	-0,018	0,62	-0,64	0,89
	Ag [ppm]	0,15	0,53	1	0,099	0,25	0,4	0,49	-0,61	0,84
	As [ppm]	0,62	0,7	0,099	1	0,36	-0,25	0,46	-0,2	-0,25
	Au [ppb]	-0,26	0,049	0,25	0,36	1	-0,27	-0,063	-0,042	0,1
	Pb [ppm]	0,063	-0,018	0,4	-0,25	-0,27	1	0,28	0,13	-0,19
	Zn [ppm]	0,67	0,62	0,49	0,46	-0,063	0,28	1	0,76	-0,68
	Fe [%]	-0,47	-0,64	-0,61	-0,2	-0,042	0,13	0,76	1	-0,88
	S [%]	0,75	0,89	0,84	-0,25	0,1	-0,19	-0,68	-0,88	1
Fm Farellones Toba Lito Cristalina		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	-0,54	-0,34	-0,22	-	-0,35	0,6	0,35	-0,59
	Mo [ppm]	-0,54	1	-0,076	0,46	-	0,94	-0,85	-0,89	0,97
	Ag [ppm]	-0,34	-0,076	1	-0,017	-	-0,24	0,36	0,24	0,09
	As [ppm]	-0,22	0,46	-0,017	1	-	0,65	-0,21	-0,54	0,4
	Au [ppb]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb [ppm]	-0,35	0,94	-0,24	0,65	-	1	-0,78	-0,89	0,86
	Zn [ppm]	0,6	-0,85	0,36	-0,21	-	-0,78	1	0,69	-0,76
	Fe [%]	0,35	-0,89	0,24	-0,54	-	-0,89	0,69	1	-0,89
S [%]	-0,59	0,97	0,09	0,4	-	0,86	-0,76	-0,89	1	
Pórfido Cuarzo Monzonita (Petrografía: Dacita)		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	-0,39	-0,55	0,18	0,16	-0,46	0,073	-0,076	-0,023
	Mo [ppm]	-0,39	1	0,74	-0,53	0,46	0,14	-0,39	0,31	0,43
	Ag [ppm]	-0,55	0,74	1	-0,48	0,66	0,43	-0,35	0,21	0,8
	As [ppm]	0,18	-0,53	-0,48	1	-0,64	-0,24	0,76	0,2	0,26
	Au [ppb]	0,16	0,43	0,66	-0,64	1	0,036	-0,62	-0,0016	0,075
	Pb [ppm]	-0,46	0,14	0,43	-0,24	0,036	1	0,36	0,0041	-0,42
	Zn [ppm]	0,073	-0,39	-0,35	0,76	-0,62	0,36	1	0,16	-0,11
	Fe [%]	-0,076	0,31	0,21	0,2	-0,0016	0,0041	0,16	1	0,83
S [%]	-0,023	0,43	0,8	0,26	0,075	-0,42	-0,11	0,83	1	

BASE DE DATOS TOTAL										
LITOLOGÍA		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]		S [%]
Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Cu [ppm]	1	-0,064	0,29	0,75	0,38	-0,075	0,46	-	-
	Mo [ppm]	-0,064	1	-0,048	-0,069	0,74	0,99	0,63	-	-
	Ag [ppm]	0,29	-0,048	1	0,14	0,45	0,054	0,098	-	-
	As [ppm]	0,75	-0,069	0,14	1	0,28	-0,11	0,26	-	-
	Au [ppb]	0,38	0,74	0,45	0,28	1	-0,069	0,042	-	-
	Pb [ppm]	-0,075	0,99	0,054	-0,11	-0,069	1	0,63	-	-
	Zn [ppm]	0,46	0,63	0,098	0,26	0,042	0,63	1	-	-
	Fe [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brecha Intrusiva	Cu [ppm]	1	1	1	1	1	0,62	0,98	-0,24	-
	Mo [ppm]	1	1	1	1	1	0,63	0,99	0,39	-
	Ag [ppm]	1	1	1	1	1	0,63	0,99	-	-
	As [ppm]	1	1	1	1	1	0,61	0,98	-0,32	-
	Au [ppb]	1	1	1	1	1	0,66	0,99	0,83	-
	Pb [ppm]	0,62	0,63	0,63	0,61	0,66	1	0,72	0,83	-
