



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

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA EL MODELAMIENTO  
GEOQUÍMICO Y PROSPECCION DE LA ZONA DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL  
DEL COMPLEJO VOLCANICO TRES PUNTAS, REGIÓN DE ATACAMA; CHILE.

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

CLAUDIO GASTÓN GUIRESSE TORRES

PROFESOR GUÍA:

JUAN PABLO LACASSIE REYES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

VÍCTOR MAKSAEV JURCHUC  
KATJA DECKART

SANTIAGO DE CHILE  
JULIO 2012

El presente estudio se realizó en el Complejo Volcánico Tres Puntas, el cual presenta una extensa zona de alteración hidrotermal ubicada en la Cordillera Claudio Gay, Región de Atacama, en el noreste de la franja de Maricunga. Dado su contexto geodinámico y metalogénico, el área de estudio presenta un gran interés para la prospección de metales preciosos.

En el área de estudio se realizó una campaña de exploración básica, en la cual se recolectaron 113 muestras de superficie (rocas y suelo) y se reconocieron las características litológicas, mineralógicas y texturales de varios de los puntos de muestreo.

Se analizó la composición química de roca total de las muestras, obteniéndose concentraciones para 49 elementos mayores y trazas, respectivamente mediante ICP-MS e ICP-ES. Asimismo se obtuvieron las concentraciones de Au mediante AAS, utilizando un ensayo de fusión a fuego.

En términos generales, las características geoquímicas, mineralógicas y de alteración, son compatibles con un sistema epitermal de Au de alta sulfuración.

Los datos geoquímicos fueron estudiados utilizando redes neuronales artificiales (RNA). La aplicación de esta técnica permitió realizar un análisis multi-elemento de este set de datos, el cual incluye un número elevado de muestras con características litológicas y mineralógicas variadas.

Como resultado del análisis mediante RNA, fue posible sub-dividir el set de datos en 6 Grupos Geoquímicos, es decir, 6 conjuntos de muestras con características geoquímicas similares.

La proyección de esta información sobre el área de estudio, permitió identificar marcadas zonaciones geoquímicas, donde destacan dos zonas prospectivas, distanciadas aproximadamente en 1 km, que se caracterizan por concentrar las muestras con mayores valores de Au y Ag, además de las mayores abundancias de Pb, As, Sb, Te, Bi, Se, Sn, W y S (muestras de los Grupos Geoquímicos 3, 4 y 6). Estas correlaciones geoquímicas coinciden con las esperadas para sistemas epitermales de metales preciosos.

El carácter prospectivo de estas zonas se ve reforzado dado que ellas coinciden estrechamente con una zona de alteración argílica avanzada y con una zona de alteración silícea.

Las muestras con mayores valores de Cu se correlacionan con las mayores abundancias de Co y Cd (Grupo Geoquímico 5) y estarían relacionadas a rasgos de mayor profundidad (asociados a metales base) por lo que se interpreta como posibles estructuras locales (fallas de colapso) y además se relacionan con un cuerpo intrusivo hipabisal de composición diorítica que aflora en una de las zonas prospectivas. Cabe destacar que las muestras asociadas al Grupo Geoquímico 2 comparten algunas características con el Grupo Geoquímico 5, pero presentan una distribución espacial más dispersa, con algunas muestras dentro de las zonas que se definen como más prospectivas.

Las muestras asociadas al Grupo Geoquímico 1 marcan una zona de bajo interés prospectivo ya que presenta algunas características geoquímicas afines con los Grupos Geoquímicos 3 y 6, pero no se relacionan con las anomalías esperadas para sistemas epitermales de metales preciosos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a todas las personas que me han apoyado y colaborado en todo este tiempo, en especial a mis padres Sonia y Gastón (QEPD) por su infinita paciencia, a mi señora Vivian por soportar mis momentos de stress. A Juan Pablo Lacassie por su apoyo y gran colaboración, a los profesores de la comisión, Katja Deckart y Victor Maksaev por sus precisas observaciones que permitieron mejorar este trabajo considerablemente y a otros tantos que con sus opiniones y comentarios me ayudaron a superar los momentos de bloqueo.

Un especial reconocimiento a todas las personas dentro de ENAMI por darme la oportunidad de realizar este estudio y las facilidades para llevarlo a buen término: don Eugenio Cantuarias, Vicepresidente Ejecutivo, don Víctor Hugo Álvarez, Gerente de Desarrollo, don Pedro Pérez, Subgerente de Desarrollo, don Jorge Guerra, Gerente de Fomento, don José Moscoso, Subgerente de Fomento y tantos otros.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Antecedentes Generales</b> .....	1
<b>1.2 Redes Neuronales Artificiales</b> .....	2
<b>1.3 Antecedentes geológicos</b> .....	3
<b>1.4 Objetivos</b> .....	4
<b>1.4.1 Objetivo General</b> .....	4
<b>1.4.2 Objetivos Específicos</b> .....	4
<b>1.5 Hipótesis</b> .....	5
<b>1.5.1 Hipótesis 1</b> .....	5
<b>1.5.2 Hipótesis 2</b> .....	5
<b>1.6 Ubicación y Accesos</b> .....	5
<b>2. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	6
<b>2.1 Terreno</b> .....	6
<b>2.2 Laboratorio</b> .....	7
<b>2.3 Análisis mediante Redes Neuronales Artificiales</b> .....	10
<b>3. MARCO GEOLOGICO</b> .....	11
<b>3.1 Contexto geodinámico y metalogénico</b> .....	11
<b>3.1.1 Contexto Regional</b> .....	11
<b>3.1.2 Contexto Local</b> .....	12
<b>3.2 Unidades de roca aflorantes en el área de estudio</b> .....	14
<b>3.2.1 Litología</b> .....	15
<b>3.2.2 Alteración Hidrotermal</b> .....	17
<b>3.2.3 Mineralización</b> .....	18
<b>4. RESULTADOS</b> .....	19
<b>4.1 Características geoquímicas de las muestras</b> .....	19
<b>4.2 Características mineralógicas</b> .....	29
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	31
<b>5.1 Base de datos</b> .....	31
<b>5.2 Geología</b> .....	32
<b>5.3 Mapa Neuronal</b> .....	33
<b>5.3.1 Nodo 1</b> .....	33
<b>5.3.2 Nodo 2</b> .....	34
<b>5.3.3 Nodo 3</b> .....	36
<b>5.3.4 Nodo 4</b> .....	38
<b>5.3.5 Nodo 5</b> .....	40
<b>5.3.6 Nodo 6</b> .....	40
<b>5.4 Relación entre mapa neuronal y zonas de alteración</b> .....	42
<b>5.5 Gradientes geoquímicos</b> .....	44
<b>5.6 Comparación con yacimientos epitermales</b> .....	45
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	50
<b>7. RECOMIENDACIONES</b> .....	51
<b>8. REFERENCIAS</b> .....	52
<b>ANEXO A: BASE DE DATOS DE GEOQUIMICA</b> .....	55
<b>ANEXO B: CONTROL DE CALIDAD</b> .....	71
<b>ANEXO C: BASE DE DATOS DE GEOLOGIA</b> .....	77

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Límites de detección del método geoquímico ME-MS61. ....	9
<b>Tabla 2:</b> Resumen de la información geológica disponible de las muestras de este estudio. ....	30
<b>Tabla 3:</b> Principales características de campo de los diferentes tipos de depósitos epitermales y sus subtipos. Adaptado de Sillitoe y Hedenquist (2003). ....	48

## INDICE DE FIGURAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>Figura 1.</b> Distribución de las franjas metalogénicas de la Región de Atacama.....	3
<b>Figura 2.</b> Mapa esquemático mostrando la ubicación del Complejo Volcánico Tres Puntas.....	6
<b>2. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	6
<b>Figura 3.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 113 muestras de superficie.....	11
<b>3. MARCO GEOLOGICO</b> .....	11
<b>Figura 4.</b> Extracto del Mapa Geológico Preliminar del Área del Salar de Piedra Parada.....	15
<b>Figura 5.</b> Mapa geológico de la zona de estudio del Complejo Volcánico Tres Puntas. ....	17
<b>Figura 6.</b> Mapa de alteración de la zona de estudio del Complejo Volcánico Tres Puntas.....	18
<b>4. RESULTADOS</b> .....	19
<b>Figura 7.</b> Mapa neuronal resultante del análisis del set de datos.....	19
<b>Figura 8.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 41 muestras de superficie asociadas al Nodo 1.. ..	21
<b>Figura 9.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 8 muestras de superficie asociadas al Nodo 2. ....	22
<b>Figura 10.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 8 muestras de superficie asociadas al Nodo 2.. ..	23
<b>Figura 11.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 12 muestras de superficie asociadas al Nodo 3.. ..	24
<b>Figura 12.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 12 muestras de superficie asociadas al Nodo 3. ....	25
<b>Figura 13.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 19 muestras de superficie asociadas al Nodo 4. ....	26
<b>Figura 14.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 11 muestras de superficie asociadas al Nodo 5.. ..	27
<b>Figura 15.</b> Imagen satelital (Google Earth) mostrando la ubicación de las 22 muestras de superficie asociadas al Nodo 6.. ..	28
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	31
<b>Figura 16.</b> Representación gráfica de la Zona 1. ....	31
<b>Figura 17.</b> Diagrama bi-variante Ln(Ca) vs. Ln (Mo). ....	34
<b>Figura 18.</b> Diagramas bi-variantes (a) Ln(Zn) vs. Ln (Ba) y (b) Ln(Na) vs. Ln (Li).. ..	35
<b>Figura 19.</b> Diagramas bi-variantes (a) Ln(Sb) vs. Ln (As) y (b) Ln(Pb) vs. Ln (Bi). ....	37
<b>Figura 20.</b> Diagramas bi-variantes (a) Ln(Ga) vs. Ln (Sr) y (b) Ln(Ag) vs. Ln (S). ....	39
<b>Figura 21.</b> Diagrama bi-variante Ln(Co) vs. Ln (Cu).....	40
<b>Figura 22.</b> Diagrama bi-variante Ln(W) vs. Ln (Ti).....	41
<b>Figura 23.</b> Diagramas bi-variantes Ln(Nb) vs. Ln (Ta).. ..	42
<b>Figura 24.</b> Imagen satelital (Google Earth) donde se representan las zonas de alteración reconocidas y todas las muestras asociadas a los distintos nodos. ....	43
<b>Figura 25.</b> Esquema de la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos minerales epitermales, mesotermales y porfídicos, según el pH de las soluciones mineralizantes (Modificado de Camprubí y Albinson, 2006). ...	49

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes Generales

El Complejo Volcánico Tres Puntas incluye una zona de alteración hidrotermal que ha sido explorado desde los años 80 como posible yacimiento de azufre. En la actualidad, presenta características que lo hacen un prospecto interesante para la exploración de metales preciosos (Au y Ag).

La propiedad minera de este prospecto pertenece a ENAMI, sin embargo, a través de un acuerdo de confidencialidad con la Compañía Gold Fields Chile, se realizó a fines de 2010 una campaña de exploración básica consistente en una geoquímica de superficie de rocas y de regolito.

Los resultados encontrados en dicha campaña indican la existencia de una anomalía geoquímica acorde con un sistema de alteración hidrotermal correspondiente a un sistema epitermal de alta sulfuración. La anomalía de Au encontrada no cumplió las expectativas de Gold Fields Chile, lo que los desincentivó a continuar con la exploración del Complejo Volcánico Tres Puntas.

Las características geológicas y mineralógicas de los depósitos hidrotermales son bien conocidas y muchos autores han descrito en detalle una zonación mineralógica asociada a la alteración. Esto contrasta con la comparativamente escasa información disponible acerca de las características geoquímicas de roca total en las zonas de alteración hidrotermal. Las zonas de alteración hidrotermal comúnmente presentan una mayor extensión que las zonas mineralizadas. Es por esto que, el reconocimiento y caracterización de los patrones geoquímicos de las zonas de alteración, puede proveer de información básica para desarrollar guías o vectores de exploración de los cuerpos mineralizados (Gemmell, 2005).

Actualmente la información geoquímica de roca total es usualmente de carácter multi-elemental, dado que incluye tanto concentraciones de elementos mayores como trazas. Por esta razón, la forma en que se analiza la información es de particular importancia. En relación a este punto, la aplicación de técnicas de análisis estadístico multi-dimensional (multi-elemental) provee de información significativamente más relevante que aquella determinada utilizando por separado mapas de distribución de elementos individuales (Grunsky et al., 1999). Adicionalmente, el análisis de la información geoquímica utilizando técnicas multi-elemento, permite minimizar efectos indeseados tales como los originados por diferencias en el tipo de matriz, en el grado de meteorización o aspectos relacionados (Cornelius et al., 2001).

En este trabajo se analiza la información geoquímica de roca total, de muestras superficiales de chips de roca y de regolitos del área de alteración hidrotermal del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. El

análisis de este set de datos corresponde a un problema de alta complejidad dado que incluye un número elevado de muestras con información geoquímica multivariada (49 elementos químicos, incluyendo elementos mayores y en trazas), las que presentan distintos grados y tipos de alteración hidrotermal.

Las características anteriores hacen que las metodologías de análisis de datos convencionales puedan resultar difíciles de visualizar y no siempre fáciles de interpretar. Por esta razón, la información geoquímica de este complejo se analizó utilizando una técnica estadística multidimensional avanzada, correspondiente a Redes Neuronales Artificiales (RNA). Mediante esta técnica de análisis se pretende extraer información relevante del set de datos, con el fin de identificar patrones geoquímicos que ayuden a orientar la exploración en el área de alteración hidrotermal del Complejo Volcánico Tres Puntas así como de otras áreas con características geológicas similares.

## **1.2 Redes Neuronales Artificiales**

Las RNA son modelos artificiales de redes neuronales biológicas, constituidas por unidades procesadoras individuales o “neuronas” interconectadas de forma tal que el sistema es capaz de realizar operaciones sofisticadas.

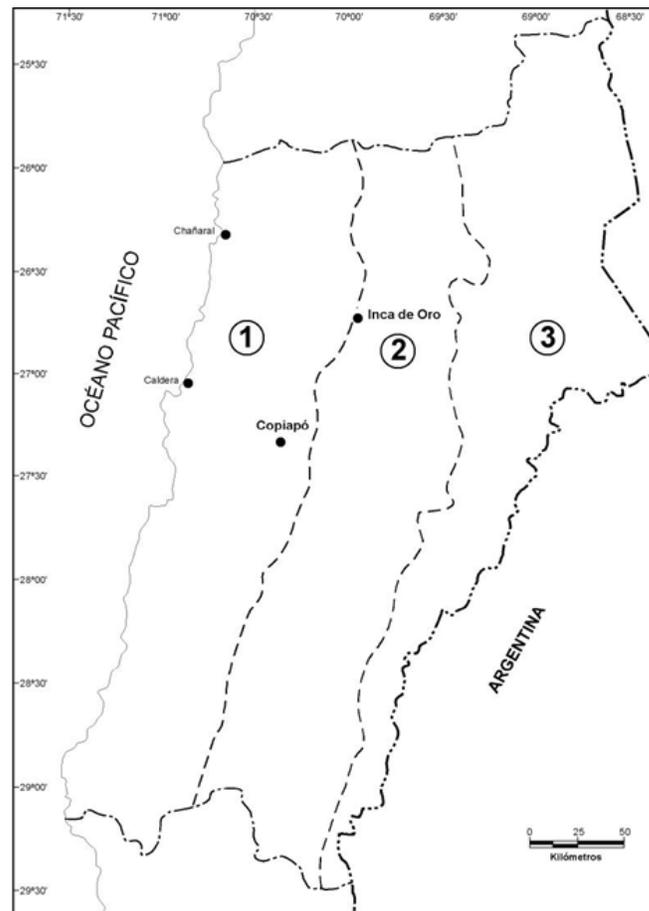
En particular, el análisis de datos mediante RNA permite identificar patrones significativos en bases de datos con muchas muestras y elevado número de variables (sets de datos multivariados) tomando en cuenta tanto las relaciones lineales como las no-lineales entre las variables (eg. Vesanto et al., 1999). Estas características hacen que el análisis mediante RNA presente ventajas al momento de interpretar los resultados, ya que al agrupar un set de datos multivariados en varios subconjuntos con características geoquímicas comunes entre sí, permite visualizar tendencias de distribución de varios elementos químicos simultáneamente (los que son representados por cada subconjunto definido por las RNA dentro del mapa neuronal o nodos). Es decir, las RNA permiten realizar un análisis de distribución de elementos geoquímicos en una menor cantidad de pasos con respecto a otros métodos tradicionales de análisis de datos multivariados, razón por la cual el análisis RNA está siendo empleado en forma creciente en diversos campos que van desde el área financiera hasta la investigación médica, presentando por lo mismo un considerable potencial de aplicación en el área de exploración minera.

Desde el punto de vista de las RNA, el problema de la caracterización geoquímica de un sistema hidrotermal, implica dos tipos de análisis: Análisis de Grupos y Visualización. Ambos tipos de análisis son del tipo “no-supervisado”, es decir, se trabaja sólo con la información que provee el conjunto de datos a analizar. Con esto se minimiza la posible acción subjetiva del experimentador sobre los resultados. El Análisis de Grupos o ‘Cluster Analysis’, corresponde a la asignación o reordenación de un set de observaciones (o muestras), en términos de sub-grupos o ‘clusters’, de forma que las observaciones asociadas a un mismo

'cluster' presentan características similares. Como resultado final del Análisis de Grupos y, a partir de este último, el análisis de Visualización permite obtener expresiones gráficas, bi o tri-dimensionales, del problema multi-dimensional original. Eventualmente, tales visualizaciones permiten establecer interrelaciones entre las variables utilizadas (elementos químicos) y el rol de cada una de ellas en la caracterización de los distintos grupos o clusters de datos interrelacionados.

### 1.3 Antecedentes geológicos

Los yacimientos metalíferos de la Región de Atacama presentan una distribución en franjas casi paralelas, de orientación general norte-sur, cada una de las cuales se diferencian en edad, asociación de tipos de yacimientos e importancia económica. Esta distribución permite agruparlos en 3 provincias metalogénicas correspondientes a la Provincia Metalogénica de la Cordillera de la Costa, Provincia Metalogénica de la Cordillera de Domeyko y Provincia Metalogénica de la Cordillera de los Andes o Principal (Vivallo et al. 2008).



**Figura 1.** Distribución de las franjas metalogénicas de la Región de Atacama. 1: Cordillera de la Costa, 2: Cordillera de Domeyko y 3: Cordillera de los Andes o Principal. (Extraído de Vivallo et al., 2008).

La Provincia Metalogénica de la Cordillera de los Andes o principal, coincide con la parte sur de la zona altiplánica y el borde occidental de las altas cumbres de la cadena andina. Esta provincia constituye la continuación, hacia el sur, de la denominada Franja Metalogénica de la Cordillera de los Andes o principal reconocida en la Región de Antofagasta por Boric et al. (1990). Desde un punto de vista geológico, está restringida a las rocas que conforman los arcos magmáticos del Oligoceno Superior-Mioceno y Plioceno-Reciente. El primero de estos contiene yacimientos epitermales de oro y plata y pórfidos auríferos, los cuales definen la franja metalogénica conocida como Franja de Maricunga (Vila y Sillitoe, 1991; Mpodozis et al., 1995).

En particular, el Complejo Volcánico Tres Puntas, se ubica en el extremo norte de la cordillera principal, en la Cordillera Claudio Gay, en el este de la Franja de Maricunga, franja que concentra los principales yacimientos de metales preciosos (oro y plata) de esta Provincia Metalogénica (Oviedo et al., 1991; Vila, 1991; Vila y Sillitoe, 1991; Vila et al., 1991; Muntean y Einaudi, 2000). Esta Franja, de dirección norte-sur, se extiende por más de 200 km de largo y 20 km de ancho, entre los 26°S y 27°30'S. Contiene yacimientos epitermales de oro y plata (vetiformes, diseminados y estratoligados) y pórfidos auríferos con escaso o nulo contenido de cobre. Los recursos de oro identificados en la Franja superan los 40 millones de onzas (Vivallo et al., 2008).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

El objetivo principal de este estudio es caracterizar geoquímicamente la zona de alteración del Complejo Volcánico Tres Puntas y generar guías de exploración geoquímica, aplicables a este u otros sistemas hidrotermales de características similares.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Integrar la información geológica, mineralógica y geoquímica de las áreas de alteración hidrotermal del Complejo Volcánico Tres Puntas.
2. Evaluar si dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas, es posible diferenciar áreas con características químicas distintivas y si tales diferencias son coincidentes con cambios a nivel mineralógico, litológico o de alteración hidrotermal.
3. Establecer criterios geoquímicos simples que indiquen la proximidad de posibles sectores mineralizados dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis 1**

En el área del Complejo Volcánico Tres Puntas existe una relación directa entre la composición química del suelo y del sustrato rocoso con la zonación mineralógica y la distribución de los tipos de alteración hidrotermal.

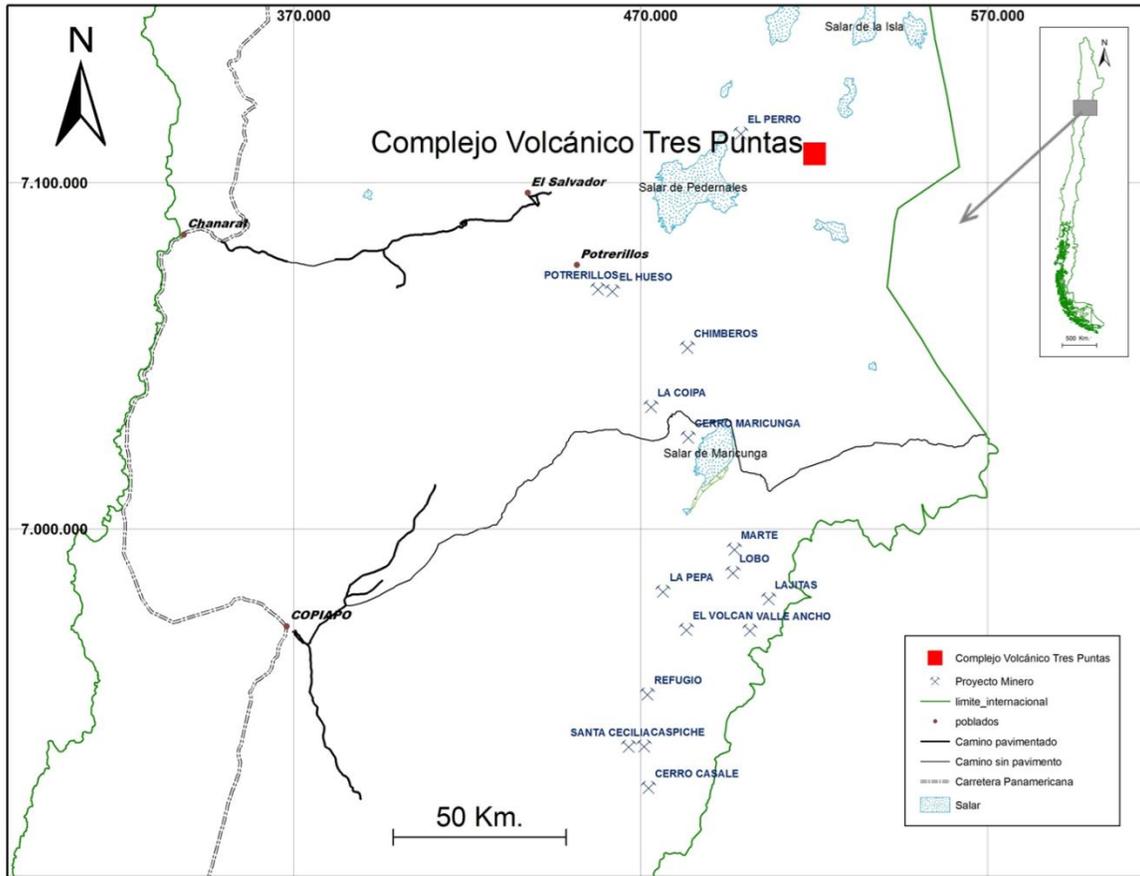
### **1.5.2. Hipótesis 2**

El análisis multi-elemento del set de datos geoquímicos del Complejo Volcánico Tres Puntas, permitirá extraer la información necesaria tanto como para caracterizar estos complejos, como para generar guías de exploración geoquímica en estas y otras áreas de características similares.

## **1.6 Ubicación y Accesos**

El Complejo Volcánico Tres Puntas se encuentra a aproximadamente 200 km al noreste de la ciudad de Copiapó, en la comuna de Diego de Almagro. Esto es en la Cordillera Principal, a 30 km al este de la parte norte del salar de Pedernales, en las coordenadas UTM N 7.110.000, E 520.000 entre 4800 y 5400 m.s.n.m.

Al proyecto se accede por un camino de aproximadamente 60 km, que sale a 15 km al norte del tranque la Ola, atraviesa el Salar de Pedernales y se interna en la cordillera por la quebrada que controla la vertiente que escurre por el Panteón de Aliste.



**Figura 2.** Mapa esquemático mostrando la ubicación del Complejo Volcánico Tres Puntas.

## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 2.1 Terreno

Las 113 muestras utilizadas en el presente estudio, se colectaron entre octubre y diciembre de 2010 por personal de Gold Fields Chile, en el marco de una exploración básica amparada por un acuerdo de confidencialidad firmado con la Empresa Nacional de Minería (ENAMI), dueña de la concesión de explotación del Complejo Volcánico Tres Puntas.

En el marco de una exploración geoquímica básica, se realizó una malla sistemática cada 200 metros, de acuerdo a las condiciones de los afloramientos y del relieve existente. Se priorizó la extracción de muestras de rocas por sobre las de suelo, colectándose éstas últimas cuando no existía afloramiento cercanos en el lugar designado para el muestreo.

Las muestras de suelo se tamizaron bajo malla 60, según los protocolos de muestreo en terreno de Gold Fields Chile, colectándose a lo menos un kilogramo de muestra. Para el caso de las muestras de roca, se sacaron a lo menos 2

kilogramos de muestras de fragmentos de rocas de los afloramientos más representativos, privilegiando la presencia de vetillas cuando son detectadas.

Debido al apuro por parte de Gold Fields Chile por obtener resultados y a la falta de geólogos para realizar el trabajo de terreno, se priorizó la rapidez en la toma de las muestras por sobre la calidad de éstas, ya que muchas de las muestras tomadas en la campaña de terreno de 2010 y utilizadas en el presente estudio no cuentan con control geológico al momento de ser tomadas.

## **2.2 Laboratorio**

Para este trabajo se analizó una base de datos correspondientes a datos geoquímicos ICP (MS y AES) de muestras de superficie del área de alteración hidrotermal del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile (Fig. 2). Esta base de datos incluye 113 muestras de superficie (Fig. 3) con análisis ICP de roca total de 49 elementos químicos incluyendo 9 elementos mayores (Al, Ti, Fe, Ca, Mg, Mn, K, Na y P) y 40 elementos menores y trazas (Au, Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Ge, Hf, In, La, Li, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Tl, U, V, W, Y, Zn y Zr). Los análisis ICP-masa se realizaron en Canadá en los laboratorios ALS Chemex.

Para obtener un resultado que sea representativo del total de la muestra, ésta se homogeniza. Para ello se utiliza la preparación PREP31B, donde la muestra se pesa, se seca y se chanca para que sobre el 70% del total de la muestra pase bajo la malla Tyler #9 (US Std. No 10 o menor a 2 mm). Luego ésta se corta, rescatándose a lo menos 1000 g, los que se pulverizan para que el 85% de la muestra restante pase los 75 micrones (bajo malla Tyler #200).

Para el análisis de Au se utilizó el ensayo de fusión a fuego (Au-AA24) para la descomposición de la muestra y espectroscopia de absorción atómica como método analítico. Para ello, la muestra preparada se funde con una mezcla de óxido de plomo, carbonato de sodio, bórax, sílice y otros reactivos de ser necesario. Luego se agregan 6 mg de plata libre de oro y se funde en un crisol para obtener una amalgama de metal precioso. Esta amalgama es digerida en 0,5 ml de ácido nítrico diluido en un horno de microondas, se le agregan 0,5 ml de ácido hidrociorhídrico concentrado y luego se continúa digiriendo en el horno de microondas a baja potencia. La solución resultante de ésta digestión se enfría, se disuelve con agua destilada hasta obtener un volumen total de 4 ml y se analiza por espectroscopia de absorción atómica. Con este método se requieren 50 g de muestra y los límites de detección son de 5 ppb (inferior) y 10 ppm (superior).

Las muestras de suelo se consideran representativas del sustrato que las forma. Para ello se elimina el primer horizonte de suelo (que involucra mayor cantidad de transporte), hasta llegar al nivel del regolito y así obtener una muestra representativa. De acuerdo a esta metodología, en zonas donde hay mayor pendiente la muestra se saca a mayor profundidad y viceversa.

Para éste estudio, las muestras se analizan según el procedimiento geoquímico ME-MS61, donde la muestra es descompuesta por digestión de 4 ácidos y luego analizada por Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES de su sigla en inglés) y por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS de su sigla en inglés).

Para esto, una preparación de muestra de 0,25 g es digerida en 4 ácidos (perclórico, nítrico, hidrófluorhídrico y clorhídrico). El residuo es repasado con ácido clorhídrico diluido y analizado por espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente. A continuación, los resultados obtenidos se revisan para verificar la existencia de altas concentraciones de bismuto, mercurio, molibdeno, plata y tungsteno y diluir más la preparación en caso de ser necesario. Las muestras que cumplen con este criterio son entonces analizadas para el resto de los elementos por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. Los resultados analíticos son corregidos por interferencias espectrales inter elementos.

Si bien la digestión de 4 ácidos es capaz de disolver la mayoría de los minerales, al resultado se le aplica el término 'cercaño al total', ya que dependiendo del tipo de matriz de la muestra, no todos los elementos son extraídos totalmente.

**Tabla 1:** Límites de detección del método geoquímico ME-MS61.

ME-MS61				
ELEMENTO	SÍMBOLO	CONCENTRACIÓN	MÍNIMA	MÁXIMA
Plata	Ag	ppm	0,01	100
Aluminio	Al	%	0,01	50
Arsenico	As	ppm	0,2	10.000
Bario	Ba	ppm	10	10.000
Berilio	Be	ppm	0,05	1.000
Bismuto	Bi	ppm	0,01	10.000
Calcio	Ca	%	0,01	50
Cadmio	Cd	ppm	0,02	1.000
Cerio	Ce	ppm	0,01	500
Cobalto	Co	ppm	0,1	10.000
Cromo	Cr	ppm	1	10.000
Cesio	Cs	ppm	0,05	500
Cobre	Cu	ppm	0,2	10.000
Fierro	Fe	%	0,01	50
Galio	Ga	ppm	0,05	10.000
Germanio	Ge	ppm	0,05	500
Hafnio	Hf	ppm	0,01	500
Indio	In	ppm	0,005	500
Potasio	K	%	0,01	10
Lantano	La	ppm	0,2	10.000
Litio	Li	ppm	0,2	10.000
Magnesio	Mg	%	0,01	50
Manganeso	Mn	ppm	5	100.000
Molibdeno	Mo	ppm	0,05	10.000
Sodio	Na	%	0,01	10
Niobio	Nb	ppm	0,05	500
Niquel	Ni	ppm	0,2	10.000
Fosforo	P	ppm	10	10.000
Plomo	Pb	ppm	0,2	10.000
Rubidio	Rb	ppm	0,1	10.000
Renio	Re	ppm	0,002	50
Azufre	S	%	0,01	10
Antimonio	Sb	ppm	0,05	10.000
Escandio	Sc	ppm	0,1	10.000
Selenio	Se	ppm	0,2	1.000
Estaño	Sn	ppm	0,2	500
Estroncio	Sr	ppm	0,2	10.000
Tantalio	Ta	ppm	0,05	100
Teluro	Te	ppm	0,01	500
Torio	Th	ppm	0,2	10.000
Titanio	Ti	%	0,005	10
Talio	Tl	ppm	0,02	10.000
Uranio	U	ppm	0,1	10.000
Vanadio	V	ppm	1	10.000
Tungsteno	W	ppm	0,05	10.000
Itrio	Y	ppm	0,1	500
Zinc	Zn	ppm	2	10.000
Zirconio	Zr	ppm	0,5	500

### 2.3. Análisis mediante Redes Neuronales Artificiales

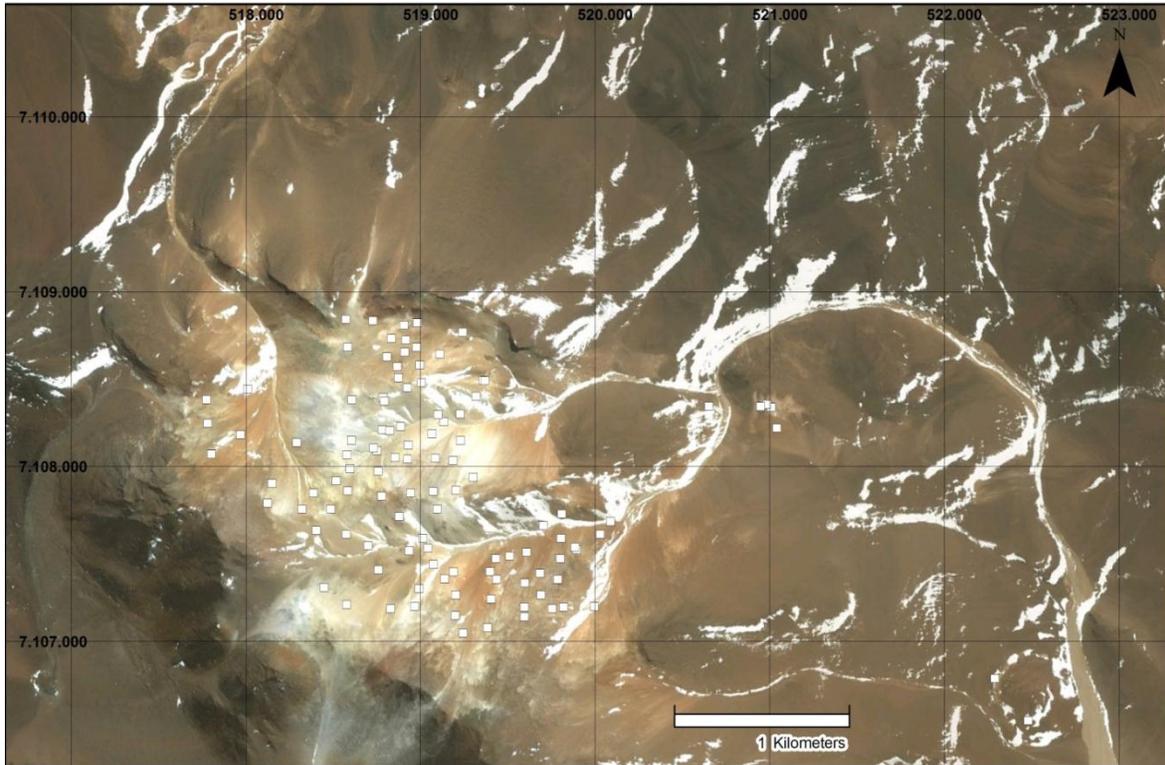
El análisis del set de datos geoquímicos se realizará utilizando redes neuronales del tipo Growing Cell Structures (GCS; Fritzke, 1996), las cuales constituyen una extensión de los mapas auto-organizativos de Kohonen (Kohonen, 1995). A diferencia de los mapas auto-organizativos de Kohonen, las redes GCS no presentan una topología fija predefinida, sino que la topología de la red es generada gradualmente durante el proceso incremental de auto-aprendizaje y es determinada completamente por el problema en cuestión. Lo anterior constituye una ventaja de las redes GCS en el momento de enfrentar uno de los problemas más frecuentes de los usuarios de redes neuronales: determinar el tamaño y la topología idóneos de la red, es decir, el número de capas ocultas, de unidades ocultas, de conexiones entre dos capas dadas, y otros parámetros de aprendizaje tales como la tasa de aprendizaje.

