



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material
particulado en el sector El Palomar, Copiapó.**

Profesora guía: Paulina Fuentes Molina

Profesor co-guía: Gonzalo Sánchez San Martín

Vanessa Constanza Valderrama Donoso

Copiapó, 2022



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material
particulado en el sector El Palomar, Copiapó.**

“Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de GEÓLOGA”

Profesora guía: Paulina Fuentes Molina

Profesor co-guía: Gonzalo Sánchez San Martín

Vanessa Constanza Valderrama Donoso

Copiapó, 2022

Dedicado a mi familia

Gracias por todo.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a mi familia, a mis padres por el apoyo académico desde temprana edad, a mi mamá Myriam, gracias por ese apoyo incondicional incluso cuando yo no me sentía capaz. A mi papá Manuel, por siempre instar a dar lo mejor de mí. A mi hermana Antonia, por siempre estar para mí en todo momento. Y a mi tío Oscar, un científico nato, que me inspiró en parte para el estudio de esta ciencia, donde estés, gracias.

También agradezco a Matías, quien me brindó gran apoyo y amor en esta última etapa de mi vida universitaria. Y a mis amigos, a todos aquellos que tuve la oportunidad de conocer en esta fase, gracias a todos por hacer ameno y divertido mi paso por la universidad.

Finalmente agradecer a los profesores guía Paulina Fuentes y Gonzalo Sánchez, así como también a los otros docentes quienes me apoyaron en la realización de este estudio.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
1.1. Problema de investigación.....	3
1.2. Hipótesis	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Área de Estudio, ubicación y Accesos	6
1.5. Trabajos Previos	7
ESTADO DEL ARTE.....	8
2.1. Relaves y Pasivos Ambientales.....	8
2.1.1. Pasivos Ambientales Mineros (PAM).....	8
2.1.2. Depósitos de relave	8
2.1.3. Ley Plan de Cierre.....	9
2.2. Contaminación del aire.....	10
2.2.1. Elementos contaminantes.....	10
2.2.2. Material particulado	12
2.2.3. Contaminantes nocivos	13
2.2.4. Contaminantes en el aire	15
2.3. Valores de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire	16
2.4. Clima y material particulado	17
2.5. Fluorescencia Rayos X.....	18
2.6. Peligrosidad y riesgo	19
2.6.1. Peligro geológico	19
2.6.2. Riesgo geológico.....	19
MARCO GEOLÓGICO.....	21
3.1. Información geológica de la ciudad de Copiapó	21
3.2. Geomorfología.....	25
3.3. Topografía	27

3.4. Clima	28
3.5. Catastro de relaves.....	29
METODOLOGÍA	31
4.1. Etapa de gabinete I	31
4.2. Etapa de terreno	34
4.3. Etapa de gabinete II.....	36
RESULTADOS.....	38
5.1. Identificación de muestras y rotulaciones	38
5.2. Topografía	38
5.3. Clima	41
5.4. Resultados Análisis XRF.....	43
5.4.1. Elementos y compuestos nocivos.....	46
DISCUSIÓN	50
6.1. Origen de los Contaminantes	50
6.2. Fuentes contaminantes	53
6.2.1. Fuentes contaminantes proximales	53
6.2.2. Fuentes contaminantes distales	56
6.3. Contaminantes presentes y salud humana	56
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS	67
Anexo A. Catastro Relaves SERNAGEOMIN	67
Anexo B. Resultados Análisis XRF	71
Anexo C. Análisis XRF normalizado.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Mapa de ubicación y accesos de la zona de estudio.	6
Figura N°2. Mapa conceptual con los principales contaminantes del aire.	11
Figura N°3. Cuadro resumen de los principales contaminantes del aire, sus fuentes, principales características y efectos sobre la salud humana.....	14
Figura N°4. Norma de Índice de Calidad de Aire Referido a Partículas	15
Figura N°5. Cuadro resumen de los valores fijados por la OMS en cuanto a contaminantes del aire.	16
Figura N°6. Sección de la Carta Geológica de Copiapó.....	22
Figura N°7. Leyenda y simbología, modificado de la Carta Geológica de Copiapó.....	23
Figura N°8. Perfil topográfico W – E a la latitud de 27°20'	26
Figura N°9. Topografía en la ciudad de Copiapó	27
Figura N°10. Diagrama Climático Ombrotérmico, sector Embalse Lautaro, río Copiapó.	28
Figura N°11, Mapa con la ubicación de los relaves, en la ciudad a partir del catastro de relaves de SERNAGEOMIN (Anexo A)	30
Figura N°12. Base del mapa, donde se muestra la ubicación de las trampas de sedimento	32
Figura N°13. A:Modelo de trampas de material particulado	33
Figura N°14. Contenedores instalados,.....	35
Figura N°15. Analizador XRF.	37
Figura N°16. Mapa con curvas de nivel,.....	39
Figura N°17. Perfil longitudinal A-B,.....	40
Figura N°18. Perfil longitudinal C-D.....	40
FIGURA N°19. Velocidad promedio del viento entre septiembre y noviembre de 2021	41
Figura N°20. Dirección promedio del viento entre septiembre y noviembre de 2021. ..	41
Figura N°21. Gráfico de barras muestras de relaves.....	46
Figura N°22. Gráfico de barras muestras de relaves,.....	47
Figura N°23. Gráfico de barras muestras zonas residenciales	48
Figura N°24. Gráfico de barras muestras zonas residenciales	49
Figura N°25. Ubicación de trampas y relaves.	52

Figura N°26. A la izquierda concentraciones de Fe y Ba presentes en los relaves	52
Figura N°27. depositos de relves presentes en las cercanías del área de estudio	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Tabla Resumen de las actividades realizadas durante las 5 semanas de monitoreo de los contenedores.....	34
Tabla N°2. Información de muestras obtenidas	38
Tabla N°3. Resumen de los resultados normalizados del análisis XRF de las muestras extraídas de las zonas de relave.	44
Tabla N°4. Resumen de los resultados normalizados del análisis XRF de las muestras extraídas de las zonas residenciales.	45
Tabla N°5., correlación de relaves del catastro de SERNAGEOMIN, 2019 y las muestras extraídas de los relaves en este estudio.	55

RESUMEN

El Palomar, se caracteriza por ser un área residencial relativamente nueva en la ciudad de Copiapó, Región de Atacama, esta zona ubicada en una cota topográfica sobre el río y cercano a viñas, se presentan en sus cercanías distintos depósitos de relaves y trabajos de construcción e industrias que se ven en conjunto asociados a la emisión de material particulado.

El presente trabajo de investigación titulado “Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.” identifica las principales fuentes de emisión de contaminantes a partir de la comparación de muestras de depósitos de relaves con muestras de material particulado en residencias expuestas a la acumulación de ellos. En base a dicha comparación realizada en función de distintas variables, como la dirección y velocidad del viento, topografía, industrias cercanas y efectos antrópicos, se arrojaron coincidencias entre los sedimentos de las casas y los relaves. Así mismo se hallaron elementos y compuestos nocivos para la salud humana, en distintas proporciones, tales como Fe, Ni, Mn, Ba, SiO₂, MgO, Al₂O₃ y CaO. En su mayoría en bajas concentraciones, no pudiéndose determinar sus efectos en la salud, pero si su exposición constante a ellos.

Estos resultados, sumados a las características del clima y topografía indicarían que efectivamente una proporción de los contaminantes presentes en la zona residencial de El Palomar provienen de los depósitos de relave cercanos.

ABSTRACT

“El Palomar”, is characterized by being a relatively new residential area in the city of Copiapó, Atacama Region, this area located at a topographic level above the river and close to vineyards, there are different tailings deposits and construction works nearby and industries that are collectively associated with the emission of particulate material.

This research paper entitled "Definition and modeling of particulate material risk areas in the El Palomar sector, Copiapó." identifies the main sources of pollutant emissions from the comparison of samples from tailings deposits with samples of particulate matter in residences exposed to their accumulation. Based on said comparison made based on different variables, such as wind direction and speed, topography, nearby industries and anthropic effects, coincidences were found between the sediments of the houses and the tailings. Likewise, harmful elements and compounds for human health were found, in different proportions, such as Fe, Ni, Mn, Ba, SiO₂, MgO, Al₂O₃ and CaO. Mostly in low concentrations, its effects on health cannot be determined, but its constant exposure to them can be.

These results, added to the characteristics of the climate and topography, would indicate that indeed a proportion of the contaminants present in the residential area of El Palomar come from the nearby tailings deposits.

INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

La región de Atacama es considerada la ciudad con más pasivos ambientales en el país, según el catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas (SERNAGEOMIN, 2007). En su catastro de relaves de 2019, SERNAGEOMIN contabilizó en Copiapó 155 relaves, en condición de activos, inactivos o sin información, estos últimos los más preocupantes dado que muchas veces se transforman en fuentes contaminantes de alto riesgo sin ningún ente responsable de control.

El sector El Palomar ubicado en la zona sur-oeste de la ciudad de Copiapó, se caracteriza por ser una zona urbanizada relativamente nueva en la ciudad, la cual se ve expuesta a distintos contaminantes ya sea por construcciones cercanas, industrias aledañas y depósitos de relaves contiguos. Los últimos no presentan estudios en términos de transporte de partículas y nocividad de material particulado hacia la zona residencial del sector. No existen investigaciones sobre la nocividad de los contaminantes en el aire expuestos de manera continua en pequeñas cantidades, como sucede al momento de cohabitar con industrias cercanas y pasivos ambientales mineros.

1.2.Hipótesis

Si se analiza y compara el material particulado presente en las zonas habitacionales, con el de los relaves aledaños, se pueden identificar las principales entradas, salidas y zonas de acumulación de material particulado, en base a factores meteorológicos, geomorfológicos y topográficos. Esto permitiría identificar y mitigar las fuentes contaminantes en el sector residencial El Palomar. Identificando las principales y posibles fuentes emisoras de material particulado aledañas al sector El Palomar, es posible determinar la influencia de los contaminantes en el área de estudio.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar el origen del material particulado en el sector El Palomar y definir los principales contaminantes presentes en el sector residencial.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar las principales fuentes de emisión de material particulado del sector habitacional El Palomar.
- Caracterizar el material particulado en las zonas residenciales aledañas al sector El Palomar.
- Identificar los principales contaminantes de los relaves aledaños a la zona residencial El Palomar.
- Identificar las fuentes de contaminación por depósitos relaves en la zona residencial El Palomar.

1.4. Área de Estudio, ubicación y Accesos

El sector El Palomar se ubica al sur oeste del centro de la ciudad de Copiapó, en la Región de Atacama, Chile.

En la figura N°1 se observa el área de estudio, el conjunto habitacional y las principales vías de acceso, tales como la ruta 5 Norte, las avenidas Henríquez y El Palomar y la calle Luis Flores. Si se toma como referencia la Universidad de Atacama, es posible acceder al área de estudio desde la avenida Copayapu desde el acceso Norte de la ciudad.

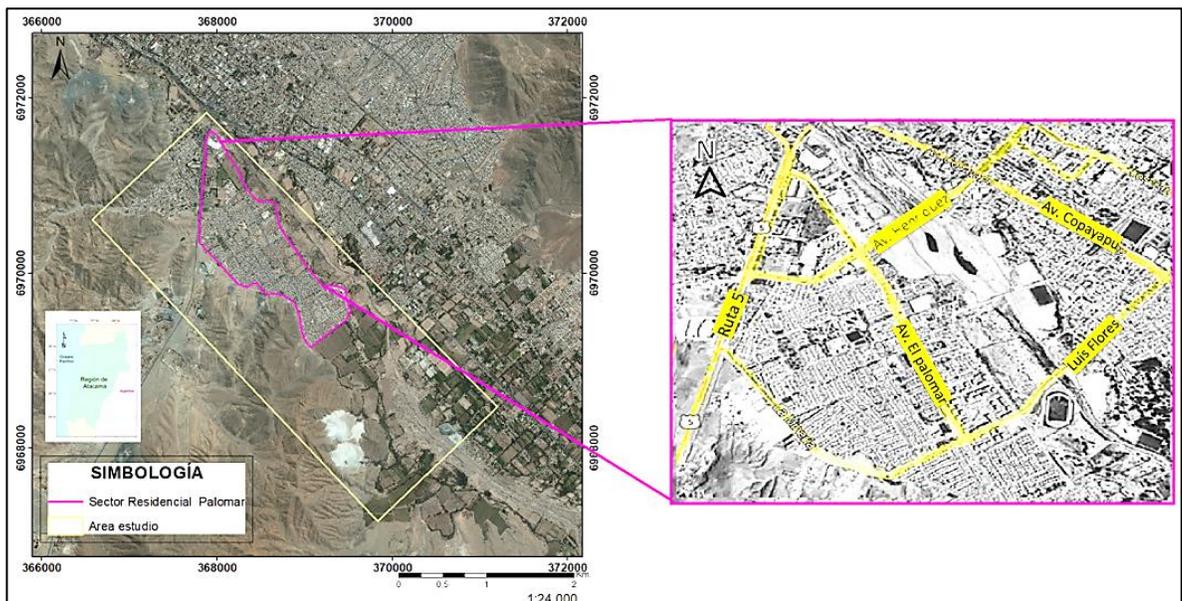


Figura N°1. Mapa de ubicación y accesos de la zona de estudio. A la izquierda: Imagen satelital de la ciudad de Copiapó, donde se observa en contorno amarillo el área de estudio y recolección de muestras y en color rosa el sector residencial El Palomar. A la derecha: Principales calles de acceso al sector con sus respectivos nombres. Fuente. Imágenes satelitales Bing y Google Earth.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

1.5.Trabajos Previos

Préndez, Corvalán y Cisternas (2007). Realizaron una caracterización física y química de emisiones provenientes de distintos tipos de fuentes en Santiago de Chile, indicando que el tamaño de los contaminantes se relaciona a su nocividad en el ser humano.

SERNAGEOMIN (2007). Realizaron un catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas, además de un análisis preliminar de riesgo ambiental.

Villarroel S, L., Morales, J. R., Miranda J, P., Díaz S, C., Arce M, N., y Campos, C. (2009). Caracterizaron el material particulado en la ciudad de Copiapó. Además de capturar, cuantificar y caracterizar el material suspendido y precipitable en el aire.

Ramos (2011). Realizó un trabajo periodístico sobre 14 faenas mineras abandonadas en el país en base a un oficio de SERNAGEOMIN retenido por la Subsecretaría de Minería.

Arciniegás (2012). Realizó una revisión bibliográfica de los impactos asociados a material particulado, los equipos de monitoreo y aplicaciones tecnológicas como su control.

SERNAGEOMIN (2015). En su sitio web publicó mapas de localización de los depósitos de relaves más importantes, vigentes hasta esa fecha del estudio en todo el territorio nacional.

Falcón (2017). Analizó la estabilidad química de los depósitos de relaves en el país.

SERNAGEOMIN (2019). Realizó un catastro de depósitos de relaves en Google Earth, disponible en su página web.

SERNAGEOMIN (2020). Publicó en su página web la información geoquímica de los relaves en Chile.

Triviño (2018). Caracterizó la génesis y distribución de elementos traza en depósitos de relaves chilenos.

ESTADO DEL ARTE

2.1. Relaves y Pasivos Ambientales

2.1.1. Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

Los pasivos ambientales mineros (PAM), son definidos según SERNAGEOMIN (2019), como faenas mineras abandonadas o con sus trabajos paralizados, incluyendo sus residuos, los cuales constituyen un riesgo significativo para la salud de las personas o el medio ambiente en el que se hallan inmersos.

Sabiendo que un riesgo corresponde a la combinación de probabilidad de que ocurra un evento y por ende sus consecuencias negativas, la clasificación de un PAM depende principalmente de la magnitud del riesgo, por lo tanto, no toda faena minera en cierre constituye un pasivo ambiental minero, tal y como lo indica la Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR, E., & UNIDSR, 2009).

2.1.2. Depósitos de relave

Un tipo muy común de pasivo ambiental son los depósitos de relaves, son sólidos finamente molidos que se desechan de las operaciones mineras. En la mayoría de los casos, no se considera tóxico, ya que se compone de rocas y deja un pequeño porcentaje de agua y minerales. La toxicidad puede aparecer en una etapa posterior, cuando algunos residuos reaccionan con el agua y disuelven sustancias nocivas que pueden pasar disueltas en el agua. En el caso de los residuos que contengan elementos que puedan ser considerados nocivos para el ser humano, como arsénico, cianuro, cobre, zinc, cromo o plomo, las empresas mineras deben asegurarse, de acuerdo con las normas de ley de Plan de Cierre, de que no se produzcan reacciones de disolución tóxica, para proteger la salud humana y el medio ambiente (SERNAGEOMIN, 2019).

Dependiendo de la cantidad de agua que acompaña a un relave existen distintos tipos de depósitos de relave, de acuerdo a la “Guía técnica de operación y control de Depósitos de relaves” de Ramírez (2007) para SERNAGEOMIN y algunas definiciones SERNAGEOMIN (2019), se tiene:

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

- Tranque de Relave: corresponde a la construcción de un muro en zona más gruesa del relave compactado. El material proviene de un hidrociclón que separa el material grueso, este último depositado en la parte superior del relave.
- Embalse de Relave: Es aquel depósito donde el muro de contención está construido de material de empréstito (tierra y rocas aledañas) y se encuentra impermeabilizado en el coronamiento y en su talud interno. También se llaman embalses de relaves aquellos depósitos ubicados en alguna depresión del terreno en que no se requiere construcción de un muro de contención (SERNAGEOMIN, 2019).
- Relave Espesado: Tipo de depósito en el cual su superficie es sometida a un proceso de sedimentación con un espesador (equipo para sedimentación de sólidos) con el fin de retirar gran parte del agua contenida en el depósito, con el fin de impedir que fluya a otras áreas.
- Relave Filtrado: En este depósito el material contiene una humedad menor al 20% ya que es sometido a un proceso de filtrado similar al que se usa para el agua potable.
- Relave en pasta: Mezcla de agua y sólidos con abundantes partículas finas y un bajo contenido en agua formando una mezcla espesa y de alta densidad.

2.1.3. Ley Plan de Cierre

La ley de cierre de faenas e instalaciones mineras, indica que todas las faenas mineras deben contar con un plan de cierre aprobado por SERNAGEOMIN, previo al inicio de sus operaciones mineras (Leppe, 2010).

La Ley 20.551, regula el cierre de faenas e instalaciones mineras. Dicha ley fue publicada el 11 de noviembre de 2011 y entró en vigencia a partir del 11 de noviembre de 2012, mismo año en que fue publicado su reglamento. Un plan de cierre es definido como un proyecto de ingeniería en el cual se presentan un conjunto de medidas y acciones destinadas a mitigar los efectos asociados al desarrollo de la industria extractiva minera, en los lugares en que ésta se realiza y de manera de asegurar la estabilidad física y química de las instalaciones, conforme a la normativa ambiental aplicable (Leppe, 2010).

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

2.2. Contaminación del aire

Se define contaminación como cualquier alteración no deseada hacia el ambiente, generada por la introducción a este de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en cantidades superiores a las de su estado natural, lo que en consecuencia resulta nocivo para la salud humana, daña los recursos naturales o altera el equilibrio ecológico (Romero *et al*, 2006).

“La contaminación del aire se cuantifica a partir de la concentración atmosférica de los diversos contaminantes. Si bien los contaminantes urbanos son múltiples, los más comunes, para los que se han establecido límites aceptables de concentración sobre la base de los efectos observados sobre la salud, se denominan “contaminantes criterio”. Incluyen el material particulado total en suspensión (PTS) el que viene en variedades de tamaño, ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y plomo (Pb)” (O’Ryan y Larraguibel, 2000).

2.2.1. Elementos contaminantes

Los elementos contaminantes emitidos hacia la atmósfera se clasifican de dos formas: por su formación y por su composición según Rodríguez (2017), como se observa en la figura N°2.