	Zn [ppm]	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,72	1	0,96	-
	Fe [%]	-0,24	0,39	-	-0,32	0,83	0,83	0,96	1	-
	S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pórfido Andesítico de Hbl	Cu [ppm]	1	-0,12	0,9	0,073	0,27	-0,16	0,34	0,87	-0,47
	Mo [ppm]	-0,12	1	-0,24	0,36	0,39	0,17	-0,18	-	-
	Ag [ppm]	0,9	-0,24	1	0,023	-0,19	-0,11	0,27	0,85	0,55
	As [ppm]	0,073	0,36	0,023	1	-0,018	0,56	0,065	0,92	0,41
	Au [ppb]	0,27	0,39	-0,19	-0,018	1	-0,31	0,16	-	-
	Pb [ppm]	-0,16	0,17	-0,11	0,56	-0,31	1	0,42	0,89	-0,43
	Zn [ppm]	0,34	-0,18	0,27	0,065	0,16	0,42	1	0,7	-0,69
	Fe [%]	0,87	-	0,85	0,92	-	0,89	0,7	1	0,034
	S [%]	-0,47	-	0,55	0,41	-	-0,43	-0,69	0,034	1

BASE DE DATOS TOTAL										
LITOLOGÍA										
	Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]	
Sector Los Azules	Cu [ppm]	1	0,066	0,92	0,95	0,49	0,047	0,92	0,4	0,35
	Mo [ppm]	0,066	1	0,041	0,21	0,19	0,22	-0,028	-0,3	-0,052
	Ag [ppm]	0,92	0,041	1	0,88	0,49	0,072	0,86	-0,11	-0,053
	As [ppm]	0,95	0,21	0,88	1	0,46	0,042	0,86	-0,27	0,51
	Au [ppb]	0,49	0,19	0,49	0,46	1	0,011	0,46	0,038	0,017
	Pb [ppm]	0,047	0,22	0,072	0,042	0,011	1	0,066	-0,16	0,083
	Zn [ppm]	0,92	-0,028	0,86	0,86	0,46	0,066	1	0,28	-0,27
	Fe [%]	0,4	-0,3	-0,11	-0,27	0,038	-0,16	0,28	1	0,31
	S [%]	0,35	-0,052	-0,053	0,51	0,017	0,083	-0,27	0,31	1
Sector Leiva Norte	Cu [ppm]	1	0,017	0,29	0,94	0,21	0,092	0,28	0,39	0,95
	Mo [ppm]	0,017	1	0,057	-0,004	-0,06	0,033	0,11	0,1	-0,28
	Ag [ppm]	0,29	0,057	1	0,075	0,15	0,067	0,61	0,4	0,95
	As [ppm]	0,94	-0,004	0,075	1	0,23	0,0078	0,042	0,4	0,95
	Au [ppb]	0,21	-0,06	0,15	0,23	1	-0,021	-0,061	0,41	0,95
	Pb [ppm]	0,092	0,033	0,067	0,0078	-0,021	1	0,74	0,029	-0,05
	Zn [ppm]	0,28	0,11	0,61	0,042	-0,061	0,74	1	0,12	0,32
	Fe [%]	0,39	0,1	0,4	0,4	0,41	0,029	0,12	1	0,8
	S [%]	0,95	-0,28	0,95	0,95	0,95	-0,05	0,32	0,8	1
Sector Tigre	Cu [ppm]	1	0,22	0,92	0,92	0,071	0,92	0,87	-0,04	-0,049
	Mo [ppm]	0,22	1	0,27	0,28	0,12	0,28	0,21	-0,61	0,24
	Ag [ppm]	0,92	0,27	1	1	-0,015	1	0,96	-0,43	0,37
	As [ppm]	0,92	0,28	1	1	-0,014	1	0,96	-0,32	0,065
	Au [ppb]	0,071	0,12	-0,015	-0,014	1	-0,014	-0,014	-0,13	0,19
	Pb [ppm]	0,92	0,28	1	1	-0,014	1	0,96	-0,7	0,72
	Zn [ppm]	0,87	0,21	0,96	0,96	-0,014	0,96	1	0,42	-0,28
	Fe [%]	-0,04	-0,61	-0,43	-0,32	-0,13	-0,7	0,42	1	-0,6
	S [%]	-0,049	0,24	0,37	0,065	0,19	0,72	-0,28	-0,6	1

BASE DE DATOS TOTAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Sector Leiva Sur	Cu [ppm]	1	0,85	0,91	0,87	0,5	0,013	0,16	0,36	-0,38