Dado que la GCS permite la determinación en forma incremental del tamaño y la forma de la red neuronal durante la simulación, la red resultante presenta una estructura que está íntimamente ligada con la situación o problema a resolver. Para fines del Análisis de Grupos o 'Cluster Analysis', tal red es capaz de "capturar" y de representar las similitudes de los patrones de entrada n-dimensionales, a través de la correspondiente estructura topológica de la red. Aún más, este conocimiento puede ser fácilmente extendido a términos humanos vía técnicas de visualización (Walker et al., 1999). Para realizar esto, el algoritmo GCS proyecta la información multi-dimensional del set de datos, sobre representaciones bi-dimensionales o "mapas GCS". Estos últimos corresponden a una estructura formada por una serie de unidades interconectadas o "nodos", a cada uno de los cuales se le asocia un grupo específico de muestras que presentan una alta similitud en términos químicos, es decir, corresponden a vectores "similares" (cercaños según una medida de distancia dada) en el espacio multi-dimensional. Específicamente, la medida de distancia entre vectores en el espacio multi-dimensional, utilizada por el algoritmo GCS, corresponde a la distancia euclidiana.

La "compresión" de la información que realiza el algoritmo GCS al espacio bi-dimensional, es de tal forma que se mantienen las relaciones topológicas del espacio multi-dimensional. De esto resulta que aquellas muestras asociadas a nodos adyacentes en el mapa GCS, también presentan un grado importante de similitudes en términos químicos (Wu et al., 1999).

Finalmente, sobre la misma estructura del mapa GCS es posible proyectar la distribución de los valores de las variables (concentraciones de los elementos químicos). Por este motivo, la información más relevante para fines de agrupamiento de las muestras según sus características químicas, puede ser fácilmente descubierta a través de una inspección visual.

Esta técnica de análisis multivariado ha sido exitosamente aplicada al estudio de datos geoquímicos de distintos materiales, tales como rocas sedimentarias (Lacassie et al., 2004), rocas volcánicas (Lacassie et al., 2006a) o rocas asociadas a yacimientos de metales base (Lacassie et al., 2006b).



**Figura 3.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos blancos indican la ubicación de las 113 muestras de superficie, recolectadas de las zonas con evidencias de alteración hidrotermal.

### **3. MARCO GEOLOGICO**

#### **3.1. Contexto geodinámico y metalogénico**

##### **3.1.1 Contexto Regional**

La evolución de los Andes en el Norte de Chile durante los últimos 180 Ma (Ciclo Andino) ha estado dominada por diversos arcos magmáticos, que se asocian a grandes sistemas de fallas, y definen franjas o provincias metalogénicas (e.g. Pardo-Casas y Molnar, 1987; Mpodozis y Ramos, 1990, Vivallo et al., 2008). Estos arcos magmáticos se suceden en el tiempo, emplazándose progresivamente más hacia el este; el arco magmático Jurásico emplazado en la actual Cordillera de la Costa, mientras que el arco actual define la Cordillera Principal (Jordan et al 1983).

La Franja Metalogénica de la Cordillera Principal (o Franja de Maricunga) fisiográficamente coincide con el borde occidental del plateau Altiplano-Puna (26°-28°), y se extiende hacia el norte, por lo menos hasta la Región de Antofagasta (Boric et al., 1990). Esta franja expone rocas que evidencian los ciclos de magmatismo, deformación y sedimentación de los arcos del Oligoceno Superior-Mioceno y Plioceno-reciente (e.g. Mpodozis et al., 1995). Dos subunidades fisiográficas componen la Franja de Maricunga: la Cordillera de Maricunga, al oeste, y la Cordillera Claudio Gay, hacia el este.

La Cordillera de Maricunga se extiende por más de 200 km de largo y 20 km de ancho, entre los 26° latitud sur y 27°30' latitud sur, y concentra los principales yacimientos de oro y plata reconocidos en la Región de Copiapó. Estos yacimientos poseen edades entre 20 y 23 Ma y corresponden a depósitos epitermales de oro y plata, de tipo vetiformes, diseminados o estratoligados y pórfidos auríferos con escaso o nulo contenido de cobre (Oviedo et al., 1991; Vila, 1991; Vila y Sillitoe, 1991; Vila et al., 1991; Muntean y Einaudi, 2000). Los recursos de oro identificados en la Franja Maricunga superan los 40 millones de onzas (Vivallo et al. 2008).

Por otra parte, la Cordillera de Claudio Gay (CCG) corresponde a una zona menos estudiada dentro de la Franja de Maricunga, en donde, a la fecha se han reconocido depósitos epitermales de Au con edades comprendidas entre 14-12 Ma (Vivallo et al., 2008). Estos depósitos se concentran en la mitad norte de la Franja de Maricunga, región donde se ubica el Complejo Volcánico Tres Puntas (Fig. 1; Vivallo et al., 2008). En esta región se desarrolla el presente estudio, y expone un contexto geológico local que se detalla a continuación.

### **3.1.2. Contexto Local**

La CCG posee aproximadamente 130 km de largo, por 20 km de ancho, y se extiende desde los 26° latitud sur a los 27°30' latitud sur. El basamento de la CCG lo constituyen metasedimentitas, rocas volcánicas riolíticas y en menor medida granitoides de edad Paleozoico Superior. En disconformidad sobre el basamento se exponen rocas volcanosedimentarias cortadas por fallas inversas de alto ángulo, que han sido activas entre el Eoceno y el reciente de la cadena Andina. (Clavero et al., 1997, 1998). Estas rocas son fundamentalmente volcánicas, subvolcánicas y volcanoclásticas y se emplazaron durante el Oligoceno superior al Mioceno medio en la región proximal del tras-arco del frente volcánico de la Cordillera de Maricunga y luego, durante el Mioceno Superior al reciente en la posición proximal del antearco actual (Mpodozis y Clavero, 2002).

La estratigrafía tectónica del Eoceno al Mioceno de la región se conoce en detalle sólo a partir de la carta geológica preliminar del Salar de Piedra Parada disponible en el Servicio Nacional de Geología y Minería (Clavero et al., 1997, 1998). Según esta carta, la unidad terciaria más antigua en la CCG aflora en el borde sureste de ésta cordillera y corresponde a la Secuencia Huidobro. La unidad

se compone de rocas epiclásticas y piroclásticas de hasta 300 m de potencia. Cubriendo esta secuencia se reconoce la Secuencia Vertiente, una pila de lavas andesíticas alteradas que alcanzan hasta 400 metros de espesor y que poseen edades en K-Ar, consideradas edades reseteadas, de entre 26 y 31 Ma (Clavero et al., 1997, 1998).

Durante el Oligoceno, en la región sólo se depositaron capas rojas de sedimentos finos continentales y niveles de yeso evaporíticos denominados Estratos de Gases Blancos. Un suave plegamiento de éstos estratos ocurre en el Oligoceno tardío (~26 Ma) previo al inicio de la actividad del frente volcánico de la Cordillera de Maricunga (Mpodozis et al., 1995). Durante este volcanismo, entre los 26 y 22 Ma, la CCG ocupó una posición de trasarco proximal relativo a la Cordillera de Maricunga, y en ella se depositaron rocas piroclásticas gruesas y domos asociados de composición fundamentalmente dacítica, así como lavas basáltico-andesíticas, que han sido agrupadas en la Secuencia Claudio Gay y Los Basaltos de Segerstrom, respectivamente (Clavero et al., 1997, 1998). Coetáneamente, sedimentos epiclásticos y carbonatos salinos de lagos fueron depositados en una serie de pequeñas cuencas intramontañas y han sido agrupados en la Secuencia de Río Juncalito. Este periodo finaliza cuando un sistema de fallas inversas de alto ángulo y vergencia al este alza el basamento Paleozoico de la CCG hace aproximadamente 21-20 Ma.

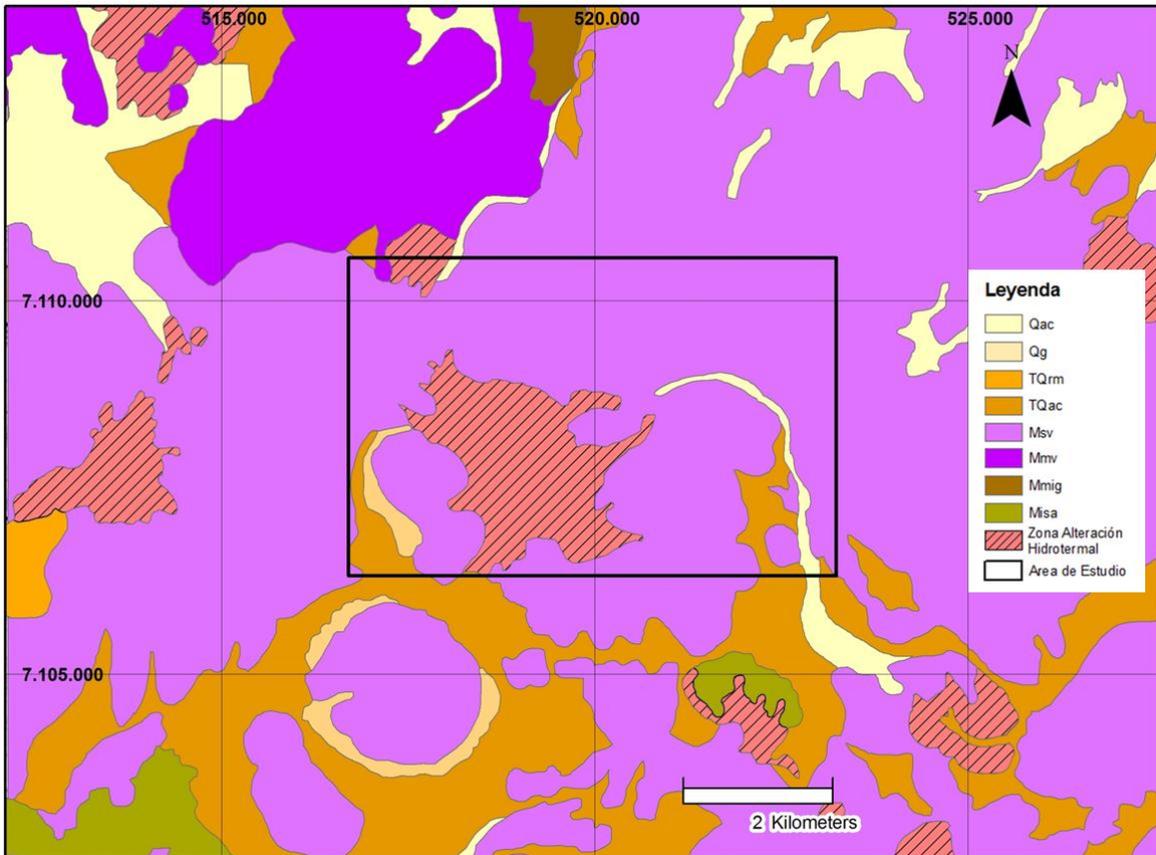
Posteriormente, la CCG registra un intenso volcanismo, evidenciado en grandes complejos de domos y extensos flujos de bloques y cenizas asociados. Estas rocas fueron eruptadas en la parte norte de la CCG a los ~20-19 Ma y corresponden a la Secuencia de Sierra de Aliste y subsecuentemente cubiertos por la Ignimbrita Vega Helada (18-19 Ma), un extenso nivel de composición dacítica.

Mientras estos eventos ocurrían en la CCG, un gap volcánico ocurría en la Cordillera de Maricunga (Mpodozis et al., 1995) donde el magmatismo se reactiva sólo a los 17-14 Ma construyendo grandes complejos volcánicos (Doña Inés, Ojos de Maricunga). En la cuenca de trasarco de CCG, el Mioceno medio fue un periodo de alzamiento, erosión y acumulación de una potente unidad de gravas (la secuencia de Río Lamas) interdigitada con capas de ignimbritas distales (15-16 Ma) de proveniencia principalmente del oeste. Discordancias progresivas y pliegues intraformacionales son comunes en las gravas del Mioceno medio, mostrando una deformación contraccional sincrónica. Estructuras de gran escala que incluyen pliegues de vergencia al este y en la parte norte de la CCG, pliegues de retrocargamiento vergentes al oeste, probablemente asociadas a fallas ciegas en el basamento fueron también formados a este momento. El arreglo geométrico de las estructuras regionales, que también incluyen en la parte sur de la CCG fallas inversas de alto ángulo de vergencias al este y al oeste, sugiere la participación de una componente de rumbo en la deformación.

Finalmente, un desplazamiento hacia el este del foco magmático ocurre en el Mioceno tardío ocupando la moderna posición dentro de la Zona Volcánica Central (Mpodosis et al., 1985), permitiendo a la CCG ocupar su actual posición de antearco proximal. El volcanismo y la sedimentación continúan durante el Mioceno Superior-Plioceno, depositándose extensas secuencias de gravas e ignimbritas de proveniencia este, algunas de la cuales fueron depositadas a lo largo del flanco oeste de la CCG. Un suave plegamiento afecta estas secuencias, evidenciando una etapa tardía de deformación compresiva en el Mioceno superior.

### **3.2. Unidades de roca aflorantes en el área de estudio**

El Complejo Volcánico Tres Puntas se incluye dentro de la unidad de Complejos volcánicos y estratovolcanes del Mioceno superior (Fig. 3) (Clavero et al. 1998), la que se caracteriza por representar la mayor distribución areal en la zona, donde uno de los principales centros de emisión corresponde al Complejo Volcánico Tres Puntas (o Cordón de la Azufrera Tres Puntas). Es un edificio volcánico parcialmente colapsado y relativamente poco erosionado que se compone principalmente de lavas, domos y depósitos piroclásticos de caída proximales, de composición andesítico-basáltica a dacítica. Éste complejo volcánico se encuentra inserto dentro de una estructura regional noroeste que alinea varios centros volcánicos tal como el Cerro Lagunas Bravas, así como zonas de alteración hidrotermal que se están explorando en la actualidad.



**Figura 4.** Extracto del Mapa Geológico Preliminar del Área del Salar de Piedra Parada (Clavero et Al., 1998) abarcando las inmediaciones del área de estudio. Qac: Depósitos aluviales y coluviales reciente. Qg: Depósitos glaciares. TQrm: Depósitos de remoción en masa. TQac: Depósitos aluviales y coluviales indiferenciados antiguo. Msv: Complejos volcánicos y estratovolcanes del Mioceno superior. Mmv: Complejos volcánicos y estratovolcanes del Mioceno medio. Mmig: Ignimbrita Grande (Mioceno medio a superior). Misa: Secuencia Sierra de Aliste (Secuencia volcanosedimentaria continental del Mioceno inferior)..

Con los datos de las muestras con control geológico que se cuenta y una interpretación básica de la imagen de google earth, se generó el mapa geológico que se presenta a continuación.

### 3.2.1 Litología

El edificio volcánico se compone de lavas andesíticas porfídicas de piroxeno de grano medio de color gris marrón a marrón verdoso, con masa fundamental vítrea y magnetita diseminada.

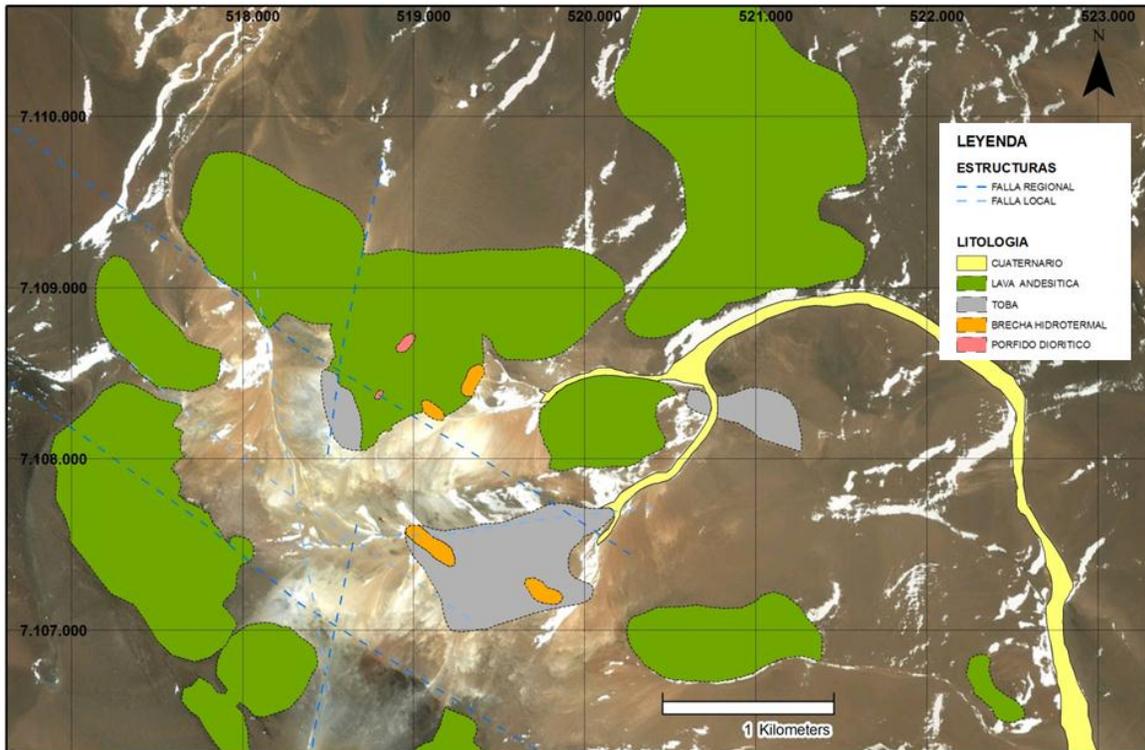
Dentro del edificio volcánico existe una zona de alteración hidrotermal, donde el protolito corresponde a rocas piroclásticas de caída, lavas andesíticas y cortando a las anteriores, brechas hidrotermales y un intrusivo hipabasal de composición diorítica.

Las lavas andesíticas que se encuentran al interior del edificio volcánico, en general presentan las mismas características de las lavas que componen el edificio, diferenciándose principalmente en el color (tonos más claros), por el desarrollo parcial de sílice residual y por la destrucción de las magnetitas. Se encuentran principalmente en la parte alta del sistema.

Las rocas piroclásticas corresponden a tobas de caída de lapilli, de composición lítico-vítrea a lítico cristalinas, con fragmentos subangulares en general indeterminados, aunque se reconocen algunos de lavas andesíticas y pómez y matriz cinerítica. Se trata principalmente de tobas andesíticas a daciandesíticas (en algunos casos se han reconocido ojos de cuarzo en baja proporción). En general se encuentran fuertemente obliteradas por la alteración hidrotermal.

Cortando las unidades anteriores, se encuentran las brechas hidrotermales. Son de composición polimíctica, con fragmentos de lavas andesíticas y tobas de lapilli fuertemente silicificados (localmente con desarrollo de sílice residual) y matriz soportadas de sílice y polvo de roca. Los fragmentos son angulosos a subangulosos de grano grueso (entre 1 a 15 cm). Presentan cantidades variables de limonitas dentro de la matriz. En general presentan orientaciones preferenciales noroeste y noreste.

En la parte alta del sistema, cortando las lavas, se encuentra un intrusivo hipabisal, que corresponde a un cuerpo diorítico de anfíbola. Es de color gris y se caracteriza por su textura porfídica, con plagioclasas de grano medio y por la presencia de pirita diseminada de grano fino (de 1 a 3%), además de trazas de óxidos de cobre. Este intrusivo se observa en dos afloramientos que definen una orientación noreste (Fig. 5)



**Figura 5.** Mapa geológico de la zona de estudio del Complejo Volcánico Tres Puntas.

### 3.2.2. Alteración Hidrotermal

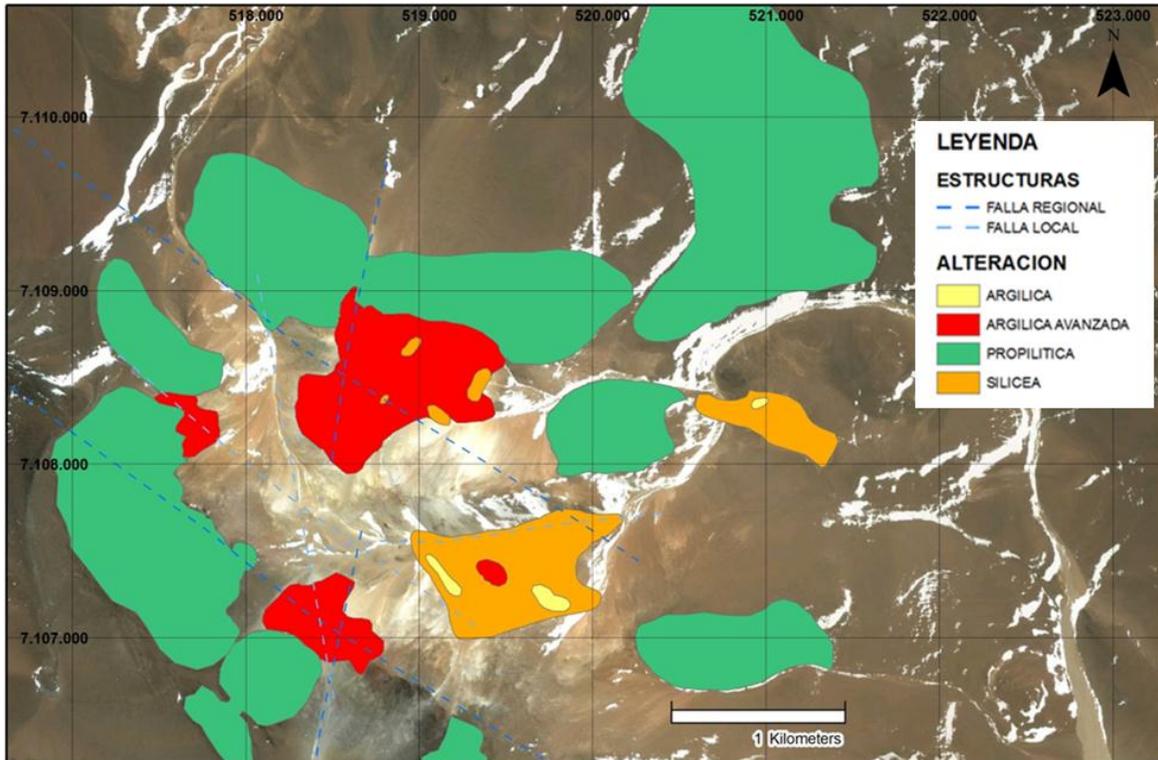
En la fig. 6 se observa que las lavas que componen el edificio volcánico presentan alteración propilítica moderada a débil, caracterizada por la presencia de clorita y epidota, aunque localmente se encuentran frescas.

Las alteraciones reconocidas en el núcleo del edificio volcánico corresponden a argílica avanzada, silíceo y argílica, las que no necesariamente se correlacionan con las litologías, pero presentan una zonación en sentido vertical (fig. 6).

La parte alta del sistema se caracteriza por el desarrollo de la alteración argílica avanzada, donde la asociación de minerales de alteración que se reconoce corresponde a sílice, alunita, yeso y azufre. Este tipo de alteración se reconoce también en partes más bajas del sistema, asociado a actividad fumarólica sobreimpuesta, que evidencia sobreimposición dentro del sistema de alteración.

La alteración argílica afecta las rocas ubicadas en la periferia de algunas de las brechas hidrotermales, posiblemente como halos de alteración, caracterizándose por la asociación sílice y caolinita.

La silicificación afecta principalmente a las brechas hidrotermales, las tobas en gran medida (haciendo que a veces sea muy difícil distinguir entre ambas litologías.) y al pórfido diorítico con menor intensidad. Se compone principalmente de sílice cristalizada y localmente se observa sílice amorfa en vetillas en la parte alta del sistema, asociada a la alteración argílica avanzada.



**Figura 6.** Mapa de alteración de la zona de estudio del Complejo Volcánico Tres Puntas.

### 3.2.3. Mineralización

Dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas, se desarrolla una zonación de la mineralización, la que se caracteriza de la siguiente forma:

La parte alta del sistema se caracteriza por la presencia de azufre nativo, asociado a las zonas con alteración argílica avanzada. Este mineral es bastante abundante en algunas zonas, llegando a leyes de sobre el 50%. Se presenta en mantos, nódulos y diseminado, siendo prospectado por la división Salvador de Codelco en la década de los 90. Existe una pequeña ocurrencia de azufre en medio de la zona con alteración silíceas, en una zona de menor cota a las zonas de azufre reconocidas en las partes altas, lo que evidencia una superposición de eventos dentro del sistema.

En el marco de la prospección por azufre realizada por Codelco Salvador, se encontraron los primeros valores anómalos de Au (0.5 ppm).

La única evidencia de sulfuros se asocia al pórfido diorítico, la que se caracteriza por la presencia de pirita.

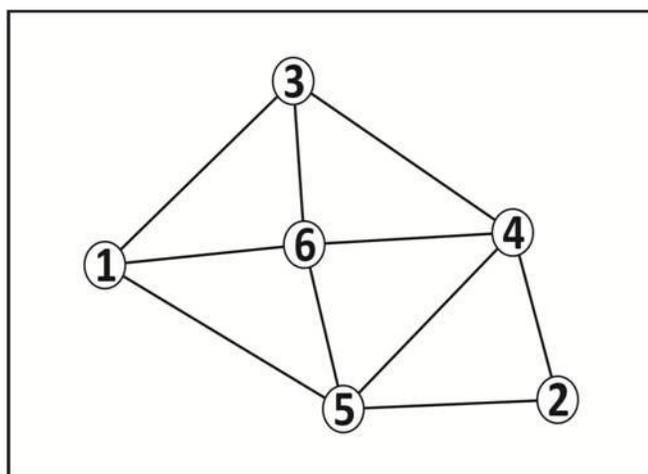
Se observa algunas muestras con trazas de minerales oxidados de Cu en la zona con alteración argílica avanzada de la parte alta del sistema, en algunas muestras de brechas hidrotermales y en el pórfido diorítico y sus inmediaciones.

No se observa una zonación en el tipo ni en la cantidad de limonitas presentes en las muestras las que son muy variables y no se correlacionan con el tipo de roca ni con la alteración de éstas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1. Características geoquímicas de las muestras

Como resultado del análisis mediante redes neuronales artificiales (RNA) se generó un mapa neuronal compuesto por 6 Grupos Geoquímicos (o nodos) interconectados (Fig. 7).



**Figura 7.** Mapa neuronal resultante del análisis del set de datos del Complejo Volcánico Tres Puntas. La estructura corresponde a 6 Grupos Geoquímicos (o nodos) interconectados. Cada nodo se identifica con un número correlativo a su orden de “aparición” durante el proceso de entrenamiento de la red neuronal artificial.

Cada Grupo Geoquímico representa a un grupo de muestras con características químicas similares, las cuales pueden ser determinadas directamente en forma visual, a través de mapas de colores que se despliegan sobre la estructura del mapa neuronal (Figs. 8 a 15).

Para determinar que elementos son anómalos dentro de cada Grupo Geoquímico, se calcula el promedio aritmético de todas las muestras para cada

elemento (eliminando para estos efectos los valores que se encuentran bajo el límite de detección) y se asume que se comportan según una distribución normal. En base a este criterio se define como una concentración anómala las concentraciones que se encuentran por sobre dos desviaciones estándar del promedio, concentraciones altas las que se encuentran entre una y dos desviaciones estándar por sobre el promedio, concentraciones medias altas las que se encuentran entre el promedio y una desviación estándar por sobre el promedio y concentraciones medias bajas las que se encuentran entre el promedio y una desviación estándar bajo el promedio.

Según el criterio antes descrito, se definen las principales características químicas de las muestras asociadas a cada Grupo Geoquímico o nodo, las que se detallan a continuación:

### **Nodo 1**

Este nodo incluye 41 muestras, las cuales se caracterizan por presentar concentraciones de Au, Ca y Mo medias altas (Fig. 8).

### **Nodo 2**

Este nodo incluye 8 muestras, las cuales se caracterizan principalmente por presentar concentraciones anómalas de Ba, Be, Cs, Li, Na, Rb y Zn; estas muestras también presentan concentraciones altas de Al, Ce, Hf, La, Mn, Nb, Ni, Sc, Ta, Th, U, Y y Zr y concentraciones medias altas de Ca y Mg. (Figs. 9 y 10).

### **Nodo 3**

Este nodo incluye 12 muestras, las cuales se caracterizan principalmente por presentar concentraciones anómalas de Pb, concentraciones altas de As, Bi, Fe, Ge, In, Sb, Se, Sn, Te y Tl y concentraciones medias altas de Ca, Mo y Re (Figs. 11 y 12).

### **Nodo 4**

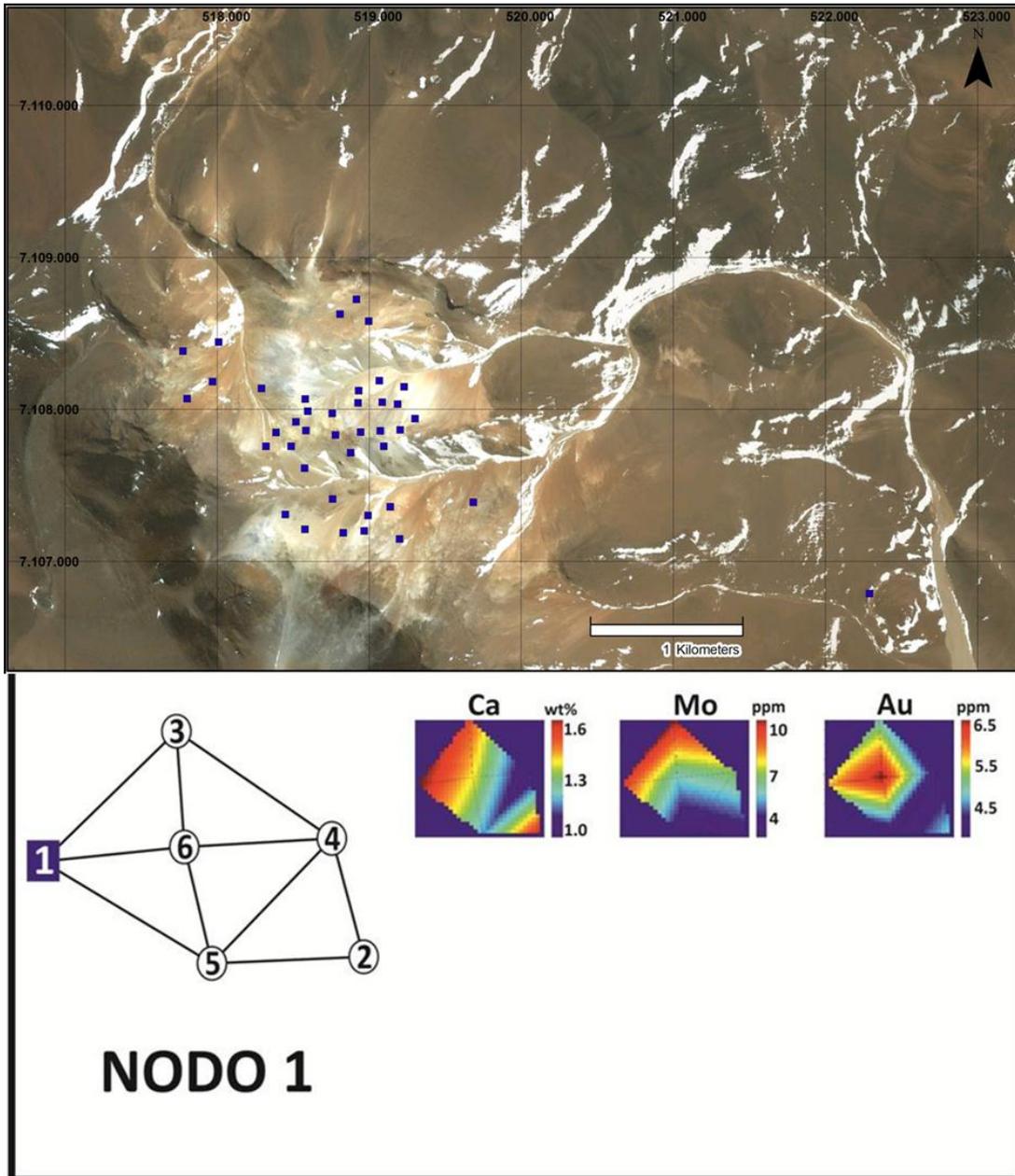
Este nodo incluye 19 muestras, las cuales se caracterizan principalmente por presentar concentraciones altas de Al, Ga, K, P, S, Sr y V y concentraciones medias altas de Ag y Cr (Fig. 13).