La exposición a algunos metales pesados ha sido asociada a una gran variedad de efectos adversos sobre la salud, incluyendo el cáncer. Aunque algunos elementos son esenciales para los humanos, pueden ser peligrosos a altos niveles de exposición. En cambio, existen otros metales pesados que resultan muy nocivos al no ser degradados fácilmente de forma biológica, ya que no poseen funciones metabólicas específicas para los seres vivos. Es por ello que solo bastan unos miligramos por día, al sobrepasar ese umbral de concentración algunos elementos se vuelven tóxicos, a diferencia de algunos macronutrientes como calcio, cloro magnesio, fosforo, potasio, sodio o azufre, los cuales se pueden ingerir en grandes cantidades de manera diaria (mas de 100 mg/día), sin daño alguno (Rodríguez, 2017).

La clasificación de los contaminantes en base a su formación se subdivide a su vez en contaminantes primarios y secundarios, los primarios, directamente de la fuente de *Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.*

emisión sin sufrir cambio alguno. Los contaminantes secundarios corresponden a la reacción química de los primarios y/o compuestos presentes en la atmósfera (Velasco, 2005).

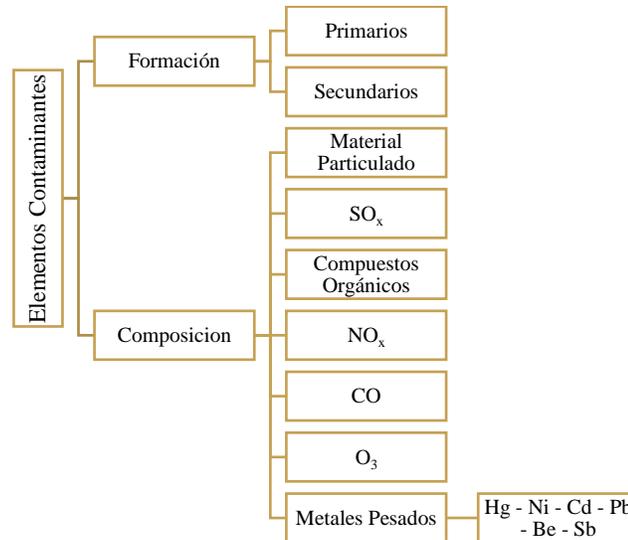


FIGURA N°2. Mapa conceptual con los principales contaminantes del aire. En base a la información de Velasco, (2005).

Si bien existe gran cantidad de contaminantes del aire, Velasco (2005) define algunos de los más importantes, resumidos a continuación:

- Material particulado: cualquier material, excepto agua no combinada existente en fase sólida o líquida en la atmósfera, cuyo diámetro varía de 0.001 a 500 micrómetros.
- Compuestos de Azufre (SO_x): el dióxido/trióxido de azufre, corresponden a los contaminantes más comunes en zonas industriales. Sus principales consecuencias son en base a la combinación con otras sustancias. En combinación con la humedad del aire generan contaminación atmosférica y reducción del rango visual. En contacto con el vapor de agua generan corrosión de metales y daños textiles. En conjunto con los óxidos de nitrógeno los óxidos de azufre son responsables de la lluvia ácida generando acidificación en fuentes de agua potable y disminución de nutrientes en el suelo.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

- Compuestos Orgánicos: son aquellos con hidrógeno y carbono en su composición, como el metano, parafinas, aldehídos, compuestos aromáticos o hidrocarburos. Sus emisiones afectan al sistema respiratorio y la piel. Los principales compuestos orgánicos emitidos hacia la atmósfera corresponden a hidrocarburos, ozono y nitratos de peroxiacilo, estos últimos oxidantes fotoquímicos que generan daños oculares.
- Compuestos de Nitrógeno (NOx): gran parte de estos proviene de fuentes naturales, principalmente de origen humano. Los óxidos de nitrógeno dañan la flora y pueden ser perjudiciales para la salud humana dado que afecta las vías respiratorias.
- Monóxido de Carbono (CO): generado por la naturaleza a partir de erupciones volcánicas, depósitos de carbón o por materia orgánica en descomposición. De manera antrópica es generado por la combustión incompleta de hidrocarburos principalmente por industrias y automóviles. Es nocivo para la salud humana dado que reacciona con la hemoglobina en la sangre, limitando el transporte de oxígeno en el cuerpo.
- Ozono Troposférico (O3): oxidante formado a partir de reacciones con NOx o compuestos orgánicos. En altas capas de la atmósfera es beneficioso para los seres vivos, no obstante, a niveles superficiales es nocivo dado que es un agente oxidante.
- Metales Pesados: si bien es cierto que unos 27 metales pesados se consideran tóxicos a mayor o menor escala, los que representan un efectivo peligro en el aire son: mercurio, níquel, cadmio, plomo, berilio y antimonio, todos asociados a fuentes industriales principalmente.

2.2.2. Material particulado

La Organización Mundial de la Salud (OMS), define el material particulado como un indicador representativo común de la contaminación del aire, compuesto principalmente por sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, hollín, polvos minerales y agua. El Material Particulado (PM) es un contaminante complejo, dadas sus características físicas (masa, tamaño, y densidad), así como también por sus características químicas (contiene

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

compuestos orgánicos e inorgánicos, metales y contaminantes primarios y secundarios). Dichas características son fundamentales para determinar el tipo y magnitud de sus efectos sobre la salud humana (Préndez *et al*, 2007).

El material particulado es clasificado en función de su tamaño; las partículas PM 10 correspondientes a las de mayor tamaño, cuyo diámetro aerodinámico sería de 10 μm . Las partículas finas PM 2.5 por su parte poseen un diámetro de 2.5 μm (Préndez *et al*, 2007).

Las partículas suspendidas presentes en la atmósfera tienen un rango de tamaño entre 0,001 y 50 μm . (Morawska *et al.*, 1999, en por Préndez *et al*, 2007). La fracción de aerosoles respirables con diámetro menor o igual a 10 μm . (PM10), penetran a distintos niveles de profundidad en el sistema respiratorio. Las partículas más pequeñas son respiradas en mayor porcentaje. Aquellas con diámetro menor o igual a 2.5 μm . son 100% respirables (PM2.5) (Préndez *et al*, 2007).

2.2.3. Contaminantes nocivos

Si bien las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos (\leq PM10) pueden ingresar y alojarse profundamente al interior de los pulmones, existen otras partículas aún más dañinas para la salud, aquellas con un diámetro de 2,5 micrones o menos (\leq PM2.5). Las PM2.5 pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón (OMS, 2018).

Los tiempos de residencia de las partículas en la atmósfera también dependen de su tamaño. Partículas de tamaño menor a 2,5 μm pueden tener tiempos de residencia de días o incluso semanas y tienden ser transportadas miles de kilómetros. En esta fracción, la más fina, se hallan los sulfatos y los nitratos los cuales presentan potencial de daño a la salud y generan una disminución en la visibilidad en el ambiente. Aquellas partículas de tamaño mayor a 2,5 μm cuyos tiempos de residencia varían de minutos a horas, suelen ser transportadas hasta unos pocos centenares de kilómetros (Sosaky *et al.*, 1988; Baik *et al.*, 1996; Vana *et al.*, 1999; Préndez *et al*, 2007).

O’Ryan y Larraguibel (2000) plantean que el particulado de tamaño más grande que PM10 se deposita rápidamente y forma la mayor parte del polvo que se retira diariamente de los *Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.*

muebles y el piso. Además, en su publicación mencionan los contaminantes más comunes presentes en el aire como se observa en la Figura N°3. considerando sus efectos sobre la salud humana y las fuentes de emisión.

El material particulado en el aire está compuesto por partículas primarias, emitidas directamente por las fuentes, y por partículas secundarias, formadas a partir de gases en la atmósfera. Estos gases “precursores” son el SO₂ (generado por la industria), NO_x (emanado por vehículos) y amoníaco (provenientes de desechos orgánicos) (O’Ryan, Larraguibel, 2000).

Contaminante	Fuente	Daños en salud y otros	Características
SO _x , óxidos de azufre	Combustión de azufre contenido en combustibles fósiles, refinamiento de petróleo, fundición de metal y refinación de papel.	Agudiza enfermedades bronquiales al ser inhalado con material particulado.	Gas incoloro, pesado, soluble en agua con olor fuerte e irritante.
PTS. PM ₁₀ , PM _{2.5} (primarios)	Fuentes de polvo en calles levantado por tráfico, procesos de combustión de motores diésel, quema de biomasa, combustión.	Iritación membranas mucosas, aumento dificultades respiratorias, propiedades carcinógenas.	Partículas sólidas o pequeñas gotas incluyendo humo, polvo y aerosoles.
PTS. PM ₁₀ , PM _{2.5} (secundarios)	Reacción química de precursores como SO, NO ₂ y NH ₂ , condensación de productos de combustión.	Similares al anterior, más agudas debido al mayor poder de penetración y acidez.	Partículas sólidas muy finas.
NO _x , óxidos de nitrógeno	Combinación de nitrógeno y oxígeno atmosférico a altas temperaturas de combustión (motores y fuentes industriales); subproducto de la fabricación de fertilizantes, degradación de materia orgánica.	Iritación pulmonar, aumento susceptibilidad a virus.	Gas café rojizo, relativamente soluble en agua.
COV. Compuestos Orgánicos Volátiles	Vehículos motorizados, evaporación de tanques de combustible y carburadores, fugas de gas, procesos industriales, domésticos y de construcción que involucran solventes.	Iritación ocular y nasal, irritación, daño hepático y propiedades carcinógenas.	Muchas y variadas, compuestos de hidrogeno y carbón.
CO, monóxido de carbono	Combustión incompleta del carbono en combustibles (carbón, leña, petróleo, gas, gasolina) en fuentes industriales, residenciales y móviles.	Bloquea la hemoglobina, especialmente dañino para personas anémicas o con problemas pulmonares o cardiovasculares.	Gas tóxico, incoloro e inodoro, ligeramente soluble en agua.
O ₃ , ozono	Producido por complejas reacciones fotoquímicas en la atmósfera, involucrando hidrocarburos, dióxido nitroso y luz solar.	Iritación ocular y nasal, agrandamiento de problemas respiratorios.	Gas azul pálido, apenas soluble en agua. Inestable de olor dulzón.
Pb, plomo	Combustión de gasolina con plomo, soldadura, pintura con plomo y operaciones de fundición de plomo.	Tóxico para niños y personas mayores, afecta sistemas circulatorio, reproductivo y nervioso.	Metal existente en una variedad de compuestos.

FIGURA N°3. Cuadro resumen de los principales contaminantes del aire, sus fuentes, principales características y efectos sobre la salud humana. FUENTE. O’Ryan y Larraguibel, 2000.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

2.2.4. Contaminantes en el aire

El Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2020), define que el Índice de Calidad del Aire referido a Partículas (ICAP) establece en base a la Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable (MP10). ICAP además establece los niveles que definen situaciones de emergencia ambiental, lo que se indica en la figura N°4. En base a ello y a datos meteorológicos es posible medir la calidad del aire en distintas ciudades del país además de identificar el riesgo asociado.

Bueno	Regular	Alerta	Preemergencia	Emergencia
0 - 99	100 - 199	200 - 299	300 - 499	500 - superior

FIGURA N°4. Norma de Índice de Calidad de Aire Referido a Partículas. FUENTE <http://airesantiago.gob.cl/>, 2020.

2.3. Valores de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire

La OMS define las siguientes directrices en cuanto a la contaminación del aire, en cuanto a material particulado MP_{2,5}, MP₁₀ y los principales contaminantes nocivos para la salud del ser humano, además de indicar las posibles consecuencias asociadas a la constante exposición a dichos contaminantes presentes en el aire. La figura N°5, resume los principales contaminantes presentes en el aire y sus consecuencias para la salud humana.

Contaminante	Valores fijados para directrices	Consecuencias
Materia particulada fina (PM _{2.5})	5 µg/m ³ de media anual 15 µg/ m ³ de media diaria	Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores. Cardiopatía. Neumopatía obstructiva crónica. Cáncer de pulmón.
Materia particulada gruesa (PM ₁₀)	15 µg/ m ³ de media anual 45 µg/m ³ 24 de media diaria	
Ozono (O ₃)	100 µg/m ³ , máximo diario de periodos de 8 horas	Problemas respiratorios y pulmonares. Asma. Reducción de la función pulmonar.
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	10 µg/m ³ de media anual 25 µg/m ³ de media diaria	Bronquitis en niños asmáticos. Disminución del desarrollo de la función pulmonar.
Dióxido de azufre (SO ₂)	40 µg/m ³ de media diaria	Afecciones al sistema respiratorio y funciones pulmonares. Iritación ocular. Inflamación del sistema respiratorio. Tos y secreción mucosa. Agravamiento del asma y la bronquitis crónica. Propensión a contraer infecciones del sistema respiratorio.

FIGURA N°5. Cuadro resumen de los valores fijados por la OMS en cuanto a contaminantes del aire. Modificado con información de la OMS.

2.4.Clima y material particulado

El clima puede ser entendido como síntesis de un conjunto cambiante de condiciones atmosféricas, en un área específica, correspondiente a un tiempo suficientemente largo para que sea geográficamente representativo. El clima se caracteriza por ser un sistema complejo y presentar un comportamiento arduo de predecir (Yeves, 1993).

Según Pédelaborde (1959) las escalas de estudio del clima se analizan de la siguiente manera:

- Clima zonal que se caracteriza por la dominante circulación planetaria
- Escala regional, determinada por los factores geográficos que inciden en el actuar de los centros de acción.
- Clima local, donde predominan las condiciones del sitio, sean producidas por los medios ambientes naturales o por la actividad del hombre.
- Microclimas.

Existe otra escala la cual está relacionada a la extensión espacial, planteada por Oke (1992). Dicha escala designa como estudios de macro-escala a aquellos que cubren una extensión entre 200 y 100.000 km. Designa meso-escala a las distancias horizontales que oscilan desde 10 a 200 km. Plantea como escala local a aquella comprendida entre 1000 m y 50 km y por último la escala microclimática que estudia procesos oscilantes entre 1 cm y 1000 m.

2.5. Fluorescencia Rayos X

Los equipos de XRF se constituyen de tres partes: un generador de rayos X o fuente primaria, un espectrómetro y los detectores. La fuente primaria está compuesta de isótopos radioactivos con decaimiento espontáneo en un tubo de rayos X. Es ahí, donde los electrones de alta energía son producidos por un filamento incandescente de tungsteno, el cátodo, que aceleran producto del campo eléctrico producido en el ánodo, generalmente hecho de Cr, Rh, W, Ag, Au o Mo. Dichos electrones chocan con el blanco metálico desacelerándose bruscamente y en consecuencia generando diferentes tipos de radiación producto de las interacciones, que ocurren entre los átomos del blanco y los fotoelectrones acelerados (Bazaes, 2013).

Durante el proceso predominan la dispersión y desaceleración de los fotoelectrones por efecto de los altos campos eléctricos, ubicados en los átomos del blanco, lo que genera una radiación de amplio ancho de banda llamada Bremsstrahlung. Las interacciones con electrones de la capa externa del átomo, serán de dos formas: elásticas (sin pérdida de energía), llamadas dispersión Rayleigh, e inelásticas (con pérdida de energía), llamadas dispersión Compton. No obstante, una pequeña porción de fotoelectrones lograría remover un electrón de capa interna, quedando así el átomo ionizado. Como consecuencia para recuperar la estabilidad, un electrón de capa externa llenará el vacío generado, al liberar un cuanto de rayos X, el cual tendrá una energía específica según la vacancia llenada (Bazaes, 2013).

2.6. Peligrosidad y riesgo

2.6.1. Peligro geológico

Un peligro geológico puede ser definido como un evento o proceso natural, generado por la dinámica interna o superficial del planeta, el cual puede generar daño a la sociedad o al medio ambiente. Es por ello que para definir un peligro geológico que afecte un área en específico, es necesario estudiar aquellos eventos ocurridos en el pasado, así como también estimar aquellos que, dado las condiciones actuales, podrían o no ocurrir (SERNAGEOMIN, 2022).

2.6.2. Riesgo geológico

En términos sencillos, el riesgo hace referencia a la probabilidad de que a una población (personas, estructuras físicas, sistemas) le ocurra algo nocivo o dañino (Lavell, 1996). Puede ser definido como un suceso en el medio geológico, natural, inducido o mixto, el cual puede ocasionar un daño ambiental o a la población. En su prevención, predicción o corrección se emplean conocimientos y criterios geológicos (Ayala, 1988).

MARCO GEOLÓGICO

3.1. Información geológica de la ciudad de Copiapó

La comuna de Copiapó presenta dos morfologías notables, la primera concerniente a la cordillera de la Costa en la zona occidental, y la segunda, a la precordillera hacia el oriente, lugar donde se ubica el área de estudio (Arévalo, 2005).

La franja occidental se encuentra formada por tres plutones de rumbo nornoreste y con edades decrecientes hacia el este. Comenzando con la franja oriental, la cual se compone de cinco plutones mayores los cuales a diferencia de sus contrapartes occidentales, se encuentran orientados con rumbo nornoroeste y por dos grupos de stocks e hipabisales menores. Rocas volcánicas y volcanoclásticas del Jurásico (Formación La Negra), Jurásico-Cretácico Inferior (Formación Punta del Cobre) y del Cretácico Inferior (Formación Bandurrias) se encuentran como paredes y techos plutónicos de los intrusivos mayores, lo que indica para esta franja un nivel de exhumación menor que el de su contraparte occidental (Arévalo, 2005).

Por otra parte, en el dominio de la precordillera, se encuentra la formación volcánica La Negra, las formaciones calcáreas marinas del Grupo Chañarcillo y las formaciones volcánicas, volcanoclásticas y epiclásticas Punta del Cobre y Bandurrias, las cuales forman una banda nornoreste de afloramientos inmediatamente al borde este de la franja plutónica oriental representando deposición en el ámbito del arco jurásico (Formación La Negra, Jln) y del trasarco del Jurásico Superior a Cretácico Inferior (Formaciones Punta del Cobre, JKpc, y Bandurrias, Kib, y Grupo Chañarcillo). Más al este, la Formación Cerrillos (Kc), de edad Cretácico Inferior a Superior, evidenciaría la acumulación en una cuenca continental extensional, de alrededor de 4000 m de espesor de sedimentos principalmente clásticos (Arévalo, 2005).

Ambos dominios se encuentran cubiertos por depósitos miocenos conocidos como Gravas de Atacama, depósitos aluviales y coluviales antiguos de edad Mioceno-Plioceno y depósitos aluviales, eólicos y fluviales cuaternarios (Ramírez, 2020).

3.1.1. Unidades litológicas presentes en el área de estudio

En la figura N°6, a continuación, se presenta una sección de la Carta Geológica de Copiapó, publicada por SERNAGEOMIN (Arévalo, 2005), y su respectiva leyenda y simbología, en la figura n°7, donde solo se muestran los depósitos relevantes en esta investigación dada su cercanía al área de estudio.