	Mo [ppm]	0,85	1	0,9	0,67	0,37	0,024	0,15	-0,011	0,44
	Ag [ppm]	0,91	0,9	1	0,79	0,45	0,21	0,16	0,47	0,088
	As [ppm]	0,87	0,67	0,79	1	0,34	0,31	0,21	0,026	-0,11
	Au [ppb]	0,5	0,37	0,45	0,34	1	0,027	0,085	0,71	0,97
	Pb [ppm]	0,013	0,024	0,21	0,31	0,027	1	0,18	0,41	-0,45
	Zn [ppm]	0,16	0,15	0,16	0,21	0,085	0,18	1	0,16	-0,57
	Fe [%]	0,36	-0,011	0,47	0,026	0,71	0,41	0,16	1	-0,37
	S [%]	-0,38	0,44	0,088	-0,11	0,97	-0,45	-0,57	-0,37	1
Sector Leiva Sur Sur		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,041	-0,0029	0,68	0,2	-0,23	0,086	-0,13	0,21
	Mo [ppm]	0,041	1	-0,11	0,31	0,12	-0,2	-0,097	0,067	0,6
	Ag [ppm]	-0,0029	-0,11	1	-0,0061	-0,14	0,55	0,01	0,2	-0,046
	As [ppm]	0,68	0,31	-0,0061	1	0,13	-0,16	-0,1	0,058	0,24
	Au [ppb]	0,2	0,12	-0,14	0,13	1	-0,23	-0,059	-0,092	-0,12
	Pb [ppm]	-0,23	-0,2	0,55	-0,16	-0,23	1	0,1	0,25	-0,38
	Zn [ppm]	0,086	-0,097	0,01	-0,1	-0,059	0,1	1	0,25	-0,35
	Fe [%]	-0,13	0,067	0,2	0,058	-0,092	0,25	0,25	1	-0,66
S [%]	0,21	0,6	-0,046	0,24	-0,12	-0,38	-0,35	-0,66	1	
Sector El Tordillo		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	-0,19	0,99	0,99	0,88	-0,13	-0,21	0,1	0,99
	Mo [ppm]	-0,19	1	-0,14	-0,15	-0,33	-0,19	-0,41	-0,054	0,72
	Ag [ppm]	0,99	-0,14	1	1	-0,041	-0,097	-0,12	0	0,96
	As [ppm]	0,99	-0,15	1	1	-0,031	-0,17	-0,19	0,065	0,96
	Au [ppb]	0,88	-0,33	-0,041	-0,031	1	0,4	-0,064	0,23	-0,12
	Pb [ppm]	-0,13	-0,19	-0,097	-0,17	0,4	1	0,69	-0,57	-0,24
	Zn [ppm]	-0,21	-0,41	-0,12	-0,19	-0,064	0,69	1	-0,76	0,45
	Fe [%]	0,1	-0,054	0	0,065	0,23	-0,57	-0,76	1	-0,96
S [%]	0,99	0,72	0,96	0,96	-0,12	-0,24	0,45	-0,96	1	

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Fm Rio Damas Areniscas	Cu [ppm]	1	-0,071	0,25	0,5	-	0,23	0,24	0,13	-0,12
	Mo [ppm]	-0,071	1	0,43	-0,012	-	0,22	0,42	-0,042	-0,96
	Ag [ppm]	0,25	0,43	1	0,17	-	0,87	0,65	0,051	-0,93
	As [ppm]	0,5	-0,012	0,17	1	-	0,15	-0,1	0,27	-1
	Au [ppb]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb [ppm]	0,23	0,22	0,87	0,15	-	1	0,53	0,12	-0,9
	Zn [ppm]	0,23	0,42	0,65	-0,1	-	0,53	1	-0,13	-0,83
	Fe [%]	0,13	-0,042	0,051	0,27	-	0,12	-0,13	1	-0,12
	S [%]	-0,12	-0,96	-0,93	-1	-	-0,9	-0,83	-0,12	1
Fm Rio Damas Conglomerados		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,086	0,23	-0,18	0,27	0,045	-0,07	0,58	0,99
	Mo [ppm]	0,086	1	0,37	0,17	0,48	0,58	0,34	-0,68	-