### **Nodo 5**

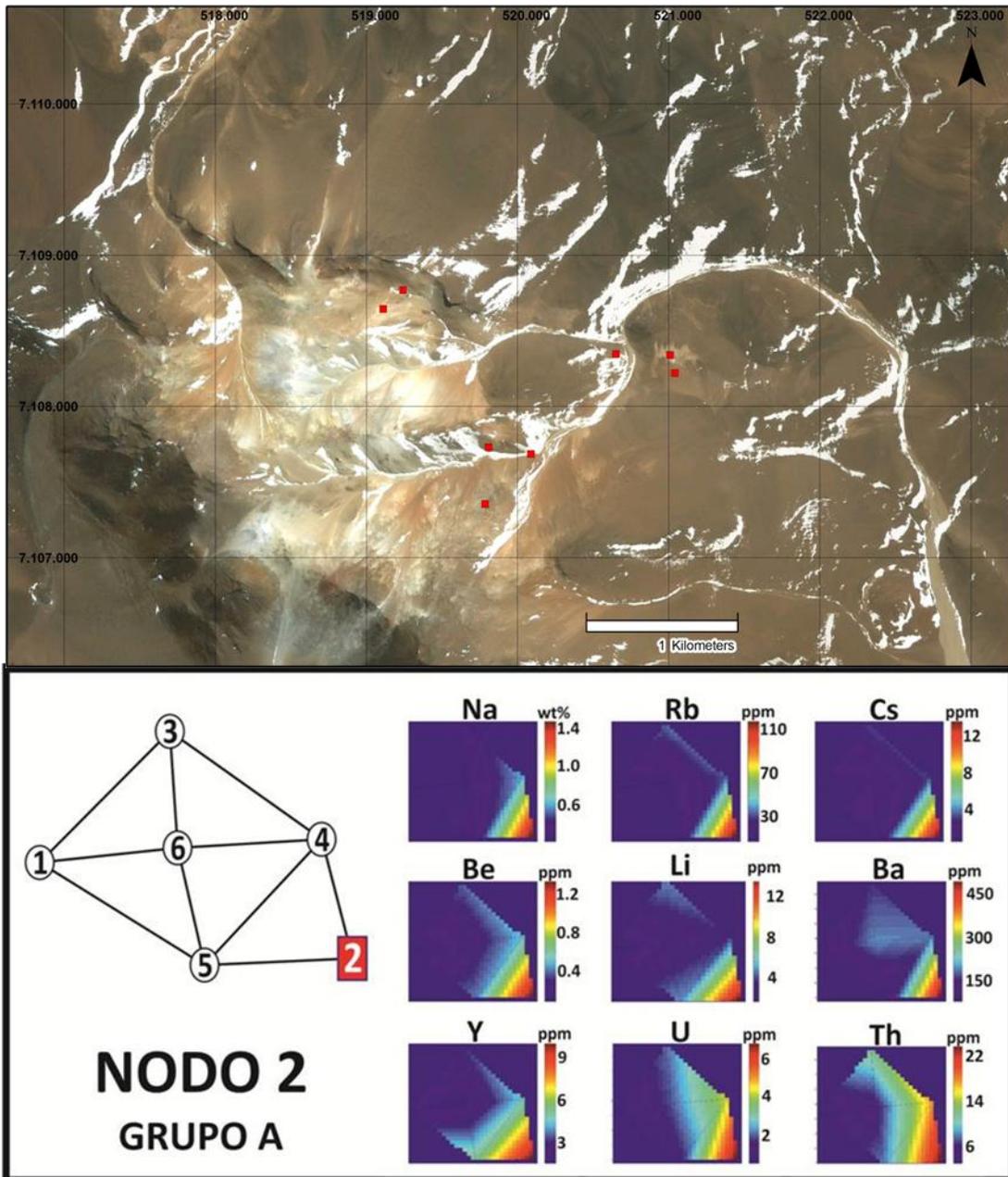
Este nodo incluye 11 muestras, las cuales se caracterizan principalmente por presentar concentraciones altas de Co, Cu, Mg, Mn y Ni y concentraciones medias altas de Cd (Fig. 14).

## Nodo 6

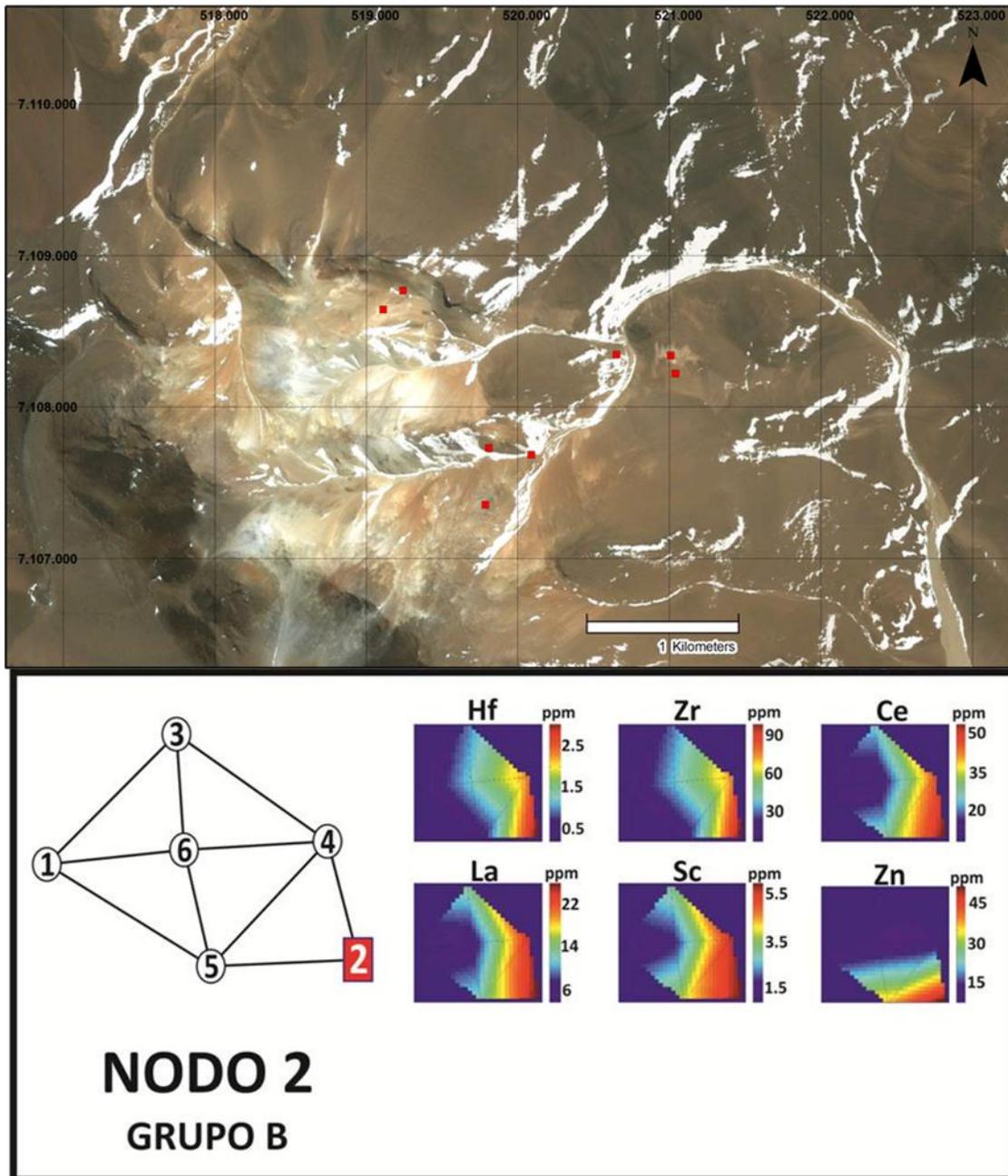
Este nodo incluye 22 muestras, las cuales se caracterizan principalmente por presentar concentraciones medias altas de Cr, Nb, Ti, W y concentraciones medias bajas de Au y Ta (Fig. 15).



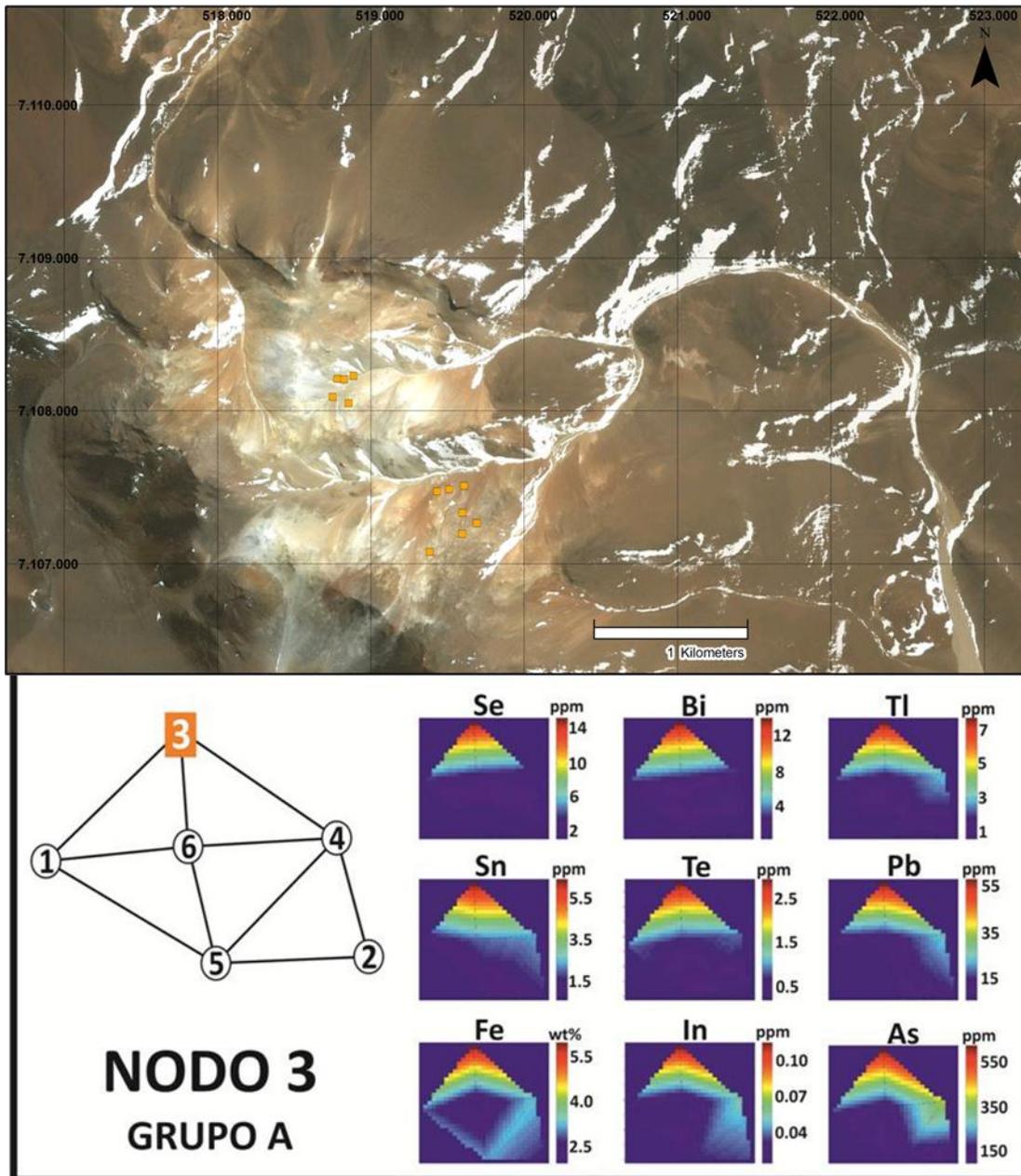
**Figura 8.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos azules indican la ubicación de las 41 muestras de superficie, asociadas al Nodo 1. Se indica además la posición del Nodo 1 en el mapa neuronal y las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.



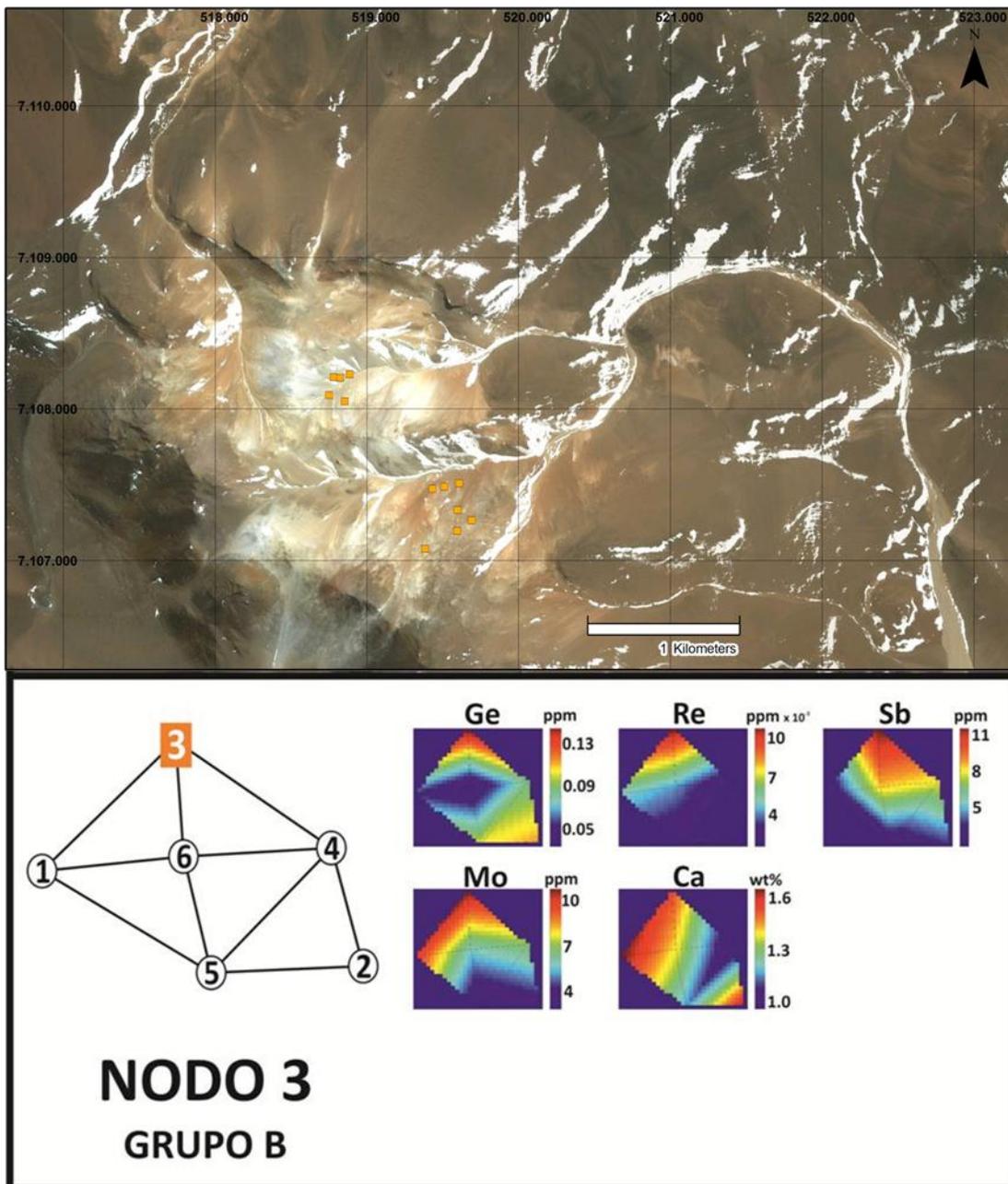
**Figura 9.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos rojos indican la ubicación de las 8 muestras de superficie, asociadas al Nodo 2. Se indica además la posición del Nodo 2 en el mapa neuronal y algunas de las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.



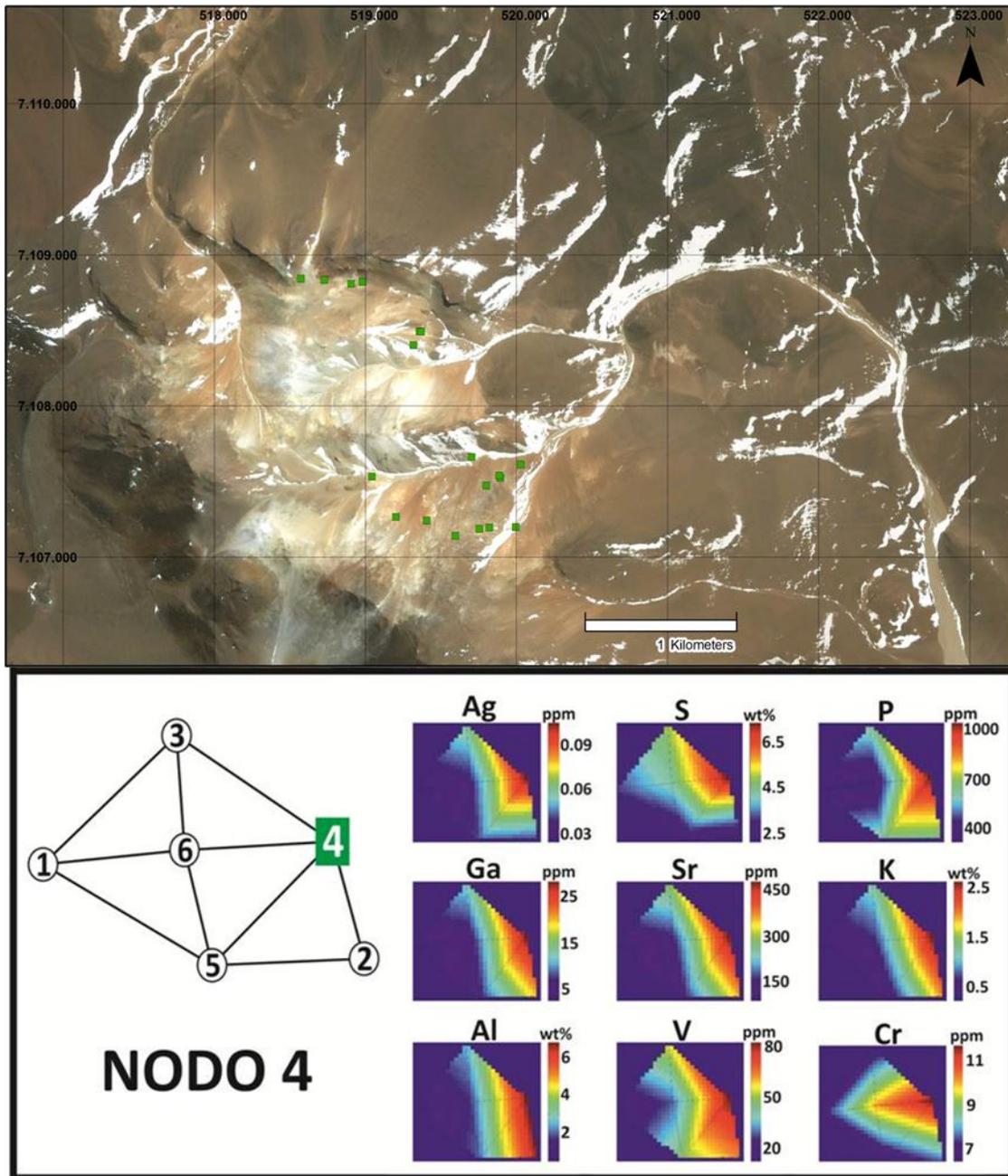
**Figura 10.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos rojos indican la ubicación de las 8 muestras de superficie, asociadas al Nodo 2. Se indica además la posición del Nodo 2 en el mapa neuronal y algunas de las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.



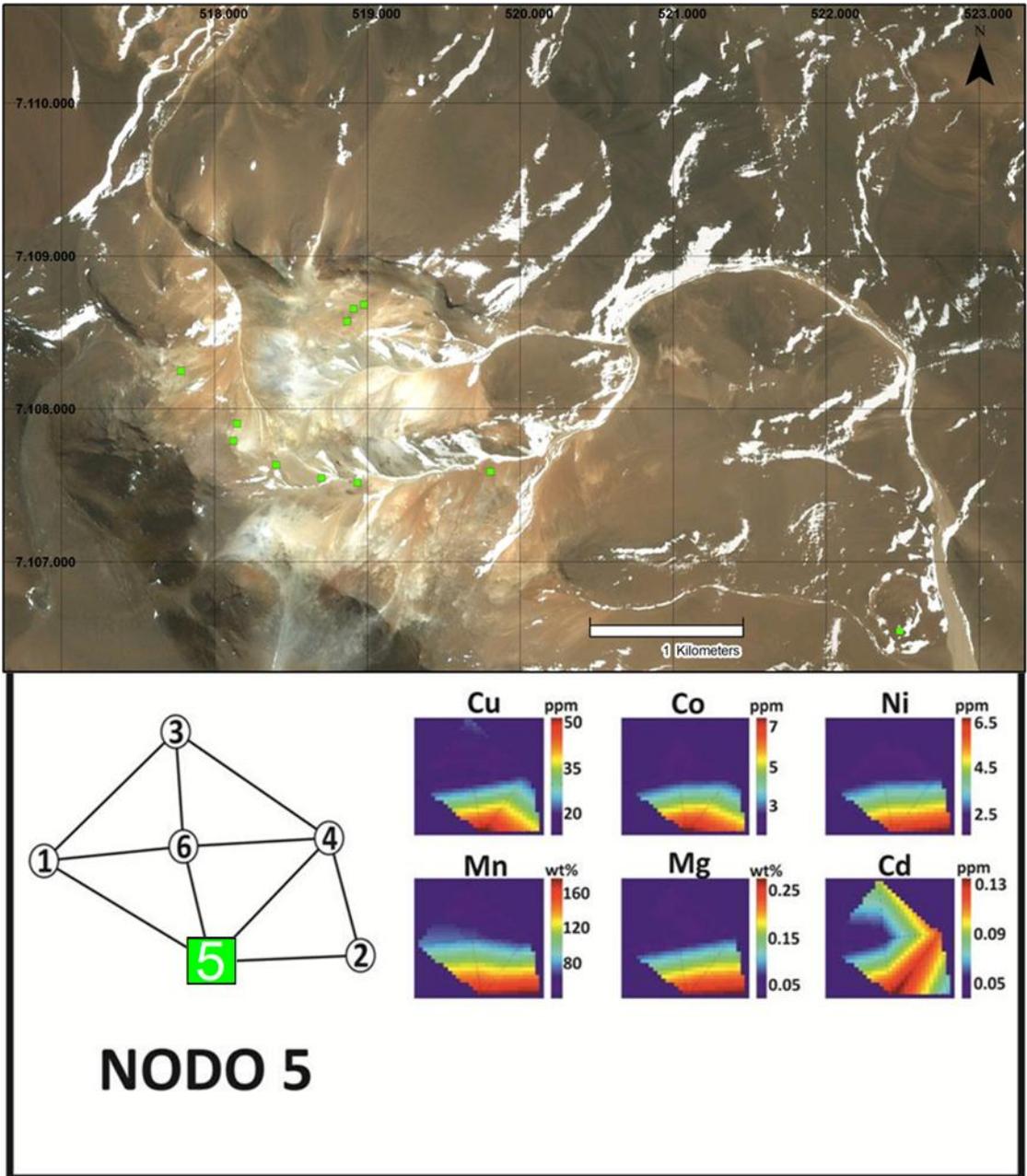
**Figura 11.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos anaranjados indican la ubicación de las 12 muestras de superficie, asociadas al Nodo 3. Se indica además la posición del Nodo 3 en el mapa neuronal y algunas de las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.



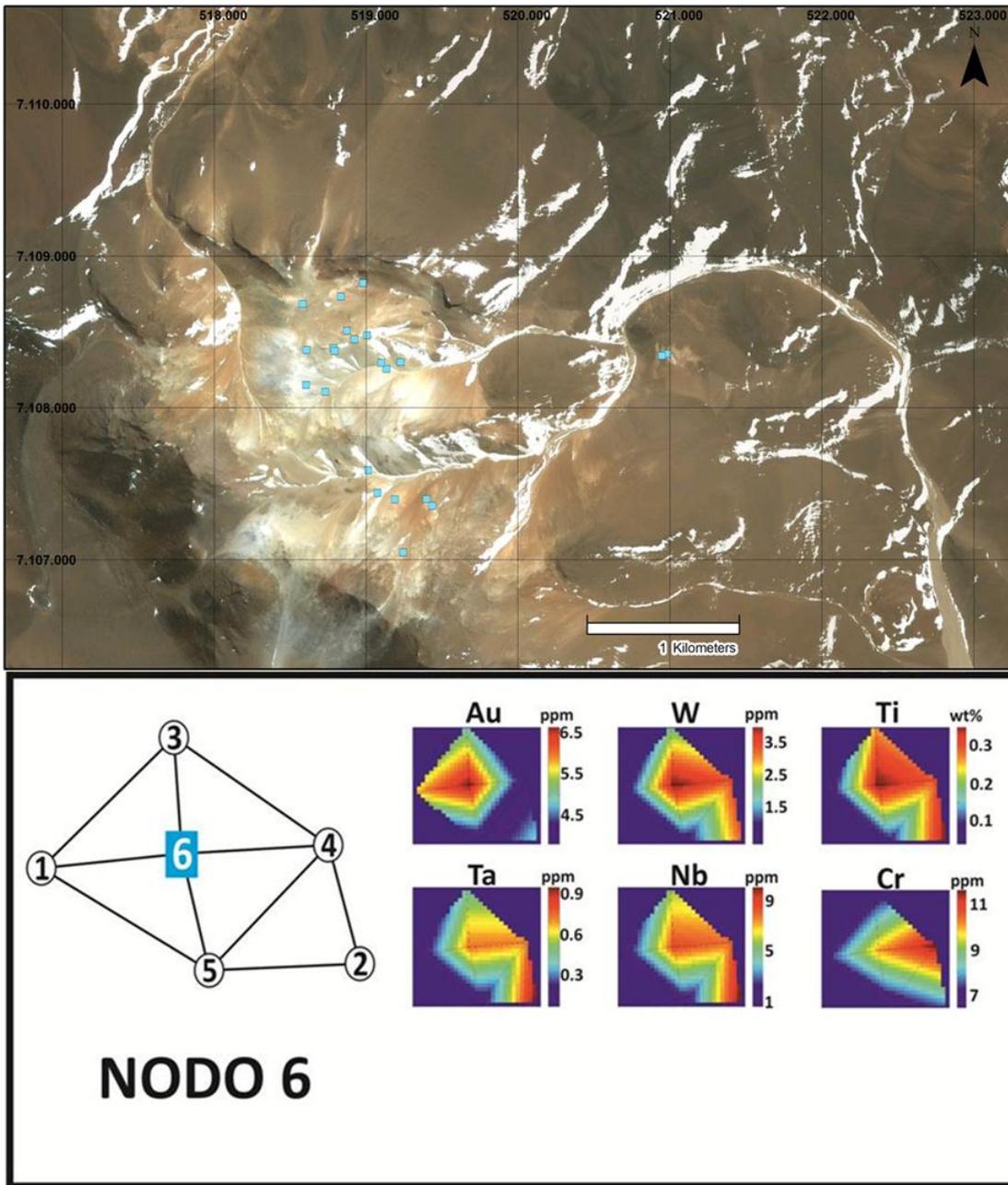
**Figura 12.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos anaranjados indican la ubicación de las 12 muestras de superficie, asociadas al Nodo 3. Se indica además la posición del Nodo 3 en el mapa neuronal y algunas de las principales características geoquímicas de este grupo de muestras (ver Fig. 7).



**Figura 13.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos verdes indican la ubicación de las 19 muestras de superficie, asociadas al Nodo 4. Se indica además la posición del Nodo 4 en el mapa neuronal y las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.



**Figura 14.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos rosados indican la ubicación de las 11 muestras de superficie, asociadas al Nodo 5. Se indica además la posición del Nodo 5 en el mapa neuronal y las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.



**Figura 15.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile. Los rectángulos celestes indican la ubicación de las 22 muestras de superficie, asociadas al Nodo 6. Se indica además la posición del Nodo 6 en el mapa neuronal y las principales características geoquímicas de este grupo de muestras.

## 4.2. Características mineralógicas

Aun cuando no se cuenta con la información para la totalidad de las muestras analizadas, en base a la información mineralógica disponible es posible distinguir algunas características comunes en las asociaciones de minerales presentes en las muestras de los nodos 1, 2, 3, 4 y 6.

Esta información se presenta en forma detallada en la Tabla 2 y en resumen corresponde a:

### **Nodo 1:**

La única muestra asociada a este nodo de la que se tiene información es la muestra 75726, la que presenta alteración propilítica con hematita y jarosita como minerales asociados a la alteración. Pero ésta muestra se encuentra muy alejada da la zona de alteración hidrotermal principal (fig. 16).

### **Nodo 2:**

Las muestras asociadas a este nodo presentan alteración hidrotermal principalmente asociada a silicificación y argílica avanzada en menor proporción, con hematita, jarosita, goetita y azufre como minerales asociados a la alteración.

### **Nodo 3:**

Las muestras asociadas a este nodo presentan principalmente alteración hidrotermal argílica avanzada y silicificación, con alteración argílica en menor proporción, con jarosita, goetita, hematita, azufre y minerales oxidados de cobre como minerales asociados a la alteración.

### **Nodo 4:**

Las muestras asociadas a este nodo presentan alteración hidrotermal principalmente del tipo silicificación, con alteración argílica avanzada y argílica en menor proporción, con jarosita, goetita, azufre, hematita y minerales oxidados de cobre como minerales asociados a la alteración.

### **Nodo 5:**

Las muestras asociadas a este nodo presentan alteración hidrotermal principalmente del tipo silicificación, con alteración propilítica en menor proporción, con pirita y magnetita como minerales asociados a la alteración.

## Nodo 6:

Las muestras asociadas a este nodo presentan principalmente alteración hidrotermal argílica avanzada, con silicificación y alteración argílica en menor proporción, con jarosita, azufre, goetita, hematita y minerales oxidados de cobre como minerales asociados a la alteración.

**Tabla 2:** Información geológica disponible de las muestras de este estudio. si: sílice, cd: calcedonia, op: ópalo, al: alunita, hm: hematita, ja: jarosita, go: goetita, S: azufre, gm: yeso, cx: mineral oxidado de Cu, cy: arcilla, mg: magnetita. Se indica el nodo al cual esta asociada cada muestra.

NODO	ID	TIPO DE MUESTRA	ALTERACIÓN HIDROTHERMAL	ASOCIACIÓN MINERALES DE ALTERACIÓN	MINERALES ASOCIADOS A LA ALTERACIÓN
1	75726	CHIPS	PROPLÍTICA	si-ep	hm-ja
1	75695	SL		--	
2	75777	RG	SILICIFICACIÓN	cd	go-hm
2	75694	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	ja-hm
2	75762	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	go-hm
2	75760	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	go-hm
2	75687	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	S
2	75688	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	S
2	75693	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	op-al-cy	ja
2	75738	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	hm
3	75773	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go
3	75739	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-gm-al	S
3	75740	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-gm-al	ja
3	75741	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	cy-gm-al	--
3	75742	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	ja-hm-cx
3	75776	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go
3	75759	CHIPS	ARGÍLICA	si-cy	ja-go
3	75769	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go-hm
4	75732	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S-ja
4	75747	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	S-cx
4	75748	CHIPS	SILICIFICACIÓN	SI	ja-hm
4	75749	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja
4	75756	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go-hm
4	75758	CHIPS	ARGÍLICA	si-cy	ja-go
4	75733	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S-ja
4	75689	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	--
4	75690	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	--
4	75692	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	ja-hm
4	75729	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S-ja
4	75757	CHIPS	ARGÍLICA	si-cy	ja-go-hm
4	75761	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si-cy	ja-go
4	75765	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go-hm
4	75767	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go
4	75772	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	go
5	75715	RG	SILICIFICACIÓN	si	py
5	75697	SL		--	
5	75718	SL		--	
6	75728	CHIPS	ARGÍLICA	si-cy	hm
6	75743	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	cx
6	75744	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja
6	75764	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	ja-go
6	75771	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	go-hm-S
6	75727	CHIPS	ARGÍLICA	si-cy	S
6	75734	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-gm-al	S
6	75735	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S-ja
6	75736	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S-ja
6	75737	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	py-cx
6	75752	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	ja-s
6	75753	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S
6	75754	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	ja
6	75775	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	hm-s
6	75691	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	S
6	75730	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	cx
6	75731	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-cy-al	S-ja
6	75746	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	--
6	75766	CHIPS	ARGÍLICA	si-cy	hm
6	75770	CHIPS	ARGÍLICA AVANZADA	si-al	go-S
6	75774	CHIPS	SILICIFICACIÓN	si	go

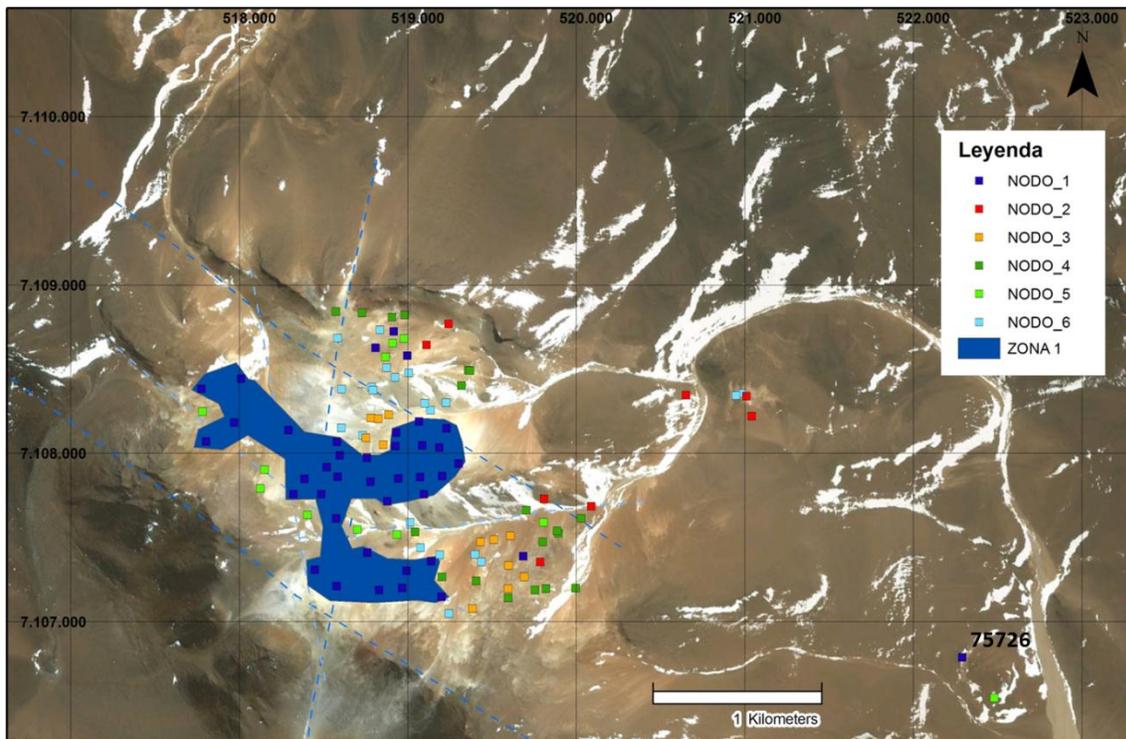
## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Base de datos

La base de datos con que se cuenta para realizar el presente estudio, se compone de 113 muestras de superficie (regolito, suelo y chips de roca), las que cuentan con análisis químico de roca total para 49 elementos. De este universo de muestras, 58 muestras se tomaron con la supervisión de un geólogo y las otras 55 muestras carecen de información geológica.