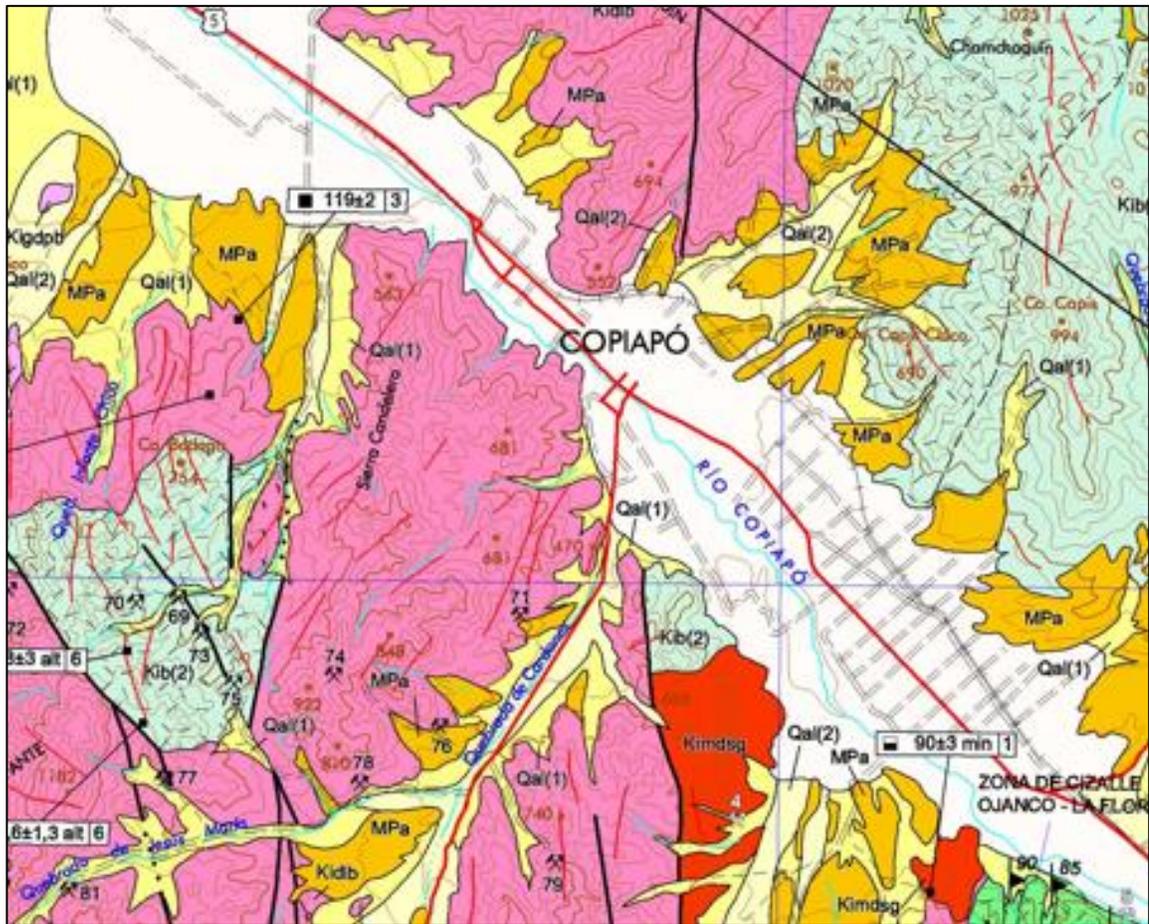


FIGURA N°6. Sección de la Carta Geológica de Copiapó Latitud Sur 26° 52' - Longitud Oeste 68° 18'. Escala 1:100.000, publicada por el SERNAGEOMIN (Arévalo, 2005).

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

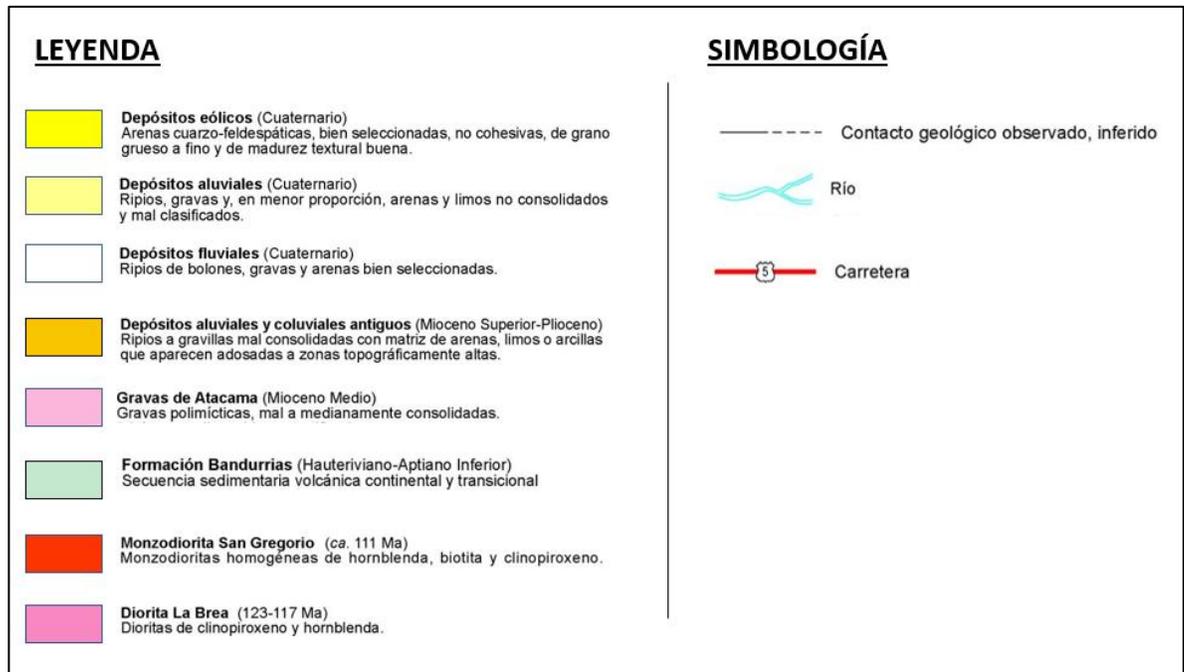


FIGURA N°7. Leyenda y simbología, modificado de la Carta Geológica de Copiapó. Publicada por SERNAGEOMIN (Arévalo, 2005).

A continuación, se detallan las principales unidades geológicas presentes en la zona de estudio y sus cercanías, basado en la información de Arévalo (2005). Aquí se detallan de manera concreta y resumida las principales unidades que concentran la geología en la ciudad, información relevante y de interés para esta investigación.

- a) **Diorita La Brea Kidlb (Cretácico inferior alto):** La unidad corresponde a un cuerpo plutónico diorítico, con clinopiroxenos, hornblendas, ferromagnesianos. De grano grueso y textura porfírica en algunas facies.
- b) **Monzodioritas San Gregorio Kimdsg (Cretácico inferior alto):** Corresponde a un plutón monzodiorítico, extendido por 13 Km en dirección norte-sur. Limitado a este y oeste por fallas sinestrasales, en contacto con el plutón La Brea. Se compone de monzodioritas homogéneas de textura equigranular, con hornblenda, biotita, clinopiroxeno y turmalina ocasional.
- c) **Formación Bandurrias Kib (Cretácico inferior):** secuencia volcano-sedimentaria que aflora con orientación noroeste desde el valle del río Copiapó. Se compone de una sección sedimentaria basal de 520 m de brechas y

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

conglomerados matriz soportada intercalados con coladas de lava andesítica de color variante entre gris y rojizo. En su parte media un horizonte fosilífero de areniscas y fangolitas rojas, seguido de una sección de lavas andesíticas rojas. Esta formación se asocia a un ambiente continental distal de ríos efímeros alterado por períodos secos y episodios marinos someros.

- d) **Gravas de Atacama Mga (Mioceno medio):** correspondiente a gravas polimícticas mal seleccionadas y poco consolidadas, de litología heterogénea y matriz de arena, limo y arcilla. Las gravas son intercaladas por niveles de ceniza. Sus depósitos constituyen terrazas en las laderas del río Copiapó. Su formación se ve asociada a procesos coluviales, fluviales y aluviales contemporáneos al volcanismo del Mioceno medio.
- e) **Depósitos Aluviales y Coluviales Antiguos MPa (Mioceno superior – Plioceno):** Unidad correspondiente a gravas y ripios mal consolidados y mal seleccionados, con matriz compuesta de arena, estratificados y de litología similar a los afloramientos aledaños. Constituyen llanuras de inundación en zonas topográficamente altas, con morfología de abanico y zonas apicales estrechas.
- f) **Depósitos Fluviales Qf (Cuaternario):** Depósitos de ripios, gravas y arenas bien seleccionadas, no cohesivos, de composición heterogénea, medianamente consolidados del relleno del valle del río Copiapó, constituyendo parte de las terrazas adyacentes y el lecho actual.
- g) **Depósitos Aluviales Qal (Cuaternario):** Corresponde a depósitos de ripios, gravas y arenas mal seleccionadas, poco consolidadas y transportadas por flujos gravitacionales, ocupando laderas de baja pendiente y rellenando quebradas.
- h) **Depósitos Eólicos Qe (Cuaternario):** Depósitos de arena de composición cuarzo-feldespática, no cohesiva, de grano grueso a fino de buena madurez textural, los cuales son transportados por acción eólica.

3.2. Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, existe una gama de elementos fisiográficos que se pueden identificar claramente; los cuales son: cordillera de los Andes, precordillera, valles transversales y depresión de los salares, y cordillera de la Costa (Ramírez, 2020).

El río Copiapó, desde su nacimiento en la unión de los tributarios Jorquera, Pulido y río Manflas (28° latitud Sur), cuyo curso general es en sentido noroeste, consta de 162 Km hasta su desembocadura en el mar (27°17' latitud sur). Desde sus primeros kilómetros hasta el sector de la localidad de Lautaro, su cauce presenta un escurrimiento de tipo recto y valle escarpado. La precordillera andina en este sector posee alturas entre los 2.500 m.s.n.m. por el poniente a 2.700 m.s.n.m. por el sector oriente, destacando el cerro Vizcacha con una altura de 2.744 m.s.n.m. (MOP, 2004, citado en Ramírez, 2020).

Desde la localidad de Lautaro hasta el sector de Paipote el río sigue con escurrimiento recto, recorriendo sectores del valle central, con terrazas fluviales de mayor amplitud. Las elevaciones (cerros y lomajes) que se presentan en este sector del valle central, están comprendidas entre los 1.200 y 2.700 m.s.n.m. por el oriente y entre los 900 y 2.300 m.s.n.m. por el sector poniente (Ramírez, 2020).

El último tramo del río Copiapó, desde el sector de Paipote hasta la desembocadura, en los sectores: Aguirre, Toledo, Valle Fértil y Angosturas; el cauce presenta escurrimiento recto a meándrico y anastomosado en el sector de Valle Fértil. Las alturas más importantes de la zona, corresponden a las de los cerros Chancoquín (1.020 m.s.n.m.) y Tía Ramos (1.076 m.s.n.m.) hacia el norte del río Copiapó y los cerros Bramador (1.172 m.s.n.m.), Pata de Gallina (732 m.s.n.m.) y Totoralillo (397 m.s.n.m.) al sur del cauce. Las terrazas laterales del valle en este tramo, desde el sector de San Pedro hasta San Camilo, son más extensas con extensiones que varían entre 5 y 11 km. (IGM, 1986, citado en Ramírez, 2020).

En el perfil topográfico de la figura N°8, se observan de manera clara las discontinuidades topográficas en la cuenca del río Copiapó y sus alrededores.

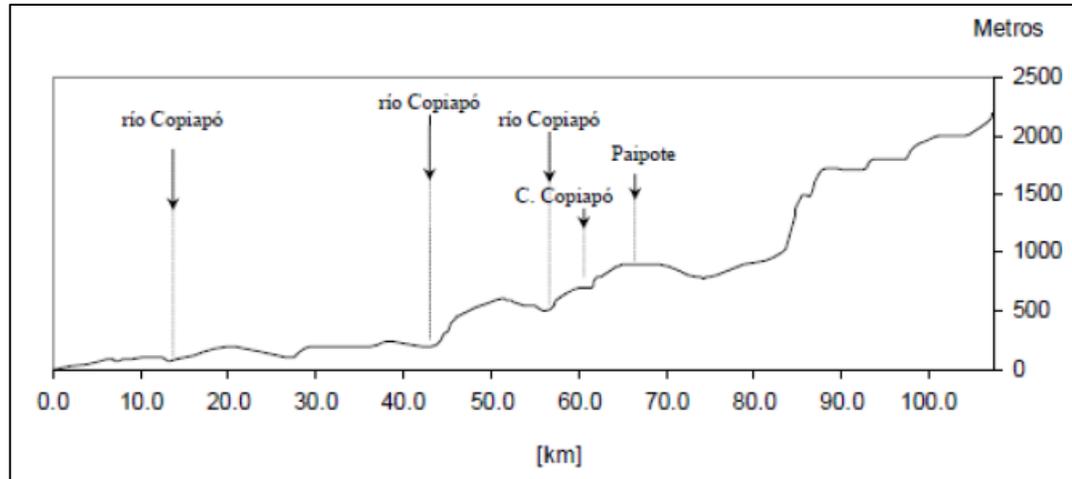


FIGURA N°8. Perfil topográfico W – E a la latitud de 27°20', correspondiente a la cuenca del río Copiapó (IGM, 1986; citado en Ramírez, 2020).

3.3. Topografía

La ciudad de Copiapó, producto de su geomorfología presenta una topografía variada como se observa en la figura N°9, es justamente esto lo que permite la acumulación de depósitos eólicos en zonas de bajos topográficos, incluyendo sedimentos que se transportan con el viento.

La imagen a continuación presenta en forma ilustrada los altos y bajos topográficos en la ciudad y cercanías, en ella se observa una depresión topográfica, rodeada de altos, lo que indicaría una mayor predisposición a la acumulación de sedimentos.

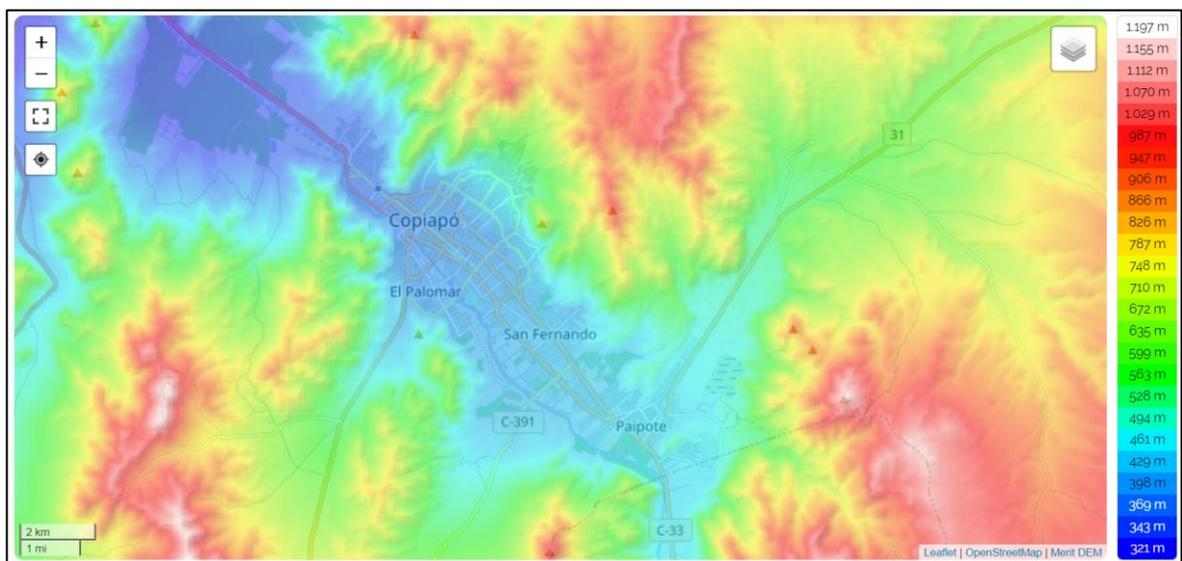


FIGURA N°9. Topografía en la ciudad de Copiapó, la zona achurada corresponde al área de estudio, la cual está a una menor altura respecto a sus alrededores. Disponible en <https://es-cl.topographic-map.com/maps/6wmk/Copiap%C3%B3/>.

3.4.Clima

La Región de Atacama se caracteriza por un clima semiárido y por la presencia del Desierto de Atacama. Producto del aumento paulatino hacia el sur de las precipitaciones invernales, desde Copiapó hasta norte de la región, el clima por característica es muy árido, similar al de la segunda región de Chile (MOP, 2004, citado por Ramírez, 2020).

En la ciudad de Copiapó, ubicada en la franja intermedia de la cuenca del río de mismo nombre, la gran amplitud térmica (alta temperatura durante el día y baja en la noche), así como la ausencia de nubosidad y de precipitaciones caracterizan el clima de la ciudad, además de múltiples microclimas en la extensión de la zona (Ramírez, 2020).

La figura N°10, muestra un resumen de las temperaturas y precipitaciones medias en el sector del embalse Lautaro ubicado a 86 Km al sureste de la ciudad de Copiapó y el río Copiapó.

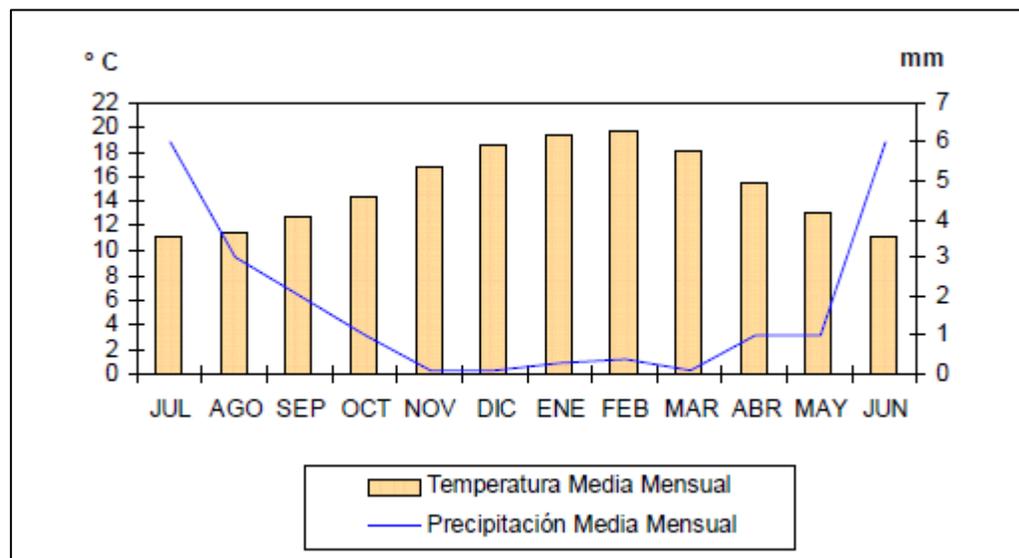


FIGURA N°10. Diagrama climático ombrotérmico, sector embalse Lautaro, río Copiapó. Fuente. R&Q Ingeniería Ltda., 1993.

En la figura anterior, se identifican claramente las estaciones secas y húmedas. El período seco, se manifiesta durante el período entre los meses de agosto y mayo con precipitaciones medias mensuales variables entre 0,1 a 3 mm y temperaturas con variaciones de 16,6 a 21,4°C (febrero).

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

Por su parte el período húmedo, se presenta particularmente en los meses de junio y julio con valores de precipitaciones medios mensuales de 6 mm (en ambos meses) y temperaturas de 15 y 15,7°C respectivamente (MOP, 2004, citado por Ramírez, 2020)

3.5. Catastro de relaves

Utilizando la información del catastro de relaves, realizada por SERNAGEOMIN hasta 2019, se sabe que en la comuna de Copiapó existen 84 depósitos de relaves, de ellos se ilustran en la figura N°11 aquellos cercanos al área de estudio. El detalle de estos se puede encontrar en el Anexo A, en donde puede verse el nombre de la faena, su dueño, la ubicación, recursos minerales que se extraían en la faena y estado de operaciones, entre otros.