	Ag [ppm]	0,23	0,37	1	-0,052	-0,26	-0,18	0,098	-0,3	0,94
	As [ppm]	-0,18	0,17	-0,052	1	-0,084	0,18	0,08	-0,55	1
	Au [ppb]	0,27	0,48	-0,26	-0,084	1	0,15	-0,18	-0,094	-0,19
	Pb [ppm]	0,045	0,58	-0,18	0,18	0,15	1	0,37	-0,1	0,98
	Zn [ppm]	-0,07	0,34	0,098	0,08	-0,18	0,37	1	0,75	0,049
	Fe [%]	0,58	-0,68	-0,3	-0,55	-0,094	-0,1	0,75	1	0,27
S [%]	0,99	-	0,94	1	-0,19	0,98	0,049	0,27	1	
Fm Abanico Andesita Porfídica		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	-0,21	0,0043	-0,13	0,1	-0,18	0,084	0,31	-
	Mo [ppm]	-0,21	1	0,25	0,077	-0,0024	0,047	-0,22	-	-
	Ag [ppm]	0,0043	0,25	1	0,14	0,1	0,13	-0,08	-	-
	As [ppm]	-0,13	0,077	0,14	1	0,1	0,39	-0,22	0,02	-
	Au [ppb]	0,1	-0,0024	0,1	0,1	1	-0,23	-0,12	0,1	-
	Pb [ppm]	-0,18	0,047	0,13	0,39	-0,23	1	0,52	0,074	-
	Zn [ppm]	0,084	-0,22	-0,08	-0,22	-0,12	0,52	1	-0,15	-
	Fe [%]	0,31	-	-	0,02	0,1	0,074	-0,15	1	-
S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Fm Abanico Toba Andesítica	Cu [ppm]	1	0,12	0,047	-0,27	-0,18	-0,028	0,081	-0,07	-0,6
	Mo [ppm]	0,12	1	0,16	-0,22	0,3	0,13	0,096	0,57	-0,86
	Ag [ppm]	0,047	0,16	1	-0,27	0,15	0,044	0,032	0,31	0,25
	As [ppm]	-0,27	-0,22	-0,27	1	0,17	-0,27	-0,17	0,18	-0,0039
	Au [ppb]	-0,18	0,3	0,15	0,17	1	-0,2	-0,1	0,34	0,97
	Pb [ppm]	-0,028	0,13	0,044	-0,27	-0,2	1	0,61	0,32	-0,41
	Zn [ppm]	-0,081	0,096	0,032	-0,17	-0,1	0,61	1	0,24	-0,24
	Fe [%]	-0,07	0,57	0,31	0,18	0,34	0,32	0,24	1	-0,53
	S [%]	-0,6	-0,86	0,25	-0,0039	0,97	-0,41	-0,24	-0,53	1
Fm Abanico Toba de Ceniza		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,76	-	-0,45	-0,74	0,44	0,7	0,58	-
	Mo [ppm]	0,76	1	-	-0,42	-0,61	-	0,55	-	-
	Ag [ppm]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	As [ppm]	-0,45	-0,42	-	1	0,02	-0,28	-0,18	-0,27	-
	Au [ppb]	-0,74	-0,61	-	0,02	1	-0,97	-0,88	-0,94	-
	Pb [ppm]	0,44	-	-	-0,28	-0,97	1	0,72	0,74	-
	Zn [ppm]	0,7	0,55	-	-0,18	-0,88	0,72	1	0,8	-
	Fe [%]	0,58	-	-	-0,27	-0,94	0,74	0,8	1	-
S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fm Abanico Toba de Lapilli		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,4	-0,02	0,17	0,14	0,065	-0,13	-0,16	-
	Mo [ppm]	0,4	1	0,36	0,18	0,32	-0,048	0,32	0,054	-
	Ag [ppm]	-0,02	0,36	1	0,59	0,35	0,66	0,4	0,34	-
	As [ppm]	0,17	0,18	0,59	1	0,33	0,36	0,46	0,23	-
	Au [ppb]	0,14	0,32	0,35	0,33	1	0,44	-0,0011	0,25	-
	Pb [ppm]	0,065	-0,048	0,66	0,36	0,44	1	0,33	0,32	-
	Zn [ppm]	-0,13	0,32	0,4	0,46	-0,0011	0,33	1	0,5	-
	Fe [%]	-0,16	0,054	0,34	0,23	0,25	0,32	0,5	1	-