El mapa geológico presentado en este estudio fue realizado con la información de las 58 muestras disponibles. Dentro de la base de datos con la información geológica, existe sólo una muestra asignada a la anomalía representada por el nodo 1, pero ésta se ubica en una posición alejada de la zona de alteración hidrotermal principal dentro del área de estudio (muestra 75726).

La Zona 1 se definió en base a la desinformación con respecto a la geología de las muestras que definen la anomalía geoquímica que representa al nodo 1 (fig.16), para poder compararla con las otras anomalías geoquímicas representadas por los otros nodos donde se tiene mayor información de la geología.



**Figura 16.** Representación gráfica de todos los nodos sobre imagen de google earth, donde se define la Zona 1.

Del total de muestras analizadas, el 65% tienen valores por debajo del límite de detección para el Au (<5 ppb). Razón por la cual este proyecto dejó de ser de interés para Gold Fields Chile.

## **5.2. Geología**

El Complejo Volcánico Tres Puntas se encuentra inserto dentro de un lineamiento regional noroeste que controla el emplazamiento de éste y varios complejos volcánicos, así como zonas de alteración, algunas de las cuales se están explorando en la actualidad, hacia el noroeste.

Al interior del Complejo Volcánico Tres Puntas se ha identificado la presencia de lavas y tobas fuertemente alteradas y obliteradas, las que son cortadas por brechas hidrotermales que en algunos casos presentan clastos con desarrollo de sílice residual, lo que indica que puede tratarse de algún tipo de brecha freatomagmática que esté incorporando material de mayor profundidad hacia la superficie.

Se observa también la presencia de un intrusivo hipabisal de composición diorítica y textura porfídica con mineralización de pirita y trazas de minerales oxidados de Cu, lo que podría significar la presencia de un pórfido de Au-Cu en profundidad.

La zonación de la alteración no es clara, ya que sólo se ha definido en los sectores donde las muestras tomadas tienen control geológico, sin embargo, se reconocen dos zonas de alteración características.

La primera correspondiente a la zona de la azufrera, sector norte del Complejo, donde predomina la presencia de lavas andesíticas con una asociación de alteración argílica avanzada con presencia de alunita-sílice (y caolinita en menor proporción). Esto indica que se está dentro de un sistema epitermal de alta sulfuración, lo que sumado a la presencia de azufre asociado a este tipo de alteración, indica que se trata de la parte alta del sistema, asociado a actividad fumarólica, es decir, que se está sobre la tabla de agua, en la zona calentada por vapor. La presencia de vetillas de sílice opalina avala esto.

La segunda zona de alteración identificada se ubica al sureste de la primera, donde predomina la presencia de tobas silicificadas y algunos cuerpos de brecha hidrotermal. La fuerte presencia de sílice cristalina indicaría que se está en una parte algo más profunda dentro del sistema, dentro del paleo nivel del agua subterránea. Localmente se observa un par de zonas con alteración argílica (asociación cuarzo-caolinita) en las inmediaciones de cuerpos de brechas hidrotermales, lo que correspondería a halos de alteración asociados a las brechas.

La presencia de una pequeña zona con alteración argílica avanzada dentro del sector donde predomina la alteración silíceo es indicativo de sobreimposición dentro del sistema de alteración, lo que puede ser reflejo del colapso del edificio volcánico mientras aún persistía actividad de alteración dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas.

Ambas zonas antes descritas, se encuentran separadas por un sector donde las muestras no cuentan con control geológico, pero presentan características geoquímicas comunes, la denominada Zona 1 (fig.16).

Tanto las brechas hidrotermales como el pórfido diorítico se encuentran orientados según las direcciones preferenciales definidas por los lineamientos regionales y locales.

Al Complejo Volcánico Tres Puntas se le asigna una edad Mioceno superior, pero la alteración no está datada. Sin embargo, las rocas que se encuentran al noroeste del Complejo Volcánico Tres Puntas tienen edad asignada al Mioceno medio, mientras que dataciones cercanas a zonas de alteración, en centros volcánicos ubicados al sureste, sobre la estructura noroeste regional indican edades del orden de 7-5 Ma.

### **5.3. Mapa Neuronal**

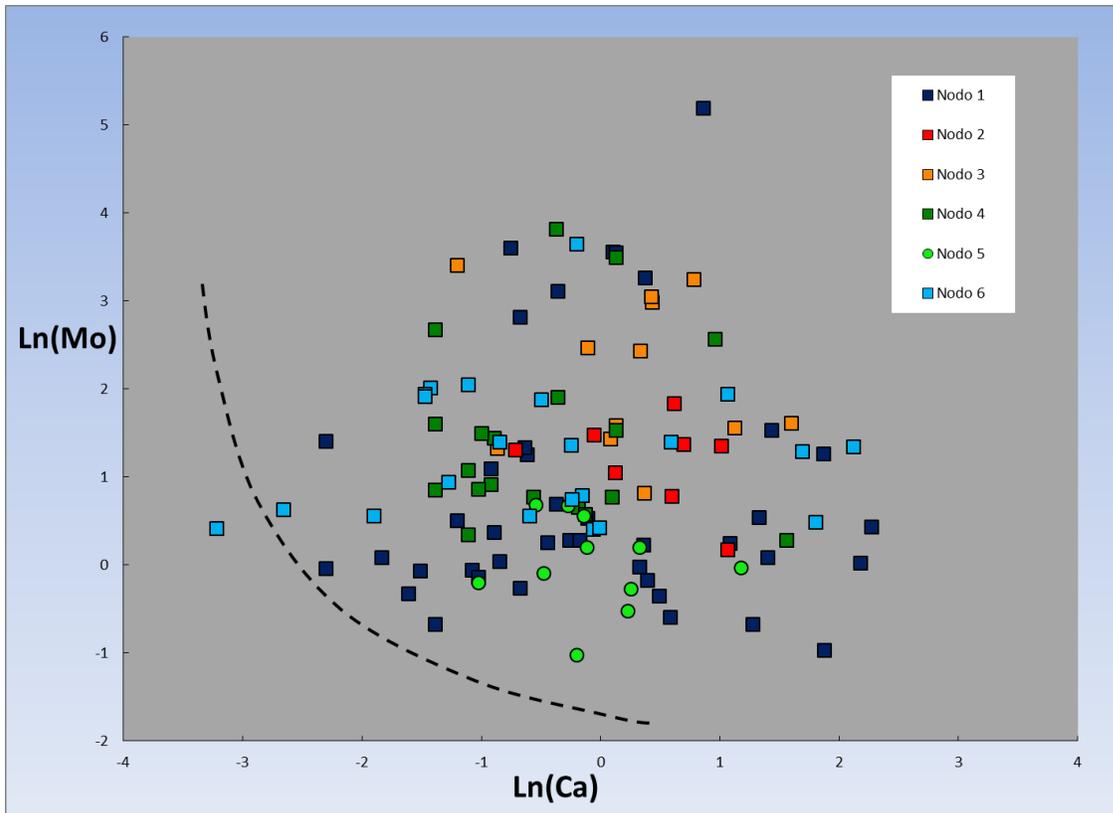
Considerando la distribución dentro del mapa neuronal y las características químicas de las muestras asociadas a los distintos nodos, se buscan gradientes geoquímicos locales a través de diagramas bi-variantes que reafirmen los resultados obtenidos anteriormente. Para ello, se analizan algunos de los elementos químicos que son característicos por sus mayores concentraciones en cada uno de los nodos.

La línea punteada en cada gráfico es sólo de referencia y representa un límite arbitrario que separa la mayor cantidad de muestras del nodo que se está analizando del resto de los nodos en cada caso.

#### **5.3.1. Nodo 1**

Para el análisis de este nodo, se utiliza el diagrama bi-variante que representa gráficamente el Mo y el Ca (fig. 17), elementos que caracterizan al nodo 1 por presentar concentraciones medias altas de ellos.

Del análisis gráfico que se hace en base a estos elementos, no se logra distinguir una tendencia clara que permita diferenciar las muestras asociadas a los nodos 1, 4 y 6 entre si. Sin embargo, se distingue una leve tendencia que separa las muestras asociadas al nodo 5 con valores intermedios a bajos de las muestras asociadas a los nodos 2 y 3 que presentan valores intermedios a altos.



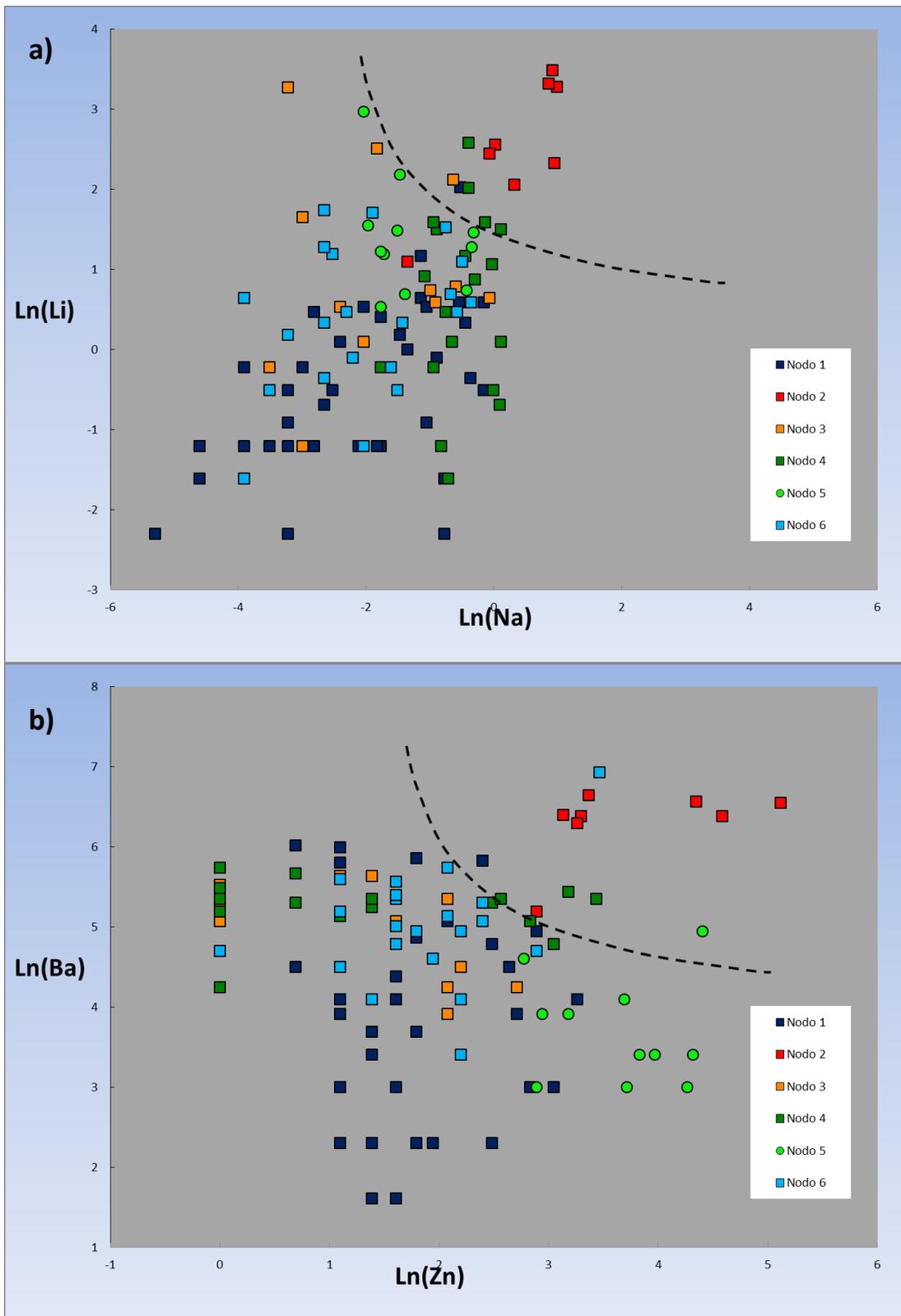
**Figura 17.** Diagrama bi-variante Ln(Ca) vs. Ln (Mo), donde se proyectan todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

### 5.3.2. Nodo 2

Para analizar el nodo 2 se utilizan dos diagramas bi-variantes que representan dos pares de elementos característicos del nodo 2, como lo son el Zn-Ba y el Na-Li.

De ambos diagramas se observa que las muestras asociadas al nodo 2 presentan un gradiente que las separa claramente de los otros nodos.

En la figura 18 (b) se observa un leve gradiente marcado por el aumento de Zn que tiende a segregar las muestras asociadas a los nodo 1, 3, 4 y 6 con valores menores a los que presentan las muestras asociadas al nodo 5.



**Figura 18.** Diagramas bi-variantes (a)  $\text{Ln}(\text{Zn})$  vs.  $\text{Ln}(\text{Ba})$  y (b)  $\text{Ln}(\text{Na})$  vs.  $\text{Ln}(\text{Li})$ , donde se proyectan todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

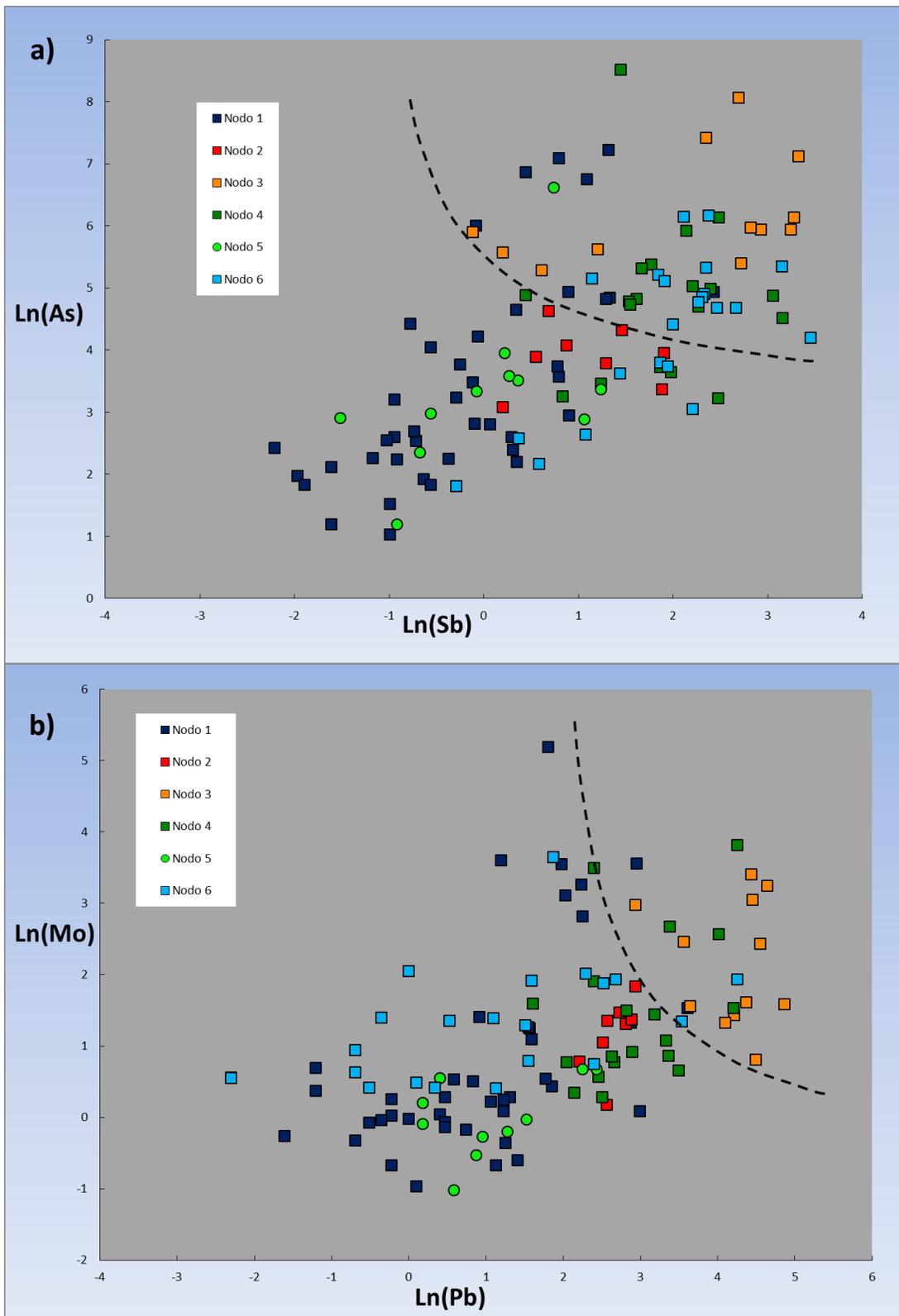
### 5.3.3. Nodo 3

Para analizar al nodo 3 se utilizan los diagramas bi-variantes que representan dos pares de elementos característicos de éste nodo, como lo son el Sb-As y el Pb-Bi.

De la figura 19 (a), diagrama bi-variante que representa los elementos Sb-As se desprende que las muestras asociadas al nodo 3 presentan una distribución similar al nodo 4, que las distingue del nodo 5 y en menor medida del nodo 2. Es decir, se observa un leve gradiente geoquímico que pasa de valores bajos asociado al nodo 5, pasando por valores bajos a intermedios asociados al nodo 2 para llegar a valores intermedios a altos asociados al nodo 3 (y 4). Los nodos 1 y 6 presentan una tendencia similar, que no permite diferenciarlos entre ellos.

De la figura 19 (b), diagrama bi-variante que representa los elementos Pb-Bi se desprende que las muestras asociadas al nodo 3 presentan una distribución que las distingue del resto de los nodos en gran medida. Se observa un leve gradiente geoquímico que pasa de valores bajos asociado al nodo 5, pasando por valores intermedios asociados al nodo 4 para llegar a valores intermedios a altos asociados al nodo 3. Los nodos 1 y 6 presentan una tendencia similar, que no permite diferenciarlos entre ellos.

Las muestras asociadas al nodo 2, presentan valores relativamente homogéneos de Pb con un incremento en los valores del Bi.



**Figura 19.** Diagramas bi-variantes (a)  $\text{Ln(Sb)}$  vs.  $\text{Ln(As)}$  y (b)  $\text{Ln(Pb)}$  vs.  $\text{Ln(Bi)}$ , donde se proyectan todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

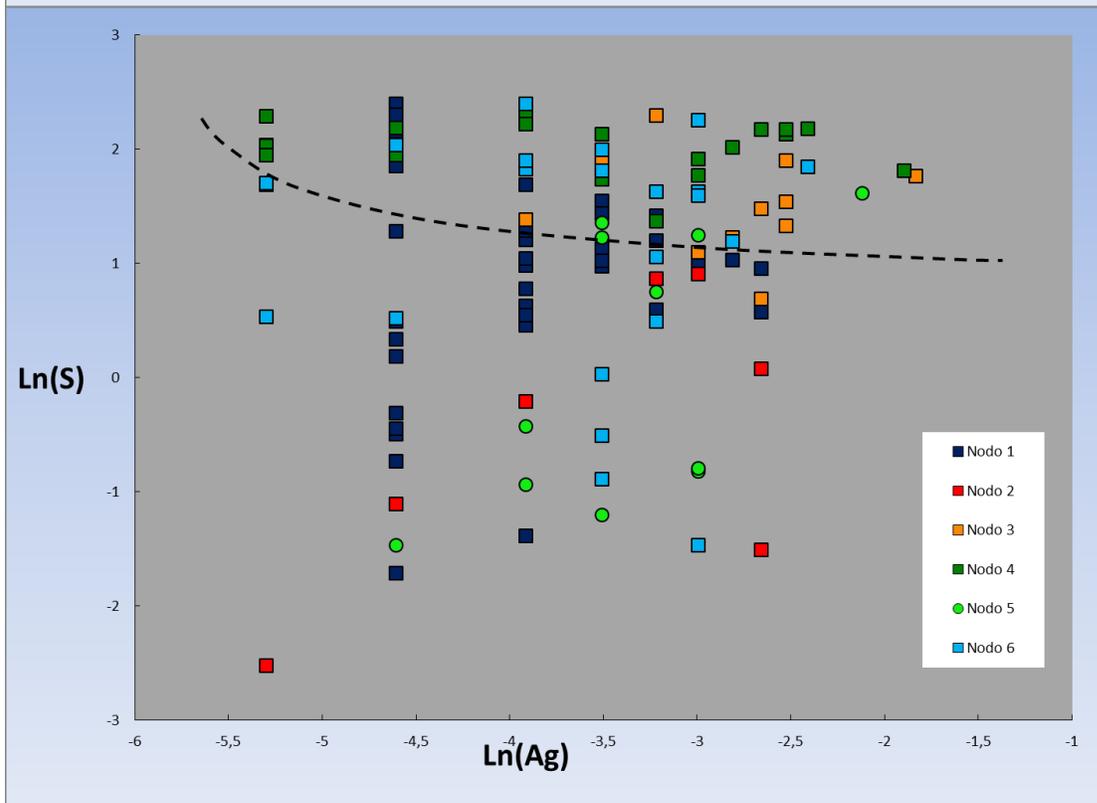
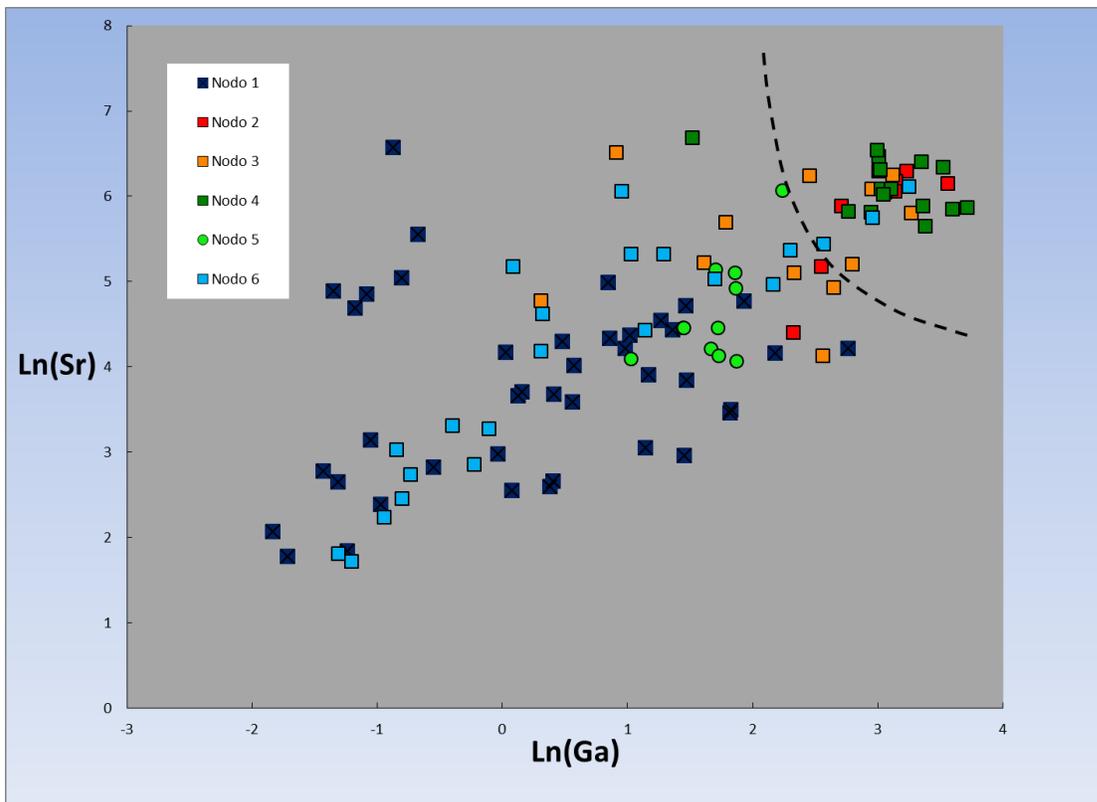
#### 5.3.4. Nodo 4

Para analizar al nodo 4 se utilizan los diagramas bi-variantes que representan dos pares de elementos característicos de éste nodo, como lo son el Ga-Sr y el Ag-S.

De la figura 20 (a), donde se representa gráficamente la distribución Ga-Sr, se observa que las muestras asociadas al nodo 4 presentan un gradiente que las segrega del resto de los nodos, aunque se mezclan con algunas muestras asociadas a los nodos 2, 3 y 6.

Se observa un gradiente que segrega las muestras asociadas al nodo 1 de las muestras asociadas al nodo 4. Las muestras asociadas al nodo 6 presentan una tendencia uniforme que no las distingue del resto de los nodos.

Al analizar la figura 20 (b), el diagrama bi-variante que representa los elementos Ag-S, nos encontramos con que los valores de la plata son bajos y discretos, por lo que este grafico resalta el aumento de azufre asociado a los distintos nodos. En este contexto, existe una leve tendencia que separa las muestras asociadas al nodo 4 (y 3) de las muestras asociadas al nodo 2. Las muestras asociadas a los nodos 1, 5 y 6 presentan una distribución que no las distingue del resto de los nodos.

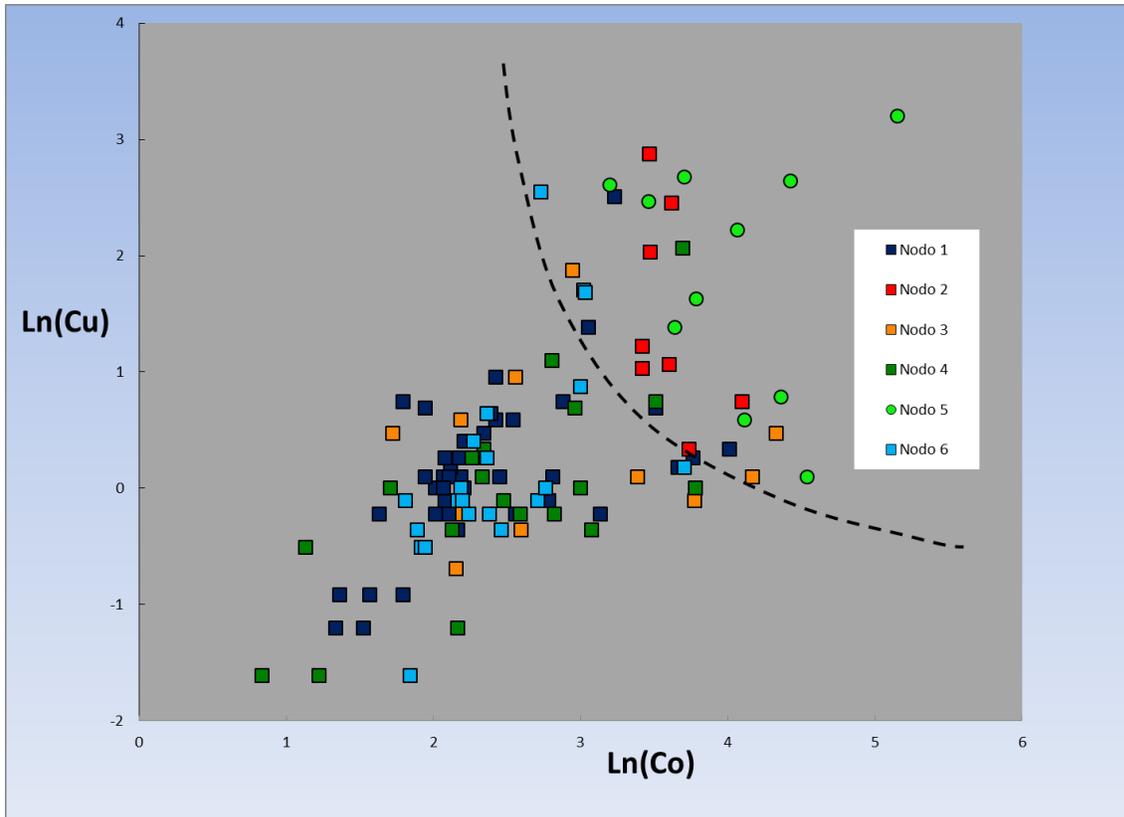


**Figura 20.** Diagramas bi-variantes (a)  $\text{Ln}(\text{Ga})$  vs.  $\text{Ln}(\text{Sr})$  y (b)  $\text{Ln}(\text{Ag})$  vs.  $\text{Ln}(\text{S})$ , donde se proyectan todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

### 5.3.5. Nodo 5

Para analizar al nodo 5 se utiliza el diagrama bi-variante que representa dos de los tres elementos característicos de éste nodo, como lo son el Co-Cu.

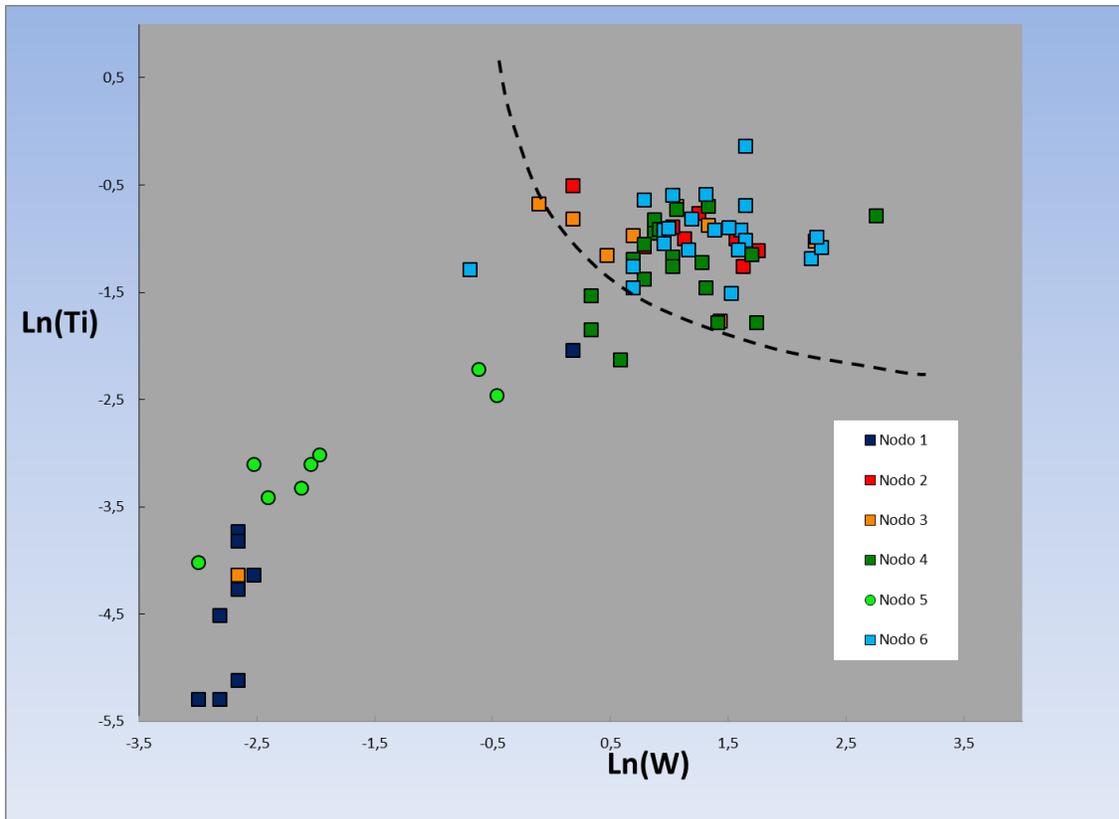
De la figura 21, se desprende que las muestras asociadas al nodo 5 (y 2) presentan una distribución que las distingue de los nodos 1, 3, 4 y 6.



**Figura 21.** Diagrama bi-variante  $\ln(\text{Co})$  vs.  $\ln(\text{Cu})$  donde se proyectan todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

### 5.3.6. Nodo 6

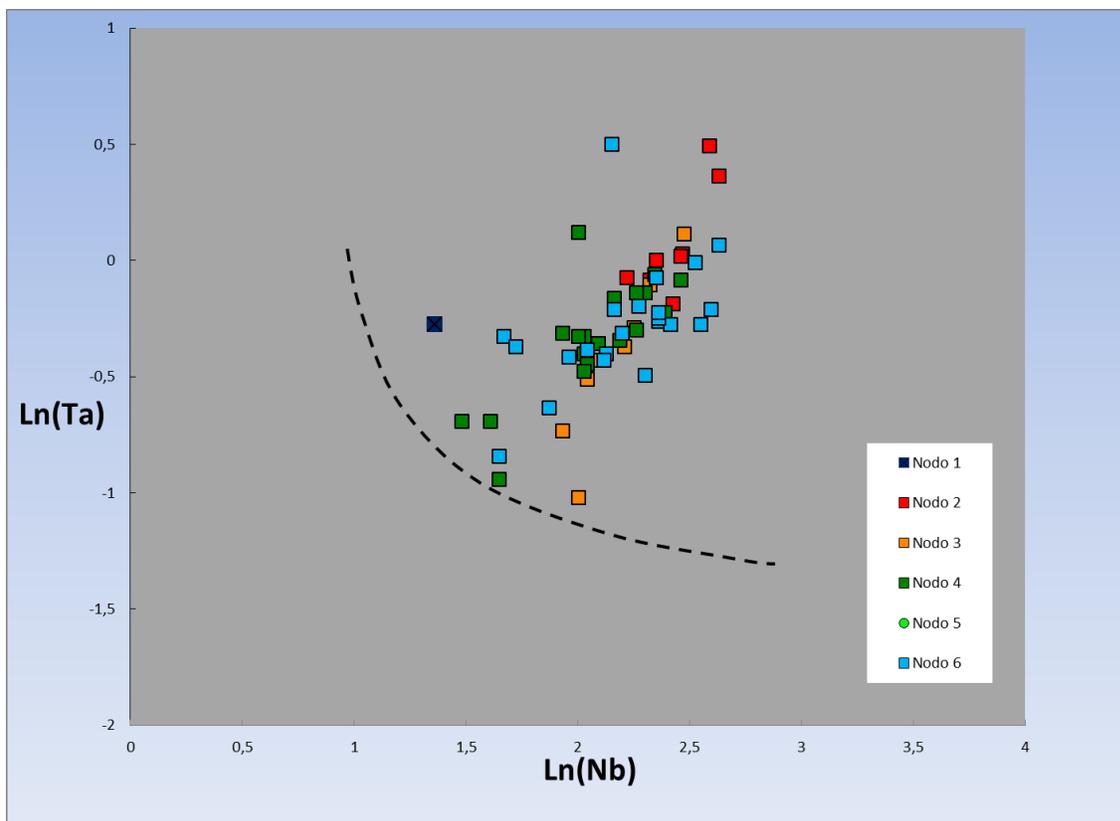
Para el análisis del nodo 6 se utilizan los diagramas bi-variantes que representan dos pares de elementos característicos de éste nodo, como lo son el W-Ti y Nb-Ta



**Figura 22.** Diagrama bi-variente Ln(W) vs. Ln (Ti) donde se proyectan todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

De la figura 22 se desprende que las muestras asociadas a los nodos 2, 4 y 6 presentan una fuerte tendencia a segregarse de las muestras asociadas a los nodos 1 y 5. Las muestras asociadas al nodo 3 no presentan una tendencia que permita diferenciar su distribución de las muestras asociadas a los otros nodos. Sin embargo, gran cantidad de las muestras asociadas al nodo 1 están bajo el límite de detección de los elementos que se analizan en esta figura, por lo que no alcanzan a salir en la fig. 22, haciendo que el comportamiento de las muestras asociadas a dicho nodo no sea concluyente.