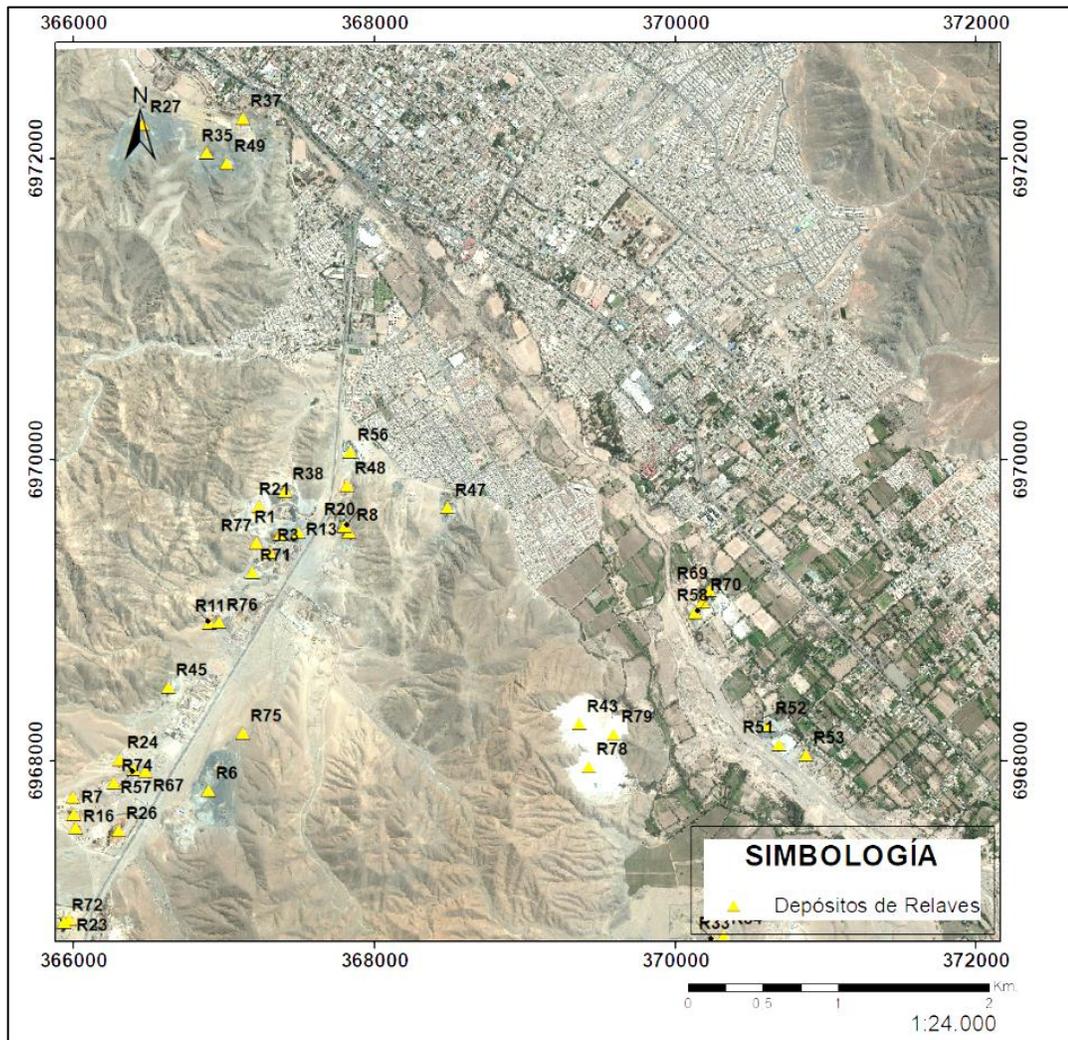


FIGURA N°11, Mapa con la ubicación de los relaves, en la ciudad a partir del catastro de relaves de SERNAGEOMIN (Anexo A). Elaborado durante la investigación.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

METODOLOGÍA

4.1. Etapa de gabinete I

Al inicio de esta etapa se realizó una recopilación bibliográfica de estudios similares en distintas zonas, a partir de ellas se identificaron modelos de trampas de sedimentos a utilizar en este estudio.

Para la ubicación de las trampas de sedimento, dada la contingencia producto del COVID-19, se solicitó a un grupo reducido de personas permiso para ubicar las trampas de sedimentos en sus residencias, es por ello que la ubicación de dichas trampas está sujeta a la disponibilidad de ellos y no según una ubicación determinada como se pensó en un inicio.

Posteriormente se realizó una base topográfica para mapeo, donde se identificaron los relaves aledaños a la zona de estudio y se ubicaron trampas de sedimento y zonas de extracción de muestras de relaves (figura N°12). Dicha base topográfica se realizó a partir de una imagen satelital georeferenciada, la cual se obtuvo mediante el software SAS Planet versión 180806 seleccionando el tipo de satélite Bing. El mapa fue confeccionado a partir del software ArcGIS 10.8, utilizando el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM zona 19S. Los mapas fueron confeccionados con una escala 1:24.000 y 1:15.000 dependiendo del nivel de detalle a observar en ellos, en el caso de la identificación de los relaves se utilizó el catastro de relaves realizado por SERNAGEOMIN (2019), adjunto en el Anexo A.

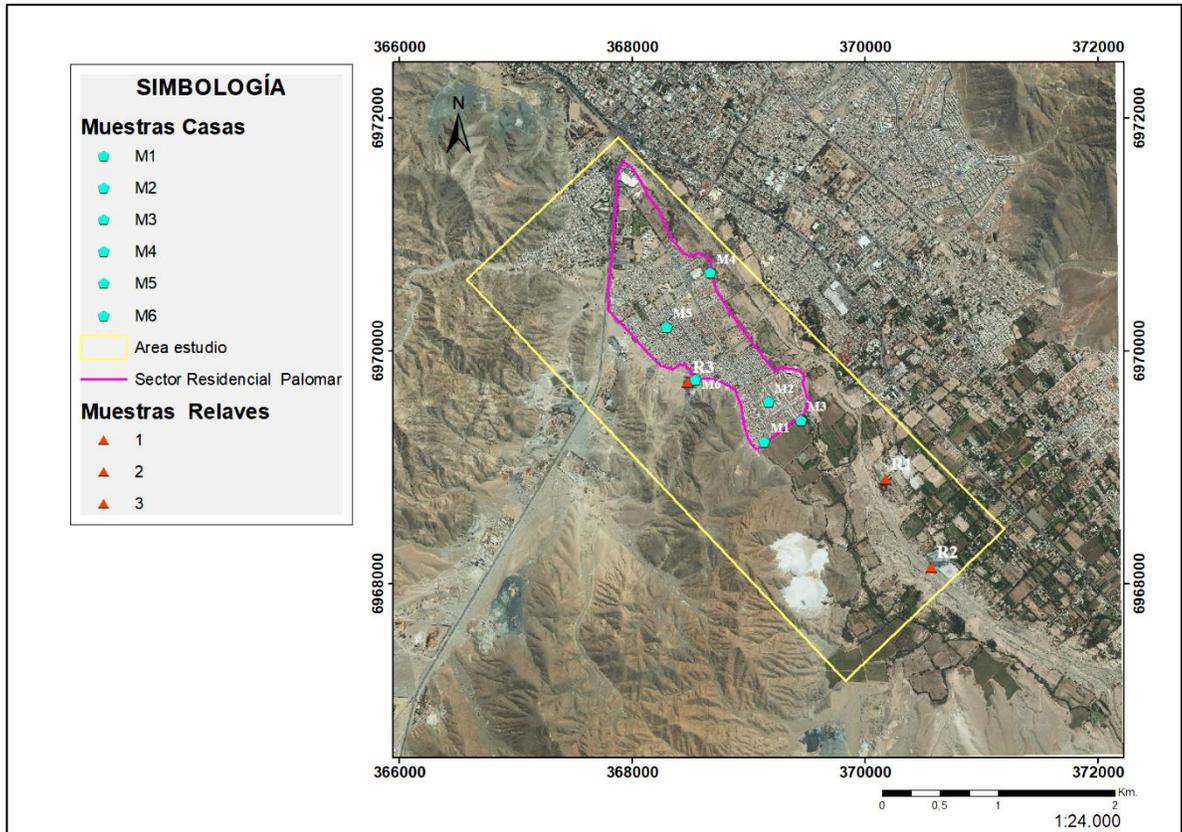


FIGURA N°12. Base del mapa, donde se muestra la ubicación de las trampas de sedimento (muestras casas) y las zonas de recolección de muestras de relaves.

Finalmente, en esta etapa se construyen 6 trampas de sedimentos como se observa en el modelo de la imagen de la figura N°13-A, es importante destacar que se realizaron con materiales reciclados manteniendo la idea del modelo original con el fin de realizar una alternativa sustentable del estudio.

Para la construcción acorde al modelo se utilizó:

- ✓ 6 embudos de 27,5 cm. de diámetro mayor, 2,5 cm. diámetro menor y 30 cm. de altura.
- ✓ 1 rejilla de 1x1mm. de abertura.
- ✓ 6 botellas de agua recicladas, de 6 litros de capacidad.
- ✓ Bolsas resellables pequeñas de 6,5x5,5 cm.
- ✓ Silicona en barra
- ✓ Pistola de silicona
- ✓ Tijeras

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

Se cortó y fijó la rejilla a la base pequeña del embudo con pegamento como se observa en la figura 13-C. Luego se perforó la tapa de las botellas y se adhirió cada embudo en ellas con silicona. Posteriormente se fijaron las bolsas resellables a la base del embudo, se insertó en la botella en conjunto con peso en caso de volcamiento y se cerró la tapa, quedando listo para su posterior instalación como se observa en la Figura 13-B

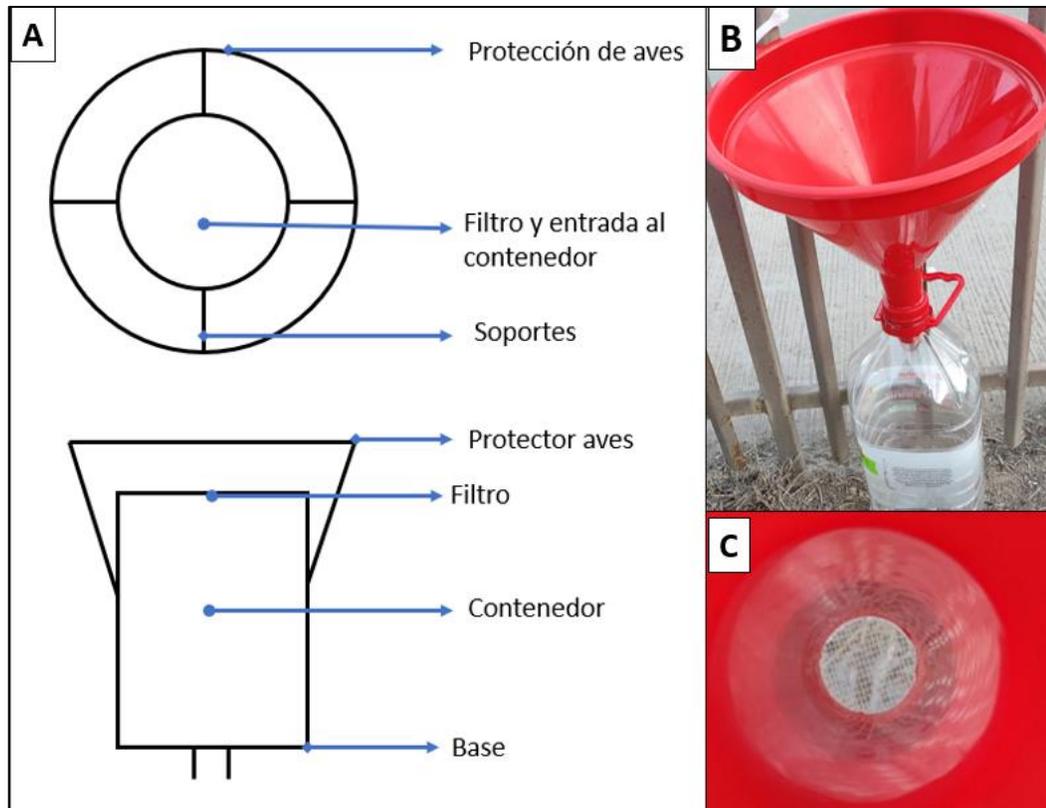


FIGURA N°13. A: Modelo de trampas de material particulado, consta con una parte superior en forma de cono, protegida frente a aves, un contenedor, un filtro dependiendo del tamaño del material particulado a atrapar y una base como soporte. B: contenedor instalado, realizado con materiales reciclados. C: Interior del contenedor, donde se ubica el filtro de material de 1x1 mm. en la rejilla. A: Basado en Standard Test Method for Collection and Measurement of Dustfall (Settleable Particulate Matter) (2004). B y C: fotografías del modelo utilizado.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

4.2. Etapa de terreno

Durante esta etapa se ubican las trampas en residencias y terrenos seleccionados, se explica a los residentes de las casas que deben tener el mínimo de interferencia con la trampa que permanecerá en su hogar por el periodo de 5 semanas, detallado en la Tabla N°1, los contenedores se rotulan y marcan para un posterior estudio.

TABLA N°1. *Tabla Resumen de las actividades realizadas durante las 5 semanas de monitoreo de los contenedores.*

Semana	Actividad
04/10/2021 – 17/10/2021	04/10/2021 Instalación de contenedores en las casas. Se marcan los puntos de cada casa en el GPS
18/10/2021 – 24/10/2021	18/10/2021 Primer monitoreo, se juntó el material al centro del cono.
25/10/2021 – 31/10/2021	25/10/2021 Monitoreo, se juntó el material al centro del cono.
01/11/2021 – 07/11/2021	01/11/2021 Último monitoreo, se juntó el material al centro del cono.
08/11/2021	08/11/2021 se juntó el material al centro del cono. Retiro de contenedores. Extracción y etiquetado de las muestras.

Las trampas son colocadas y sujetas con amarras plásticas en jardines y antejardines de las casas (zonas expuestas, sin techo), quedando como se muestra en la figura N°14. Durante este periodo se monitorean las muestras una vez a la semana, limpiando con una brocha el borde para que todo el contenido sedimente al contenedor. Cabe destacar que, dada la pandemia producto del COVID-19, se tomaron todas las medidas de distanciamiento e higiene durante este proceso.

Al finalizar el mes, las muestras son retiradas, rotuladas y puestas en bolsas, para su posterior estudio.

Paralelamente se visitan los relaves aledaños a la zona de estudio ya ubicados en la base de mapeo (R1, R2 y R3) únicos con acceso liberado, y se toman muestras, las cuales fueron comparadas con aquellas tomadas de las trampas en una segunda etapa de gabinete. Durante este proceso se utilizó un GPS para identificar el punto de toma de muestra, el cual coincide con el del mapa de la Figura N°12.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.



FIGURA N°14. *Contenedores instalados, de tal forma que los sedimentos caen libremente en la parte superior, son filtrados para llegar a la bolsa final. Fotografía de terreno.*

4.3. Etapa de gabinete II

En esta etapa se compararon las muestras obtenidas de las trampas y las de los relaves, identificando en ella contaminantes mediante un analizador de fluorescencia de rayos X, con el fin de si coinciden o no con los relaves en cuanto a composición, además de identificar los elementos y compuestos contaminantes que componen las muestras extraídas de los relaves.

También se realizó un mapa topográfico, con las muestras sectorizadas, con el fin de identificar la cota a la que se encuentran relaves y muestras, realizado a partir de una imagen satelital georeferenciada, la cual se obtuvo mediante el software SAS Planet versión 180806 seleccionando el tipo de satélite Bing. El mapa topográfico fue confeccionado a partir del software ArcGIS 10.8, utilizando el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM zona 19S, a escala 1:24.000.

Para el estudio de la topografía del sector se realizaron perfiles topográficos longitudinales, a través de Google Earth Pro.

Se obtuvieron los registros climatológicos entre el 4 de octubre de 2021 y el 8 de noviembre de 2021, con el fin de identificar las variaciones y direcciones del viento.

Se consideró la topografía e incidencia del clima para realizar un perímetro de incidencia de dichos contaminantes con el fin de identificar aquellas zonas del área poblada más propensas a la contaminación producto de estos relaves.

Se realizaron las tablas con las rotulaciones, ubicaciones e identificaciones de las muestras extraídas, con el fin de correlacionarlas con los resultados del Analizador de XRF.

Luego se analizaron las muestras a partir del analizador de XRF de la Figura N°15, para esto se distribuyeron las muestras en contenedores pequeños para su análisis, el cual expresa los resultados en porcentaje, posteriormente se resumieron y promediaron los datos arrojados, el análisis arrojó dos datos por cada muestra, por lo que dichos datos fueron ponderados para mayor representatividad.



FIGURA N°15. *Analizador XRF. Fotografía tomada durante la investigación*

Inicialmente se identificaron sólo los elementos presentes en cada muestra. Finalmente, como la suma de los porcentajes no era 100%, se normalizaron los resultados, considerando la suma del promedio y el porcentaje de cada elemento, como se muestra a continuación.

$$\text{Resultado normalizado} = \frac{\text{Porcentaje del elemento}}{\text{Suma de promedio}} * 100\%$$

Se introdujo la ecuación en Excel y se adjuntaron las tablas resultantes en el capítulo de Resultados, en conjunto con los gráficos correspondientes.

RESULTADOS

5.1. Identificación de muestras y rotulaciones

La Tabla N°2 a continuación, resume las muestras obtenidas, su rotulación, coordenadas y correlación con los datos del analizador XRF, con el fin de hacer más fácil de comprender los resultados.

TABLA N°2. Información de muestras obtenidas según tipo, código de rotulación, coordenadas y correlación con hoja de resultados del analizador XRF. Fuente. Elaboración propia.

Tipo	código	N	E	Cota	ID. XRF
Muestras casas	M1	6.969.222	369.143	422	2573-2574
	M2	6.969.562	369.178	406	2575-2576
	M3	6.969.405	369.456	411	2577-2578
	M4	6.970.673	368.676	398	2579-2580
	M5	6.970.207	368.302	398	2581-2582
	M6	6.969.756	368.550	404	2583-2584
Muestras relaves	R1(1)	6.968.896	370.182	--	2559-2560
	R1(2)	6.968.896	370.182	--	2561-2562
	R2(1)	6.968.143	379.578	--	2563-2564
	R2(2)	6.968.143	379.578	--	2565-2566
	R3(1)	6.969.731	368.479	--	2567-2568
	R3(2)	6.969.731	368.479	--	2569-2570
	R3(3)	6.969.731	368.479	--	2571-2572

propia.

5.2. Topografía

A partir del mapa topográfico realizado se obtuvieron las curvas de nivel a través del software ArcGIS, la escala es 1:15.000 (con el fin de observar el área de manera más allá del área de estudio), se ubicaron además los puntos de toma de muestra y la delimitación del área residencial, así como también los relaves de catastro del SERNAGEOMIN (2019) (anexo A) no muestreados. En la figura N°16 a continuación se muestra el mapa topográfico realizado.

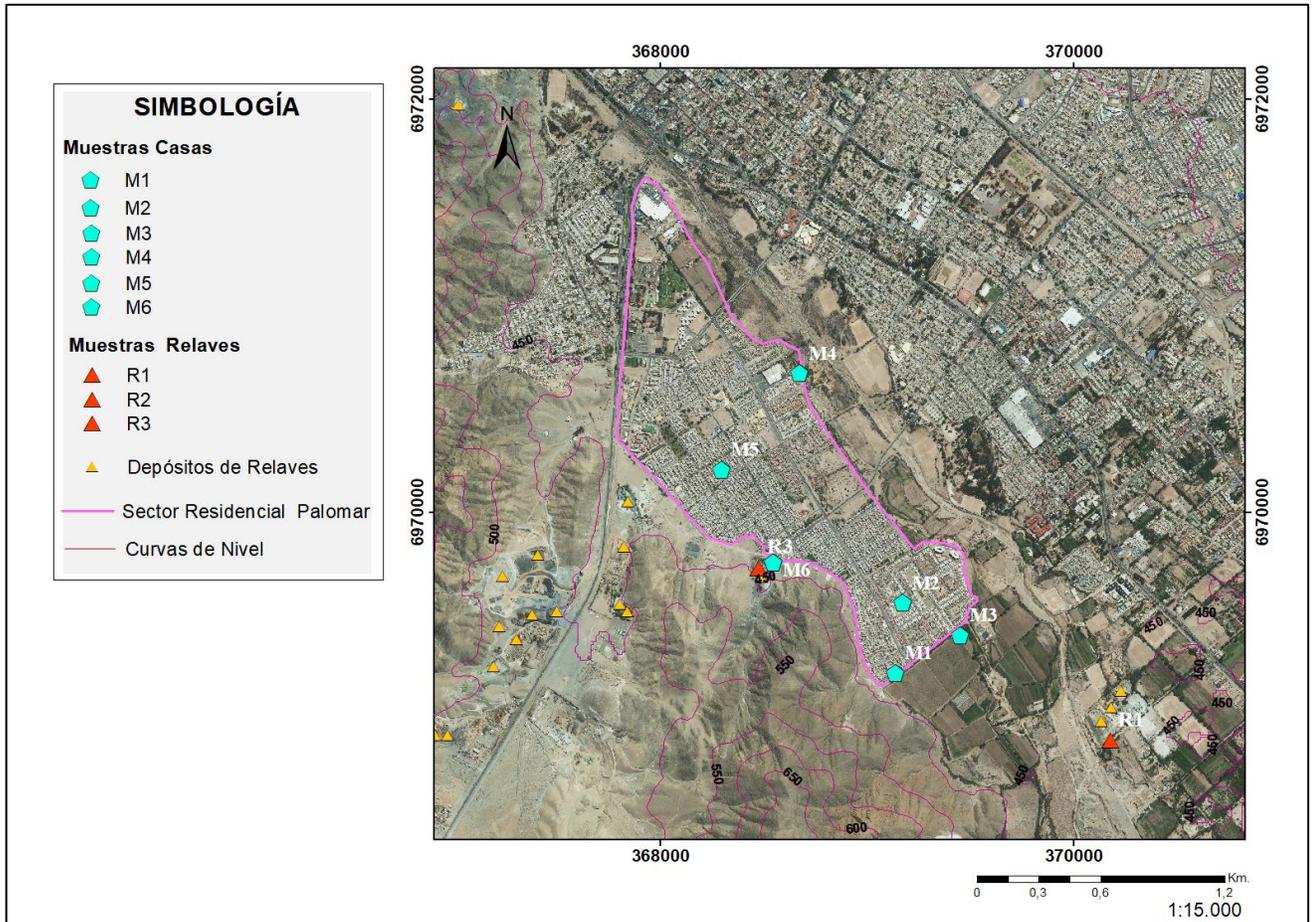


FIGURA N°16. Mapa con curvas de nivel, a la izquierda se observa la respectiva simbología, incluidas las muestras extraídas y las zonas de relaves no muestreados (triángulos color anaranjado claro). Fuente Elaboración propia.