S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL										
LITOLOGÍA		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Fm Farellones Andesita Porfídica	Cu [ppm]	1	-0,77	0,41	0,3	-	0,22	-0,0043	-0,47	0,75
	Mo [ppm]	-0,77	1	-0,91	0,97	-	-0,41	0,91	-	-
	Ag [ppm]	0,41	-0,91	1	-0,97	-	0,28	-0,69	-1	0,94
	As [ppm]	0,3	0,97	-0,97	1	-	-0,45	0,85	-1	1
	Au [ppb]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb [ppm]	0,22	-0,41	0,28	-0,45	-	1	-0,13	0,13	-0,19
	Zn [ppm]	-0,0043	0,91	-0,69	0,85	-	-0,13	1	0,76	-0,68
	Fe [%]	-0,47	-	-1	-1	-	0,13	0,76	1	-0,88
	S [%]	0,75	-	0,94	1	-	-0,19	-0,68	-0,88	1
Fm Farellones Toba Lito Cristalina	Cu [ppm]	1	0,87	-0,87	-0,74	-	0,36	-0,9	-0,45	-0,38
	Mo [ppm]	0,78	1	-0,74	-0,36	-	-0,64	-0,25	-0,71	0,39
	Ag [ppm]	-0,87	-0,74	1	-0,15	-	0,18	0,68	0,1	-0,019
	As [ppm]	-0,74	-0,36	-0,15	1	-	0,21	0,33	0,9	-0,25
	Au [ppb]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb [ppm]	0,36	-0,64	0,18	0,21	-	1	-0,18	0,46	-0,97
	Zn [ppm]	-0,9	-0,25	0,68	0,33	-	-0,18	1	-0,15	0,37
	Fe [%]	-0,45	-0,71	0,1	0,9	-	0,46	-0,15	1	-0,46
	S [%]	-0,38	0,39	-0,019	-0,25	-	-0,97	0,37	-0,46	1
Pórfido Cuarzo Monzonita (Petrografía: Dacita)	Cu [ppm]	1	-0,5	-0,86	-0,016	-	-0,54	0,55	-0,45	-
	Mo [ppm]	-0,5	1	-0,17	1	-	0,19	-1	-0,95	-0,17
	Ag [ppm]	-0,86	-0,17	1	-0,58	-	0,076	-0,91	0,34	0,9
	As [ppm]	-0,016	1	-0,58	1	-	-0,97	0,61	-0,77	-1
	Au [ppb]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb [ppm]	-0,54	0,19	0,076	-0,97	-	1	-0,99	0,64	0,5
	Zn [ppm]	0,55	-1	-0,91	0,61	-	-0,99	1	0,073	1
	Fe [%]	-0,45	-0,95	0,34	-0,77	-	0,64	0,073	1	0,42
	S [%]	-	-0,17	0,9	-1	-	0,5	1	0,42	1

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL										
LITOLOGÍA		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Cu [ppm]	1	-0,011	0,15	0,091	-	-0,28	-0,0038	-	-
	Mo [ppm]	-0,011	1	0,018	0,52	-	0,093	-0,23	-	-
	Ag [ppm]	0,15	0,018	1	-0,39	-	-0,24	-0,53	-	-
	As [ppm]	0,091	0,52	-0,39	1	-	0,53	0,32	-	-
	Au [ppb]	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	Pb [ppm]	-0,28	0,093	-0,24	0,53	-	1	0,26	-	-
	Zn [ppm]	-0,0038	-0,23	-0,53	0,32	-	0,26	1	-	-
	Fe [%]	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Brecha Intrusiva	Cu [ppm]	1	0,81	-	-0,26	0,25	0,54	0,73	0,71	-
	Mo [ppm]	0,81	1	-	-0,74	0,67	-0,84	0,56	0,21	-
	Ag [ppm]	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	As [ppm]	-0,26	-0,74	-	1	-0,33	0,58	-0,5	-0,76	-