En la figura 23 no se observan gran cantidad de muestras que están bajo el límite de detección del Ta, donde se incluyen 40 de las 41 muestras asociadas al nodo 1 y las 11 muestras asociadas al nodo 5 (incluyendo 4 de las 12 muestras asociadas al nodo 3). Lo que sí se observa es que las muestras asociadas a los nodos 4 y 6 presentan la misma tendencia, mientras que existe un leve gradiente geoquímico que tiende a separar las muestras asociadas al nodo 3 (con valores intermedios) de las muestras asociadas al nodo 2 con valores un poco superiores.



**Figura 23.** Diagramas bi-variantes Ln(Nb) vs. Ln (Ta) donde se proyectan las muestras asociadas a los distintos nodos.

#### 5.4. Relación entre mapa neuronal y zonas de alteración

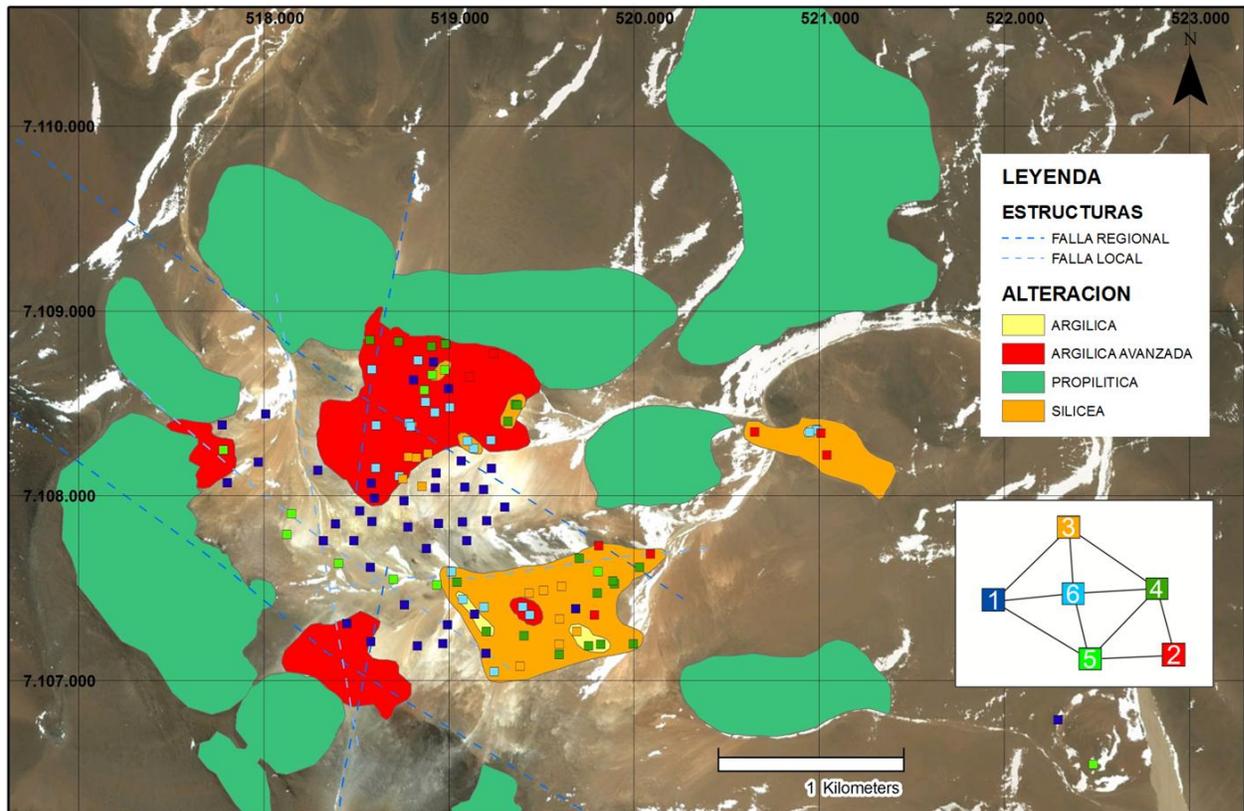
Los resultados indican que no existe una relación clara entre la geoquímica de las muestras de superficie y los distintos tipos de alteración reconocidas en el Complejo Volcánico Tres Puntas, sin embargo, un análisis más detallado de la distribución de las muestras asignadas a los distintos nodos dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas permite indicar que:

Las dos zonas principales donde se ha reconocido la alteración hidrotermal presentan una orientación noroeste, donde predomina la alteración argílica avanzada en la zona septentrional y la alteración silíceea en la zona meridional.

Las muestras asociadas al nodo 1 representan la anomalía geoquímica menos interesante dentro del mapa neuronal, ya que los elementos que la representan: Ca, Mo y Au están también representados por el nodo 3 (Mo y Ca) y por el nodo 6 (Au). Si a esto le sumamos la escasa información geológica que se tiene de las muestras asignadas al nodo 1 (razón por la cual se definió la Zona 1, fig. 16), la comparación se realiza principalmente con las dos zonas de alteración reconocidas, donde el resto de los nodos se agrupan en gran medida (Fig. 24).

Las muestras asociadas al nodo 2 presentan una distribución periférica a la zona principal de alteración hidrotermal dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas, ubicándose principalmente al interior de las zonas con alteración hidrotermal silíceo (Fig. 24).

Las muestras asociadas al nodo 5 se ubican sobre la traza de varias de las estructuras inferidas dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas y asociadas con el intrusivo hipabisal diorítico (Fig. 24).



**Figura 24.** Imagen satelital (Google Earth) del Complejo Volcánico Tres Puntas, Región de Atacama, Chile, donde se representan las zonas de alteración reconocidas y todas las muestras asociadas a los distintos nodos.

La distribución de las muestras asociadas a los nodos 3, 4 y 6 coincide estrechamente con las dos áreas en las que se concentran las muestras con control geológico y en donde se evidencian las zonas con alteración hidrotermal, argílica-avanzada, silíceo y argílica (Fig. 24).

Las muestras asignadas al nodo 3 se ubican en ambas zonas con la alteración hidrotermal reconocida en la parte central de la zona meridional (donde predomina la alteración silíceo) y al borde sureste de la zona septentrional (donde predomina la alteración argílica avanzada), con una marcada orientación noroeste.

Las muestras asignadas al nodo 4 se ubican en ambas zonas con la alteración hidrotermal reconocida, en una posición hacia el borde norte-noreste de la zona septentrional, asociadas a alteración argílica avanzada y hacia los bordes de la zona meridional, asociada a alteración silíceo principalmente y algunas muestras presentan alteración argílica.

Las muestras asignadas al nodo 6 se ubican en ambas zonas con la alteración hidrotermal reconocida, principalmente en la zona septentrional, asociadas a alteración argílica avanzada y a alteración silíceo en menor proporción. Al interior de la zona meridional, se asocian a alteración argílica avanzada, silíceo y argílica.

## **5.5 Gradientes geoquímicos**

Del análisis del mapa neuronal a través de los diagramas bi-variantes (figs. 17 a 23), se logra determinar algunas tendencias interesantes en la distribución de las muestras asignadas a los distintos nodos.

Hay que considerar que la conexión entre dos nodos dentro del mapa neuronal indica características químicas comunes entre ambos nodos y por lo tanto, como el nodo 6 se encuentra al medio de los nodos 1, 3, 4 y 5; esto hace que dicho nodo presente características comunes con los nodos que lo rodean, lo que hace que sea difícil encontrar un gradiente que distinga al nodo 6 de los nodos 1, 3, 4 y 5.

Como consecuencia de lo anterior, en general, este tipo de diagrama no permite diferenciar entre las tendencias que marcan las muestras asignadas al nodo 1 de las muestras asignadas al nodo 6 (figs. 17, 18, 19, 20 y 21).

La fig. 17, por ejemplo, pese a que grafica dos de los elementos más característicos del nodo 1 (Ca-Mo), no permite diferenciar las muestras asociadas a dicho nodo del resto de las muestras asignadas a los otros nodos.

Las muestras asignadas al nodo 2, al tener una posición más alejada dentro del mapa neuronal, presentan gradientes que las separan claramente del resto de los nodos (fig. 18). Cabe señalar que la fig. 18 (a) marca un leve gradiente geoquímico que separa las muestras asociadas a los nodos 1, 3, 4 y 6 de los nodos 2 y 5 a través del aumento en la concentración del Zn; tendiendo las muestras asociadas al nodo 2 mayores concentraciones de Ba (elemento característico del nodo 2).

Si se considera las anomalías de contraste en sistemas epitermales de alta sulfuración, donde la parte alta del sistema se caracteriza por la presencia de As, Sb, Hg, B, Tl y Au mientras que en profundidad se concentran los metales base (Cu, Pb, Zn) con Bi, Se, Te, Co y Ag (Berger y Bethke, 1985), el gradiente

geoquímico que define el aumento de Zn relaciona los nodos 2 y 5 con rasgos geoquímicos de mayor profundidad que el resto de los nodos.

Los elementos químicos que caracterizan el nodo 3 (Se, Bi, Tl, Sn, Te, Pb, Fe, In, As, Ge, Re y Sb) están relacionados a ambiente somero (As, Sb y Tl) así como a un ambiente más profundo (Bi, Pb, Se y Te) (Berger y Bethke, 1985), lo que sumado a la distribución espacial de estas muestras en ambas zonas con la alteración hidrotermal reconocidas, indican una posible relación con la sobreimposición de eventos dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas.

Lo anterior se corrobora en la figura 19, donde los dos gradientes geoquímicos que segregan las muestras asociadas al nodo 3 se basan tanto en elementos de carácter más somero (Sb-As) como a elementos de carácter más profundo (Pb-Bi).

La fig. 20 (a) muestra una distribución compacta de las muestras asociadas al nodo 4 con valores altos de Ga y Sr (elementos característicos para este nodo) junto con algunas muestras asociadas a los nodos 2, 3 y 6, marcando un gradiente geoquímico que las separa de las muestras asociadas al nodo 1. La presencia de Ag dentro de los elementos característicos de éste nodo, hace de las zonas donde se distribuye este nodo un blanco favorable para la prospección de metales preciosos.

La fig. 21 marca un gradiente geoquímico que separa claramente las muestras asociadas a los nodos 1, 3, 4 y 6 de las muestras asociadas a los nodos 2 y 5 con valores altos de Cu y Co (elementos característicos del nodo 5), ambos elementos considerados de mayor profundidad en sistemas epitermales de alta sulfuración (Berger y Bethke, 1985). El carácter de mayor profundidad que le asignan estos elementos al nodo 5 podría confirmar la existencia de las fallas inferidas donde se distribuye gran parte de las muestras asociadas a éste nodo. Las otras muestras asociadas al nodo 5 se relacionan fuertemente con el intrusivo hipabisal diorítico, lo que avala lo anterior.

En la fig. 22 se ve como se agrupan las muestras asignadas a los nodos 2, 4 y 6 junto con algunas muestras asignadas al nodo 3, lo que sumado a la presencia del Au dentro de los elementos característicos del nodo 6, avalan como blanco de prospección a las dos zonas con alteración hidrotermal reconocidas (zona septentrional y zona meridional).

## **5.6 Comparación con yacimientos epitermales**

En el yacimiento Capillitas en Argentina, asociado a un depósito epitermal, se distingue una sobreimposición de silicificación, alteración argílica y argílica-avanzada (Putz et al., 2009), muy similar a la observada en el Complejo Volcánico Tres Puntas.

Lo anterior es el resultado de un proceso de alteración hidrotermal que han generado una paragénesis compleja de Cu-Pb-Zn-Fe-Mn-As-Sb, con W, Bi, Sn, Te, Ag y Au como elementos menores y Ge, Cd, In, V, Ni y Tl como elementos traza (Putz et al., 2009). Coincidentemente, muchos de estos elementos son también característicos de las zonas de alteración reconocidas del Complejo Volcánico Tres Puntas.

En distritos con mineralización de sulfuros y procesos de alteración hidrotermal con alta silicificación, tales como el distrito Red Dog en Alaska, se han descrito enriquecimientos en As-Sb-Ge-Tl-Fe-Pb y en Ag-S-V (Slack, 2004). Estos enriquecimientos coinciden con las características químicas de las muestras asociadas a los nodos 3, 4 y 6.

En el distrito de Pantanillo (Gamonal, 2007), se han reconocido dos unidades asociadas a distintos eventos de alteración hidrotermal y mineralización.

La primera unidad se encuentra al oeste de Pampa Pantanillo y corresponde al Complejo de domos y depósitos volcánicos asociados. Esta unidad se relaciona a la mineralización del tipo pórfido rico en Au con vetillas de cuarzo bandeadas (similares a las descritas en depósitos como Marte, Lobo y Cerro Casale) y tiene una edad asociada de 22 Ma. La asociación de minerales de alteración alunita-caolinita-dikita se interpreta como una fase de alteración argílica avanzada desarrollada en la parte superior de un sistema porfídico.

Esta unidad presenta una marcada anomalía geoquímica de contraste donde resalta con mayor intensidad la asociación de Au-Cu-Mo y con menor intensidad la asociación de Be-Zn-Ni-Cu-Co-Mn-Hg. La anomalía asociada a Au-Cu-Mo ha sido registrada en otros pórfidos ricos en Au dentro de la franja de Maricunga y se considera en dicho estudio como el mejor parámetro para muestras de suelo para la búsqueda y definición de sistemas de tipo pórfido rico en Au.

La segunda unidad se ubica al este de la Pampa Pantanillo donde se presenta la Unidad Tobacea, formada por tobas y depósitos volcanoclásticos. La alteración hidrotermal de esta unidad corresponde a sílice-alunita-arcilla en zonas calentadas por vapor, con características de un depósito epitermal muy somero (cercano al paleo-nivel freático. Se le asigna una edad 15 Ma para la alteración de esta unidad.

El tipo de anomalía geoquímica que se registra en ésta unidad (los sectores Quebrada de Pantanillo y Oro 52), donde resaltan los elementos As-Sr-Pb-Ba-Fe-Hg se asocia a un sistema epitermal de alta sulfuración.

De las dos unidades descritas en Pantanillo, la Unidad Tobacea presenta características más afines con las observadas en el Complejo Volcánico Tres Puntas en cuanto a la litología y alteración hidrotermal. La anomalía geoquímica

de contraste definida en esta unidad (As-Sr-Pb-Ba-Fe-Hg) y que se asocia a un sistema epitermal de alta sulfuración incluye elementos químicos representados por los nodos 2, 3 y 4.

En particular, las características mineralógicas y de campo del Complejo Volcánico Tres Puntas son concordantes con las reconocidas para los depósitos epitermales de alta sulfuración (Sillitoe y Hedenquist, 2003; Tabla 3 Fig. 25). En términos químicos, este último tipo de depósitos se caracteriza por presentar (Sillitoe y Hedenquist, 2003):

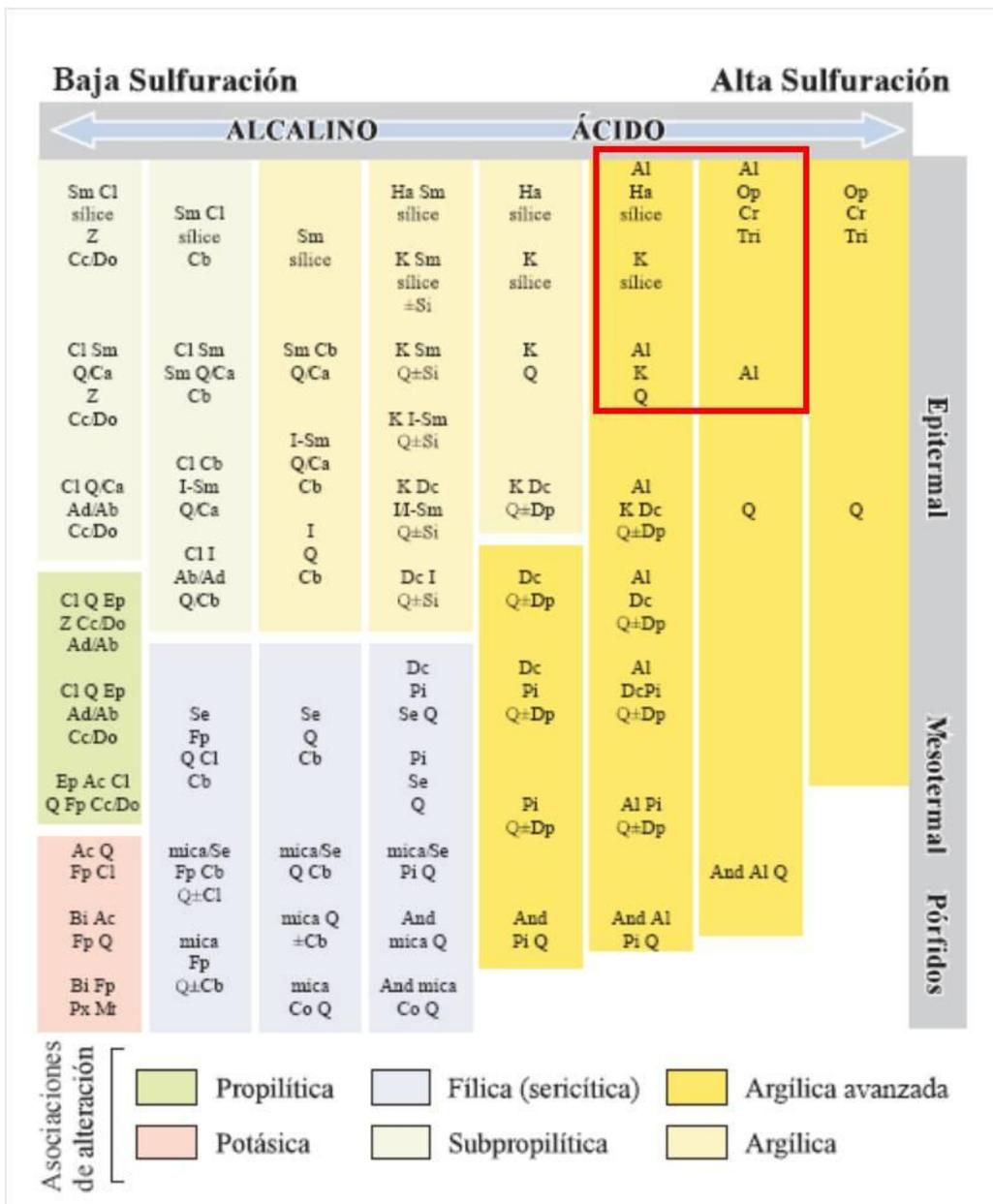
- Un marcado empobrecimiento en Ca de las zonas de alteración de mayor interés.
- Au-Ag, Cu y Ag-Sb como asociaciones de metales principales.
- Zn, Pb, Bi, W, Mo, Sn y Hg como metales menores.

Estos patrones químicos también son concordantes con los resultados encontrados en este estudio, como característicos de las zonas de alteración reconocidas en el Complejo Volcánico Tres Puntas, lo cual reafirma la validez de los resultados.

La zonación de los elementos químicos encontrados en el Complejo Volcánico Tres Puntas marcan gradientes geoquímicos que son concordantes con los reconocidos para depósitos epitermales de alta sulfuración.

**Tabla 3.** Principales características de campo de los diferentes tipos de depósitos epitermales y sus subtipos. Adaptado de Sillitoe y Hedenquist (2003). Los rectángulos rojos indica las características más afines con las observadas en el Complejo Volcánico Tres Puntas.

	Baja sulfuración (BS)		Sulfuración intermedia (SI)	Alta sulfuración (AS)	
	Magma subalcalino	Magma alcalino		Magma oxidado	Magma reducido
<i>Ejemplo tipo</i>	Midas (Nev., EUA)	Emperor (Fiji)	Rico en Au: Baguio (Filipinas) Rico en Ag: Fresnillo (Zac., México)	Diseminado: Yanacocha (Perú) Veta: El Indio (Chile)	Potosí (Bolivia)
<i>Rocas volcánicas relacionadas</i>	Basalto a riolita	Basalto alcalino a traquita	Andesita a riodacita, localmente riolita	Andesita a riodacita	Riodacita
<i>Minerales clave de alteración proximal</i>	Illita/smectita-adularia	Roscoelita-illita-adularia	Sericita, adularia poco común	Cuarzo-alunita/ APS, cuarzo-pirofilita/ dickita en profundidad	Cuarzo-alunita/ APS, cuarzo-dickita en profundidad
<i>Ganga de sílice</i>	Cuarzo y calcedonia crustiforme y colofome rellenando vetas; reemplazamiento de carbonatos	Cuarzo y calcedonia crustiforme y colofome rellenando vetas; cuarzo escaso en fases iniciales	Cuarzo crustiforme rellenando vetas y en peñe	Silicificación masiva de grano fino y cuarzo residual oqueroso ( <i>vuggy</i> )	
<i>Ganga de carbonatos</i>	Presente, pero típicamente tardía y escasa	Abundante, pero no de Mn	Común, típicamente incluyendo variedades de Mn	Ausente	
<i>Otros minerales de ganga</i>	Barita poco común, fluorita localmente	Barita, celestina y/o fluorita común localmente	Barita y silicatos de Mn presentes localmente	Barita común, típicamente tardía	
<i>Abundancia de sulfuros</i>	Típicamente <1 a 2 % vol. (hasta 20 % vol. encajado en basaltos)	2 a 10 % vol.	5 a >20 % vol.	10 a 90 % vol.	
<i>Especies de sulfuros clave</i>	Escasa a muy escasa arsenopirita ± pirrotita; escasas esfalerita, galena, tetraedrita-tennantita, calcopirita		Esfalerita, galena, tetraedrita-tennantita, calcopirita	Enargita, luzonita, famatinita, covellita	Acantita, estibina
<i>Metales principales</i>	Au ± Ag		Au-Ag, Zn, Pb, Cu	Au-Ag, Cu, As-Sb	Ag, Sb, Sn
<i>Metales menores</i>	Zn, Pb, Cu, Mo, As, Sb, Hg		Mo, As, Sb	Zn, Pb, Bi, W, Mo, Sn, Hg	Bi, W
<i>Especies de Se y Te</i>	Seleniuros comunes, localmente telururos	Telururos abundantes, seleniuros poco comunes	Telururos localmente comunes, seleniuros poco comunes	Telururos comunes, localmente seleniuros	Desconocido, pocos datos



**Figura 25.** Esquema de la composición mineralógica de las alteraciones hidrotermales asociadas a la formación de depósitos minerales epitermales, mesotermales y porfídicos, según el pH de las soluciones mineralizantes (Modificado de Camprubí y Albinson, 2006). El rectángulo rojo indica la asociación de alteración más similar a la descrita para el Complejo Volcánico Tres Puntas, caracterizada por la presencia de Alunita (AL) y Sílice (incluyendo ópalo) (Tabla 1). Abreviaciones: Ab = albita, Ac = actinolita, Ad = adularia, Al = alunita, And = andalucita, Bi = biotita, Ca = calcedonia, Cb = carbonatos (de Ca, Mg, Mn y/o Fe), Cc = calcita, Cl = clorita, Co = corindón, Cr = cristobalita, Dc = dickita, Di = diápora, Do = dolomita, Ep = epidota, Fp = feldespatos potásicos, Ha = halloysita, I = illita o illita-esmectita, K = caolinita, Mt = magnetita, Op = ópalo o sílice opalina, Pi = pirofilita, Px = clinopiroxenos, Q = cuarzo, Se = sericita, Si = siderita, Sm = esmectita o esmectita-illita, Tri = tridimita, Z = zeolitas (de menor a mayor temperatura: natrolita, chabazita, mordenita, heulandita; laumontita; wairakita).

## 6. CONCLUSIONES

El Complejo Volcánico Tres Puntas corresponde a un edificio volcánico parcialmente colapsado, con una zonación de alteración asociada a un sistema epitermal de alta sulfuración. Se trata de la parte alta del sistema, lo que se evidencia por la asociación de minerales de alteración de la zona argílica avanzada que en este caso corresponde a la zona de actividad fumarólica dentro del complejo volcánico. Las evidencias de sobreimposición asociados a la actividad fumarólica dentro del sistema de alteración entre las zonas más altas y las más bajas indican un posible colapso del edificio volcánico cercano a los 100 a 200 m, sin considerar lo que se ya se ha erodado.

Los resultados obtenidos con las RNA evidencian la presencia de dos zonas de interés prospectivo dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas, donde domina la presencia de muestras asociadas a los nodos 3, 4 y 6, los que se correlacionan con gran parte de los elementos afines a la mineralización de Au en sistemas epitermales de alta sulfuración, es decir, que la geoquímica de superficie utilizada en el presente estudio evidencia una zonación de elementos químicos que marcan gradientes geoquímicos que son concordantes con los reconocidos para depósitos epitermales de Au de alta sulfuración.

La aplicación de las RNA realizada en este estudio no marca tendencias claras cuando las concentraciones de los elementos analizados son muy bajas o el número de muestras bajo el límite de detección son demasiadas, similar a lo que ocurre con la aplicación de las anomalías de contraste utilizadas en la geoquímica tradicional.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten contrastar grupos de muestras con características afines de sistemas epitermales de alta sulfuración (nodos 3 y 6) de las muestras con características de ambiente más profundo asociado a metales base (nodos 2 y 5). Sin embargo, dentro de los elementos que caracterizan al nodo 3, se encuentran elementos que son afines a ambiente más somero (As-Sb-Tl), así como elementos que se relacionan a una mayor profundidad (Bi-Pb-Se-Te). Esto último puede estar relacionado a la sobreimposición de eventos que se ha registrado al interior del Complejo Volcánico Tres Puntas.

La falta de anomalías de Au más marcadas en superficie puede deberse a que se está en la parte alta del sistema, donde el Au aun no se expresa en superficie.

Por lo antes descrito, se cree que es factible encontrar un cuerpo con mineralización de Au en profundidad, de proporciones considerables (acorde con la extensión de la zona de alteración), pero a una profundidad desconocida pues existen señales que indican rasgos de mayor profundidad como el hecho que no se tenga una anomalía de Au muy marcada en superficie por un lado y por las

evidencias de superposición de eventos dentro del Complejo Volcánico Tres Puntas por el otro.

La utilización de RNA es una poderosa herramienta para agrupar una gran cantidad de muestras según características químicas afines, sin embargo el presente estudio se encuentra en un estado de avance donde no se cuenta con toda la información necesaria para determinar los alcances reales de las RNA para este tipo de proyectos.

## **7. RECOMIENDACIONES**

Realizar una nueva campaña de terreno, que permita completar el mapeo geológico del área de estudio y muestrear sistemáticamente con una malla más reducida las zonas que se definieron como de mayor interés prospectivo, es decir en las dos zonas donde se reconoció la alteración hidrotermal (argílica avanzada y silíceas) y donde se concentran las muestras asociadas a los nodos 3, 4 y 6.

Utilizar difracción de rayos X para definir de forma más exacta las asociaciones de minerales de alteración para determinar si existe una correlación entre el tipo de alteración y las características químicas de las muestras asociadas a los distintos nodos, cosa que no fue posible determinar al describir la alteración de forma visual.

Hacer un estudio geoquímico y mineralógico detallado de los clastos con desarrollo de sílice residual dentro de las brechas hidrotermales para determinar la existencia de éste tipo de cuerpos con mineralización de Au en profundidad.

Realizar campañas de geofísica que permitan determinar la presencia de estructuras mineralizadas (magnetometría) y del tipo magnetotélúrico (CSAMT) que indique la presencia de zonas resistivas en profundidad.

Si los resultados de las etapas antes propuestas son positivos, desarrollar labores de exploración en las zonas de interés, construyendo trincheras para realizar un muestreo sistemático, que permita acotar mejor las zonas para realizar sondajes.

Aplicar las redes neuronales artificiales a la geoquímica de otros proyectos con características similares al Complejo Volcánico Tres Puntas y que se encuentren en un estado de desarrollo más avanzado para ver si éste método es capaz de replicar los resultados ya conocidos en éstos proyectos.

Realizar dataciones de la alteración del Complejo Volcánico Tres Puntas para verificar el contexto geodinámico en que se encuentra inserto el Complejo Volcánico Tres Puntas.

## 8. REFERENCIAS

Boric, R.; Díaz, F.; Maksaev, V. 1990. Geología y yacimientos metalíferos de la región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín 40: 246 p. Santiago.

Berger, B.; Bethke, P. 1985. Geology and geochemistry of epithermal systems. Reviews in Economic Geology, Nº2. 298 pp.

Camprubí, A. and Albinson, T., 2006. Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. Boletín de la sociedad geológica Mexicana, volumen conmemorativo del centenario. Revisión de algunas tipologías de depósitos de minerales de México, Tomo LVIII, n. 1, p. 27-81.

Clavero, J., Gardeweg, M., Mpodozis, C., 1997. Mapa geológico preliminar del área del Salar de Wheelwright, Región de Atacama, escala 1:100.000. (unpublished) Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

Clavero, J., Gardeweg, M., Mpodozis, C., 1998. Mapa geológico preliminar del área del Salar de Piedra Parada, Región de Atacama, escala 1:100.000. (unpublished) Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

Cornelius M., Smith, R. and Cox., A., 2001. Laterite geochemistry for regional exploration surveys – a review, and sampling strategies. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. Vol. 1, No 3, pp. 211-220.

Fritzke, B., 1996. Growing Self-organising Networks — Why: In European Symposium on Artificial Neural Networks (Verleysen, M. editor). D-Facto Publishers, p. 61-72. Brussels.

Gamonal, S., 2007. Exploración minera del distrito Pantanillo, franja de Maricunga, Región de Atacama, Chile. Memoria para optar al título de geólogo, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología.

Gemmell, J.B., 2005, Geology, Geochemistry and Exploration Implications of Hydrothermal Alteration Associated with Epithermal Au-Ag deposits, 2005 New Zealand Minerals and Mining Conference Proceedings, pp. 98-104.

Grunsky, E. C.; Smee, B. W.; Andriashek, L. D., 1999. The differentiation of sample media types and mineralization from multi-element geochemistry using multivariate methods and digital topography. In: Proceedings of the 19th IGES, Vancouver. J. Geochem. Explor. 67, 1-3, 287-299.

Jordan, T.E.; Isacks, B.L.; Almendinger, R.W.; Brewer, J.A.; Ramos, V.A.; Ando, C.J. 1983. Andean tectonics related to geometry subducted Nazca plate. Geological Society of America, Bulletin, Vol. 94, p. 341-361.

Kohonen, T., 1995. Self-Organising Maps. In Springer Series in Information Sciences, Vol. 30 (Huang T.; Schroeder, M. editores). Springer-Verlag, 362 p. Berlin, Germany.

Lacassie, J. P., Roser, B.P., Ruiz del Solar, J., Hervé, F., 2004. Visualization of geochemical datasets by using neural networks: a novel perspective for sedimentary provenance analysis. *Sedimentary Geology*, 165, p. 175-191.

Lacassie, J. P., Ruiz del Solar, J., Roser, B.P., Hervé, F., 2006a. Visualization of volcanic rock geochemical data and classification with artificial neural networks. *Mathematical Geology*, Vol. 38, No 6.

Lacassie, J.P., Gutzmer, J., McClung, C., Bailie, R., Ruiz-del-Solar, J., 2006b. Geochemical patterns of schists from the Bushmanland Group: an artificial neural networks approach. *Journal of Geochemical Exploration* 91, p. 81–98.

Mpodozis, C.; Ramos, V.A. 1990, The Andes Chile and Argentina. Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Science Series, Vol. 11, p. 59-90.

Mpodozis, C.; Cornejo, P.; Kay, S.M., Tittler, A. 1995. La Franja de Maricunga: síntesis de la evolución del Frente Volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los Andes Centrales. *Revista Geológica de Chile* 21 (2): 273-313.

Mpodozis, C., Clavero, J., 2002. Tertiary tectonic evolution of the southwestern edge of the Puna Plateau: Cordillera Claudio Gay (26-27°S), Northern Chile. 5Th International Symposium of Andean Geodynamics, Toulouse France, extended abstracts, p. 445-448.

Muntean, J.L.; Einaudi, M. 2000. Porphyry gold deposits of the Refugio district, Maricunga belt, northern Chile. *Economic Geology* 95: 1445-1472.

Oviedo, L; Fuster, N.; Tschischow, N.; Zuccone, A.; Grez, E.; Aguilar, C. 1991. General geology of La Coipa precious metal deposit, Atacama, Chile. *Economic Geology* 86: 1287-1300.

Pardo-Casas, F.; Molnar, P. 1987. Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since Late Cretaceous time. *Tectonics*, Vol. 6, p. 233-248.

Putz, H., Paar, W.H. and Topa, D., 2009. A contribution to the knowledge of the mineralization at mina Capillitas, Catamarca. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* v.64 n.3.

Sillitoe, R.H.; McKee, E.; Vila, T. 1991. Reconnaissance K-Ar geochronology of Maricunga gold-silver belt, northern Chile. *Economic Geology* 86: 1261-1270.

Sillitoe, R.H., Hedenquist, J.W., 2003, Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits: Society of Economic Geologists, Special Publication Series, 10, p. 314-343.

Slack, J., 2004. Multistage Hydrothermal Silicification and Fe-Tl-As-Sb-Ge-REE Enrichment in the Red Dog Zn-Pb-Ag District, Northern Alaska: Geochemistry, Origin, and Exploration Applications. *Economic Geology*, v. 99, no. 7, p. 1481-1508.