Se puede observar en la imagen que los depósitos de relaves se encuentran en cotas mayores, mientras que el sector residencial se ubica en la cota menor (aprox. bajo 450 msnm.). Ubicándose el depósito de relave más alto entre los 500 y 450 msnm.

También se realizaron los perfiles topográficos señalados en las figuras N° 17 y 18, desde las zonas de muestras de relave hasta el sector residencial.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.



FIGURA N°17. Perfil longitudinal A-B, desde el sector residencial (A) a la zona de muestra de relave de R1 y R2 (B). Fuente Google Earth Pro.



FIGURA N°18. Perfil longitudinal C-D desde la zona de muestra de relave de R3 (C) hasta el sector residencial (D). Fuente Google Earth Pro.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

5.3.Clima

Los archivos históricos de clima, durante el periodo de toma de muestras (octubre-noviembre de 2021) arrojan en promedio una velocidad del viento de 10.6 Km./h, en su mayoría en dirección oeste, como se observa en los gráficos de las figuras N°19 y N°20 a continuación.

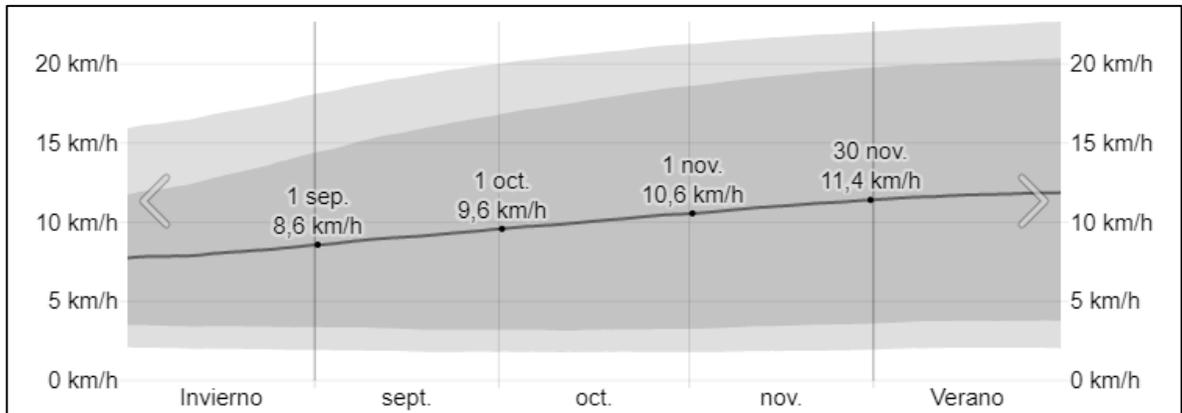


FIGURA N°19. Velocidad promedio del viento entre septiembre y noviembre de 2021. Fuente es.weatherspark.com.

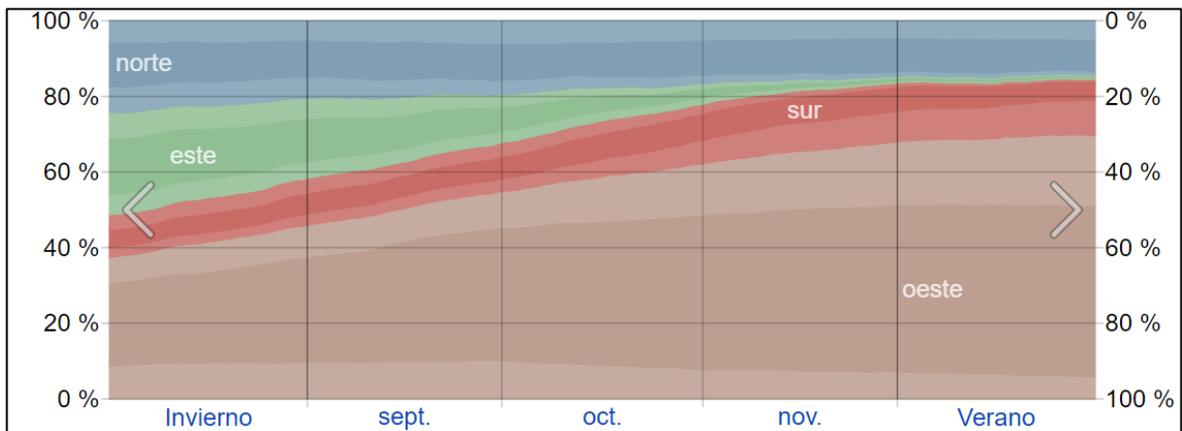


FIGURA N°20. Dirección promedio del viento entre septiembre y noviembre de 2021. El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las

direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste). Fuente es.weatherspark.com.

Los datos de la Figura N°20, indican que durante el periodo de tiempo en que se expusieron las trampas de sedimento, el viento en su mayoría tenía dirección oeste a suroeste. La zona residencial se ubica al noroeste de las zonas de extracción de muestra de relaves, como se observa en la Figura N°16.

5.4.Resultados Análisis XRF

Los resultados de las muestras se encuentran numerados según la identificación de la Tabla N°1 “ID XRF”, a continuación (tablas N°3 y N°4), se muestran los resultados de manera resumida, no obstante, con fines de mayor representatividad y comprensión, tales resultados fueron promediados y normalizados en las tablas del anexo C.

TABLA N°3. Resumen de los resultados normalizados del análisis XRF de las muestras extraídas de las zonas de relave.

ELEMENTO	R1(1)	R1(2)	R2(1)	R2(2)	R3(1)	R3(2)	R3(3)
MgO	0.000	1.573	0.000	0.000	4.645	1.421	2.688
Al₂O₃	4.927	7.206	5.363	7.813	8.538	6.387	6.462
SiO₂	29.453	45.897	44.442	65.735	49.648	49.403	50.369
P₂O₅	0.781	0.791	0.282	0.654	0.440	0.497	0.647
S	1.083	2.981	1.391	1.409	0.628	0.642	1.644
Cl	0.713	0.337	0.204	0.342	0.159	0.208	0.206
K₂O	2.520	4.119	3.109	5.704	3.995	5.456	4.123
CaO	33.086	18.881	3.101	6.763	5.101	2.887	5.169
Ti	0.328	0.563	0.431	0.454	0.812	0.635	0.684
V	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.026	0.028
Mn	1.252	0.489	0.166	0.052	0.093	0.110	0.106
Fe	25.550	16.892	35.274	9.876	25.782	32.187	27.331
Ni	0.018	0.006	0.020	0.000	0.011	0.012	0.008
Cu	0.182	0.089	4.911	0.616	0.065	0.062	0.333
Zn	0.010	0.004	0.007	0.007	0.004	0.008	0.030
As	0.001	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Rb	0.049	0.012	0.020	0.023	0.021	0.026	0.019
Sr	0.007	0.009	0.041	0.023	0.012	0.002	0.027
Y	0.007	0.004	0.005	0.008	0.002	0.002	0.002
Zr	0.009	0.019	0.026	0.022	0.008	0.008	0.018
Nb	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Mo	0.001	0.001	0.005	0.003	0.001	0.002	0.003
Ag	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.023	0.101	1.154	0.453	0.000	0.000	0.030
La	0.000	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Hg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
Hf	0.002	0.000	0.000	0.013	0.000	0.001	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
W	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Sn	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Pb	0.000	0.000	0.021	0.025	0.015	0.010	0.047
Bi	0.000	0.000	0.022	0.000	0.000	0.007	0.000
Th	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABLA N°4. Resumen de los resultados normalizados del análisis XRF de las muestras extraídas de las zonas residenciales.

ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	M5	M6
MgO	0.000	0.000	0.000	3.979	3.230	3.792
Al₂O₃	8.084	8.558	8.898	8.506	6.957	7.970
SiO₂	47.586	48.072	52.973	49.235	42.085	47.513
P₂O₅	1.057	1.023	0.893	1.032	1.028	1.033
S	4.001	3.432	3.037	3.080	4.080	3.455
Cl	1.889	1.819	1.779	1.410	2.193	2.126
K₂O	2.953	3.228	3.184	3.388	2.617	2.884
CaO	21.044	20.555	16.460	17.687	19.526	17.354
Ti	1.056	1.187	1.183	1.123	0.961	1.028
V	0.022	0.018	0.015	0.019	0.018	0.029
Mn	0.190	0.198	0.177	0.202	0.194	0.165
Fe	11.683	11.382	11.081	9.908	16.344	12.191
Ni	0.002	0.013	0.004	0.004	0.007	0.003
Cu	0.134	0.227	0.104	0.092	0.364	0.143
Zn	0.073	0.102	0.046	0.066	0.210	0.107
As	0.006	0.011	0.004	0.012	0.008	0.006
Rb	0.013	0.020	0.015	0.014	0.013	0.011
Sr	0.093	0.105	0.095	0.093	0.084	0.092
Y	0.004	0.003	0.004	0.004	0.003	0.004
Zr	0.034	0.033	0.033	0.032	0.033	0.038
Nb	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Mo	0.002	0.000	0.002	0.007	0.001	0.002
Ag	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.061	0.000	0.000	0.080	0.025	0.032
La	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Au	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hf	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
W	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001
Sn	0.000	0.000	0.003	0.005	0.000	0.008
Pb	0.010	0.014	0.010	0.017	0.015	0.011
Bi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Th	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000

5.4.1. Elementos y compuestos nocivos

Los gráficos a continuación representan los porcentajes de los elementos y compuestos contaminantes que representan un riesgo a la salud humana, presentes en muestras de zonas de relaves (figura N°21 y N°22).

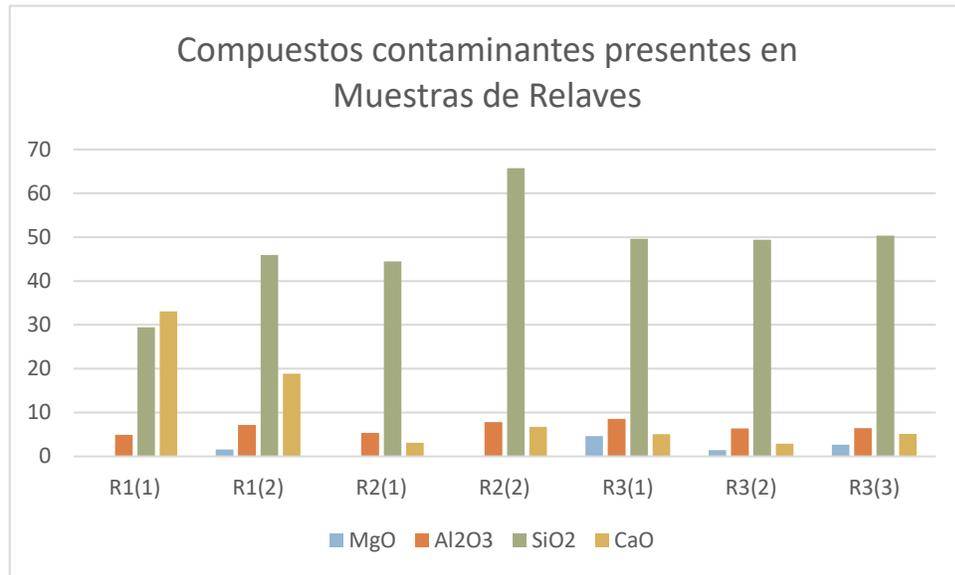


FIGURA N°21. Gráfico de barras muestras de relaves, el eje vertical muestra los porcentajes de cada compuesto, mientras que cada barra a un compuesto diferente asociado a cada relave muestreado. Se observa que el mayor porcentaje viene dado por SiO₂ en la mayoría de las muestras. Los valores fueron obtenidos desde las tablas de resultados y la tabla de resumen presente en el Anexo C.

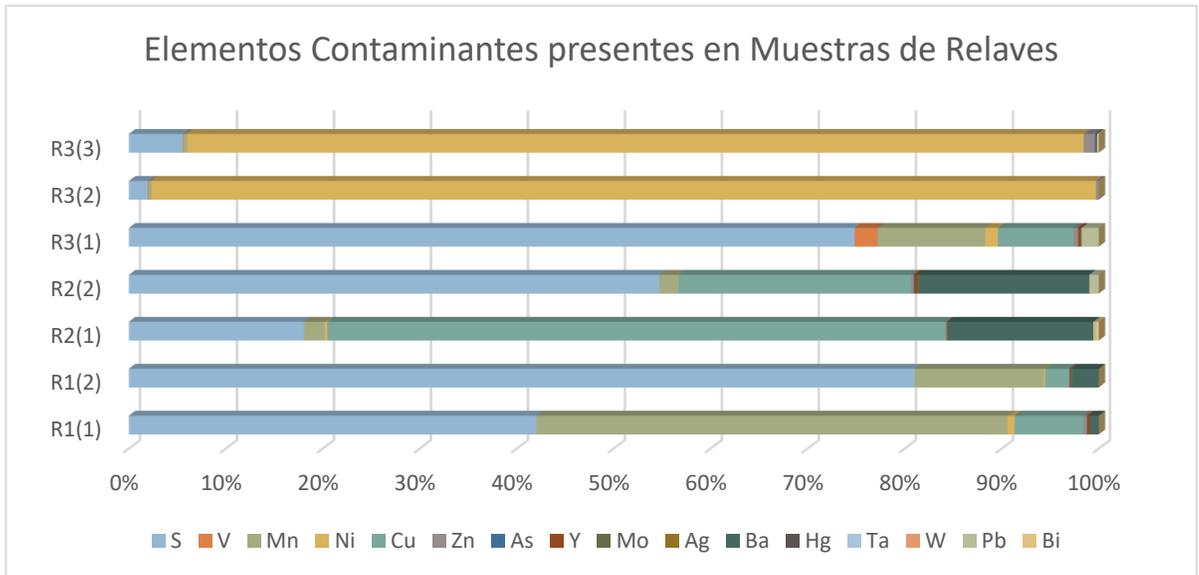


FIGURA N°22. Gráfico de barras muestras de relaves, el eje horizontal muestra los porcentajes de cada compuesto, mientras que cada barra un compuesto diferente asociado a cada relave muestreado. Los valores fueron obtenidos desde las tablas de resultados y la tabla de resumen presente en el Anexo C y normalizados para mejor representatividad. Se observa que el mayor porcentaje viene dado por S, Ni y Mn en la mayoría de las muestras.

La figura N°22 ilustra los principales contaminantes presentes en los relaves muestreado, a pesar de existir contaminantes en altos porcentajes como el azufre, níquel o manganeso, aquellos presentes en porcentajes ínfimos como el mercurio o el plomo también fueron incluidos dada su nocividad.

Los siguientes gráficos muestran los porcentajes de compuestos y elementos nocivos presentes en muestras extraídas de zonas residenciales (figuras N°23 y N°24).

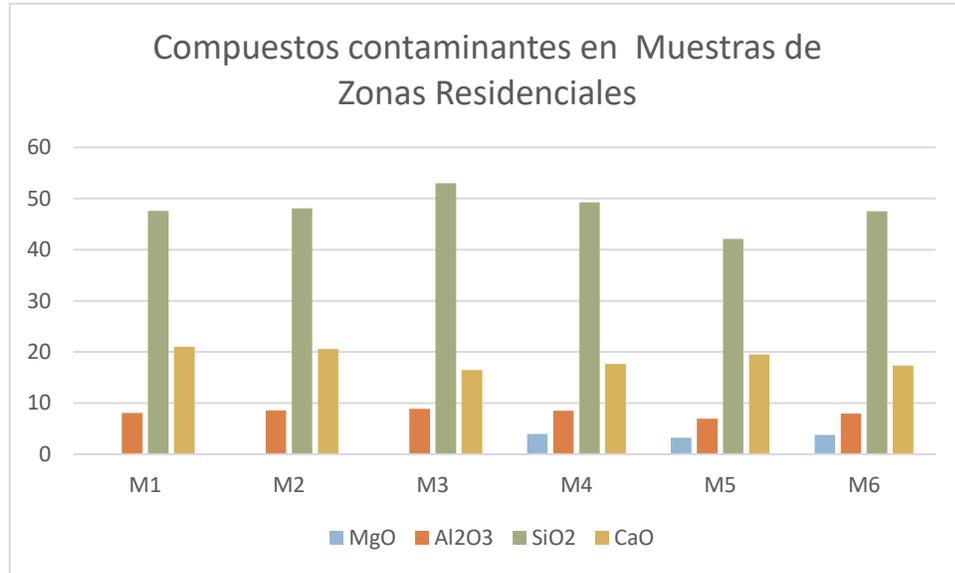


FIGURA N°23. Gráfico de barras muestras zonas residenciales, el eje vertical muestra los porcentajes de cada compuesto, mientras que cada barra a un compuesto diferente asociado a cada residencia muestreada. Se observa que el mayor porcentaje viene dado por SiO₂ en la mayoría de las muestras. Los valores fueron obtenidos desde las tablas de resultados y la tabla de resumen presente en el Anexo D.

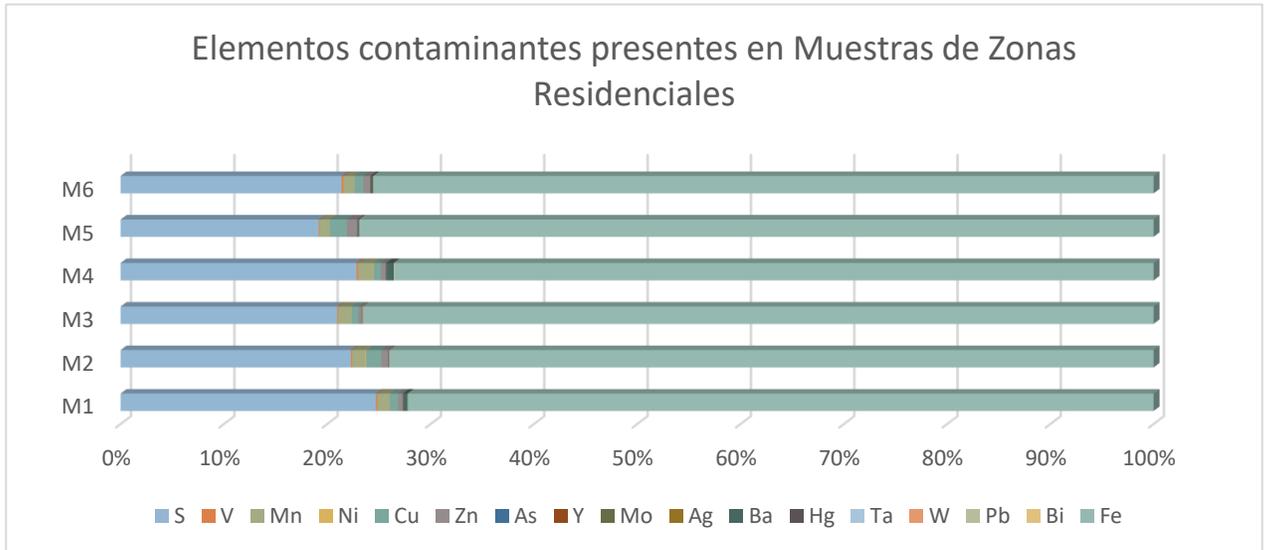


FIGURA N°24. Gráfico de barras muestras zonas residenciales el eje horizontal muestra los porcentajes de cada compuesto, mientras que cada barra un compuesto diferente asociado a cada residencia muestreada. Los valores fueron obtenidos desde las tablas de resultados y la tabla de resumen presente en el Anexo D y normalizados para mejor representatividad. Se observa que el mayor porcentaje viene dado por Fe, S, Ni y Mn en la mayoría de las muestras.