	Au [ppb]	0,25	0,67	-	-0,33	1	-0,75	0,96	0,12	-
	Pb [ppm]	0,54	-0,84	-	0,58	-0,75	1	-0,47	0,23	-
	Zn [ppm]	0,73	0,56	-	-0,5	0,96	-0,47	1	0,83	-
	Fe [%]	0,71	0,21	-	-0,76	0,12	0,23	0,83	1	-
	S [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Pórfido Andesítico de Hbl	Cu [ppm]	1	-	0,22	0,5	-	0,42	0,56	0,87	-0,47
	Mo [ppm]	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	Ag [ppm]	0,22	-	1	0,57	-	0,22	-0,42	0,85	0,55
	As [ppm]	0,5	-	0,57	1	-	0,75	-0,7	0,92	0,41
	Au [ppb]	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	Pb [ppm]	0,42	-	0,22	0,75	-	1	-0,41	1	1
	Zn [ppm]	0,56	-	-0,42	-0,7	-	-0,41	1	-1	-1
	Fe [%]	0,87	-	0,85	0,92	-	1	-1	1	0,034
	S [%]	-0,47	-	0,55	0,41	-	1	-1	0,034	1

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Sector Los Azules	Cu [ppm]	1	0,087	0,13	0,13	0,21	0,012	0,14	0,38	0,22
	Mo [ppm]	0,087	1	0,27	0,31	0,12	0,11	-0,082	-0,07	-0,072
	Ag [ppm]	0,13	0,27	1	0,28	-0,083	0,013	-0,1	-0,11	0,46
	As [ppm]	0,13	0,31	0,28	1	0,021	0,31	0,047	-0,38	0,81
	Au [ppb]	0,21	0,12	-0,083	0,021	1	-0,76	-0,038	-0,18	-0,23
	Pb [ppm]	0,012	0,11	0,013	0,31	-0,076	1	0,079	0,12	-0,069
	Zn [ppm]	0,14	-0,082	-0,1	0,047	-0,038	0,079	1	0,69	-0,084
	Fe [%]	0,38	-0,07	-0,11	-0,38	-0,18	0,12	0,69	1	-0,14
	S [%]	0,22	-0,072	0,46	0,81	-0,23	-0,069	-0,084	-0,14	1
Sector Leiva Norte		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,32	0,23	0,22	-0,045	0,21	0,19	0,37	-0,3
	Mo [ppm]	0,32	1	0,26	0,37	0,25	0,24	0,24	-0,024	-0,41
	Ag [ppm]	0,23	0,26	1	0,58	0,57	-0,003	0,068	0,23	-0,031
	As [ppm]	0,22	0,37	0,58	1	0,77	0,014	0,031	-0,21	0,26
	Au [ppb]	-0,045	0,25	0,57	0,77	1	-0,036	-0,15	0,1	-0,41
	Pb [ppm]	0,21	0,24	-0,003	0,014	-0,036	1	0,43	0,084	0,73
	Zn [ppm]	0,19	0,24	0,068	0,031	-0,15	0,43	1	0,38	0,59
	Fe [%]	0,37	-0,024	0,23	-0,21	0,1	0,084	0,38	1	-0,2
S [%]	-0,3	-0,41	-0,031	0,26	-0,41	0,73	0,59	-0,2	1	
Sector Tigre		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,14	0,085	0,002	-	-0,3	-0,067	0,27	-0,0043
	Mo [ppm]	0,14	1	0,22	0,32	-	0,16	-0,027	-0,65	0,29
	Ag [ppm]	0,085	0,22	1	-0,066	-	0,062	-0,14	-0,43	0,45
	As [ppm]	0,002	0,32	-0,066	1	-	0,26	0,038	-0,097	0,57
	Au [ppb]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb [ppm]	-0,3	0,16	0,062	0,26	-	1	-0,076	-0,65	0,41
	Zn [ppm]	-0,067	-0,027	-0,14	0,038	-	-0,076	1	0,31	-0,53
	Fe [%]	0,27	-0,65	-0,43	-0,097	-	-0,65	0,31	1	-0,5