Vesanto, J.; Himberg, J.; Alhoniemi, E.; Parhankangas, J., 1999. Self-Organizing Map in Matlab: the SOM Toolbox. En *Proceedings of the Matlab DSP Conference*, Espoo, Finland, p.35-40. <http://lib.hut.fi/Diss/2002/isbn9512258978/article6.pdf>.

Vivallo S., Waldo ; Díaz C., Alejandro ; Jorquera B., Rodrigo. 2008. Yacimientos metalíferos de la región de Atacama, Escala 1:500.000. SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Recursos Minerales y Energéticos (n.27): 151 p., il; mapa pleg.col + 1 cd, Santiago.

Vila, T.; Sillitoe, R.H. 1991. Gold-rich porphyry systems in the Maricunga belt, northern Chile. *Economic Geology* 86: 1238-1260.

Vila, T. 1991. Epithermal silver-gold mineralization at the La Esperanza area, Maricunga belt, high Andes of northern Chile. *Revista Geológica de Chile* 18 (1): 37-54.

Vila, T.; Sillitoe, R. H.; Betzhold, J.; Viteri, E. 1991. The porphyry gold deposit at Marte, northern Chile. *Economic Geology* 86: 1271-1286.

Walker, A.J.; Cross, S.S.; Harrison, R.F., 1999. Visualisation of biomedical datasets using growing cell structure networks: a novel diagnostic classification technique. *The Lancet*, Vol. 354, p. 1518-1521.

Wu, W.; Dubitzky, W.; Azuaje, F.; Black, N., 1999. Discovering relevant knowledge for clustering through incremental growing cell structures. In *Proceedings 2nd Intern. Conf.*

## **ANEXO A: BASE DE DATOS DE GEOQUIMICA**

**Tabla 4:** (paginas siguientes) Base de datos geoquímica donde se incluyen todas las muestras utilizadas en el presente estudio. Abreviaciones: ORIG: muestra original, FD: duplicado de terreno, FB: blanco de terreno, STD: estándar analítico, CHIPS: muestra de fragmentos de roca, RG: muestra de regolito, SL: muestra de suelo.

Sample ID	Sample_Orig	Sample_Type	East	North	RL	Tipo Analisis	Au	Ag
75687	ORIG	CHIPS	521010	7108340	4980	ME-MS61	2,5	0,01
75688	ORIG	CHIPS	521043	7108221	4969	ME-MS61	2,5	0,02
75689	ORIG	CHIPS	519895	7107525	5114	ME-MS61	5	0,07
75690	ORIG	CHIPS	520031	7107614	5060	ME-MS61	2,5	0,03
75691	ORIG	CHIPS	518605	7108151	5287	ME-MS61	2,5	0,02
75692	ORIG	CHIPS	518907	7108810	5233	ME-MS61	2,5	0,03
75693	ORIG	CHIPS	519113	7108646	5193	ME-MS61	2,5	0,005
75694	ORIG	CHIPS	519243	7108769	5170	ME-MS61	2,5	0,005
75695	ORIG	SL	519201	7107148	5299	ME-MS61	2,5	0,05
75696	STD	CDN-CGS-23				ME-MS61	195	2,03
75697	ORIG	SL	519807	7107590	5082	ME-MS61	2,5	0,05
75698	ORIG	CHIPS	528904	7108085	4641	ME-MS61	2,5	0,01
75699	ORIG	CHIPS	528956	7108222	4639	ME-MS61	2,5	0,03
75700	ORIG	CHIPS	529072	7108145	4614	ME-MS61	2,5	0,05
75701	ORIG	CHIPS	529103	7107438	4794	ME-MS61	7	0,03
75702	75701	FD	529103	7107438	4794	ME-MS61	2,5	0,005
75703	ORIG	CHIPS	529364	7107519	4766	ME-MS61	10	0,03
75704	FB	FB				ME-MS61	2,5	0,005
75705	ORIG	CHIPS	529637	7107458	4803	ME-MS61	2,5	0,07
75706	ORIG	CHIPS	529614	7107676	4746	ME-MS61	47	0,01
75707	ORIG	CHIPS	529555	7107931	4688	ME-MS61	2,5	0,005
75708	ORIG	CHIPS	529173	7107761	4659	ME-MS61	2,5	0,005
75709	STD	CDN-CGS-23				ME-MS61	202	1,77
75710	ORIG	CHIPS	529462	7108907	4470	ME-MS61	2,5	0,04
75711	75710	FD	529462	7108907	4455	ME-MS61	2,5	0,08
75712	ORIG	CHIPS	528431	7108741	4705	ME-MS61	2,5	0,01
75713	ORIG	CHIPS	528976	7108918	4571	ME-MS61	2,5	0,03
75714	75713	FD	528976	7108918	4571	ME-MS61	2,5	0,05
75715	ORIG	RG	518911	7108655	5144	ME-MS61	2,5	0,01
75716	ORIG	SL	518917	7108725	5220	ME-MS61	2,5	0,07
75717	ORIG	RG	518998	7108582	5219	ME-MS61	2,5	0,02
75718	ORIG	SL	518868	7108574	5242	ME-MS61	2,5	0,01
75719	ORIG	SL	518809	7108627	5244	ME-MS61	2,5	0,02
75720	ORIG	SL	528437	7108275	4790	ME-MS61	7	0,01
75721	ORIG	SL	528466	7108313	4782	ME-MS61	6	0,06
75722	ORIG	SL	528420	7108369	4780	ME-MS61	2,5	0,02
75723	ORIG	SL	528366	7108400	4778	ME-MS61	2,5	0,12
75724	ORIG	SL	528358	7108301	4800	ME-MS61	2,5	0,01
75725	ORIG	SL	528540	7108605	4714	ME-MS61	2,5	0,03
75726	ORIG	CHIPS	522291	7106788	4822	ME-MS61	2,5	0,01
75727	ORIG	CHIPS	520986	7108358	4976	ME-MS61	2,5	0,03
75728	ORIG	CHIPS	520949	7108344	4985	ME-MS61	2,5	0,01
75729	ORIG	CHIPS	518983	7108823	5217	ME-MS61	2,5	0,01
75730	ORIG	CHIPS	518983	7108823	5217	ME-MS61	2,5	0,07
75731	ORIG	CHIPS	518834	7108733	5249	ME-MS61	2,5	0,005
75732	ORIG	CHIPS	518729	7108835	5265	ME-MS61	2,5	0,02
75733	ORIG	CHIPS	518575	7108844	5263	ME-MS61	2,5	0,08
75734	ORIG	CHIPS	518584	7108685	5268	ME-MS61	2,5	0,01
75735	ORIG	CHIPS	518609	7108383	5280	ME-MS61	5	0,01
75736	ORIG	CHIPS	518787	7108396	5292	ME-MS61	9	0,93
75737	ORIG	CHIPS	518794	7108376	5275	ME-MS61	5	0,09
75738	ORIG	CHIPS	520654	7108346	4949	ME-MS61	2,5	0,01
75739	ORIG	CHIPS	518752	7108093	5209	ME-MS61	6	0,03
75740	ORIG	CHIPS	518781	7108211	5221	ME-MS61	2,5	0,05

Sample ID	Sample_Orig	Sample_Type	East	North	RL	Tipo Analisis	Au	Ag
75741	ORIG	CHIPS	518826	7108207	5204	ME-MS61	8	0,03
75742	ORIG	CHIPS	518887	7108229	5194	ME-MS61	6	0,04
75743	ORIG	CHIPS	519135	7108257	5141	ME-MS61	2,5	0,005
75744	ORIG	CHIPS	519102	7108297	5144	ME-MS61	8	0,03
75745	75744	FD	519102	7108297	5144	ME-MS61	5	0,05
75746	ORIG	CHIPS	519228	7108301	5124	ME-MS61	2,5	0,05
75747	ORIG	CHIPS	519320	7108403	5124	ME-MS61	2,5	0,08
75748	ORIG	CHIPS	519359	7108494	5120	ME-MS61	2,5	0,005
75749	ORIG	CHIPS	519371	7108492	5114	ME-MS61	21	0,07
75750	FB	FB				ME-MS61	2,5	0,06
75751	STD	CDN-CGS-23				ME-MS61	233	1,86
75752	ORIG	CHIPS	518875	7108510	5250	ME-MS61	14	0,08
75753	ORIG	CHIPS	518926	7108453	5262	ME-MS61	44	0,06
75754	ORIG	CHIPS	519007	7108480	5247	ME-MS61	2,5	0,08
75755	ORIG	CHIPS	528930	7108378	4667	ME-MS61	2,5	0,06
75756	ORIG	CHIPS	519996	7107200	5155	ME-MS61	5	0,05
75757	ORIG	CHIPS	519821	7107197	5198	ME-MS61	2,5	0,01
75758	ORIG	CHIPS	519755	7107189	5220	ME-MS61	2,5	0,01
75759	ORIG	CHIPS	519692	7107267	5217	ME-MS61	2,5	0,04
75760	ORIG	CHIPS	519788	7107356	5168	ME-MS61	8	0,01
75761	ORIG	CHIPS	519887	7107541	5114	ME-MS61	2,5	0,04
75762	ORIG	CHIPS	520090	7107687	5018	ME-MS61	6	0,05
75763	STD	CDN-CM-8				ME-MS61	912	2,87
75764	ORIG	CHIPS	519014	7107591	5214	ME-MS61	2,5	0,005
75765	ORIG	CHIPS	519045	7107533	5217	ME-MS61	2,5	0,02
75766	ORIG	CHIPS	519077	7107440	5220	ME-MS61	2,5	0,05
75767	ORIG	CHIPS	519704	7107663	5071	ME-MS61	2,5	0,02
75768	FB	FB				ME-MS61	2,5	0,07
75769	ORIG	CHIPS	519433	7107475	5133	ME-MS61	2,5	0,04
75770	ORIG	CHIPS	519400	7107401	5171	ME-MS61	7	0,07
75771	ORIG	CHIPS	519439	7107356	5195	ME-MS61	2,5	0,03
75772	ORIG	CHIPS	519407	7107243	5244	ME-MS61	2,5	0,03
75773	ORIG	CHIPS	519386	7107078	5332	ME-MS61	2,5	0,04
75774	ORIG	CHIPS	519245	7107049	5260	ME-MS61	2,5	0,03
75775	ORIG	CHIPS	519190	7107399	5223	ME-MS61	2,5	0,16
75776	ORIG	CHIPS	519513	7107489	5139	ME-MS61	2,5	0,15
75777	ORIG	RG	519811	7107730	5055	ME-MS61	2,5	0,05
75778	ORIG	CHIPS	518598	7107988	5300	ME-MS61	12	0,03
75779	ORIG	CHIPS	518780	7107833	5325	ME-MS61	7	0,06
75780	ORIG	CHIPS	518944	7107851	5329	ME-MS61	2,5	0,05
75781	ORIG	CHIPS	519073	7107859	5303	ME-MS61	2,5	0,02
75782	ORIG	CHIPS	519206	7107865	5283	ME-MS61	2,5	0,02
75783	75782	FD	519206	7107865	5283	ME-MS61	2,5	0,03
75784	ORIG	CHIPS	519302	7107939	5250	ME-MS61	2,5	0,01
75785	FB	FB				ME-MS61	2,5	0,04
75786	ORIG	CHIPS	519189	7108036	5229	ME-MS61	2,5	0,02
75787	ORIG	CHIPS	519087	7108047	5247	ME-MS61	15	0,03
75788	ORIG	CHIPS	518928	7108044	5273	ME-MS61	2,5	0,07
75789	ORIG	CHIPS	518759	7107973	5286	ME-MS61	15	0,01
75790	ORIG	CHIPS	518932	7108125	5223	ME-MS61	2,5	0,02
75791	STD	CDN-CGS-23				ME-MS61	226	2,03
75792	ORIG	CHIPS	519068	7108189	5192	ME-MS61	9	0,02
75793	ORIG	CHIPS	519231	7108149	5164	ME-MS61	2,5	0,01
75794	ORIG	CHIPS	518487	7107759	5356	ME-MS61	2,5	0,02

Sample ID	Sample_Orig	Sample_Type	East	North	RL	Tipo Analisis	Au	Ag
75795	ORIG	CHIPS	518322	7107759	5354	ME-MS61	2,5	0,03
75796	ORIG	CHIPS	518389	7107850	5314	ME-MS61	9	0,01
75797	ORIG	CHIPS	518520	7107918	5302	ME-MS61	2,5	0,02
75798	ORIG	CHIPS	517803	7108072	5314	ME-MS61	5	0,035
75799	75798	FD	517803	7108072	5314	ME-MS61	5	0,05
75800	ORIG	CHIPS	517783	7108250	5243	ME-MS61	8	0,03
75801	ORIG	CHIPS	517776	7108385	5235	ME-MS61	6	0,02
75802	ORIG	CHIPS	518011	7108443	5184	ME-MS61	11	0,09
75803	ORIG	CHIPS	517970	7108183	5228	ME-MS61	5	0,02
75804	ORIG	CHIPS	518450	7107310	5390	ME-MS61	2,5	0,04
75805	ORIG	CHIPS	518578	7107211	5399	ME-MS61	2,5	0,05
75806	STD	CDN-CGS-23				ME-MS61	220	1,97
75807	ORIG	CHIPS	518831	7107189	5376	ME-MS61	12	0,04
75808	ORIG	CHIPS	518969	7107202	5353	ME-MS61	5	0,04
75809	FB	FB				ME-MS61	2,5	0,01
75810	ORIG	CHIPS	518760	7107411	5314	ME-MS61	6	0,04
75811	ORIG	CHIPS	518994	7107302	5307	ME-MS61	13	0,02
75812	ORIG	CHIPS	518577	7107614	5317	ME-MS61	2,5	0,02
75813	ORIG	CHIPS	518702	7107549	5286	ME-MS61	8	0,08
75814	ORIG	CHIPS	518879	7107715	5286	ME-MS61	6	0,02
75815	ORIG	CHIPS	519097	7107758	5254	ME-MS61	6	0,05

Sample ID	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
75687	0,04	8,3	260	0,025	0,37	1,39	0,01	5,13	1	10	0,07
75688	0,09	25,3	160	0,025	1,87	0,3	0,02	2,23	1,8	9	0,07
75689	6,9	152	160	1,21	1,64	2,61	1,23	45,4	2,1	12	1,91
75690	3,59	748	100	0,28	2,91	0,76	0,05	19,1	1,1	1	3,51
75691	0,04	6,8	50	0,025	1,38	4,06	0,02	16,95	1,5	9	0,025
75692	9,88	75,4	180	1,1	0,2	0,49	0,03	58,2	2,1	8	24,6
75693	8,1	125	70	0,47	6,95	0,57	0,02	30,2	0,6	13	1,11
75694	0,77	184	120	0,15	1,19	5,44	0,04	11,2	1	3	1,97
75695	2,77	52,1	50	0,81	0,08	1,29	0,03	43,3	2,2	5	1,3
75696	1,55	26,8	130	0,39	2,38	1,84	0,9	35,4	16,3	65	2,01
75697	3,45	135,5	160	0,31	0,75	0,86	0,01	7,86	0,9	12	0,63
75698	0,44	16,5	90	0,025	3,55	0,4	0,01	5,97	1	10	0,08
75699	0,28	139,5	60	0,025	10,4	0,1	0,02	5,9	1,8	7	0,07
75700	1,59	18	20	0,3	0,04	0,87	0,03	27,1	4	6	1,54
75701	0,23	211	310	0,025	0,34	0,33	0,03	5,25	1,9	16	0,87
75702	8,69	10,6	530	1,81	0,06	1,85	0,09	62,9	14,5	99	5,38
75703	0,43	83,4	10	0,21	7,81	0,51	0,17	9,85	4	8	0,14
75704	0,37	0,7	60	0,025	0,005	0,01	0,01	0,42	0,4	17	0,09
75705	0,43	858	20	0,14	8,41	0,54	0,1	4,77	1,1	8	0,38
75706	0,12	9,6	210	0,025	0,11	0,43	0,01	0,62	1,1	14	0,05
75707	0,32	107,5	90	0,26	1,31	1,81	0,05	5,82	2,4	10	0,83
75708	5,35	4980	240	0,43	5,46	0,41	0,09	26,5	2	8	1,71
75709	7,13	27,3	1540	1,4	2,49	1,93	1,02	50,5	16,6	88	4,52
75710	1,56	139	140	0,24	4,19	0,53	0,02	12,3	2	5	3,98
75711	7,07	30,8	460	0,36	4,86	5,49	0,03	54,3	1,1	17	0,66
75712	8,96	49	700	1,85	0,42	2,9	0,05	66,3	17,7	19	3,51
75713	7,95	461	200	0,56	5,59	1,14	0,18	57,4	0,3	3	4,17
75714	5,42	35,6	230	0,19	0,41	1,33	0,01	37,5	0,6	79	0,46
75715	0,14	13,5	20	0,025	0,02	6,53	0,01	3,83	0,3	1	0,18
75716	7,34	381	280	0,59	1,04	1,44	0,19	57,8	1,8	4	7,44
75717	0,62	11,3	10	0,025	0,06	0,34	0,01	1,65	1,1	4	0,025
75718	0,18	13,2	30	0,15	0,01	0,55	0,02	1,3	1,5	9	0,56
75719	0,06	264	70	0,025	39,7	1,14	0,01	16,8	0,8	6	0,025
75720	0,21	68,2	5	0,13	0,07	0,69	0,05	7,01	1,9	12	0,18
75721	0,8	1670	200	0,24	4,03	3,08	0,16	31,7	1,6	5	2,56
75722	10	38,4	310	0,07	0,02	0,25	0,01	61,6	0,8	16	2,08
75723	1,68	33,5	50	0,32	0,04	3,24	0,01	40,6	1,8	4	1,44
75724	0,09	9,5	20	0,025	0,02	8,83	0,01	5,49	0,4	1	0,18
75725	4,56	82,8	60	0,11	0,13	0,78	0,01	4,52	0,7	20	0,42
75726	1,08	24,7	20	0,25	0,07	0,77	0,04	9,58	2,1	2	0,67
75727	0,1	66,4	110	0,17	0,12	0,43	0,01	1,72	0,7	16	1,98
75728	0,04	7,2	400	0,025	0,11	0,1	0,01	1,08	1,2	14	0,08
75729	6,04	119	180	0,1	0,44	1,1	0,01	15,7	0,7	28	0,48
75730	7,76	102,5	590	1,59	0,005	2,75	0,06	51,1	3,4	10	14,9
75731	5,48	14	110	0,15	0,1	0,94	0,01	11,85	0,9	3	0,46
75732	8,85	133	170	0,1	0,31	0,25	0,03	12,35	0,7	31	0,17
75733	9,81	110,5	190	0,45	0,21	0,25	0,01	64,5	1	10	9,04
75734	0,06	6,2	330	0,025	0,08	0,2	0,01	0,6	0,9	16	0,07
75735	7,73	25,2	100	0,22	0,91	0,83	0,01	24	1,4	9	1,14
75736	8,39	146	230	0,15	0,48	0,7	0,02	132,5	1,3	12	0,88
75737	3,95	217	200	0,025	0,54	0,4	0,01	18,85	0,2	8	0,62
75738	0,07	9,4	410	0,025	0,3	0,64	0,01	0,71	1,3	21	0,05
75739	0,42	9	40	0,025	0,21	0,47	0,01	1,6	0,7	5	0,025
75740	1,18	29,1	60	0,48	0,07	0,36	0,09	28,9	11,8	5	2,61

Sample ID	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
75741	0,35	8,7	1020	0,22	0,01	0,04	0,03	1,38	5,5	4	1,12
75742	3,55	25,8	210	0,92	0,01	0,33	0,09	35,8	7,9	7	3,36
75743	5,52	220	210	0,66	12,95	1,09	0,26	28,9	6,5	6	0,98
75744	2,32	206	210	0,17	4,16	2,9	0,05	21,3	0,6	5	0,94
75745	3,56	111	190	0,06	12,85	0,5	0,05	16,55	1,1	16	0,78
75746	6,34	91,6	210	0,15	1,38	0,69	0,01	55	0,2	4	0,33
75747	9,02	204	210	0,45	0,63	0,37	0,02	45,2	1	13	6,31
75748	8,26	44,1	710	2,3	0,04	2,01	0,1	82,1	11,6	3	21,9
75749	8,58	21,7	590	1,79	0,1	1,85	0,09	51,4	7,6	6	25,4
75750	0,34	1,2	50	0,07	0,01	0,09	0,08	0,67	0,8	10	0,13
75751	7,62	26	1030	1,22	2,07	2,08	0,95	52,6	16,8	96	4,73
75752	1,51	1240	250	0,93	67,1	0,3	0,01	39,2	0,5	11	9,01
75753	1,21	44,7	200	0,28	2,59	0,24	0,04	17,25	0,8	11	4,32
75754	1,04	461	160	0,57	13,8	2,19	0,1	39,9	0,9	4	1,64
75755	7,64	372	110	0,72	4,13	0,33	0,04	61,3	0,8	12	4,24
75756	0,18	6,1	90	0,05	0,1	0,28	0,01	0,81	0,2	3	1,14
75757	0,68	37,3	150	0,05	0,02	0,15	0,01	1,14	0,7	8	0,23
75758	0,19	404	10	0,025	1,04	0,9	0,01	2,15	0,8	6	0,025
75759	1	35,5	80	0,16	0,02	2,96	0,01	14,55	0,8	1	1,47
75760	0,07	12,7	60	0,025	2,31	9,68	0,06	35,9	2,6	2	0,11
75761	3,87	52	600	1,5	0,19	0,95	0,06	50,5	1,4	3	21,3
75762	3,31	128	180	0,05	14,1	0,61	0,05	17,75	0,8	22	0,73
75763	8,25	91,6	630	1,47	0,6	0,51	0,69	39,1	21,2	34	6,95
75764	6,78	41,4	180	2,18	3,46	4,77	0,01	40,1	1	5	1,34
75765	4,45	58,9	770	1,29	0,11	1,13	0,05	51,4	2,8	3	9,69
75766	3,61	367	70	0,45	12,1	0,42	0,06	37,1	1,1	3	7,4
75767	0,39	16,6	340	0,05	4,36	0,16	0,03	6,28	0,4	6	0,79
75768	0,5	1,6	70	0,06	0,01	0,1	0,01	1,09	0,7	15	0,11
75769	0,44	42,1	140	0,12	0,09	0,99	0,01	4,35	0,9	20	0,47
75770	1,51	197,5	70	0,18	1,77	1,4	0,03	5,49	0,7	5	4,48
75771	1,63	278	50	0,05	4,48	4,94	0,03	23,3	1,1	6	4,1
75772	2,01	28,2	140	0,66	0,91	0,58	1,19	44,8	24,6	13	3,98
75773	0,91	107,5	270	0,37	1,72	0,23	0,04	15,05	1	11	1,32
75774	2,33	1370	50	0,19	3,02	4,19	0,12	12,45	1,2	6	4,9
75775	0,54	380	160	0,08	37,4	0,9	0,05	3,85	1,6	7	0,15
75776	3,27	131,5	290	0,25	3,49	1,14	0,04	57	1,1	6	0,93
75777	5,47	29,1	540	0,94	0,005	1,82	0,01	61,4	2,9	9	8,25
75778	0,97	18,2	20	0,29	0,005	0,82	0,07	7,77	14,1	2	0,63
75779	1,18	13,5	90	0,13	0,03	1,8	0,01	6,04	1,4	2	2,6
75780	1,1	12,8	60	0,13	0,02	1,64	0,01	5,31	1,3	2	2,6
75781	0,38	127,5	10	0,06	0,32	1,43	0,01	11,15	0,3	0,5	0,08
75782	0,57	10,9	10	0,025	0,04	0,36	0,01	4,81	0,4	1	0,09
75783	0,04	7,2	70	0,025	1,16	3,47	0,02	16,15	1,7	11	0,025
75784	1,56	19,7	30	0,46	0,04	1,26	0,02	28,9	9,2	5	0,97
75785	0,29	1,1	50	0,06	0,01	0,06	0,08	0,75	0,7	12	0,12
75786	1,96	3,3	30	0,54	0,01	0,62	0,02	32,3	13,6	6	2,27
75787	0,09	962	50	0,05	9,52	0,7	0,07	6,18	0,9	6	0,24
75788	0,73	19	10	0,07	0,42	1,48	0,01	3,56	0,8	3	0,22
75789	0,09	43,1	50	0,025	2,11	6,47	0,13	4,39	2,1	2	0,025
75790	1,72	10,5	20	0,33	0,02	0,89	0,02	29,9	14,5	7	3,1
75791	1,54	25,9	180	0,49	2,4	1,79	0,93	37,5	15,8	65	2,2
75792	0,04	2,8	120	0,025	0,14	0,25	0,01	0,54	0,8	1	0,025
75793	0,005	3,3	350	0,05	0,2	0,51	0,01	0,32	1,1	16	0,08
75794	0,005	6,2	30	0,025	0,06	0,22	0,02	0,77	1	6	0,05

Sample ID	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs
75795	8,42	113,5	120	0,87	0,69	0,88	0,05	48,1	3	7	10,05
75796	0,37	4,6	40	0,08	0,07	0,84	0,01	2,77	1	9	0,14
75797	0,37	14,8	5	0,025	0,2	3,59	0,01	3,69	2	1	0,08
75798	0,645	16,9	60	0,115	0,07	3,855	0,015	6,825	1,1	1,5	1,74
75799	1,1	12,8	60	0,13	0,02	1,64	0,01	5,31	1,3	2	2,6
75800	0,21	32,5	10	0,025	2,22	2,37	0,06	7,28	1,3	6	0,23
75801	0,63	41,9	5	0,025	2,55	1,14	0,02	4,85	1,1	2	0,11
75802	0,11	465	260	0,11	1,32	0,23	0,08	2,73	1,2	22	0,46
75803	0,08	172	140	0,08	0,07	0,07	0,01	0,75	0,6	7	0,21
75804	2,25	36,1	30	0,35	0,01	1,39	0,09	31,9	5,1	5	0,89
75805	8,16	31,8	210	0,74	0,73	0,36	0,03	49,7	0,9	14	11,35
75806	1,59	25,8	190	0,5	2,48	1,81	0,87	35,5	16,5	63	2,05
75807	4,31	118	170	0,15	10,95	0,82	0,26	10,65	12,8	7	1,79
75808	0,8	393	90	0,18	5,95	1,54	0,03	9,63	2,6	9	0,65
75809	0,03	0,6	60	0,025	0,005	0,01	0,01	0,51	0,6	13	0,025
75810	0,25	1200	20	0,09	0,25	1,45	0,04	15,85	0,8	6	0,17
75811	0,21	105	130	0,05	0,04	0,41	0,02	8,45	1,1	12	0,17
75812	0,47	56,9	40	0,08	3,52	3,77	0,02	4,98	1,6	4	0,66
75813	5,59	3190	280	1,12	3,15	1,53	0,27	29,8	0,9	7	6,29
75814	6,78	166	220	0,3	2,27	0,79	0,09	13,3	1,3	12	0,49
75815	1,7	478	100	0,45	2,58	8,35	0,22	15,4	5,4	5	1,84

Sample ID	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	In	K	La	Li	Mg
75687	8,9	1,02	0,31	0,025	0,04	0,0025	0,01	1,6	0,3	0,005
75688	11,3	4,65	0,58	0,06	0,09	0,0025	0,8	0,9	0,3	0,01
75689	33,4	2,29	20,6	0,09	1	0,105	2,45	24,3	7,5	0,04
75690	93,6	7,46	9,39	0,13	0,07	0,049	0,4	10,2	4,3	0,12
75691	9,1	0,86	0,51	0,025	0,14	0,0025	0,005	6,8	0,8	0,005
75692	60,3	2,43	35,1	0,09	4,2	0,052	3,42	31,6	12,9	0,07
75693	3,1	1,13	36,5	0,025	3,6	0,0025	2,72	15,9	2,4	0,04
75694	8,9	0,64	1,38	0,025	0,9	0,0025	0,24	5,2	0,7	0,02
75695	78,2	3,91	6,42	0,13	0,14	0,034	0,18	17,9	3,6	0,13
75696	1830	4,09	4,8	0,09	0,13	0,069	0,53	19,5	6,6	0,88
75697	15	4,19	8,69	0,08	0,7	0,073	1,27	4,8	3	0,01
75698	7,5	1,54	2,36	0,025	0,03	0,0025	0,41	3,9	0,2	0,005
75699	12,7	6,57	2,78	0,11	0,18	0,0025	0,59	3	0,1	0,005
75700	38	2,7	5,29	0,1	0,2	0,031	0,06	12,5	4,4	0,77
75701	10,6	1,02	0,67	0,025	2,9	0,0025	0,04	2,5	3,3	0,03
75702	34	2,57	34	0,19	4,4	0,03	2,42	32,8	19,5	0,54
75703	21,2	5,06	15,85	0,08	0,03	0,017	0,08	8,5	7,6	0,15
75704	8,2	0,36	0,84	0,06	0,005	0,025	0,39	20,2	4,7	0,08
75705	16,6	6,37	4,3	0,1	0,02	0,025	0,12	1,6	1,4	0,01
75706	8,9	0,86	0,24	0,025	0,05	0,0025	0,01	0,4	0,8	0,01
75707	20,1	1,07	0,9	0,025	0,6	0,005	0,06	2,6	0,6	0,01
75708	19,3	6	41	0,16	3	0,132	2,99	26,9	4,5	0,04
75709	1740	4,1	15,85	0,2	1	0,088	3,29	29,4	14,3	0,96
75710	33,4	3,55	6,92	0,08	0,16	0,039	0,37	6,4	3,2	0,09
75711	16,3	3,32	23,9	0,12	5,1	0,041	0,61	24	7,3	0,06
75712	32,1	3,19	25,3	0,16	5,8	0,044	1,81	30,2	26,5	0,71
75713	8,7	1,73	19,05	0,1	0,9	0,219	2,01	29,2	2,5	0,08
75714	5,5	5,41	14,25	0,12	3,4	0,046	1,43	18,7	0,6	0,02
75715	4,6	0,36	0,45	0,025	0,19	0,0025	0,05	2	0,4	0,01
75716	8,9	0,78	19,15	0,12	1,6	0,074	0,38	26,9	26,3	0,03
75717	7,9	3,62	0,97	0,05	0,02	0,0025	0,21	1,1	0,9	0,01
75718	9,7	0,52	0,39	0,025	2,1	0,0025	0,02	0,1	3,6	0,05
75719	9	6,75	2,49	0,09	0,07	0,124	1,23	15,3	0,3	0,005
75720	10,9	7,71	1,47	0,09	0,03	0,014	0,04	1,1	0,6	0,01
75721	75,9	14,85	5,95	0,29	0,4	0,031	0,11	18,6	5,2	0,01
75722	16,8	1,99	55,7	0,07	1,3	0,039	4,84	49,2	1,1	0,01
75723	61	5,57	5,51	0,12	0,08	0,029	0,21	16,3	2,1	0,08
75724	4,8	0,51	0,26	0,025	0,5	0,0025	0,03	2,2	0,3	0,01
75725	11,7	1,03	10	0,025	1	0,005	1,8	2,5	1,4	0,005
75726	17,8	1,13	2,67	0,06	0,05	0,006	0,23	4,4	1,5	0,05
75727	11,7	0,62	0,45	0,025	2,1	0,0025	0,02	0,8	0,2	0,005
75728	8,3	1,12	0,38	0,025	0,03	0,011	0,02	0,3	0,2	0,005
75729	8,4	3,23	60,4	0,025	3,1	0,007	2,75	11,7	4,9	0,01
75730	30,6	2,51	23,2	0,13	2,4	0,037	2,05	25,1	10,2	0,33
75731	6,1	0,59	5,47	0,025	0,9	0,005	1,7	6,5	2	0,01
75732	21,6	4	29,3	0,09	3	0,011	3,51	8,1	4,5	0,02
75733	20,1	2,21	33,9	0,05	2,6	0,057	3,86	37,5	3,2	0,01
75734	8	0,83	0,27	0,025	1,63	0,0025	0,02	0,3	0,3	0,005
75735	10,4	0,35	28,9	0,025	3,7	0,011	3,02	17	0,3	0,01
75736	9,6	3,62	20,2	0,13	1,6	0,039	3,26	41,2	1,6	0,02
75737	3,4	14,05	20,2	0,16	1	0,022	3,92	10,6	0,2	0,005
75738	8,8	1,13	0,35	0,025	0,06	0,0025	0,03	0,4	0,3	0,005
75739	8,7	0,93	1,14	0,025	0,02	0,0025	0,17	0,8	0,6	0,005
75740	31,8	2,9	4,24	0,11	0,19	0,022	0,12	11,1	4,7	0,4