DISCUSIÓN

6.1. Origen de los Contaminantes

Considerando las figuras N°21 a N°24, se observa que los compuestos y elementos presentes en las muestras del sector residencial coinciden con los de las muestras extraídas de los relaves, no obstante, dado que la composición de los 3 relaves muestreados contiene elementos similares no es posible determinar exactamente en qué proporción se encuentran presentes o cual tiene mayor influencia. También se deben considerar aquellos relaves no muestreados, las zonas industriales cercanas y las construcciones como la del parque Kaukari al momento de la toma de muestras en las residencias, como es el caso de M4, la cual presenta elementos contaminantes, pero se ubica en la terraza cercana al río y a dicho parque en construcción.

Algo común en los 3 relaves muestreados es la presencia de SiO_2 en altos porcentajes, el cual también se halla presente en concentraciones similares en las muestras extraídas de las casas (sobre el 40%), como se observa en las Figuras N°21 y N°23. Además de otros contaminantes presentes como MgO , Al_2O_3 y CaO , también presentes tanto en las muestras de las casas como en las recolectadas de los relaves.

Entre los elementos con mayor ocurrencia tanto en relaves como muestras de zonas residenciales se observa un alto contenido en Fe y S como es visible en las Figuras N°26, N°24 y tablas N°3 y N°4. El hierro presente es mayor al 10% en relaves y está presente en todas las muestras. Se observa la presencia de azufre en altas concentraciones en todas las muestras de las casas no obstante sólo está presente en R1 y R2 de manera influyente, por lo que las partículas de estos relaves poseen incidencia sobre la zona residencial, incluso en casas lejanas, como lo es M4 a más de 3 km. de distancia de estos relaves. Algo similar ocurriría en el caso del vanadio y níquel, elementos presentes solo en R3, pero observado en todas las muestras de las casas, por lo que también este posee incidencia en todo el sector residencial.

Al observar los perfiles de las figuras N°17 y N°18, en el perfil A-B, se observa una diferencia de cotas de aproximadamente 40 metros entre el punto de extracción de la muestra del relave y el menor punto de la zona residencial, siendo la zona de relave más

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

alta que el sector residencial, no obstante, en términos de distancia está alejado (aproximadamente 1,5 km.). En el perfil C-D, la diferencia es aproximadamente de 15 metros, pero en este caso el relave se ubica a menor altura y cercano al sector residencial.

La velocidad y dirección del viento mostrada en las figuras N°19 y N°20, entre los meses de octubre y noviembre fue en promedio de 10 Km/h , con una dirección oeste - suroeste, y la zona residencial está al noreste y este de las muestras extraídas de los relaves, por lo que coincide con la dirección que tomó el viento en tal periodo de tiempo. Además, la topografía indica una diferencia de altitud de los relaves respecto a las casas, que, a pesar de no sobrepasar los 50 m de diferencia, basta para movilizar los sedimentos hasta la zona residencial.

Villaroel, et. al (2009), en su trabajo de recolección y caracterización de material particulado en la ciudad de Copiapó, solo extrajo una muestra en techumbres del sector residencial El Palomar (CC en su trabajo), no obstante, si tomó muestras de relaves en el sector, correspondientes en su trabajo a las muestras C5, C2 y CC como se observa en la figura N°25. En este trabajo los resultados arrojados indican altas concentraciones de Fe y Ba, coincidentes con las tablas N°3 y N°4, pero en distinta proporción considerando que los métodos de análisis de muestras utilizados fueron diferentes, como se muestra en la figura N°26.

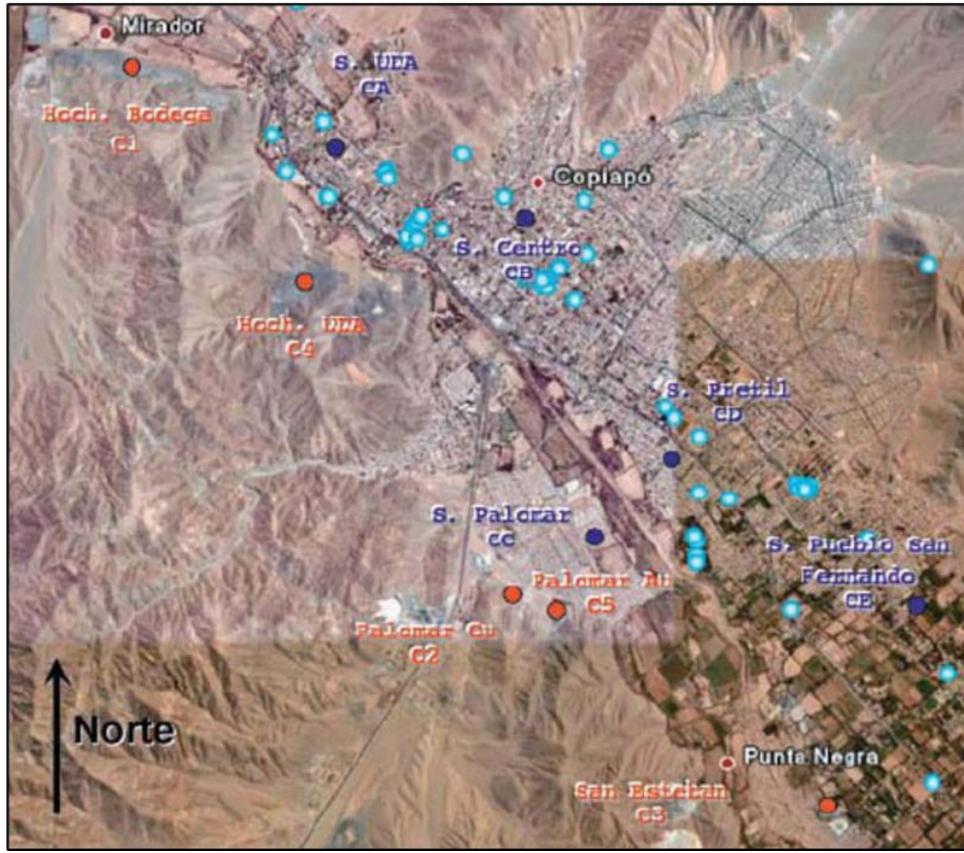


FIGURA N°25. Ubicación de trampas y relaves. Fuente Villaroel et. al. (2009)

Tabla 1				Tabla 2	
Concentración de Fe y Ba de relaves C1, C4 y C5				Concentración de Fe de relaves C1, C4 y C5	
Muestra	Fe	Ba	Fe / (Ba * 100)	Muestra	Fe%
	%	0.01%		C 1	2.16
C 1	2.40	4.05	0.59	C 4	2.89
C 4	2.83	2.52	1.12	C 5	3.43
C 5	3.49	7.04	0.50	Promedio	2.83
Promedio	2.91	4.54	0.74		

FIGURA N°26. A la izquierda concentraciones de Fe y Ba presentes en los relaves C5 corresponde a un relave del sector El Palomar. A la derecha la concentración de Fe presente en C5. Fuente Villaroel et. al. (2009).

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

En la muestra R2(2), se observa un fenómeno interesante, donde la muestra alcanza un contenido de Cu, superior al 4% normalizado (las otras muestras de relaves no superan el 1% normalizado) y superior al 2% sin normalizar, lo que podría ser estudiado posteriormente como una manera de reutilizar el contenido del relave en cuestión. No obstante, es de considerar las consecuencias de la remoción de dicho relave y cómo afectaría a las residencias aledañas en términos de remoción de sedimentos y material particulado, incluyendo sus elementos contaminantes.

6.2.Fuentes contaminantes

Es fundamental considerar también aquellos relaves no muestreados, las zonas industriales cercanas y las construcciones como la del parque Kaukari al momento de la toma de muestras en las residencias, como es el caso de M4, la cual presenta elementos contaminantes, pero se ubica en la terraza cercana al río y a dicho parque en construcción.

6.2.1. Fuentes contaminantes proximales

Es posible dividir en dos tipos las fuentes contaminantes próximas al área de estudio, en primer lugar, se tiene a aquellas correspondientes a depósitos de relaves (muestreados o no), fluviales, aluviales y eólicos, las cuales pueden contener o no elementos y compuesto contaminantes. Y en segundo lugar a aquellas fuentes relacionadas a las industrias activas y urbanizaciones, donde se contabilizan todas aquellas industrias cercanas al área de estudio, así como también construcciones y urbanizaciones que han tenido lugar durante el periodo de toma de muestra.

Para el caso de los depósitos se tiene:

- a) Depósitos de relaves: todos aquellos relaves aledaños al área de estudio a no más de 1 Km. de distancia de ella, observables en el catastro de relaves de SERNAGEOMIN (2019), en el anexo A. No obstante, no todos los depósitos de relaves cercanos pueden ser posibles contaminantes para las residencias muestreadas, dado que se consideró la velocidad y dirección del viento, así como también la topografía y proximidad. En función de este análisis sólo son factibles de estudio los relaves R8, R43, R47, R48, R56, R68, R69 y R70, de la imagen a *Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.*

continuación figura N°27, dado que se ubican al suroeste y sur del área estudiada, coincidente con la dirección del viento estudiada, por lo que la probabilidad de coincidencia es mayor. En cuanto a su composición son producto de la explotación del cobre, en conjunto con oro, plata y/o hierro.

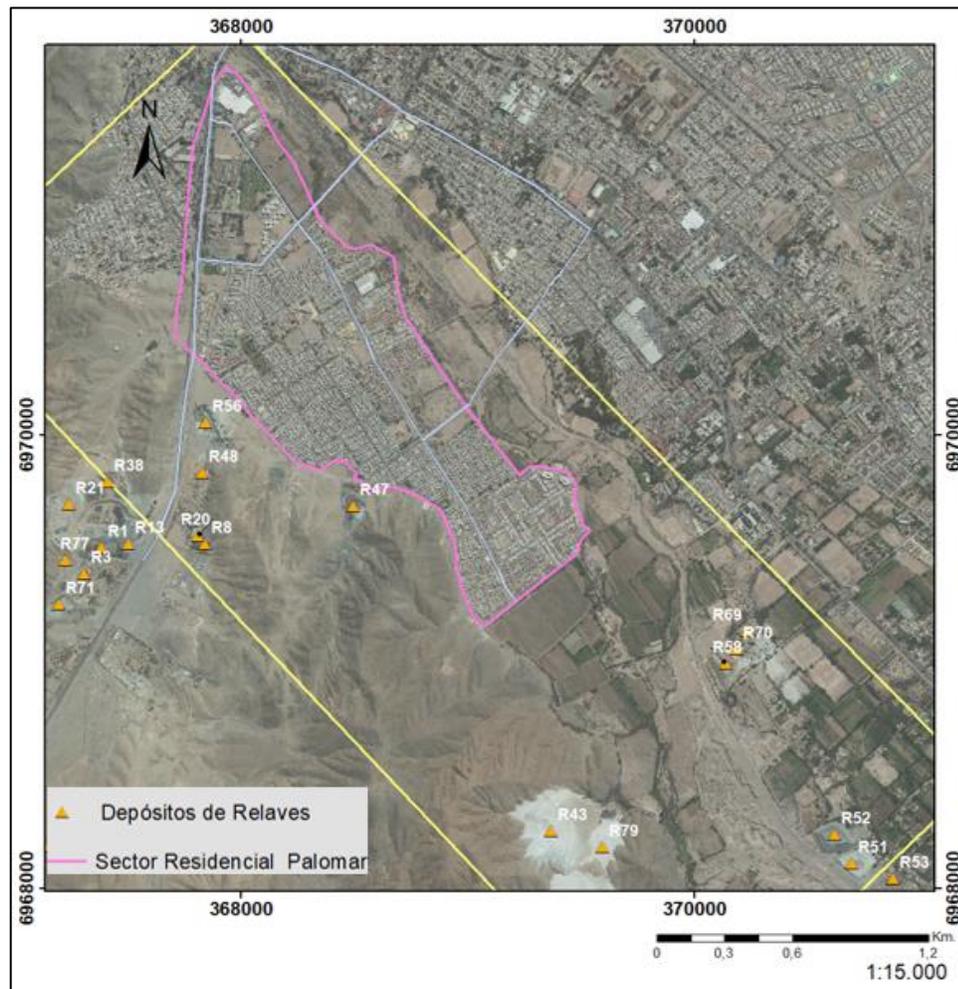


FIGURA N°27. Depósitos de relaves presentes en las cercanías del área de estudio. En base al catastro de relaves de SERNAGEOMIN (2019).

- b) Relaves muestreados: un alcance importante en esta investigación es el origen de los relaves muestreados, según el Anexo A, Catastro de relaves de SERNAGEOMIN, (2019), fue posible identificar la fuente y estado de los relaves muestreados como se muestra en el resumen de la Tabla N°5 a continuación.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

TABLA N°5., correlación de relaves del catastro de *SERNAGEOMIN* (2019) y las muestras extraídas de los relaves en este estudio. En base a Anexo A con información de *SERNAGEOMIN* (2019).

Muestra	Empresa	Comuna	Depósito	Recurso	UTM N	UTM E
R1	MINEX S.A.	Copiapó	Embalse	Cobre	6894598	398281
R2	SLM Escondida Una De Las Sierras Rajo De Oro	Copiapó	Embalse	Cobre	6965791	369994
	Comercial Ledesma Representaciones	Copiapó	Embalse	Oro-cobre	6970939	372383
R3	Inversiones e Inmobiliaria Coyancura LTDA.	Tierra amarilla	Embalse	Cobre	6894598	398281

La tabla anterior permite comprender la alta presencia de cobre (Cu), en las muestras de las casas, además de la presencia de arsénico (AS) en bajas cantidades, el cual puede ser asociado a R2, por la extracción de oro (Au) y el molibdeno (Mo), subproducto asociado a la industria del cobre (Cu).

- c) Depósitos cuaternarios: no necesariamente son contaminantes, pero son producto del flujo ya sea del viento o por transporte fluvial o mecánico, pudiendo arrastrar sedimentos desde otras fuentes lejanas, coincidentes en composición por lo que no se puede descartar como fuente de origen de los elementos y compuestos contaminantes.
- d) Otras fuentes: es importante destacar que no solo los depósitos de relaves emiten elementos y compuestos contaminantes, también lo hacen actividades de urbanización, como la construcción del parque Kaukari en el lecho del río Copiapó, cercano al sector El Palomar, las edificaciones en proceso, como los edificios gubernamentales en construcción desde el año 2020 en la intersección de las avenidas Luis Flores y El Palomar o la extensión de la avenida Diego de Almagro, en la calle homónima, cuya construcción inició a fines del año 2021 y la remodelación de la avenida Henríquez. También existen fuentes permanentes de emisión, como la remoción de sedimentos en el cementerio Parque del Recuerdo, al inicio de la misma avenida El Palomar, las pequeñas industrias de áridos en el lecho del río desde la avenida Luis flores hacia el sur o el barrio industrial si se

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

continúa hacia el sureste por la ruta 5, ahí se ubican empresas de bloques, pequeñas explotaciones, mineras, empresas de transporte solo por nombrar algunas.

6.2.2. Fuentes contaminantes distales

Para determinar en base a la velocidad del viento la distancia que viaja una partícula es necesario conocer el diámetro de ella, el presente estudio no considera el diámetro de la partícula, sólo su composición, por lo que, al no conocer su velocidad y distancia transportada, se consideraron las fuentes distales al área de estudio (mayor a 1 Km de distancia).

Se consideran distales todas aquellas fuentes tales como industrias, los relaves restantes del catastro, así como también la presencia de formaciones volcánicas y volcanosedimentarias, que podrían o no tener algún grado de incidencia en la contaminación de elementos y compuestos contaminantes en la zona de estudio.

6.3. Contaminantes presentes y salud humana

La lista de elementos y compuestos presentes en las muestras es extensa como se observa en las tablas N°3 y N°4, no obstante, no todos estos elementos son nocivos para la salud. Entre los contaminantes se hallaron metales pesados como cadmio, cobre, mercurio, níquel a pesar de que el porcentaje es bajo, se puede definir a los metales pesados como elementos de elevado peso atómico, potencialmente tóxicos, que se emplean en procesos industriales, de los cuales destacan: cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb), mercurio (Hg) y níquel (Ni), correspondientes a elementos que incluso en bajas concentraciones, pueden resultar nocivos para las plantas y los animales. Pese a no existir una definición concreta para describir a los metales pesados, es posible referirse a ellos como un conjunto de elementos, incluyendo algunos compuestos que suelen ser de carácter metálico, un cierto número de elementos semimetálicos e incluso no metálicos, como lo indica Rodríguez (2017) en su investigación.

Las vías fundamentales de entrada de estos químicos al organismo, son las vías dérmicas, por ingestión y por inhalación como indica Rodríguez (2017). Podemos deducir que dado el tamaño y dado que las partículas son transportadas por el viento, los compuestos y elementos químicos podrían pasar al organismo, ya sea por inhalación o vía dérmica como

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

se menciona o incluso por ingestión, dado que se ubican zonas agrícolas en las cercanías del área estudiada.

La exposición a algunos metales pesados ha sido asociada a una gran variedad de efectos adversos sobre la salud, incluyendo el cáncer. (Rodríguez, 2017). En este estudio se hallaron por un lado dichos elementos y compuestos esenciales para la salud humana, aquellos no que generan daño alguno, como lo son algunos macronutrientes como Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V y Zn. No obstante, como menciona Rodríguez (2017) en su estudio, solo se requieren en solo unos miligramos o microgramos por día y cuando pasan un umbral de concentración se vuelven tóxicos, tal es el caso del Se y Zn, que tienen límites muy próximos entre la dosis requerida y la tóxica. En cambio, en el caso de los macronutrientes, tales como Ca, Cl, Mg, P, K, Na y S, es posible ingerir 100 mg o más de forma diaria sin daño alguno, es por ello que en este estudio no se consideran contaminantes, pero si se indican como elementos.

Según lo planteado por Rodríguez (2017) bastan solo unos miligramos o microgramos diarios de algunos contaminantes para que resulten tóxicos al ser humano, las muestras extraídas de las casas fueron bolsas pequeñas (6x5 cm.) de no más de 2 gramos recolectadas durante el mes, a pesar de su tamaño las muestras presentaban algunos porcentajes altos de estos contaminantes, como se observa en las Figuras N°25 y N°25, entre los más importantes destacan Fe, Ni, Mn y Ba.

A continuación se muestra un resumen de los principales contaminantes hallados en las muestras, sus características y sus implicancias a la salud.

- **Óxido de Magnesio (MgO):** Hallado sobre el 3% en las muestras M4, M5 y M6, las más cercanas al relave muestreado R3, el cual presenta concentraciones de este compuesto. El límite de exposición laboral es de 10 mg/m³ en promedio en un turno de 8 horas. (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2007). Como lo indica el estudio del departamento de salud de New Jersey el límite de exposición sólo está documentado en horario laboral, no se encuentran normativas de calidad de aire que indiquen la exposición constante de este compuesto en bajas concentraciones y sus implicancias a largo plazo en la salud humana.