S [%]	-0,0043	0,29	0,45	0,57	-	0,41	-0,53	-0,5	1	

BASE DE DATOS POBLACIÓN LOGNORMAL										
LITOLOGÍA										
		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
Sector Leiva Sur	Cu [ppm]	1	0,18	0,014	-0,072	0,23	-0,018	-0,074	-0,0033	0,074
	Mo [ppm]	0,18	1	0,0076	0,16	0,22	-0,11	-0,17	-0,021	0,43
	Ag [ppm]	-0,014	0,0076	1	0,095	0,096	0,23	0,12	0,27	0,57
	As [ppm]	-0,072	0,16	0,095	1	0,064	0,16	0,052	0,055	-0,4
	Au [ppb]	0,23	0,22	0,096	0,064	1	0	-0,19	0,067	-0,15
	Pb [ppm]	-0,018	-0,11	0,23	0,16	0	1	0,49	0,4	-0,17
	Zn [ppm]	-0,74	-0,17	0,12	0,052	-0,19	0,49	1	0,35	0,097
	Fe [%]	-0,0033	-0,021	0,27	0,055	0,067	0,4	0,35	1	0,84
	S [%]	0,074	0,43	0,57	-0,4	-0,15	-0,17	0,097	0,84	1
Sector Leiva Sur Sur		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,16	0,067	0,15	0,073	0,16	-0,27	-0,02	-0,49
	Mo [ppm]	0,16	1	0,088	-0,33	-0,29	0,37	0,18	0,48	-0,86
	Ag [ppm]	0,067	0,088	1	0,015	-0,11	0,6	0,48	0,2	0,27
	As [ppm]	0,15	-0,33	0,015	1	0,36	-0,26	-0,25	-0,13	0,53
	Au [ppb]	0,073	-0,29	-0,11	0,36	1	-0,034	-0,073	0,32	0,4
	Pb [ppm]	0,16	0,37	0,6	-0,26	-0,034	1	0,42	0,48	-0,41
	Zn [ppm]	-0,27	0,18	0,48	-0,25	-0,073	0,42	1	0,3	-0,24
	Fe [%]	-0,02	0,48	0,2	-0,13	0,32	0,48	0,3	1	-0,49
S [%]	-0,49	-0,86	0,27	0,53	0,4	-0,41	-0,24	-0,49	1	
Sector El Tordillo		Cu [ppm]	Mo [ppm]	Ag [ppm]	As [ppm]	Au [ppb]	Pb [ppm]	Zn [ppm]	Fe [%]	S [%]
	Cu [ppm]	1	0,78	0,075	0,58	-0,48	0,21	0,033	-0,26	-
	Mo [ppm]	0,78	1	-	0,79	-0,15	-0,49	0,36	-0,14	0,72
	Ag [ppm]	0,075	-	1	0,6	-0,7	0	-0,84	0,092	-
	As [ppm]	0,58	0,79	0,6	1	-0,54	-0,58	-0,71	-0,14	-1
	Au [ppb]	-0,48	-0,15	-0,7	-0,54	1	0,23	0,55	-0,042	1
	Pb [ppm]	-0,21	-0,49	0	-0,58	0,23	1	0,45	0,0038	-
	Zn [ppm]	0,033	0,36	-0,84	-0,71	0,55	0,45	1	-0,38	0,45
	Fe [%]	-0,26	-0,14	0,092	-0,14	-0,042	0,0038	-0,38	1	-1
S [%]	-	0,72	-	-1	1	-	0,45	-1	1	

LITOLOGÍA	ELEMENTO	UMBRAL	LITOLOGÍA	ELEMENTO	UMBRAL	LITOLOGÍA	ELEMENTO	UMBRAL
Fm Rio Damas Areniscas	Cu [ppm]	58,42	Fm Abanico Toba Andesítica	Cu [ppm]	71,56	Fm Farellones Andesita Porfídica	Cu [ppm]	92,22
	Mo [ppm]	5,29		Mo [ppm]	6,76		Mo [ppm]	0,66
	Ag [ppm]	0,47		Ag [ppm]	0,52		Ag [ppm]	0,19
	As [ppm]	31,53		As [ppm]	33,34		As [ppm]	37,96
	Au [ppb]	2,5		Au [ppb]	6,71		Au [ppb]	2,5
	Pb [ppm]	27,81		Pb [ppm]	23,93		Pb [ppm]	37,04
	Zn [ppm]	213,3		Zn [ppm]	177,4		Zn [ppm]	165,32
	Fe [%]	7,51		Fe [%]	7,89		Fe [%]	8,58
S [%]	0,42	S [%]	1,1	S [%]	0,21			