Sample ID	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	In	K	La	Li	Mg
75741	20,5	0,75	0,48	0,025	2,6	0,0025	0,03	1,3	5,5	0,21
75742	40,2	1,81	28,4	0,06	3,1	0,033	0,89	17,9	13,2	0,46
75743	19	3,93	22,6	0,08	0,8	0,033	2,12	17,8	2,2	0,04
75744	6,8	1,6	2,6	0,05	1	0,01	0,65	9,4	0,8	0,01
75745	11,4	5,27	24,5	0,07	1	0,007	2,19	13,8	0,2	0,005
75746	2,3	3,93	20	0,13	2	0,017	1,19	26,8	0,6	0,01
75747	43,8	2,18	22,4	0,07	1,8	0,062	3,38	32,4	2,9	0,03
75748	37,2	2,87	23,1	0,12	4,1	0,042	2,89	35,4	32,6	0,37
75749	32,2	2,85	21,3	0,09	1,1	0,041	2,13	26,2	27,6	0,5
75750	12,1	0,76	0,92	0,025	0,005	0,032	0,82	25,7	2,3	0,11
75751	1780	4,46	16,45	0,12	1,1	0,091	3,51	28	13,6	0,97
75752	8,6	13,75	11,65	0,41	0,4	0,065	2,77	24,6	2,1	0,01
75753	9,4	0,83	2,79	0,025	0,9	0,01	0,41	8,6	0,6	0,02
75754	15	5,65	5,02	0,23	2,1	0,088	1,29	20,9	1,1	0,01
75755	13,3	3,02	20,5	0,09	3,5	0,074	2,15	28,7	0,5	0,02
75756	6,3	0,13	0,3	0,025	3,1	0,0025	0,03	0,1	1,4	0,02
75757	6,6	0,66	0,43	0,025	0,3	0,0025	0,48	0,7	1,6	0,02
75758	8,2	4,75	1,08	0,06	0,03	0,0025	0,06	0,9	0,2	0,005
75759	22,9	3,73	4,34	0,07	0,03	0,01	0,41	6,3	1,9	0,09
75760	11,3	0,64	0,42	0,05	0,05	0,0025	0,01	12,4	0,8	0,02
75761	42	0,83	10,25	0,08	4,8	0,016	1,48	24,8	3	0,08
75762	10,8	5,16	25,7	0,07	1,1	0,006	2,16	14,6	0,3	0,01
75763	3750	5,08	19,7	0,17	1	0,014	0,21	10,6	0,6	0,02
75764	5,5	0,49	15,85	0,05	2,5	0,065	2,53	19,6	0,8	0,02
75765	30,5	1,4	12,75	0,11	4,4	0,017	1,72	25,7	11,5	0,2
75766	64,4	5,86	10,3	0,15	0,08	0,1	1,17	17,1	8,3	0,35
75767	6	0,52	1,76	0,025	0,5	0,0025	0,07	3,1	1,7	0,04
75768	13,2	0,78	1,11	0,025	0,005	0,02	0,76	29,1	3,6	0,19
75769	8,7	1,22	1,36	0,025	1	0,0025	0,2	2,8	1,6	0,01
75770	13,4	6,95	12,95	0,1	0,02	0,774	0,31	2,4	1,9	0,08
75771	29,5	4,32	14,1	0,1	0,07	0,384	0,69	9,3	1,8	0,06
75772	173	2,52	6,46	0,13	1,23	0,047	0,18	18,4	19,4	0,3
75773	15,8	6,24	3,13	0,07	0,7	0,016	0,35	6,1	1,8	0,01
75774	38,8	4,36	8,84	0,12	0,04	0,155	0,54	4,6	1,8	0,14
75775	5,6	11,25	16,4	0,25	3,2	0,01	2,52	3,1	1,7	0,02
75776	10,3	8,04	4,57	0,21	1,4	0,007	0,98	23,6	1,1	0,01
75777	36,7	3,4	15	0,15	1,8	0,026	1,38	25,4	7,8	0,13
75778	83,4	2,72	2,79	0,08	0,1	0,011	0,09	3,3	1,7	0,03
75779	55,2	2,2	6,22	0,13	0,23	0,014	0,25	3,6	1,2	0,02
75780	43	2,23	6,19	0,1	0,22	0,015	0,22	3,2	1	0,02
75781	3,8	4,15	1,51	0,06	0,22	0,0025	0,44	3,7	0,4	0,01
75782	3,9	1,56	1,78	0,025	0,16	0,0025	0,24	3	0,3	0,005
75783	10,6	1,01	0,48	0,025	0,18	0,009	1,29	20	3,5	0,03
75784	58,2	2,17	4,27	0,1	0,45	0,019	0,06	13,7	8,9	0,86
75785	12,5	0,76	0,75	0,025	0,005	0,025	0,81	23,5	2,7	0,11
75786	24,5	2,31	6,49	0,14	0,19	0,041	0,06	14,3	3,3	0,29
75787	16,2	9,93	3,92	0,11	0,03	0,045	0,19	3,7	1,8	0,01
75788	7,5	0,66	3,23	0,07	0,06	0,005	0,15	1,7	1,1	0,02
75789	6	1,88	0,34	0,025	0,02	0,0025	0,23	1,5	1,6	0,01
75790	40,6	3,14	5,61	0,09	0,31	0,026	0,07	12,9	2	0,69
75791	1740	4,11	5,3	0,08	0,14	0,051	1,72	21,4	8,6	0,05
75792	5,1	0,26	0,16	0,025	0,12	0,0025	0,005	0,2	0,3	0,01
75793	8,2	1,18	0,29	0,025	0,04	0,0025	0,01	0,1	0,2	0,005
75794	7,9	0,67	0,18	0,025	0,01	0,0025	0,005	0,2	0,1	0,005

Sample ID	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	In	K	La	Li	Mg
75795	16,5	1,81	21	0,09	3,2	0,041	2,29	22,8	4,9	0,07
75796	9,1	1,76	1,03	0,025	0,03	0,0025	0,19	1,9	0,6	0,01
75797	7	0,53	3,57	0,025	0,1	0,0025	0,17	2,1	0,1	0,005
75798	26	1,26	3,64	0,0625	0,66	0,0065	0,255	5,2	3,35	0,035
75799	43	2,23	6,19	0,1	0,22	0,007	0,48	6,5	1	0,04
75800	8	2,25	4,37	0,05	0,01	0,035	0,13	7,5	0,3	0,005
75801	7	1,03	1,17	0,025	0,01	0,011	0,21	2,3	0,3	0,01
75802	40,6	1,06	0,8	0,05	0,5	0,028	0,03	1,1	1,9	0,01
75803	7	0,63	0,27	0,025	0,2	0,0025	0,02	0,1	1,2	0,01
75804	44,1	2,17	5,64	0,11	0,12	0,026	0,04	14,2	3,4	0,19
75805	11,9	0,99	61,5	0,06	4	0,032	3,03	31,1	0,8	0,03
75806	1890	4,09	5,15	0,08	0,13	0,009	1,44	16,3	1,3	0,03
75807	15,3	1,35	13	0,06	1,2	0,011	1,51	6,3	0,6	0,01
75808	12,9	1,4	1,36	0,11	0,6	0,006	0,87	5,5	0,8	0,01
75809	12,3	0,75	0,22	0,025	0,005	0,023	0,87	15,7	2,4	0,04
75810	12,9	7,25	3,14	0,1	0,02	0,029	0,36	8,7	1,7	0,005
75811	11,6	6,96	1,5	0,08	0,04	0,006	0,06	1,7	0,7	0,01
75812	10,4	1,04	1,62	0,025	0,03	0,024	0,05	2,1	0,7	0,01
75813	43,5	7,66	26,3	0,16	0,8	0,117	0,94	12,6	12,3	0,04
75814	10,6	0,91	19,2	0,05	1	0,018	2,41	8,3	4,6	0,02
75815	20,7	1,74	3,62	0,07	1	0,016	0,39	7,2	0,9	0,02

Sample ID	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S	Sb
75687	121	0,98	0,02	0,07	1,8	10	1	0,6	0,001	1,2	0,2
75688	116	1,66	0,04	0,17	2,3	30	2,3	3,3	0,001	1,87	0,75
75689	30	13	0,67	7,6	1,8	930	55,3	28	0,006	8,79	9,12
75690	14	1,96	0,73	0,05	0,7	920	9,5	26	0,001	3,4	2,1
75691	99	1,09	0,02	0,15	1,8	10	3,4	0,3	0,001	3,51	0,53
75692	75	3,7	1,02	10,2	1,5	940	16,6	194	0,001	6,06	4,31
75693	18	2,16	0,74	10,9	0,6	680	14,3	12,9	0,001	7,61	5,04
75694	59	3,64	0,07	12,8	1,6	130	4,5	3,8	0,002	5,39	6,34
75695	46	0,76	0,71	0,14	1,8	740	2,6	11,1	0,001	3,47	1,25
75696	373	150,5	0,05	0,13	15,6	690	22,3	27,5	0,038	1,84	6,3
75697	64	2,2	0,61	8,4	1,4	1460	4,7	10,3	0,001	5,07	10,25
75698	92	2,99	0,02	0,07	1,7	50	4,9	4,9	0,009	1,2	1,07
75699	76	4,09	0,46	0,55	2,1	150	2,5	9,4	0,011	2,65	11,4
75700	137	1,74	0,22	0,07	4,8	780	1,5	4,1	0,001	0,44	2,89
75701	112	7,75	0,08	10,5	2,3	40	1	5,3	0,004	0,6	23,3
75702	229	2,28	1,88	11,8	29,4	1430	18,3	105	0,001	2,7	0,72
75703	81	16,65	0,59	0,09	4,4	250	9,5	2,7	0,057	3,09	0,46
75704	41	3,33	0,04	13,4	2,3	840	60,9	44,7	0,002	5,65	7,54
75705	81	3,49	0,64	0,06	1,6	830	4,8	13,8	0,003	2,6	2,97
75706	103	1,04	0,05	0,11	2,1	10	1,5	0,5	0,002	0,73	0,31
75707	125	4,02	0,03	10,6	2,1	50	3	4	0,003	1,7	11,75
75708	36	4,22	0,41	10	1,5	1520	24,1	55,3	0,001	6,98	4,24
75709	357	157	0,91	4,5	16,8	730	27,1	134,5	0,04	1,79	9,59
75710	64	3,78	0,32	0,07	2,3	300	17,7	23	0,002	1,81	2,45
75711	17	1,44	0,22	10,8	9,3	760	11	4,7	0,001	6,05	1,43
75712	280	1,19	2,68	11,3	21,4	990	13	73,8	0,002	0,33	1,74
75713	32	4,62	0,34	11,7	0,3	1000	66,8	106	0,002	5,66	12
75714	16	4,08	0,64	8,1	0,8	770	5,1	15,4	0,001	5,35	1,46
75715	19	0,38	0,04	0,08	0,4	70	1,1	1,2	0,001	9,95	1,34
75716	7	2,25	0,04	10,2	1,4	900	89,7	24,8	0,001	1,99	25,6
75717	75	0,94	0,41	0,05	1,5	60	1,6	1,8	0,001	2,74	0,11
75718	66	1,75	0,07	11,2	1,4	40	0,1	1,2	0,001	1,68	1,45
75719	88	4,89	0,05	0,13	1,5	140	130	9,6	0,011	3,99	1,22
75720	104	2	0,85	0,06	1,8	2460	0,3	11,4	0,002	3,6	0,94
75721	18	4,74	0,05	7,7	2,3	730	38,3	10,6	0,008	3,41	10,45
75722	43	2,35	0,52	5	5	1340	13,9	11,3	0,001	9,96	7,26
75723	30	0,97	0,65	0,12	2	770	4,6	12,2	0,001	5	1,44
75724	20	1,02	0,06	0,09	0,1	110	0,8	1,5	0,001	8,64	0,69
75725	47	3,88	0,24	9	1,7	60	1,7	4,7	0,001	7,36	7,37
75726	42	1,32	0,17	0,05	1,7	140	3,7	5,8	0,003	1,63	0,39
75727	67	4,04	0,02	13,9	1,9	20	0,7	2,2	0,001	0,41	31,6
75728	141	0,96	0,01	0,07	2,2	20	0,7	0,5	0,001	0,18	0,14
75729	64	2,17	0,39	7,7	1,5	700	7,7	7,8	0,001	7,02	4,64
75730	182	3,87	2,58	10,5	5,7	420	13,1	115,5	0,001	1,08	1,99
75731	55	1,5	0,51	5,2	0,9	90	3,1	10,8	0,001	5,47	2,93
75732	51	4,94	1,12	4,4	6,1	620	5	8,8	0,002	9,22	1,56
75733	32	14,5	0,64	7,6	1,3	1130	29,5	63,8	0,001	8,41	9,69
75734	98	0,72	0,03	0,08	1,8	30	0,5	0,7	0,001	0,48	0,15
75735	16	1,93	0,44	7,4	0,9	400	32,9	8	0,002	8,87	11,9
75736	16	6,7	0,47	7,6	1,4	2670	11	8,3	0,001	7,79	11
75737	2,5	2,49	0,49	5,2	0,2	1010	18,1	9,9	0,001	8,84	5,88
75738	133	1,29	0,01	0,1	2,3	10	0,8	0,6	0,001	0,61	0,4
75739	83	36,5	0,04	0,025	1,5	20	3,3	0,5	0,005	4,68	1,42
75740	387	0,82	0,14	0,08	8,5	600	3,6	5,9	0,001	0,45	3,44

Sample ID	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S	Sb
75741	76	1,51	0,15	10,6	3,7	60	1,4	2,6	0,001	1,03	1,79
75742	137	1,41	0,67	10,4	6,2	700	8,5	26,1	0,001	3,93	2,31
75743	14	4,18	0,55	9,1	2,8	630	67,8	54,8	0,004	7,64	15,15
75744	61	6,93	0,2	8,3	1,1	630	70,5	18	0,001	6,11	10,5
75745	116	6	0,12	9,3	2,1	380	11,3	9,9	0,001	4,84	10,3
75746	18	45,4	0,99	9,6	0,4	900	70,5	25,3	0,001	6,79	23,6
75747	31	4,46	0,97	6,9	1	820	16,7	55	0,001	8,79	5,31
75748	442	3,93	2,49	13,3	9,5	760	17,9	261	0,001	0,08	3,63
75749	226	6,25	2,36	11,8	7,6	490	18,8	156	0,007	0,22	1,22
75750	34	1,77	2,51	15,6	4,8	500	45,2	66,8	0,001	6,56	20,1
75751	362	158,5	0,97	4,5	17,5	740	25,5	145,5	0,039	1,84	9,47
75752	52	30,2	0,37	6,9	1	1830	84,4	76,7	0,038	6,66	27,9
75753	95	7,49	0,03	7,7	1,4	280	9,9	5,7	0,004	3,28	6,46
75754	75	25,6	0,13	11,9	1,5	600	104	21	0,021	4,67	26,6
75755	35	2,93	1,09	9,6	0,8	1080	28	63,7	0,002	7,51	8,53
75756	17	2,56	0,07	10	0,4	20	0,5	3,4	0,001	0,23	0,75
75757	71	1,74	0,56	10,6	1,4	20	0,1	9,5	0,001	7,65	4,22
75758	88	1,7	0,46	0,05	1,5	1880	1,8	5,2	0,001	6,55	0,92
75759	9	1,28	0,32	0,08	0,5	330	3,4	17	0,001	4,11	2,21
75760	72	1,54	0,02	0,14	2,2	20	6,4	0,5	0,001	9,95	0,49
75761	144	4,36	0,26	13,9	3,5	200	15,3	171,5	0,001	2,38	6,74
75762	56	6,56	0,13	9,7	2	390	12,5	11,2	0,001	4,91	10,1
75763	22	3,04	0,28	22,2	0,3	270	17,6	9,7	0,001	1,2	8,3
75764	31	1,32	0,39	8,1	0,8	720	12,3	8,3	0,001	9,83	6,46
75765	158	2,86	0,93	11,7	3,7	350	12,4	90	0,001	0,81	2,39
75766	29	3,76	0,53	0,06	1	580	60,1	93,1	0,014	3	0,89
75767	37	1,09	0,13	3,9	0,9	80	20	3	0,016	0,25	0,91
75768	40	2,41	1,55	12	5,3	1120	36,9	24,7	0,003	5,48	22,6
75769	74	1,52	0,1	8,6	2,1	100	0,6	2,1	0,001	1,63	7,02
75770	2,5	11,35	0,93	0,025	0,1	250	94,7	48,4	0,006	4,39	1,84
75771	31	4,99	0,4	0,1	0,1	620	79,3	33,7	0,007	6,82	3,33
75772	749	1,97	0,13	0,17	26,2	700	11,4	19,7	0,003	0,3	0,93
75773	103	6,93	0,7	12,5	2	1380	14,6	10,3	0,002	2,87	14,35
75774	18	4,61	0,58	0,05	0,1	300	37,1	58,8	0,002	6,29	3,75
75775	24	11,75	0,09	7,4	1,7	650	35,2	5,9	0,016	5,84	18,65
75776	79	33	1,12	8,9	1,4	3180	11	12,5	0,001	6,12	21,2
75777	49	2,18	1,37	9,2	6,5	770	9,1	72,7	0,001	2,48	6,57
75778	32	0,36	0,17	0,05	8,1	140	1,8	3,3	0,002	3,88	0,22
75779	21	0,55	0,23	0,05	1,2	70	4,1	25,9	0,001	2,79	0,39
75780	23	0,7	0,26	0,06	1,3	60	3,5	26,7	0,001	2,7	0,36
75781	7	1,25	0,35	0,025	0,3	610	2,9	8	0,001	3,33	3,79
75782	17	0,87	0,17	0,025	0,4	100	1,6	1,7	0,001	1,58	1,36
75783	53	2,04	0,87	10,2	1,1	920	69,6	56,9	0,001	5,98	12,85
75784	485	0,59	0,23	0,09	6,3	860	2,4	4,8	0,001	0,23	0,57
75785	37	1,84	1,52	11,9	3,7	760	57,9	54,7	0,003	6,22	16,13
75786	67	0,91	0,18	0,025	9,3	670	1,2	6,1	0,001	0,65	0,4
75787	85	22,4	0,85	0,11	2	350	7,6	8,9	0,005	4,19	1,56
75788	31	0,84	0,09	0,025	0,8	80	2,1	4,5	0,001	1,77	2,46
75789	62	3,54	0,06	0,25	2	30	4,7	6,4	0,001	6,35	0,78
75790	194	1,22	0,25	0,05	10,7	840	1,2	5	0,001	0,39	0,51
75791	37	1,78	0,59	8,3	4,3	930	41,5	55,6	0,001	7,31	13,4
75792	21	0,51	0,01	0,09	1,2	10	0,8	0,3	0,001	2,66	0,37
75793	129	0,77	0,01	0,09	2,3	10	0,2	0,3	0,001	0,64	0,2
75794	75	0,93	0,005	0,05	1,4	5	0,6	0,2	0,002	5,41	0,57

Sample ID	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S	Sb
75795	62	1,77	0,87	7,4	1,8	790	11,7	75,2	0,001	8,42	4,69
75796	113	1,32	0,08	0,1	2,1	240	1,6	2,3	0,001	1,4	0,37
75797	20	0,51	0,04	0,06	0,9	60	3,1	2,2	0,001	3,91	0,48
75798	44,5	2,23	0,12	7,5	0,8	185	12,25	12,5	0,001	5,5	8,31
75799	50	2,83	0,17	9,7	0,9	260	23,4	21,9	0,001	4,81	7,52
75800	76	179,5	0,16	0,08	1,5	80	6,1	25,4	0,031	2,78	0,89
75801	51	34,7	0,12	0,025	1,1	70	7,2	5,5	0,007	1,72	2,18
75802	110	6,76	0,02	13,4	5,7	50	4,9	1,6	0,03	6,34	8,27
75803	62	1,88	0,04	5,6	1,6	20	0,5	0,9	0,001	9,96	3,14
75804	53	1,22	0,17	0,05	3,4	510	1,2	3	0,001	2,12	1,31
75805	58	2,37	0,17	8,7	0,7	810	29	82,5	0,001	5,87	3,44
75806	41	1,57	0,59	9,8	1,5	930	60,1	42,4	0,001	6,5	7,24
75807	86	38,4	0,22	7,1	7,9	380	6,5	21	0,053	5,1	9,66
75808	63	19,7	0,03	9,5	3,3	140	18,8	12,1	0,014	9,9	16,8
75809	38	1,35	0,5	8,1	1,1	670	91,6	72,8	0,001	6,64	5,71
75810	78	26,1	0,35	0,07	1,4	200	9,3	18,5	0,003	3,31	2,21
75811	141	1,45	0,69	0,07	2,2	1930	0,3	9,2	0,001	2,84	1,41
75812	50	1,71	0,07	0,07	1,3	130	5,9	3,9	0,003	3,61	0,57
75813	12	21,1	0,16	8,1	1	690	86	78,8	0,02	3,78	14,8
75814	58	2,1	0,47	8,7	2,1	340	11	13,1	0,001	6,66	6,75
75815	83	3,84	0,11	6,5	4,4	240	34,3	12,2	0,001	9,53	10,75

Sample ID	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
75687	0,2	0,2	0,3	108	0,025	0,13	0,4	0,0025	0,18	0,27	1	0,05	0,23	5	1,5
75688	0,2	1,2	0,3	16,8	0,025	0,1	0,6	0,024	2	0,22	2	0,07	0,21	8	2
75689	8,2	4	3,7	439	0,67	0,48	10,8	0,316	7,81	3,2	96	5,5	10,1	17	33,9
75690	4,2	3,9	0,3	431	0,025	0,71	4,4	0,008	0,9	0,7	24	0,025	1,69	16	1,7
75691	0,4	0,4	0,2	258	0,025	0,09	0,7	0,0025	0,04	0,11	1	0,025	2,6	3	3,2
75692	6,7	4	1,4	468	0,92	0,23	38,2	0,283	0,87	12,3	67	5,1	9,3	18	135
75693	6,9	2	2,5	346	0,8	3,55	10,8	0,386	1,69	4,9	141	2,4	1,7	1	121,5
75694	1	1	1,6	101,5	0,76	0,54	4,2	0,442	0,51	0,9	11	3,3	1,4	5	26,4
75695	3,9	1,7	0,3	165	0,025	1,05	10,2	0,033	0,13	1	53	0,09	2,31	19	3,4
75696	6,6	2,5	1,6	65,7	0,005	0,28	10,1	0,039	0,33	4	56	2,95	10,75	63	3,5
75697	2,4	2	1,3	144	0,67	0,63	5	0,397	0,28	0,7	40	2,6	0,7	11	19,2
75698	0,2	0,3	0,8	75,6	0,025	0,14	1,2	0,0025	0,55	0,14	7	0,07	0,17	2	0,9
75699	0,2	5,9	1,7	78,4	0,025	0,58	3,2	0,066	1,26	0,37	5	0,025	0,18	3	3,1
75700	4,9	0,5	0,3	67,5	0,025	0,25	5,8	0,045	0,31	0,6	72	0,13	4,87	41	2,9
75701	2,3	2	1,7	27,5	0,93	0,28	15,7	0,306	1,46	11,8	13	9,1	4,3	8	109,5
75702	17,1	3	2,4	508	0,98	0,21	13,9	0,466	0,46	3,8	134	1,7	16,5	54	156,5
75703	0,4	7	1,1	67,5	0,025	5,43	1,8	0,011	1,59	1,29	8	0,06	2,9	12	0,9
75704	6,4	3	1,7	423	0,91	1,16	8,1	0,38	0,98	3,2	85	0,9	6,2	24	84,8
75705	1	4	0,7	19,2	0,025	1,09	3,7	0,0025	4,77	0,7	13	0,13	0,39	21	0,5
75706	0,2	0,2	0,3	16	0,025	0,22	0,2	0,0025	0,17	0,17	1	0,06	0,21	4	1,6
75707	1,2	1	3,5	26,4	0,77	0,22	4	0,399	1,13	1,8	26	5	1,4	3	15,5
75708	4,2	2	5,8	354	0,87	1,63	28	0,294	14,4	4,2	104	3,6	1,7	1	91,1
75709	12,1	4	4,1	205	0,42	0,36	12	0,225	1,13	5,5	103	21,2	13,3	66	30,3
75710	3,2	1,7	2,1	117	0,025	0,71	5,8	0,022	1,95	0,64	40	0,07	2,67	18	5,2
75711	13,6	6	2	383	0,99	1,43	9,5	0,457	0,13	1,4	122	1,2	11,5	7	176,5
75712	12,2	2	1,7	540	0,83	0,23	12,2	0,601	1,08	3,7	117	1,2	14,9	167	202
75713	9,7	3	1,5	335	0,92	0,84	22,5	0,437	8,48	6,3	94	2,4	13,8	12	25,5
75714	10,3	3	1	540	0,58	0,32	6,1	0,425	0,4	1,6	144	0,5	4,1	5	117
75715	0,7	0,5	0,2	154,5	0,025	0,06	0,8	0,005	0,02	0,19	3	0,025	0,32	3	4,1
75716	4,9	14	13,8	439	0,9	3,01	26,1	0,498	3,77	4,5	75	2,9	8,2	3	48,5
75717	0,2	7,7	0,2	19,5	0,025	4,79	0,5	0,0025	0,02	0,12	7	0,025	0,33	3	1
75718	0,7	1	0,8	9,4	0,76	0,005	0,4	0,552	0,02	0,3	14	2,8	1	9	50,5
75719	0,2	4,5	2,6	673	0,025	0,73	1,9	0,091	6,03	0,27	46	0,025	0,12	1	2
75720	1,7	1,8	0,2	13,3	0,025	0,6	3,5	0,0025	0,71	0,16	3	0,025	0,62	5	0,7
75721	3,2	47	9,4	298	0,6	11,75	15,4	0,379	2,88	1,8	146	2	3	1	12,6
75722	3,3	1	2	1185	0,5	0,005	21,5	0,216	0,23	3	93	1,4	1	1	45,3
75723	2,5	0,3	3,1	171	0,025	0,06	10,5	0,018	0,07	0,78	41	0,05	1,96	24	1,9
75724	0,3	0,3	0,1	132	0,025	0,02	1,7	0,0025	0,01	0,32	1	0,025	0,33	5	16,2
75725	0,8	1	1	214	0,73	0,74	1,6	0,397	0,06	0,7	72	4	0,8	4	29,4
75726	1,2	0,8	0,2	67,4	0,025	0,08	2,8	0,011	0,02	0,6	14	0,025	3,36	17	1,6
75727	0,4	1	3,8	11,6	1,07	0,3	5,2	0,338	0,58	4,1	11	9,9	1	18	42,1
75728	0,2	0,1	0,3	10,8	0,025	0,09	0,2	0,0025	0,12	0,05	2	0,025	0,12	3	0,7
75729	1,8	1	0,7	352	0,64	0,31	5,8	0,304	0,3	1,6	91	2	1,5	1	121,5
75730	7,4	2	1,5	480	1	0,51	18,7	0,465	0,22	6,1	89	3,5	10	27	78
75731	0,6	0,5	2,2	153	0,43	0,05	3,2	0,276	0,05	0,5	74	0,5	1	1	32,8
75732	1,6	1	0,7	285	0,5	0,34	5,5	0,119	4,6	0,9	115	1,8	0,8	3	122,5
75733	5,3	1	4,1	569	0,72	0,2	34,1	0,168	0,68	8,5	99	4,1	3,6	4	80,6
75734	0,3	0,4	0,3	14,1	0,025	0,14	0,1	0,0025	0,11	0,05	1	0,025	0,1	3	31
75735	2,5	3	4	359	1,13	0,41	8,5	0,168	0,52	2,7	61	5,7	0,8	7	105,5
75736	9,3	3	1,3	540	0,62	0,6	41,3	0,252	1,69	8,5	107	2,2	2	24	46
75737	2	3	0,7	647	0,39	3,04	10,6	0,157	3,07	1,4	44	1,4	0,7	2	31,3
75738	0,2	0,1	0,4	23,1	0,025	0,14	0,2	0,0025	0,31	0,12	1	0,025	0,11	2	1,6
75739	0,1	4,1	0,4	38,8	0,025	1,06	0,2	0,0025	0,02	0,05	6	0,05	0,19	4	0,6
75740	3,3	0,3	0,4	86,1	0,025	0,08	7,7	0,036	0,12	1,39	48	0,12	5,43	40	4

Sample ID	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
75741	1,6	1	0,8	15,4	0,78	0,005	2	0,556	0,02	1,3	14	3,7	2,3	32	63
75742	4,7	1	0,9	603	0,94	0,005	10	0,481	0,11	2,7	56	2,9	9,5	31	85,8
75743	3,9	8	6	518	0,69	1,81	5,8	0,442	11,8	1,7	108	1,2	2,8	8	23,9
75744	2,6	5	7,8	427	0,65	1,91	10,3	0,332	3,91	1,9	33	3,2	1,8	5	31,8
75745	1,7	2	2,8	432	0,81	0,29	10,9	0,355	1,41	3,1	52	9,2	1,1	3	34,5
75746	5,2	7	7,8	696	0,74	0,66	13,6	0,496	3,62	2,6	77	3,8	8,2	1	54
75747	5,1	1	1,7	439	0,73	0,52	17,5	0,233	0,42	4,2	69	3,7	3,6	4	61,5
75748	6,3	1	1,6	429	1,64	0,025	49,6	0,329	0,66	15	61	5,8	15,7	77	127
75749	6,5	1	2,5	425	1,03	0,005	28,9	0,367	0,38	7	68	3,1	10,1	98	33,8
75750	6,9	1	1,2	234	0,96	1,54	7,7	0,308	0,41	3,1	61	0,9	6,4	51	79,8
75751	12,6	4	4,1	220	0,35	0,34	10,5	0,243	1,14	4,8	108	18,5	13,4	66	30,9
75752	5,2	50	2,7	515	0,48	9,94	28,6	0,314	22,9	2,3	51	1,6	3,4	1	12,9
75753	3,1	2	3,1	205	0,68	0,89	6,3	0,362	0,47	1,3	20	5,2	1,6	11	14,4
75754	3,1	34	20,1	185,5	1,12	6,06	19,9	0,359	10,25	8,7	21	9,4	4,7	5	49,7
75755	6,4	4	1,5	552	0,87	1,27	23,6	0,31	6,91	8	97	2,8	6,2	1	113
75756	0,6	1	0,5	5,6	0,61	0,1	0,7	0,499	0,13	0,6	12	5,2	0,5	3	141
75757	0,3	1	0,4	20,7	0,8	0,05	0,3	0,528	0,02	0,2	7	2,2	0,3	5	10,1
75758	1,6	4,2	0,5	12,8	0,025	2,56	0,9	0,0025	1,12	0,12	2	0,05	0,2	4	0,6
75759	1,4	0,7	0,1	111,5	0,025	0,07	14,1	0,0025	0,07	0,61	12	0,025	2,13	5	0,6
75760	0,8	1,1	0,2	713	0,025	0,96	3,2	0,005	0,22	0,71	0,5	0,025	13,8	5	1,5
75761	2,9	1	1,7	81,9	1,44	0,005	32,5	0,368	0,79	10,7	13	4,8	11,7	23	157,5
75762	1,8	2	2,9	451	0,82	0,34	12,6	0,372	1,48	3,1	51	9,5	1	3	37,9
75763	2,9	1	1,6	76,6	2,11	1,01	8,4	1,055	0,46	3,1	22	2,6	4,2	4	186,5
75764	21,6	2	1,7	337	0,7	0,22	21,5	0,283	0,82	7,9	62	2,8	12,3	1	79,8
75765	3,1	1	1,7	177,5	1,02	0,05	17,1	0,342	0,62	4,8	30	2,2	10,8	29	159
75766	3,5	4,7	2,8	164,5	0,025	0,6	17,1	0,0025	17,2	1,51	28	0,13	5,15	15	2,2
75767	0,4	4	0,9	36,1	0,76	0,59	1,2	0,13	4,26	0,5	13	1,2	0,9	11	12,8
75768	6,6	3	3	730	0,97	2,86	9,4	0,549	1,02	3,4	99	1,6	5,1	23	99,8
75769	0,7	1	0,7	65,6	1,65	0,005	1,1	0,405	0,08	0,5	15	2,7	0,4	9	21,6
75770	3,9	4,8	1,1	62	0,025	0,23	7,9	0,0025	4,77	0,31	27	0,1	2,8	8	0,25
75771	4	6	2,4	138	0,025	1,36	9,2	0,016	6,27	0,45	51	0,07	0,84	8	2,3
75772	4,8	0,7	1,4	137	0,025	0,15	9,2	0,109	0,83	2,23	73	0,54	15,15	82	42,3
75773	2,3	1	2,8	83,9	0,99	0,3	5	0,408	0,55	1,9	22	4,5	1,6	3	20,8
75774	2,7	4,9	2,5	63,9	0,025	2,91	3,8	0,0025	2,02	0,47	42	0,025	2,79	15	1,1
75775	1,1	26	14	182,5	0,36	4,46	1,6	0,509	11	1,2	22	0,9	0,7	1	111,5
75776	3,4	3	1,4	803	0,71	3,24	15,9	0,455	0,57	2,8	59	15,8	2,4	2	48
75777	5,6	1	1,3	361	0,93	0,19	15,8	0,411	0,21	3,9	70	2,8	7,1	26	54,8
75778	1,5	0,1	0,3	60,2	0,025	0,01	1,7	0,012	0,1	0,61	11	0,025	4,8	18	3
75779	2,2	0,3	0,6	32,9	0,025	0,005	4,9	0,016	0,02	0,94	16	0,08	15,4	14	6,8
75780	1,9	0,3	0,5	31,8	0,025	0,01	4,5	0,014	0,02	0,85	16	0,07	17,1	26	5,8
75781	0,5	1,1	0,2	39,3	0,025	1,07	3	0,015	1,04	0,35	4	0,025	0,67	6	6,8
75782	0,4	0,5	0,1	55,2	0,025	0,15	1,4	0,0025	0,15	0,19	9	0,025	0,2	4	4,2
75783	6,5	3	2,3	416	0,9	0,55	6,8	0,418	8,66	3,1	95	1,1	4,5	4	80,7
75784	4,1	0,1	0,5	86,5	0,025	0,005	9,8	0,085	0,01	1,3	32	0,63	8,3	46	11
75785	6,2	2	1,8	438	0,89	1,82	7,5	0,402	0,83	2,9	82	1,1	6,3	27	84,8
75786	7	0,2	0,5	58,3	0,025	0,005	13,1	0,045	0,01	2,35	70	0,08	9,14	75	3,1
75787	0,2	8,3	0,7	84,3	0,025	3,91	2,1	0,006	16,2	0,33	26	0,07	0,21	8	1,1
75788	1,1	1,3	0,4	49,4	0,025	0,16	2	0,0025	0,34	0,32	12	0,025	0,95	7	1,7
75789	0,3	1,7	0,4	127,5	0,025	0,31	0,9	0,015	3,04	0,17	0,5	0,025	1,69	3	0,25
75790	6,3	0,2	0,5	86,2	0,025	0,01	7,2	0,049	0,04	0,95	80	0,14	5,53	71	5,4
75791	7,4	3	1,2	383	0,77	1,47	9,7	0,325	6,3	3,9	102	0,7	5,5	14	69,9
75792	1,1	9,5	0,1	7,9	0,025	0,08	0,2	0,005	0,05	0,2	1	0,06	0,13	12	3,3
75793	0,2	1,5	0,3	6,3	0,025	0,07	0,2	0,0025	0,02	0,05	1	0,025	0,22	6	1
75794	0,1	4,7	0,2	5,9	0,025	0,59	0,2	0,0025	0,04	0,05	1	0,08	0,05	4	0,25

Sample ID	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
75795	11,4	5	2,5	412	0,72	1,02	18,7	0,349	1,46	5,4	92	2,2	6,3	21	97,2
75796	0,8	0,4	0,3	64,2	0,025	0,28	1,2	0,005	0,06	0,2	5	0,05	0,31	4	0,8
75797	0,5	0,5	0,1	93,2	0,025	0,09	1,6	0,005	0,21	0,35	9	0,025	1,16	4	3
75798	1,7	1,5	1,7	196	0,76	0,545	2,3	0,342	2,385	1,75	16,5	2,9	2,4	7,5	84,4
75799	2,9	2	2,6	215	0,8	1	3,4	0,463	2,38	2,9	25	1,2	3,7	6	135,5
75800	0,3	3,1	1,1	46,5	0,025	0,9	1,1	0,0025	1,85	0,4	19	0,5	1,06	3	0,25
75801	0,5	2,1	0,6	40,7	0,025	0,73	1,7	0,0025	0,22	0,3	6	1,05	0,68	5	0,25
75802	0,5	7	3	17,4	0,81	2,62	1	0,868	0,63	0,8	8	5,2	0,9	5	17,6
75803	0,4	6	0,6	6,1	0,69	2,28	0,2	0,233	0,08	0,2	6	2	0,4	6	4,2
75804	4,4	0,6	0,3	62	0,025	0,34	7,9	0,011	0,06	1,69	43	0,025	4,66	53	2,3
75805	3	1	1,3	713	0,85	0,005	18,8	0,401	0,49	5,1	78	2,5	4,8	13	119
75806	5,8	2	1,3	408	0,92	0,7	6,4	0,384	51,7	3	83	1,3	3,6	5	78,4
75807	4,8	6	2,7	231	0,66	1,51	3,8	0,331	6,37	1,8	78	4,9	1,5	8	33,5
75808	0,6	21	12,4	119	0,75	1,5	2,4	0,171	10,55	1,4	8	4,2	1,6	9	17,1
75809	5,2	2	1,3	350	0,74	1,08	5,4	0,351	1,04	2,3	87	1	7,6	7	75
75810	0,4	1	0,3	21	0,025	0,71	5,6	0,0025	0,83	0,29	39	0,2	0,72	3	0,25
75811	2,1	1	0,3	14,2	0,025	0,29	1,9	0,0025	0,41	0,2	5	0,05	0,41	6	0,8
75812	1	1,2	0,5	73	0,025	0,53	3	0,0025	1,76	0,47	8	0,025	0,82	6	0,9
75813	7,4	17	10,2	332	0,65	2,65	27	0,417	6,53	3,2	131	3,8	5,7	4	22,4
75814	1,6	2	3	313	0,81	0,64	4,6	0,352	0,75	1,1	79	2,6	0,8	5	28,7
75815	1,7	3	3,1	204	0,53	0,85	6,9	0,284	3,58	1,8	23	2	2,2	7	26,8

## **ANEXO B: CONTROL DE CALIDAD**

Para hacer el control de calidad de las muestras utilizadas en el presente estudio, se realiza un análisis de las siguientes características que se detallan a continuación:

### **Precisión**

Es la habilidad de reproducir consistentemente una medición en condiciones similares. Vinculada a errores aleatorios, su evaluación exige reproducir la medición en condiciones tan cercanas como sea posible a las existentes en el momento en que tuvo lugar la medición original. En el caso del muestreo geológico, por ejemplo, tanto la muestra original como la duplicada deben corresponder a métodos similares de muestreo y se debe prever su envío simultáneo al mismo laboratorio, de modo que se garantice el empleo de iguales procedimientos de preparación y análisis, utilizando los mismos equipos y reactivos, y en lo posible el mismo personal. Por tanto, es necesario que ambas muestras formen parte del mismo lote. La precisión se evalúa a través del error relativo (*RE*), definido como el valor absoluto de la diferencia entre los valores original y duplicado, dividido por el promedio entre ambos valores, medido en porcentajes. Se recomienda tratar la precisión como una característica cualitativa (baja precisión, alta precisión) y el error relativo como un parámetro cuantitativo. Entre ambos existe una relación inversa: a mayor error relativo, menor precisión y viceversa. Se define un error relativo aceptable para cada tipo de muestra de control (30% para muestras gemelas o de campo). Un nivel aceptable de admisibilidad se alcanza cuando el nivel de rechazos no excede el 10% de los pares.