- **Óxido de Aluminio (Al_2O_3):** Tanto en muestras de relaves como en las de residencias, las concentraciones de este compuesto no superan el 10%. En concentraciones tan bajas no se han hallado evidencias que indiquen que resulta nocivo para la salud humana. (Pérez, 2002; Hidalgo, 2012).
 - **Dióxido de Silicio (SiO_2):** Este compuesto está presente en todas las muestras en altas concentraciones, prácticamente sobre el 40% y en R2 alcanzando hasta el 60% del total de la muestra. La exposición a partículas pequeñas de sílice que se encuentran en el aire, principalmente el polvo de cuarzo, sucede mayormente en entornos industriales y ocupacionales. La exposición de los trabajadores a la sílice cristalina respirable se ve asociada con índices elevados de cáncer de pulmón. En el mundo existen millones de trabajadores en riesgo de adquirir silicosis debido a que el dióxido de silicio es el componente predominante de la corteza terrestre (National Institute of Occupational Safety and Health, 2010). Los Límites Permisibles Ponderados (LPP), según tipo de sílice libre cristalizada, de acuerdo al DS 594/1999(9.8) del Ministerio de Salud (MINSAL) es de 0.08 mg/m^3 . Considerando el contenido de las muestras en la zona residencial es posible esperar efectos a largo plazo producto de la exposición al SiO_2 de manera constante e imperceptible, siempre y cuando el contenido de sílice corresponda a sílice cristalina. Los resultados de este estudio solo arrojaron dióxido de sílice como compuesto sin determinar su origen, por lo que no se puede determinar si la sílice presente es cristalina o no, podría ser parte de un depósito eólico, fluvial o aluvial, lo que puede ser considerado para un estudio posterior en detalle.
 - **Manganeso (Mn):** Se encuentra presente en todas las muestras, en un bajo porcentaje. En las muestras extraídas de zonas residenciales tiene valores cercanos al 0.1% del total, un valor pequeño. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 5 mg/m^3 de manganeso en el aire como promedio durante una jornada de 8 horas diarias. No existe registro de un límite permitido en el aire respirable fuera de jornadas laborales.
 - **Níquel (Ni):** presente en todas las muestras en muy bajas cantidades (en promedio bajo 0.02%). En su sitio web la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR), plantea que, para proteger a los trabajadores, la OSHA
- Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.*

ha establecido un límite de 1.0 mg de níquel/m³ para níquel metálico y compuestos de níquel en el aire del trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas a la semana. La EPA recomienda que los niveles de níquel en el agua potable no excedan 0.1 mg por litro. Si consideramos lo anterior, las muestras extraídas no alcanzan 1 cm³ y poseen un 0.02% en promedio de Ni, por lo que en términos de proporciones ese porcentaje pequeño muestreado es considerable y potencialmente nocivo para la salud.

- **Cobre (Cu):** resultado ser uno de los elementos presentes en todas las muestras, variando entre el 0.05% al 0.35% aproximadamente entre muestras, salvo la muestra de relave R2, la cual alcanzó niveles anómalos, sobre el 4%. En 1992, el cobre fue incluido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la Lista de Elementos con Significación para la Salud Humana, con un valor provisional guía de 2 mg/l. No obstante, en Chile no existe normativa en el aire que lo regule, solo consideraciones del agua frente a este elemento.
- **Zinc (Zn):** Fue hallado en todas las muestras, en los relaves los valores varían entre 0.01% a 0.008% respecto al total, mientras que en las muestras de residencias entre 0.2% a 0.07%, valores mucho mayores a los contenidos en los relaves muestreados, esto puede ser producto de que los relaves de los cuales se extrajeron las muestras no son la fuente de este contaminante en la zona residencial, pudiendo ser otros relaves cercanos no muestreados o parte de la litología del sector, como depósitos aluviales, fluviales o eólicos, incluso parte de la contaminación de industrias cercanas o construcciones en las proximidades.
- **Arsénico (As):** Similar al caso del Zinc, el arsénico se presenta en cantidades ínfimas en las muestras de relaves (bajo el 0.004%) y en las muestras de las casas varía entre 0.012% a 0.006%, incluso existen muestras donde no se observó un contenido en arsénico. Esto puede estar asociado a otros relaves o incluso a restos de sedimentos del aluvión del año 2015, arrastrados por fluidos como el viento o el río cercanos a estas residencias. La OMS plantea que, en estos momentos, el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 µg/l, no obstante, no existen valores de normativas de este elemento presente en el aire.

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

- **Plomo (Pb):** Sólo se halla en las muestras de los relaves R2 y R3, mientras que en promedio se obtuvo un 0.014% en las muestras de las casas, por lo que es probable que provenga de dichos relaves, los niveles registrados son bajos por lo que no presentan gran peligro de nocividad para la salud humana.
- **Hierro (Fe):** las concentraciones de Fe en las muestras de relaves fluctúan entre el 15% al 35%, niveles altos. Mientras que en las muestras de las casas son en promedio un 12%, se deduce por las concentraciones que provienen de los relaves cercanos. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 10 mg/m³ de manganeso en el aire.

CONCLUSIONES

Este estudio se realizó con el fin identificar el origen y definir las principales fuentes de contaminación por material particulado en el sector residencial El Palomar, a pesar de que el contexto sanitario producto del Covid-19 no permitió la cantidad de muestras esperadas, las muestras obtenidas resultaron representativas y con resultados a considerar.

En cuanto al origen de los contaminantes se puede concluir que, dada la dirección y velocidad del viento en conjunto con la topografía, coincide con la composición de los relaves aledaños muestreados, además de la presencia de otros contaminantes que pueden ser asociados a otros depósitos de relave no muestreados, pero sí existentes en la zona a estudiar o pueden ser resultado de trabajos de urbanización y construcción, industrias y fuentes fijas de emisión presentes en el sector. No solo se tomaron en cuenta las fuentes cercanas (a menor de 1 Km de proximidad) sino que además aquellas más alejadas, contabilizando que el tamaño de partícula es menor a 1mm.

Entre los compuestos y elementos hallados tanto en las muestras de casas como en depósitos de relaves, destacan Fe, Ni, Mn, Ba, SiO₂, MgO, Al₂O₃ y CaO. En su mayoría nocivos para la salud humana, no obstante, no se hallaron parámetros de nocividad en pequeñas cantidades y a una exposición constante como en el caso de estos contaminantes, que a salvedad de algunos como SiO₂, hallados en muy grandes cantidades, la mayoría se observó en pequeñas cantidades (bajo el 0.1% de la muestra), por lo que faltan parámetros y normativas en cuanto a ello.

En cuanto al óxido de silicio hallado, a pesar de ser un contaminante, responsable del desarrollo de silicosis en el ser humano, esta enfermedad se desarrolla a partir de la sílice cristalina y en esta investigación no se determinó si la sílice hallada era o no cristalina, por lo que podría ser objeto de estudio en futuras investigaciones.

Una anomalía importante se halla en la muestra R2, un depósito proveniente de la producción de Cu y Au, el cual posee un mayor porcentaje de cobre a lo esperado para ser un relave y podría ser objeto de estudio para un segundo uso de este material.

No obstante, se deben considerar las consecuencias asociadas a la explotación de ello, dado que la remoción de un depósito de relave generaría mayor cantidad de partículas en suspensión, eso sumado a la dirección y velocidad del viento podría ser perjudicial para las residencias aledañas al relave.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arciniegas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM₁₀. Luna azul, 34, 195–213.

Arévalo, C. (2005). Carta Copiapó, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica. No. 91, 53 p. 1. Mapa escala 1:100.000

Ayala Carcedo, F. J. (1988). Introducción a los riesgos geológicos. IGME, Madrid, 3-20.

Baik, N., Kim, Y. y Moon, C. (1996). Visibility Study of Seoul. Atmospheric Environment, 30(13), 2319-2328.

Bazaes Casanova, A. A. W. (2013). Comparación de corrección teórica de efecto matriz, análisis de interferencias y corrección por compensación para equipos portátiles de fluorescencia de rayos x en minerales y suelos.

Climatología y desertificación. Fundamentos de climatología. Disponible en: <http://books.google.es/books?id=KBP4UfsRytMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>. Documentation Universitaire. París.

El tiempo en Copiapó en la primavera, temperatura promedio (Chile) - Weather Spark. (2021, noviembre). Recuperado 2022, de <https://es.weatherspark.com/s/26543/0/Tiempo-promedio-en-la-primavera-en-Copiap%C3%B3-Chile#Figures-WindSpeed>Perez (2002)

Falcón, M. (2017). Situación de los relaves mineros en Chile. Departamento de Depósitos de Relave, SERNAGEOMIN.

Hidalgo, R. T. (2012). La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud. Tecnogestión: Una mirada al ambiente, 9(1).

Lavell, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. Fernández, AM

(comp.), Ciudades en Riesgo-Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres, La Red, Lima.

Leppe Vilches, A. (2010). Guía de procedimientos para un plan conceptual de cierre y abandono de actividades industriales o mineras.

Ministerio de Minería. (2020). Decreto Supremo 248. Aprueba reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción operación y cierre de los depósitos de relaves. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente, MMA. (2020). Disponible en <https://airechile.mma.gob.cl/>

Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastre UNISDR OMS. (2018). Calidad del aire y salud. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). (Acceso junio de 2020)

O’Ryan, R., & Larraguibel, L. (2000). Contaminación del aire en Santiago: estado actual y soluciones (Vol. 75). Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.

OSHA. (2016). Calidad del aire interior. Recuperado el 14 mayo de 2022, de <https://www.osha.gov/SLTC/indoorairquality/>

PEDELABORDE, P. (1959). Introduction à l’étude scientifique du climat. Centre de Pérez Osorio, G., Hernández Espinosa, M. Á., & Álvarez Gómez,(2002) K. M. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE TOLUENO EN ÓXIDOS MIXTOS DE Al-Ce-Zr. Ra Ximhai, 8(2).

Préndez, M., Corvalán, R. M., & Cisternas, M. (2007). Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Chile. Información tecnológica, 18(2).

R&Q ingeniería Ltda (1993)

Ramírez Navarro, F. J. (2020). Metodología para la evaluación de la susceptibilidad de erosión y potenciales inestabilidades físicas en depósitos de relaves estudio de caso: comuna de Copiapó, Chile.

Ramírez, N. (2007). Guía técnica de operación y control de depósitos de relaves. Servicio Nacional de Geología y Minería, Departamento de Seguridad Minera, 1-42.

Ramos, M. (2011). Expertos identifican las 14 faenas mineras abandonadas más riesgosas del país. Cipper <https://www.ciperchile.cl/2011/03/10/expertos-identifican-a-las-14-faenas-mineras-abandonadas-mas-riesgosas-del-pais/-mineras-abandonadas-mas-riesgosas-del-pais/>

Rodríguez Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372-3385. New jersey departament of health and snior services (2007)

Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 44(2), 0-0.

Secretaría Regional Ministerial de Salud. (2010). Diagnóstico de salud regional de Atacama con enfoques de determinantes sociales de salud. Departamento de Salud Pública. Tercera Región de Atacama.

Servicio Nacional de Geología y Minería, Subdirección Nacional de Geología. (2015). Registro de los principales desastres de origen geológico en Chile y efectos sobre la población y bienes públicos y privados entre 1980 y 2015. Unidad de Peligros Geológicos. Santiago, Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería, Subdirección Nacional de Geología. (2007). Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Depósitos de Relaves. Santiago, Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería. (2019). Catastro Depósitos de Relaves en Chile. Santiago. Recuperado de <http://www.sernageomin.cl/mineria-relaves.php>

Sosaky, K., Kurita, H., Carmichael, G., Chang, G. y Muran, K. (1988). *Behavior of Sulfates, Nitrates and other Pollutants in the Long-range Transport of Air Pollution*. *Atmospheric Environment*, 22(7), 1301-1308.

Triviño Madariaga, T. N. (2018). Metodología para caracterización de génesis y distribución de elementos traza en depósitos de relaves chilenos.

UNISDR, E., & UNIDSR. (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Ginebra, Suiza.

Vana, M., Tamm, E. y Vill, M. (1999). Experimental Study of the Air Pollution Transport by Synchronized Monitoring of Atmospheric Aerosols. *Atmospheric Environment*, 33(28), 4615-4628.

Velasco García, M. (2005). La calidad del aire asociado con metales pesados en la ciudad de Manizales. Departamento de Ingeniería Química.

Villarroel S, L., Morales, J. R., Miranda J, P., Díaz S, C., Arce M, N., y Campos, C. (2009). Captura, cuantificación y caracterización del material particulado sedimentable en techumbres de la ciudad de Copiapó. *Idesia (Arica)*, 27(3).

WHO, Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005, doi:10.1016/0004-6981(88)90109-6, Publications WHO Regional Office for Europe, Ginebra, Suiza. 31-54, (2005)

YEVES. A. (1993). La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales.

ANEXOS

Anexo A. Catastro Relaves SERNAGEOMIN

La siguiente tabla corresponde a un extracto del catastro de relaves en Chile realizado por SERNAGEOMIN, 2019., el cual presenta todos los relaves y sus principales características, ubicación, tipo de depósito, empresa y faena correspondientes solo a la ciudad de Copiapó, Chile.

Faena	Región	Provincia	Comuna	Deposito	Tipo deposito	Recurso	Utm_norte	Utm_este	Resolución fecha
Planta Day	III	Copiapó	Copiapó	Day 2	Tranque De Relave	Oro	6969503	367383	S/I
Planta Santa Laura	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Cobre	6965601	369870	S/I
Planta Rapelina	III	Copiapó	Copiapó	Rapelina	Embalse	Oro	6969385	367309	S/I
Planta Matta	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave 3	Tranque De Relave	Cobre	6968324	376076	29-08-1986
Planta Viñita Azul	III	Copiapó	Copiapó	Tranque 3	Tranque De Relave	Cobre	6966704	369080	10-04-2014
Planta O (Ex Farah)	III	Copiapó	Copiapó	Farah 1-2-3-4-5-6-7	Tranque De Relave	Cobre-Oro-Hierro	6967802	366906	03-03-2015
Planta Arcadio	III	Copiapó	Copiapó	Arcadio	Embalse	Cobre-Oro	6967647	366009	S/I
Planta Corona	III	Copiapó	Copiapó	Corona 2	Tranque De Relave	Cobre	6969517	367842	
Planta Andacollo	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Embalse	Cobre	6966458	362859	S/I
Planta Andrea	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Embalse	Oro-Cobre	6970997	372403	17-07-1987
Planta Santa Teresa	III	Copiapó	Copiapó	Santa Teresa 1	Tranque De Relave	Oro	6968917	366914	S/I
Planta Monserrat	III	Copiapó	Copiapó	Monserrat	Tranque De Relave	Oro	6967256	365660	S/I
Planta Arcadio	III	Copiapó	Copiapó	Arcadio 1	Tranque De Relave	Oro	6969517	367503	S/I
Planta Viñita Azul	III	Copiapó	Copiapó	Tranque 2	Tranque De Relave	Cobre	6966697	369587	08-01-1985
Kozan	III	Copiapó	Copiapó	El Gato	Tranque De Relave	Cobre	6971182	374840	17-05-2013
Planta El Cateador	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Cobre	6967555	366021	S/I
Planta Candelaria	III	Copiapó	Copiapó	Candelaria 1	Embalse	Cobre	6965791	369994	S/I
Planta Andrea	III	Copiapó	Copiapó	Planta Andrea	Embalse	Oro-Cobre	6970939	372383	S/I
La Coipa	III	Copiapó	Copiapó	Rahco	Filtrado	Plata-Oro	7032394	471945	14-02-2005
Planta Corona	III	Copiapó	Copiapó	Corona	Tranque De Relave	Cobre	6969554	367809	02-06-1986
Planta Puerto Rico	III	Copiapó	Copiapó	Puerto Rico 0-1-2	Tranque De Relave	Cobre	6969690	367242	23-10-1992

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

La Coipa	III	Copiapó	Copiapó	Ramito	Tranque De Relave	Plata-Oro	7031975	472576	Xx-Xx-1990
Planta San Eduardo	III	Copiapó	Copiapó	Embalse De Relave	Embalse	Cobre	6966948	365979	20-03-2015
Planta Irmitta	III	Copiapó	Copiapó	Embalse De Relaves	Embalse	Cobre	6968010	366318	S/I
Piloto Móvil Italia	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Oro	6967266	365270	S/I
Planta Ojos De Agua	III	Copiapó	Copiapó	Ojos De Agua	Embalse	Oro	6967537	366311	S/I
Ojancos	III	Copiapó	Copiapó	Ojancos 2	Tranque De Relave	Cobre	6972231	366465	02-11-1970
Cerro Negro Norte	III	Copiapó	Copiapó	Cerro Negro Norte	En Pasta	Hierro	6998544	365049	31-08-2012
Planta San José	III	Copiapó	Copiapó	Las Cruces	Tranque De Relave	Cobre	6963161	369097	16-03-2007
Planta Purificación	III	Copiapó	Copiapó	Embalse De Relaves	Tranque De Relave	Oro	6966544	370095	S/I
Bodega Alto	III	Copiapó	Copiapó	Depósito De Relave 3	Tranque De Relave	Cobre-Oro	6973741	365003	02-11-1970
Epa	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Oro	6966612	370161	S/I
Epv	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Oro	6966808	370253	S/I
Epv	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Oro	6966841	370328	S/I
Ojancos	III	Copiapó	Copiapó	Ojancos 1	Tranque De Relave	Cobre	6972041	366892	S/I
Bodega Alto	III	Copiapó	Copiapó	Depósito De Relave 4	Tranque De Relave	Cobre-Oro	6973709	364304	Xx-Xx-1977
Ojancos	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Cobre	6972269	367134	S/I
Planta Puerto Rico	III	Copiapó	Copiapó	Embalse 4	Embalse	Cobre	6969791	367411	28-10-2015
Planta Matta	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave 1	Tranque De Relave	Cobre	6967643	376192	S/I
Planta Matta	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave 2	Tranque De Relave	Cobre	6967432	376022	S/I
Planta San Cristóbal	III	Copiapó	Copiapó	Epv	Tranque De Relave	Cobre	6962906	370315	S/I
Planta San Cristóbal	III	Copiapó	Copiapó	Epv	Tranque De Relave	Cobre	6962938	370294	22-09-1999
Planta Santa Esteban (Ex Santa Laura)	III	Copiapó	Copiapó	Santa Laura 2	Tranque De Relave	Cobre	6968251	369370	S/I
Santa Rosa	III	Copiapó	Copiapó	Santa Rosa 2	Embalse	Oro	6965445	370299	S/I
Planta La Unión (Ex San Lorenzo)	III	Copiapó	Copiapó	Unión	Tranque De Relave	Cobre	6968489	366637	10-12-1986
Planta Andacollo	III	Copiapó	Copiapó	Andacollo 2	Tranque De Relave	Oro	6966513	362833	S/I
Planta Porvenir	III	Copiapó	Copiapó	Porvenir	Tranque De Relave	Cobre	6969685	368496	16-01-1987
Planta Cuesta Cardones	III	Copiapó	Copiapó	Cuesta Cardones 1	Tranque De Relave	Cobre-Oro	6969831	367830	31-10-1986