Fm Rio Damas Conglomerados	Cu [ppm]	129,08	Fm Abanico Toba de Ceniza	Cu [ppm]	131,93	Fm Farellones Toba Lito Cristalina	Cu [ppm]	75,95
	Mo [ppm]	3,81		Mo [ppm]	2,95		Mo [ppm]	6,98
	Ag [ppm]	0,93		Ag [ppm]	0,25		Ag [ppm]	0,11
	As [ppm]	49,84		As [ppm]	23,47		As [ppm]	43,18
	Au [ppb]	6,47		Au [ppb]	6,73		Au [ppb]	2,5
	Pb [ppm]	32,79		Pb [ppm]	15,66		Pb [ppm]	16,68
	Zn [ppm]	131,81		Zn [ppm]	51,67		Zn [ppm]	170,04
	Fe [%]	11,47		Fe [%]	7,07		Fe [%]	6,86
S [%]	0,4	S [%]	-	S [%]	0,05			
Fm Abanico Andesita Porfídica	Cu [ppm]	124,06	Fm Abanico Toba de Lapilli	Cu [ppm]	43,95	Pórfido Cuarzo Monzonita (Petrografía: Dacita)	Cu [ppm]	41,08
	Mo [ppm]	4,66		Mo [ppm]	12,64		Mo [ppm]	1,24
	Ag [ppm]	0,38		Ag [ppm]	0,35		Ag [ppm]	0,32
	As [ppm]	32,9		As [ppm]	31,8		As [ppm]	16,04
	Au [ppb]	4,97		Au [ppb]	10,18		Au [ppb]	2,5
	Pb [ppm]	26,08		Pb [ppm]	14,12		Pb [ppm]	5,8
	Zn [ppm]	185,57		Zn [ppm]	78,05		Zn [ppm]	39,99
	Fe [%]	7,39		Fe [%]	7,06		Fe [%]	3,14
S [%]	-	S [%]	0,41	S [%]	0,07			

LITOLOGÍA	ELEMENTO	UMBRAL	LITOLOGÍA	ELEMENTO	UMBRAL	LITOLOGÍA	ELEMENTO	UMBRAL
Pórfido Diorítico + Cuarzo Diorítico	Cu [ppm]	104,15	Sector Los Azules	Cu [ppm]	90,85	Sector Leiva Sur	Cu [ppm]	175,84
	Mo [ppm]	6,44		Mo [ppm]	5,93		Mo [ppm]	21,19
	Ag [ppm]	0,3		Ag [ppm]	0,72		Ag [ppm]	0,48
	As [ppm]	37,25		As [ppm]	49,32		As [ppm]	34,52
	Au [ppb]	2,5		Au [ppb]	4,82		Au [ppb]	16,75
	Pb [ppm]	43,8		Pb [ppm]	52,57		Pb [ppm]	30
	Zn [ppm]	192,76		Zn [ppm]	193		Zn [ppm]	262,5
	Fe [%]	6,89		Fe [%]	8,83		Fe [%]	7,47
	S [%]	13,33		S [%]	4,6		S [%]	0,11
Brecha Intrusiva	Cu [ppm]	90,26	Sector Leiva Norte	Cu [ppm]	214,6	Sector Leiva Sur	Cu [ppm]	108,21
	Mo [ppm]	26,48		Mo [ppm]	6,22		Mo [ppm]	3,48
	Ag [ppm]	0,25		Ag [ppm]	0,75		Ag [ppm]	0,42
	As [ppm]	13,28		As [ppm]	88,41		As [ppm]	59,1
	Au [ppb]	6,5		Au [ppb]	19,38		Au [ppb]	11,22
	Pb [ppm]	7,44		Pb [ppm]	58,21		Pb [ppm]	16,83
	Zn [ppm]	37,15		Zn [ppm]	288,33		Zn [ppm]	108,16
	Fe [%]	4,15		Fe [%]	7,54		Fe [%]	7,2
	S [%]	-		S [%]	0,75		S [%]	1,04
Pórfido Andesítico de Hbl	Cu [ppm]	68,2	Sector Tigre	Cu [ppm]	146,34	Sector El Tordillo	Cu [ppm]	66,59
	Mo [ppm]	1		Mo [ppm]	6,28		Mo [ppm]	1,97
	Ag [ppm]	0,22		Ag [ppm]	1,06		Ag [ppm]	0,19
	As [ppm]	34,08		As [ppm]	39,21		As [ppm]	41,03
	Au [ppb]	2,5		Au [ppb]	2,5		Au [ppb]	21,75
	Pb [ppm]	11,66		Pb [ppm]	81,04		Pb [ppm]	6,64
	Zn [ppm]	105,73		Zn [ppm]	272,07		Zn [ppm]	68,89
	Fe [%]	4,46		Fe [%]	8,07		Fe [%]	7,68