Hay que hacer notar que los errores aceptables que se describen en el texto anterior corresponden a los criterios utilizados por algunas empresas mineras en la evaluación de recursos económicos para proyectos mineros para que sea transables en el mercado de acciones.

La base de datos utilizada para el presente estudio incluye 6 pares de muestras de terreno correspondientes a la muestra original y su duplicado de terreno.

El cálculo del error relativo se hace para el total de los elementos disponibles y no sólo a el o los elementos que se evalúan para en el caso de un proyecto minero, ya que en este caso se trabaja con la totalidad de los elementos incluidos en la base de datos.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla, donde se destacan los valores que cumplen el criterio aplicado.

**Tabla 5:** Calculo de los errores relativos para cada elemento para las muestras de duplicados de terreno. Cada ID DUPLICADO representa un par de muestras, la muestra original y su duplicado de terreno. Los errores están calculados en porcentajes. Se destacan en rojo los errores relativos menores a 30%.

ERROR RELATIVO POR ELEMENTO										
ID DUPLICASDO	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce
1	#¡VALOR!	#¡VALOR!	189,69	180,87	52,38	194,55	140,00	139,45	100,00	169,19
2	#¡VALOR!	66,67	127,69	127,44	106,67	40,00	14,81	164,78	40,00	126,13
3	#¡VALOR!	50,00	37,85	171,33	13,95	98,67	172,67	15,38	#¡VALOR!	41,94
4	46,15	50,00	42,18	59,94	10,00	95,65	102,18	141,18	0,00	25,10
5	#¡VALOR!	40,00	173,77	40,88	150,00	#¡VALOR!	186,67	162,40	66,67	108,21
6	0,00	35,29	52,15	27,61	0,00	12,24	111,11	80,62	40,00	24,97
ID DUPLICASDO	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf	In	K
1	153,66	144,35	144,32	104,93	86,35	192,27	153,49	41,10	169,23	193,50
2	58,06	109,09	143,10	68,81	6,70	110,19	40,00	187,83	5,00	48,98
3	66,67	185,37	160,26	45,07	103,08	28,83	18,18	116,28	130,57	33,72
4	58,82	104,76	18,60	50,55	106,84	161,62	33,33	0,00	35,29	108,45
5	123,81	166,67	#¡VALOR!	92,41	42,80	115,04	#¡VALOR!	11,76	113,04	137,25
6	16,67	28,57	39,63	49,28	55,59	51,88	46,15	100,00	7,41	61,22
ID DUPLICASDO	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb
1	171,67	142,11	178,95	68,62	109,07	183,67	11,66	170,98	189,12	179,27
2	115,79	78,10	40,00	116,05	89,66	37,04	197,42	120,69	86,79	46,69
3	43,84	122,58	120,00	66,67	12,41	61,22	36,36	90,91	25,99	171,63
4	37,93	120,00	#¡VALOR!	62,15	14,39	50,00	11,36	62,50	49,50	144,74
5	147,83	168,42	142,86	102,86	80,41	134,62	199,02	93,33	160,78	191,01
6	22,22	108,05	13,33	11,64	23,72	34,48	25,58	11,76	33,71	62,55
ID DUPLICASDO	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb
1	171,67	142,11	178,95	68,62	109,07	183,67	11,66	170,98	189,12	179,27
2	115,79	78,10	40,00	116,05	89,66	37,04	197,42	120,69	86,79	46,69
3	43,84	122,58	120,00	66,67	12,41	61,22	36,36	90,91	25,99	171,63
4	37,93	120,00	#¡VALOR!	62,15	14,39	50,00	11,36	62,50	49,50	144,74
5	147,83	168,42	142,86	102,86	80,41	134,62	199,02	93,33	160,78	191,01
6	22,22	108,05	13,33	11,64	23,72	34,48	25,58	11,76	33,71	62,55
ID DUPLICASDO	Rb	Re	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te
1	180,78	#¡VALOR!	127,27	188,01	152,58	40,00	34,15	179,46	5,24	28,57
2	132,13	#¡VALOR!	107,89	52,58	123,81	111,69	4,88	106,40	190,15	67,29
3	149,26	#¡VALOR!	5,63	156,61	6,00	0,00	40,00	46,86	45,33	89,66
4	58,06	#¡VALOR!	23,20	1,92	41,86	85,71	94,34	1,16	21,92	147,27
5	188,40	#¡VALOR!	116,40	161,72	176,81	142,86	183,33	153,14	189,19	114,29
6	54,65	#¡VALOR!	13,39	9,98	52,17	28,57	41,86	9,25	5,13	58,90
ID DUPLICASDO	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr	
1	12,16	41,45	104,17	102,56	164,63	137,04	117,31	148,39	35,34	
2	48,37	181,63	175,00	74,51	101,23	177,95	124,63	88,00	188,55	
3	114,69	2,78	181,98	118,99	42,02	131,03	108,38	82,35	128,42	
4	5,66	6,70	93,98	48,00	44,71	96,77	48,28	50,00	8,14	
5	131,71	197,62	193,19	176,90	165,38	191,11	182,98	0,00	180,21	
6	38,60	30,06	0,21	49,46	40,96	82,93	42,62	22,22	46,48	

Se observa de la tabla que los errores relativos encontrados para todos los elementos superan largamente el criterio aplicado. De esto se desprende que:

1. Las grandes diferencias encontradas (de hasta casi 200%) en los valores obtenidos entre la muestra original y su duplicado de terreno, implican que la metodología de muestreo tiene una baja precisión. Esto no es raro ya que se está trabajando con duplicados de terreno en una zona con una fuerte alteración hidrotermal, lo que hace que la reproducibilidad del muestreo sea baja.

2. Esto último se interpreta como un posible “efecto pepita” y/o por un error sistemático asociado a la metodología de muestreo.
3. Si se considera que el criterio utilizado se aplica para sólo algunos elementos de interés para la evaluación de recursos en proyectos mineros, donde las concentraciones varían en un amplio rango de valores y que los mayores errores relativos se presentan cuando se analizan las concentraciones más bajas. Sumado a que para el presente estudio se trabaja con todos los elementos (mayores y trazas), es posible que el criterio aplicado no sea el más adecuado.

## Exactitud

Se define como la proximidad de los resultados a un valor verdadero o aceptado y se vincula a errores sistemáticos. El concepto de exactitud está indisolublemente vinculado al de *valor real*. Al determinar la ley de la muestra, nunca se llega a conocer el valor real; sin embargo, es posible preparar estándares en condiciones muy controladas y establecer el mejor valor (*MV*) del estándar para cada elemento en particular. Por otra parte, el intervalo de confianza (*IC*), también conocido como error estándar de la media, evaluado con un nivel de significación de 0.05, identifica al intervalo alrededor de *MV* en el cual la probabilidad de ocurrencia del valor real es igual al 95%. Tanto el *MV* como el *IC* que caracterizan al estándar deben ser establecidos a través de múltiples análisis en una serie de laboratorios de elevada reputación técnica. Mediante la inserción de estándares en los lotes analíticos, es posible comparar el comportamiento del laboratorio en cuestión con el de los laboratorios de referencia. De este modo se evalúa la proximidad al *MV* de los valores obtenidos y se determina la magnitud del posible sesgo, en caso de que exista. Se recomienda tratar la exactitud como una característica cualitativa (baja exactitud, elevada exactitud), y el sesgo como un parámetro cuantitativo, entre los cuales existe una relación inversa: a mayor sesgo, menor exactitud y viceversa.

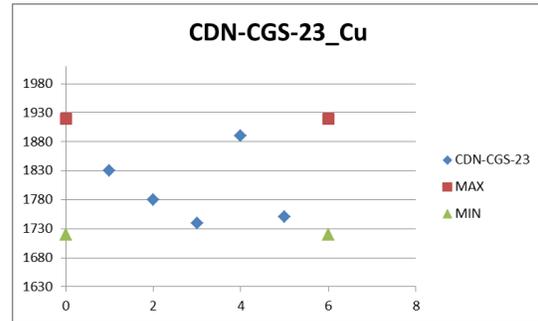
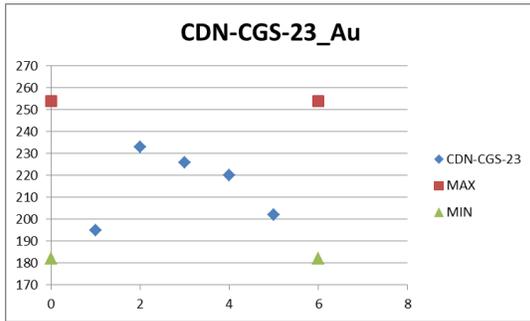
El sesgo analítico  $S_a$  es calculado como:

$$S_a (\%) = (PReve / MV) - 1$$

donde *PReve* representa el promedio de los valores obtenidos, calculado tras excluir los valores erráticos y *MV* representa el mejor valor del estándar para el elemento estudiado. El sesgo es considerado aceptable si su valor absoluto es inferior a 5%, arriesgado si se encuentra entre 5% y 10%, e inaceptable cuando supera el 10%.

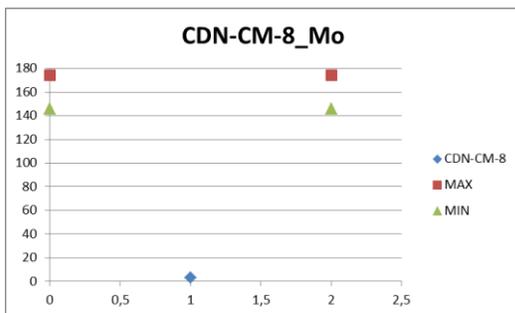
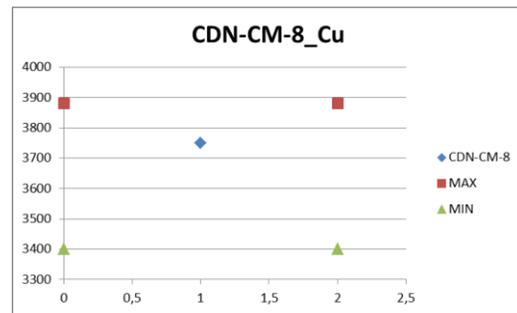
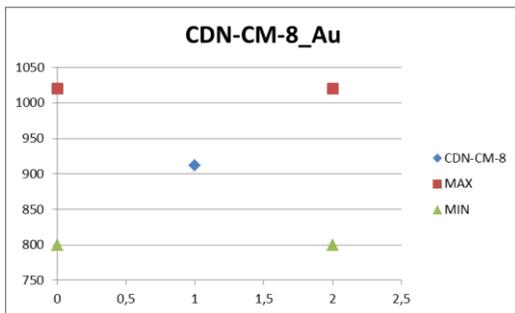
La base de datos utilizada en el presente estudio contiene cinco estándares CDN-CGS-23 (para controlar Au y Cu) y sólo un estándar CDN-CM-8 (para controlar Au, Cu y Mo).

La representación gráfica de los resultados de los estándares CDN-CGS-23 se presenta a continuación:



De los dos gráficos anteriores, se observa que los resultados obtenidos para ambos elementos están dentro del Intervalo de Confianza definido por el fabricante, lo que significa que estos dos elementos presentan un sesgo aceptable.

La representación gráfica de los resultados de los estándares CDN-CM-8 se presenta a continuación:



De los tres gráficos anteriores, se observa que los resultados obtenidos para el Au y Cu están dentro del Intervalo de Confianza definido por el fabricante, pero el valor de Mo está muy por debajo de las especificaciones del fabricante.

Como se tiene sólo una muestra de este estándar analizado, se piensa que este resultado no es concluyente ya que no es posible determinar si la medición del Mo

es la que esta mal realizada o si eventualmente pudiera incluso existir un error de digitación.

Se considera dejar fuera la muestra correspondiente al estándar CDN-CM-8 para el análisis de exactitud por ser una muestra única.

Los resultados obtenidos con el estándar CDN-CGS-23 indican que el procedimiento del laboratorio para la medición de Au y Cu presentan una elevada exactitud y por ende un reducido sesgo.

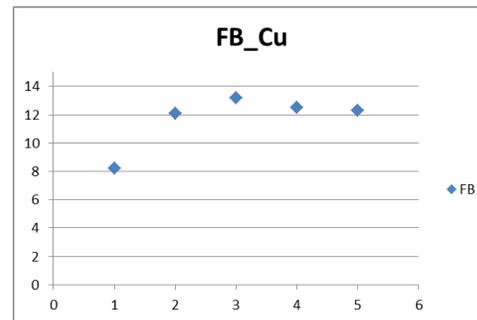
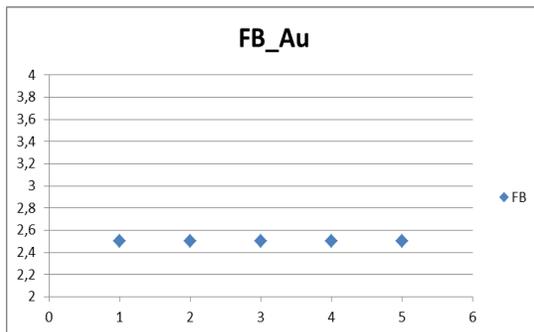
Sin embargo, el objetivo original del muestreo realizado estaba enfocado a la prospección de oro y no al análisis de RNA. Debido a esto, no se utilizaron estándares que permitan controlar la exactitud en la medición del laboratorio del resto de los elementos utilizados en el presente estudio y que no se incluyen en el estándar CDN-CGS-23.

### **Contaminación**

Al preparar o analizar algunas muestras, particularmente las muy mineralizadas, es posible que cierta porción de una muestra o de una solución quede retenida accidentalmente en el equipo y contamine las muestras siguientes. La contaminación se estudia a través de los blancos, que son de hecho muestras estériles, en las cuales los elementos a evaluar se encuentran presentes en cantidades inferiores o muy cercanas a los correspondientes límites de detección. Se considera que se ha producido un nivel significativo de contaminación de un elemento cuando los blancos arrojan valores que exceden varias veces el límite de detección para dicho elemento. Siempre que sea posible, la matriz de los blancos debe ser cercana a la matriz del material que está siendo analizado en las muestras ordinarias.

La base de datos utilizada en el presente estudio contiene cinco muestras de blancos de terreno, es decir, se sacó material de terreno de una zona alejada de la alteración hidrotermal, donde se comprobó empíricamente que dichas muestras tenían valores de Au por debajo del límite de detección. Esto último se realizó mandando un lote de éste tipo de muestras para ser analizadas por Au al laboratorio previo a que fueran utilizadas como blanco de terreno.

La representación gráfica de los resultados de los blancos de terreno se presenta a continuación:



Se observa que el objetivo del blanco de terreno se cumple para controlar la preparación mecánica de las muestras, considerando que el trabajo original estaba orientado en un proyecto minero enfocado a encontrar un prospecto por oro.

Sin embargo, el comportamiento de los otros elementos, como por ejemplo el Cu, no cumplen los objetivos necesarios para controlar la contaminación durante el proceso de preparación mecánica, ya que los valores están muy por sobre el límite de detección. Si se hubiera utilizado un blanco no contaminante en ningún elemento como por ejemplo el cuarzo, se podría haber controlado la contaminación del resto de los elementos, pero esto no era parte de los objetivos originales cuando se diseñó la campaña de muestreo.

## **ANEXO C: BASE DE DATOS DE GEOLOGIA**

**Tabla 6:** (paginas siguientes) Información geológica de las muestras disponibles. LBR: café claro, whye: amarillo claro, Beige: café amarillento, whpi: rosado claro, Mye: amarillo medio, Dye: amarillo oscuro, Drd: rojo oscuro, Mbr: café medio, Whgy: plomo claro, Dpu: purpura oscuro, VUNTU: toba indiferenciada, IFAN: lava andesítica, IPDIO: pórfido diorítico, IFDA: lava daciandesítica, BC: brecha hidrotermal clasto soportada, BMP: brecha hidrotermal matriz soportada polimíctica, VDATU: toba daciandesítica, mg: grano medio, fg: grano fino, Gpc: grano grueso, cla: clástico, lit: lítico, xln: cristalino, PER: pervasivo, PAT: pátinas, VNS: venillas, SEL: selectivo, FRC: fracturas, MAS: masivo, FRA: fracturas, NOD: nódulos, DIS: diseminado, tr: traza.

SampleID	Nodo	Sample_Type	Orig_East	Orig_North	Orig_RL	Color	LithCode	Lith_GrainSize	Lith_Texture	Alt_Min1	Alt_Min1_Int
75687	2	CHIPS	521010	7108340	4980		VUNTU			si	4
75688	2	CHIPS	521043	7108221	4969		VUNTU			si	4
75689	4	CHIPS	519895	7107525	5114		VUNTU			si	3
75690	4	CHIPS	520031	7107614	5060		VUNTU			si	3
75691	6	CHIPS	518605	7108151	5287		VUNTU			si	4
75692	4	CHIPS	518907	7108810	5233		IFAN			si	3
75693	2	CHIPS	519113	7108646	5193		IFAN			op	3
75694	2	CHIPS	519243	7108769	5170		IFAN			si	3
75695	1	SL	519201	7107148	5299	LBR					
75697	5	SL	519807	7107590	5082	LBR					
75715	5	RG	518911	7108655	5144		IPDIO			si	3
75718	5	SL	518868	7108574	5242	LBR					
75726	1	CHIPS	522291	7106788	4822		IFDA			si	3
75727	6	CHIPS	520986	7108358	4976		VUNTU			si	3
75728	6	CHIPS	520949	7108344	4985	whye	VUNTU			si	3
75729	4	CHIPS	518983	7108823	5217		IFAN			si	3
75730	6	CHIPS	518983	7108823	5217		IFAN			si	4
75731	6	CHIPS	518834	7108733	5249		IFAN			si	4
75732	4	CHIPS	518729	7108835	5265		IFAN			si	3
75733	4	CHIPS	518575	7108844	5263		IFAN			si	3
75734	6	CHIPS	518584	7108685	5268		IFAN			si	3
75735	6	CHIPS	518609	7108383	5280		VUNTU			si	3
75736	6	CHIPS	518787	7108396	5292		IFAN			si	4
75737	6	CHIPS	518794	7108376	5275		IPDIO			si	3
75738	2	CHIPS	520654	7108346	4949		VUNTU			si	3
75739	3	CHIPS	518752	7108093	5209		IFAN			si	4
75740	3	CHIPS	518781	7108211	5221		IFDA			si	3
75741	3	CHIPS	518826	7108207	5204		IFDA			cy	3
75742	3	CHIPS	518887	7108229	5194		IFDA			si	3
75743	6	CHIPS	519135	7108257	5141		BC			si	4
75744	6	CHIPS	519102	7108297	5144		BC			si	3
75746	6	CHIPS	519228	7108301	5124		IFAN			si	3
75747	4	CHIPS	519320	7108403	5124		BC			si	4
75748	4	CHIPS	519359	7108494	5120		BC			SI	3
75749	4	CHIPS	519371	7108492	5114		BC			si	3
75752	6	CHIPS	518875	7108510	5250		IFAN			si	3
75753	6	CHIPS	518926	7108453	5262		IFAN			si	4
75754	6	CHIPS	519007	7108480	5247		IFAN			si	3
75756	4	CHIPS	519996	7107200	5155	Beige	VUNTU	Gcp	cla	si	5
75757	4	CHIPS	519821	7107197	5198	whpi	BMP	Gcp	lit	si	4
75758	4	CHIPS	519755	7107189	5220	Mye	BMP	Gcp	cla	si	4
75759	3	CHIPS	519692	7107267	5217	Dye	BMP	Gcp	lit	si	4
75760	2	CHIPS	519788	7107356	5168	Drd	VDATU	mq	xln	si	4
75761	4	CHIPS	519887	7107541	5114	Mye	VUNTU	Gcp	lit	si	4
75762	2	CHIPS	520090	7107687	5018	Mbr	VUNTU	fg	lit	si	4
75764	6	CHIPS	519014	7107591	5214	Mye	BMP	Gcp	cla	si	5
75765	4	CHIPS	519045	7107533	5217	Mye	BMP	Gcp	lit	si	5
75766	6	CHIPS	519077	7107440	5220	whgy	VUNTU	Gcp	lit	si	4
75767	4	CHIPS	519704	7107663	5071	LYE	VUNTU	Gcp	lit	si	4
75769	3	CHIPS	519433	7107475	5133	Dye	VUNTU	Gcp	lit	si	5
75770	6	CHIPS	519400	7107401	5171	whye	VUNTU	fg	xln	si	4
75771	6	CHIPS	519439	7107356	5195	whye	VUNTU	Gcp	cla	si	5
75772	4	CHIPS	519407	7107243	5244	LYE	VUNTU	fg	xln	si	4
75773	3	CHIPS	519386	7107078	5332	Mye	VUNTU	Gcp	cla	si	5
75774	6	CHIPS	519245	7107049	5260	LGY	VUNTU	fg	xln	si	5
75775	6	CHIPS	519190	7107399	5223	whpi	BMP	Gcp	lit	si	4
75776	3	CHIPS	519513	7107489	5139	Mgy	VUNTU	fg	dyk	si	4
75777	2	RG	519811	7107730	5055	Dpu	VUNTU	Gcp	cla	cd	5

SampleID	Alt_Min1_Style	Alt_Min2	Alt_Min2_Int	Alt_Min2_Style	Alt_Min3	Alt_Min3_Int	Alt_Min3_Style	Alteracion	Min_Min1	Min_Min1_pct
75687	PER							S	S	5
75688	PER							S	S	1
75689	PAT							S		
75690	PAT							S		
75691	PER	al	2	SEL				AA	S	10
75692	PAT	al	2	SEL				AA	ja	2
75693	SEL	al	2	FRC	cy	2	SEL	AA	ja	2
75694	PER	al	2	SEL				AA	ja	2
75695										
75697										
75715	PER							S	py	1
75718										
75726	PER	ep	2	sel				P	hm	1
75727	PER	cy	3	SEL				A	S	5
75728	PER	cy	2	SEL				A	hm	1
75729	PER	al	2	SEL				AA	S	5
75730	VNS	al	2	SEL				AA	cx	tr
75731	PER	cy	2	SEL	al	2	SEL	AA	S	3
75732	PER	al	2	SEL				AA	S	4
75733	PER	al	2	SEL				AA	S	8
75734	PER	gm	5	FRC	al	2	SEL	AA	S	10
75735	PER	al	2	SEL				AA	S	15
75736	PER	al	2	SEL				AA	S	10
75737	VNS							S	py	3
75738	PER							S	hm	1
75739	PER	gm	5	MAS	al	2	SEL	AA	s	7
75740	PER	gm	3	VNS	al	2	SEL	AA	ja	5
75741	PER	gm	3	VNS	al	2	SEL	AA		
75742	PER	al	2	SEL				AA	ja	3
75743	PER							S	cx	tr
75744	PER							S	ja	3
75746	PER	al	2	SEL				AA		
75747	PER							S	s	7
75748	PER							S	ja	3
75749	PER							S	ja	5
75752	PER	al	2	SEL				AA	ja	2
75753	PER	al	2	SEL				AA	s	4
75754	PER	al	2	SEL				AA	ja	2
75756	MAS							S	ja	2
75757	PER	cy	2	SEL				A	ja	1
75758	PER	cy	2	SEL				A	ja	2
75759	PER	cy	2	SEL				A	ja	1
75760	PER							S	go	2
75761	PER	cy	2	SEL				S	ja	1
75762	PER							S	go	1
75764	PER							S	ja	2
75765	PER							S	ja	2
75766	PER	cy	2	SEL				A	hm	0,5
75767	PER							S	ja	0,5
75769	PER							S	ja	1
75770	PER	al	2	SEL				AA	go	0,5
75771	PER	al	2	SEL				AA	go	0,5
75772	PER							S	go	1,5
75773	PER							S	ja	1
75774	PER							S	go	0,5
75775	PER							S	hm	0,5
75776	PER							S	ja	0,5
75777	PER							S	go	2

SampleID	Min_Min1_Mode	Min_Min2	Min_Min2_pct	Min_Min2_Mode	Min_Min3	Min_Min3_pct	Min_Min3_Mode
75687	NOD						
75688	DIS						
75689							
75690							
75691	NOD						
75692	FRA	hm	1	FRA			
75693	FRA						
75694	FRA	hm	1	FRA			
75695							
75697							
75715	DIS						
75718							
75726	SEL	ja	1	SEL			
75727	SEL						
75728	FRA						
75729	SEL	ja	1	FRA			
75730	FRA						
75731	SEL	ja	1	FRA			
75732	SEL	ja	1	FRA			
75733	SEL	ja	1	FRA			
75734	SEL						
75735	SEL	ja	1	FRA			
75736	SEL	ja	1	FRA			
75737	VNL	cx	tr	VNL			
75738	DIS						
75739	SEL						
75740	FRA						
75741							
75742	FRA	hm	1	FRA	cx	tr	FRA
75743	FRA						
75744	FRA						
75746							
75747	FRA	cx	tr	FRA			
75748	FRA	hm	2	FRA			
75749	SEL						
75752	FRA	s	1	FRA			
75753	FRA						
75754	FRA						
75756	DIS	go	1	DIS	hm	2	dis
75757	DIS	go	0,5	DIS	hm	1	dis
75758	DIS	go	2	DIS			
75759	DIS	go	4	DIS			
75760	FRA	hm	6	dis			
75761	DIS	go	3	DIS			
75762	FRA	hm	5	dis			
75764	DIS	go	4	DIS			
75765	DIS	go	3	DIS	hm	1	dis
75766	dis						
75767	DIS	go	2	DIS			
75769	DIS	go	5	DIS	hm	1	dis
75770	DIS	s	2	DIS			
75771	DIS	hm	0,5	dis	s	3	fra
75772	DIS						
75773	DIS	go	2	DIS			
75774	DIS						
75775	dis	s	0,5	fra			
75776	DIS	go	1,5	DIS			
75777	DIS	hm	8	DIS			

SampleID	Comments
75687	Subafloramiento,roca color gris silicificada(vuggy±) con abundante azufre nativo en fracturas, textura obliterada. Toba?
75688	Subafloramiento,roca color gris silicificada(vuggy±) con abundante azufre nativo en fracturas, textura obliterada. Toba?
75689	Afloramiento,roca color amarillo claro silicificada,textura obliterada,alu(-)?,abundante yeso en fracturas
75690	Afloramiento,textura brechosa clasto soportada,clastos de and silicificados,clastos de and argilizados,silice opalino.brecha?
75691	Afloramiento,roca color gris,textura brechosa clasto soportada silicificada, abundante azufre nativo, brecha?
75692	Subafloramiento, roca color blanco grisáceo silicificada de aspecto brechoso con jar-hem en fracturas, Lava andesítica autobrechizada.
75693	Afloramiento,roca amarilla con vetillas de silice opalino con e=5cm.jar hem en fracturas, Lava andesítica.
75694	Subafloramiento,roca color gris silicificada.jar-hem en fracturas.And?
75695	
75697	
75715	Subafloramiento de roca color blanco y gris claro silicificada(±),textura porfídica,adundanta yeso(+), py 1% diseminada, Porfido diorítico de Anf.
75718	
75726	Subafloramiento,roca color blanco silicificada(±)(vuggy(-) en oquedadescon. ep(-);hem(-)-jar(-) en oquedades,textura fantasma porfídica.And.
75727	Subafloramiento,roca tobacea color blanco silicificada(±) con parches argilizados(±),alu(-)?; S(+ en oquedades,Toba lítica.
75728	Subafloramiento,roca color blanco con textura brechoza silicificada(±),cy(-);hem(-) diseminada, Toba lítica.
75729	Afloramiento,roca color blanco silicificada(±),alu(-)?,vetillas qz-oxcu(±) con 125º/75W.S(±) Lava andesítica.
75730	Afloramiento,Vetilla qz-oxcu(±) con e=0,5-1cm con 125º/75W. Lava andesítica.
75731	Subafloramiento,roca color blanco silicificada(±)(vuggy(+)),cy(-);S(±) en oquedades y fracturas.jar(±) en fracturas, vetillas de qz opalino con e=1-2cm. Lava andesítica.
75732	Afloramiento,roca color blanco silicificada(±)(vuggy(+)),alu(-),S(±) en oquedades.jar(±) en oquedades, Andesita autobrechizada.
75733	Afloramiento,roca color blanco silicificada(±)(vuggy(+)),alu(-),S(±) en oquedades.jar(±) en oquedades.And
75734	Subafloramiento,roca color blanco amarillento silicificada(±),S(±) en oquedades y fracturas.gm(±) en fracturas.And
75735	Afloramiento.Toba lítica color blanco grisáceo silicificada(±), s(±) en cristales euhedrales.jar(±) en oquedades,trazas de oxcu(±) en fracturas.
75736	Afloramiento,roca color gris oscuro silicificada(±),s(±) en fracturas.jar(±) en fracturas. Lava Andesítica.
75737	Afloramiento,sheeted con e=10-15cm de qz-py(3%-oxcu(±) en Porfido diorítico de Anf.
75738	Subafloramiento,roca color gris silicificada(±),hem(-) dseminada,Toba.
75739	Subafloramiento,roca gris oscuro silicificada(±)(vuggy(±)),gm(±) And
75740	Subafloramiento,roca color café claro silicificada(±), textura porfídica,ojos de qz 2%.jar(±) en fracturas,yeso(+ en vetillas.Porfido Dacítico?
75741	Subafloramiento,roca color blanco grisáceo argilizada(±) textura porfídica,vetillas de yeso(±).Porfido Dacítico?
75742	Subafloramiento,roca color café,textura porfídica,sil(+),jar(+)-hem(±)-oxcu(±),estructura? Con 210º/90º.
75743	Afloramiento,roca color gris oscuro silicificada(±)(vuggy(+)),textura brechosa clasto soportada silicea,trazas de oxcu en fracturas.Brecha.
75744	Subafloramiento,roca color gris claro y amarillo grisáceo,brecha clasto soportada silicea(±),alu(±),clastos angulosos a subredondeados.jar(±).
75746	Afloramiento,roca color blanca silicificada(±),textura obliterada.Lava andesítica.
75747	Afloramiento,roca color blanco grisáceo,brecha clasto a matriz soportada silicea,clastos silíceos redondeados,clastos angulosos silíceos con vuggy(±)and.s(±)en oquedades y fracturas,trazas de oxcu en fracturas.
75748	Afloramiento,brecha clasto soportada silicea,clastos redondeados,argilizada(±) y parches de sil(±),alu(-),jar-hem en fracturas.
75749	Afloramiento,roca color café claro silicificada,brecha clasto soportada con jar-alu?
75752	Afloramiento,roca blanca amarillenta silicificada(±)(vuggy(-)),alu(±),jar(±) en fracturas.s(-) en fracturas.And.
75753	Afloramiento,roca blanca amarillenta silicificada(±)(vuggy(-)),bandas de silice? 125º/90º y 50º/90º. e=10-15cm,alu(-)?,s(±) en fracturas.And.
75754	Afloramiento, roca color gris claro silicificada(±)(vuggy(±),alu(-)? en oquedades.jar(-)en oquedades.And.
75756	
75757	
75758	toba lítica con desarrollo de crackle breccia color amarillo medio.
75759	
75760	
75761	
75762	
75764	
75765	
75766	
75767	
75769	
75770	
75771	
75772	
75773	
75774	
75775	
75776	
75777	