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

Epv	III	Copiapó	Copiapó	Epv	Tranque De Relave	Cobre	6971971	367025	S/I
Planta Purificación	III	Copiapó	Copiapó	Purificación 1	Tranque De Relave	Oro	6966545	369988	S/I
Planta Llaucaven	III	Copiapó	Copiapó	Llaucaven 1	Tranque De Relave	Oro-Cobre	6968110	370696	06-08-1985
Planta Llaucaven	III	Copiapó	Copiapó	Llaucaven 2	Tranque De Relave	Oro-Cobre	6968235	370622	06-08-1985
Planta Tania	III	Copiapó	Copiapó	Tania	Tranque De Relave	Cobre-Oro	6968042	370877	05-02-1988
Planta Guggiana	III	Copiapó	Copiapó	Guggiana	Tranque De Relave	Oro-Cobre	6973628	365965	01-02-1985
Bodega Alto	III	Copiapó	Copiapó	Bodega Alto	Tranque De Relave	Cobre-Oro	6973769	364521	S/I
Planta Castellón	III	Copiapó	Copiapó	Castellón	Tranque De Relave	Oro	6970053	367846	S/I
Luz Elena	III	Copiapó	Copiapó	Florencia 2	Embalse	Cobre-Oro	6967943	366407	S/I
Planta San Esteban	III	Copiapó	Copiapó	San Esteban 2b	Tranque De Relave	Cobre	6968988	370139	02-06-1986
Planta Viñita Azul (Ex Planta Concentración)	III	Copiapó	Copiapó	Tranque 1	Tranque De Relave	Oro	6966783	369746	S/I
Planta Caserón	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relaves	Tranque De Relave	Cobre	6967356	337571	S/I
Planta La Chimba	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relaves	Tranque De Relave	Cobre	6973468	366094	S/I
Planta Purificación	III	Copiapó	Copiapó	Purificación 2	Tranque De Relave	Oro	6966591	369992	S/I
Planta Purificación	III	Copiapó	Copiapó	Purificación 3	Tranque De Relave	Oro	6966639	369993	S/I
Planta Candelaria	III	Copiapó	Copiapó	Candelaria 2	Embalse	Cobre	6965853	370007	S/I
Planta Candelaria	III	Copiapó	Copiapó	Candelaria 3	Embalse	Cobre	6965868	369933	S/I
Santa Rosa	III	Copiapó	Copiapó	Santa Rosa 1	Embalse	Oro	6965442	370205	S/I
Luz Elena	III	Copiapó	Copiapó	Florencia 1	Embalse	Cobre-Oro	6967930	366486	S/I
Planta Andacollo	III	Copiapó	Copiapó	Andacollo 1	Tranque De Relave	Oro	6966484	362836	S/I
Planta San Esteban	III	Copiapó	Copiapó	San Esteban 1	Tranque De Relave	Cobre	6969134	370235	S/I
Planta San Esteban	III	Copiapó	Copiapó	San Esteban 2a	Tranque De Relave	Cobre	6969053	370187	02-06-1986
Planta Day	III	Copiapó	Copiapó	Day	Tranque De Relave	Cobre-Oro	6969252	367197	S/I
Planta San Eduardo	III	Copiapó	Copiapó	San Eduardo	Embalse	Cobre	6966926	365944	20-03-2015
Planta Alemana	III	Copiapó	Copiapó	Embalse De Relave	Embalse	Oro-Cobre	6967761	366001	S/I
Áurico	III	Copiapó	Copiapó	Tranque	Tranque De Relave	Oro-Cobre	6967856	366278	S/I
Planta O (Ex Farah)	III	Copiapó	Copiapó	Embalse O	Embalse	Cobre-Oro	6968183	367135	13-08-2015
Planta Santa Teresa	III	Copiapó	Copiapó	Santa Teresa 2	Tranque De Relave	Oro	6968920	366976	S/I

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

San Patricio	III	Copiapó	Copiapó	Tranque De Relave	Tranque De Relave	Cobre	6969446	367225	
Planta Santa Esteban (Ex Santa Laura)	III	Copiapó	Copiapó	Santa Laura 1	Tranque De Relave	Cobre	6967960	369432	S/I
Planta Santa Esteban (Ex Santa Laura)	III	Copiapó	Copiapó	Santa Laura 3	Tranque De Relave	Cobre	6968178	369596	S/I

Definición y modelamiento de zonas de riesgo de material particulado en el sector El Palomar, Copiapó.

Anexo B. Resultados Análisis XRF

02559-GeoChem.pdz	AssayTime: 01-01-2006 12:02:10	ElapsedTime: 48
Field Info		
Operator	Superviso	Name
ID		Field1
Field2		

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,062
Al2O3	0	2,583	0	0,357
SiO2	0	15,846	0	0,414
P2O5	0	0,460	0	0,067
S	0	0,604	0	0,040
Cl	0	0,070	0	0,014
K2O	0	1,317	0	0,029
CaO	0	18,869	0	0,087
Ti	0	0,183	0	0,011
V	0	0,000	0	0,006
Cr	0	0,000	0	0,005
Mn	0	0,682	0	0,023
Fe	0	9,922	0	0,073
Co	0	0,000	0	0,013
Ni	0	0,002	0	0,003
Cu	0	0,111	0	0,005
Zn	0	0,001	0	0,001
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,004	0	0,001
Sr	0	0,004	0	0,001
Y	0	0,004	0	0,001
Zr	0	0,004	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,000	0	0,001



02559-GeoChem.pdz		AssayTime: 01-01-2006 12:02:10		ElapsedTime: 48
Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,007
Ba	0	0,000	0	0,017
La	0	0,000	0	0,021
Ce	0	0,000	0	0,031
Hf	0	0,002	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,001
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,002
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,000	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02560-GeoChem.pdz	AssayTime: 01-01-2006 12:06:46	ElapsedTime: 48
-------------------	--------------------------------	-----------------

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,198
Al2O3	0	2,879	0	0,367
SiO2	0	16,790	0	0,423
P2O5	0	0,405	0	0,066
S	0	0,601	0	0,040
Cl	0	0,091	0	0,014
K2O	0	1,473	0	0,030
CaO	0	17,796	0	0,085
Ti	0	0,183	0	0,011
V	0	0,000	0	0,006
Cr	0	0,000	0	0,005
Mn	0	0,707	0	0,023
Fe	0	10,095	0	0,073
Co	0	0,000	0	0,013
Ni	0	0,000	0	0,003
Cu	0	0,092	0	0,004
Zn	0	0,001	0	0,001
As	0	0,001	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,005	0	0,001
Sr	0	0,004	0	0,001
Y	0	0,004	0	0,001
Zr	0	0,006	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02560-GeoChem.pdz		AssayTime: 01-01-2006 12:06:46		ElapsedTime: 48
Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,020
Sb	0	0,000	0	0,005
Ba	0	0,025	0	0,017
La	0	0,000	0	0,020
Ce	0	0,000	0	0,031
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,000	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02561-GeoChem.pdz	AssayTime: 01-01-2006 12:08:43	ElapsedTime: 48
-------------------	--------------------------------	-----------------

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,631	0	2,390
Al2O3	0	3,720	0	0,391
SiO2	0	23,977	0	0,481
P2O5	0	0,385	0	0,060
S	0	1,523	0	0,050
Cl	0	0,182	0	0,017
K2O	0	2,132	0	0,033
CaO	0	9,772	0	0,063
Ti	0	0,278	0	0,011
V	0	0,000	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,256	0	0,014
Fe	0	8,755	0	0,064
Co	0	0,000	0	0,011
Ni	0	0,004	0	0,003
Cu	0	0,047	0	0,003
Zn	0	0,002	0	0,001
As	0	0,002	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,006	0	0,001
Sr	0	0,004	0	0,001
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,010	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02561-GeoChem.pdz		AssayTime: 01-01-2006 12:08:43		ElapsedTime: 48
Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,007
Ba	0	0,047	0	0,019
La	0	0,023	0	0,033
Ce	0	0,000	0	0,028
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,000	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02562-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:10:03

ElapsedTime: 48

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,206
Al2O3	0	3,753	0	0,381
SiO2	0	23,621	0	0,475
P2O5	0	0,435	0	0,059
S	0	1,569	0	0,050
Cl	0	0,168	0	0,016
K2O	0	2,140	0	0,033
CaO	0	9,809	0	0,063
Ti	0	0,306	0	0,011
V	0	0,002	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,251	0	0,014
Fe	0	8,763	0	0,064
Co	0	0,000	0	0,011
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,045	0	0,003
Zn	0	0,002	0	0,001
As	0	0,002	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,006	0	0,001
Sr	0	0,005	0	0,001
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,010	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,000	0	0,001



02562-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:10:03

ElapsedTime: 48

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,001	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,007
Ba	0	0,058	0	0,019
La	0	0,000	0	0,023
Ce	0	0,000	0	0,027
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,000	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02563-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:11:53

ElapsedTime: 46

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	1,603
Al2O3	0	2,656	0	0,399
SiO2	0	24,333	0	0,494
P2O5	0	0,085	0	0,049
S	0	0,706	0	0,044
Cl	0	0,090	0	0,018
K2O	0	1,692	0	0,031
CaO	0	1,683	0	0,030
Ti	0	0,235	0	0,011
V	0	0,000	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,006
Mn	0	0,095	0	0,011
Fe	0	19,290	0	0,086
Co	0	0,000	0	0,018
Ni	0	0,009	0	0,008
Cu	0	2,720	0	0,032
Zn	0	0,004	0	0,003
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,011	0	0,002
Sr	0	0,022	0	0,002
Y	0	0,003	0	0,002
Zr	0	0,014	0	0,002
Nb	0	0,000	0	0,002
Mo	0	0,002	0	0,002



02563-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:11:53

ElapsedTime: 46

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,001	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,005
Sn	0	0,000	0	0,016
Sb	0	0,000	0	0,013
Ba	0	0,652	0	0,045
La	0	0,000	0	0,019
Ce	0	0,000	0	0,032
Hf	0	0,010	0	0,015
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,003
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,003
Hg	0	0,000	0	0,002
Tl	0	0,000	0	0,002
Pb	0	0,011	0	0,004
Bi	0	0,013	0	0,005
Th	0	0,000	0	0,006
U	0	0,000	0	0,013



02564-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:13:23

ElapsedTime: 46

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,020
Al2O3	0	3,219	0	0,392
SiO2	0	24,350	0	0,488
P2O5	0	0,224	0	0,045
S	0	0,818	0	0,043
Cl	0	0,134	0	0,018
K2O	0	1,714	0	0,031
CaO	0	1,714	0	0,029
Ti	0	0,237	0	0,010
V	0	0,000	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,006
Mn	0	0,087	0	0,011
Fe	0	19,351	0	0,087
Co	0	0,000	0	0,018
Ni	0	0,013	0	0,008
Cu	0	2,660	0	0,031
Zn	0	0,004	0	0,003
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,011	0	0,002
Sr	0	0,023	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,002
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,002	0	0,002
Mo	0	0,003	0	0,002



02564-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:13:23

ElapsedTime: 46

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,005
Sn	0	0,000	0	0,016
Sb	0	0,000	0	0,012
Ba	0	0,612	0	0,044
La	0	0,000	0	0,018
Ce	0	0,000	0	0,030
Hf	0	0,011	0	0,015
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,001	0	0,003
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,003
Hg	0	0,000	0	0,002
Tl	0	0,000	0	0,002
Pb	0	0,012	0	0,004
Bi	0	0,011	0	0,005
Th	0	0,000	0	0,006
U	0	0,000	0	0,012



02565-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:15:55

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	1,792
Al2O3	0	3,724	0	0,358
SiO2	0	31,340	0	0,526
P2O5	0	0,321	0	0,048
S	0	0,681	0	0,036
Cl	0	0,161	0	0,014
K2O	0	2,738	0	0,035
CaO	0	3,275	0	0,037
Ti	0	0,217	0	0,009
V	0	0,000	0	0,004
Cr	0	0,000	0	0,003
Mn	0	0,022	0	0,007
Fe	0	4,742	0	0,043
Co	0	0,000	0	0,008
Ni	0	0,000	0	0,002
Cu	0	0,297	0	0,006
Zn	0	0,003	0	0,001
As	0	0,001	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,011	0	0,001
Sr	0	0,011	0	0,001
Y	0	0,004	0	0,001
Zr	0	0,011	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02565-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:15:55

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,002	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,211	0	0,021
La	0	0,000	0	0,037
Ce	0	0,000	0	0,023
Hf	0	0,005	0	0,009
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,012	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,006



02566-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:17:25

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	1,917
Al2O3	0	3,767	0	0,365
SiO2	0	31,682	0	0,530
P2O5	0	0,306	0	0,048
S	0	0,670	0	0,036
Cl	0	0,167	0	0,014
K2O	0	2,731	0	0,035
CaO	0	3,209	0	0,036
Ti	0	0,218	0	0,009
V	0	0,000	0	0,004
Cr	0	0,000	0	0,003
Mn	0	0,028	0	0,007
Fe	0	4,726	0	0,043
Co	0	0,000	0	0,007
Ni	0	0,000	0	0,002
Cu	0	0,294	0	0,006
Zn	0	0,004	0	0,001
As	0	0,001	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,011	0	0,001
Sr	0	0,011	0	0,001
Y	0	0,004	0	0,001
Zr	0	0,010	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,002	0	0,001



02566-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:17:25

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,223	0	0,021
La	0	0,000	0	0,026
Ce	0	0,000	0	0,023
Hf	0	0,007	0	0,009
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,001
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,012	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,006



02567-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:19:01

ElapsedTime: 47

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	2,608	0	2,352
Al2O3	0	4,299	0	0,432
SiO2	0	24,908	0	0,500
P2O5	0	0,167	0	0,052
S	0	0,276	0	0,036
Cl	0	0,059	0	0,015
K2O	0	2,010	0	0,033
CaO	0	2,554	0	0,035
Ti	0	0,404	0	0,012
V	0	0,010	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,005
Mn	0	0,048	0	0,008
Fe	0	12,993	0	0,070
Co	0	0,000	0	0,014
Ni	0	0,005	0	0,003
Cu	0	0,033	0	0,003
Zn	0	0,002	0	0,001
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,010	0	0,001
Sr	0	0,006	0	0,001
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,004	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02567-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:19:01

ElapsedTime: 47

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,019
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,000	0	0,024
La	0	0,000	0	0,018
Ce	0	0,000	0	0,031
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,004	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,008



02568-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:20:45

ElapsedTime: 47

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	2,083	0	2,193
Al2O3	0	4,323	0	0,422
SiO2	0	25,231	0	0,498
P2O5	0	0,277	0	0,049
S	0	0,358	0	0,035
Cl	0	0,102	0	0,015
K2O	0	2,025	0	0,033
CaO	0	2,597	0	0,035
Ti	0	0,416	0	0,012
V	0	0,010	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,005
Mn	0	0,046	0	0,007
Fe	0	13,044	0	0,071
Co	0	0,000	0	0,014
Ni	0	0,006	0	0,003
Cu	0	0,033	0	0,003
Zn	0	0,002	0	0,001
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,011	0	0,001
Sr	0	0,006	0	0,001
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,004	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,000	0	0,001



02568-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:20:45

ElapsedTime: 47

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,019
Sb	0	0,000	0	0,008
Ba	0	0,000	0	0,024
La	0	0,000	0	0,026
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,001	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,003	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,008



02569-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:22:26

ElapsedTime: 46

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,196
Al2O3	0	3,231	0	0,414
SiO2	0	25,702	0	0,513
P2O5	0	0,256	0	0,047
S	0	0,335	0	0,036
Cl	0	0,109	0	0,016
K2O	0	2,840	0	0,039
CaO	0	1,515	0	0,029
Ti	0	0,332	0	0,012
V	0	0,013	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,006
Mn	0	0,060	0	0,009
Fe	0	16,757	0	0,080
Co	0	0,000	0	0,016
Ni	0	0,006	0	0,004
Cu	0	0,033	0	0,003
Zn	0	0,004	0	0,001
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,014	0	0,001
Sr	0	0,001	0	0,001
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,004	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,002
Mo	0	0,000	0	0,001



02569-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:22:26

ElapsedTime: 46

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,001
Cd	0	0,000	0	0,004
Sn	0	0,000	0	0,018
Sb	0	0,000	0	0,007
Ba	0	0,000	0	0,023
La	0	0,000	0	0,020
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,002	0	0,002
W	0	0,000	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,005	0	0,003
Bi	0	0,003	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,009



02570-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:24:00

ElapsedTime: 46

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,482	0	2,156
Al2O3	0	3,431	0	0,424
SiO2	0	25,830	0	0,515
P2O5	0	0,262	0	0,048
S	0	0,335	0	0,035
Cl	0	0,108	0	0,017
K2O	0	2,851	0	0,039
CaO	0	1,496	0	0,028
Ti	0	0,330	0	0,012
V	0	0,014	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,006
Mn	0	0,055	0	0,008
Fe	0	16,817	0	0,080
Co	0	0,000	0	0,016
Ni	0	0,007	0	0,004
Cu	0	0,032	0	0,003
Zn	0	0,004	0	0,001
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,013	0	0,001
Sr	0	0,001	0	0,001
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,004	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,002	0	0,001



02570-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:24:00

ElapsedTime: 46

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,482	0	2,156
Al2O3	0	3,431	0	0,424
SiO2	0	25,830	0	0,515
P2O5	0	0,262	0	0,048
S	0	0,335	0	0,035
Cl	0	0,108	0	0,017
K2O	0	2,851	0	0,039
CaO	0	1,496	0	0,028
Ti	0	0,330	0	0,012
V	0	0,014	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,006
Mn	0	0,055	0	0,008
Fe	0	16,817	0	0,080
Co	0	0,000	0	0,016
Ni	0	0,007	0	0,004
Cu	0	0,032	0	0,003
Zn	0	0,004	0	0,001
As	0	0,000	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,013	0	0,001
Sr	0	0,001	0	0,001
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,004	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,002	0	0,001



02570-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:24:00

ElapsedTime: 46

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,001
Cd	0	0,000	0	0,004
Sn	0	0,000	0	0,018
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,000	0	0,022
La	0	0,000	0	0,020
Hf	0	0,001	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,001	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,001
Au	0	0,001	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,002
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,005	0	0,003
Bi	0	0,004	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,009



02571-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:25:31

ElapsedTime: 48

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,352	0	2,158
Al2O3	0	3,381	0	0,382
SiO2	0	27,266	0	0,508
P2O5	0	0,420	0	0,054
S	0	1,398	0	0,049
Cl	0	0,109	0	0,016
K2O	0	1,495	0	0,028
CaO	0	3,953	0	0,041
Ti	0	0,391	0	0,012
V	0	0,016	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,005
Mn	0	0,057	0	0,008
Fe	0	11,994	0	0,070
Co	0	0,000	0	0,013
Ni	0	0,001	0	0,003
Cu	0	0,319	0	0,008
Zn	0	0,028	0	0,002
As	0	0,005	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,007	0	0,001
Sr	0	0,027	0	0,002
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02571-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:25:31

ElapsedTime: 48

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,018
Sb	0	0,000	0	0,008
Ba	0	0,031	0	0,019
La	0	0,000	0	0,018
Hf	0	0,000	0	0,008
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,008	0	0,002
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,049	0	0,004
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,008



02572-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:26:56

ElapsedTime: 48

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,180
Al2O3	0	3,156	0	0,381
SiO2	0	27,477	0	0,511
P2O5	0	0,386	0	0,055
S	0	1,405	0	0,050
Cl	0	0,086	0	0,016
K2O	0	1,491	0	0,029
CaO	0	3,985	0	0,042
Ti	0	0,389	0	0,012
V	0	0,010	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,005
Mn	0	0,059	0	0,008
Fe	0	12,013	0	0,070
Co	0	0,000	0	0,013
Ni	0	0,002	0	0,003
Cu	0	0,303	0	0,007
Zn	0	0,027	0	0,002
As	0	0,007	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,006	0	0,001
Sr	0	0,026	0	0,002
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,014	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,002	0	0,001



02572-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:26:56

ElapsedTime: 48

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,001
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,018
Sb	0	0,000	0	0,005
Ba	0	0,040	0	0,019
La	0	0,000	0	0,026
Ce	0	0,000	0	0,028
Hf	0	0,000	0	0,008
Ta	0	0,000	0	0,001
W	0	0,000	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,002
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,044	0	0,004
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,007



02573-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:03:14

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,038
Al2O3	0	3,843	0	0,362
SiO2	0	22,052	0	0,450
P2O5	0	0,500	0	0,061
S	0	1,859	0	0,053
Cl	0	0,890	0	0,017
K2O	0	1,365	0	0,027
CaO	0	9,768	0	0,062
Ti	0	0,493	0	0,013
V	0	0,009	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,086	0	0,009
Fe	0	5,417	0	0,050
Co	0	0,000	0	0,009
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,063	0	0,003
Zn	0	0,034	0	0,002
As	0	0,003	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,006	0	0,001
Sr	0	0,043	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,016	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02573-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:03:14

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,028	0	0,015
La	0	0,000	0	0,033
Ce	0	0,000	0	0,027
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,001
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,005	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02574-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:04:33

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,124
Al2O3	0	3,658	0	0,364
SiO2	0	22,104	0	0,452
P2O5	0	0,481	0	0,061
S	0	1,854	0	0,053
Cl	0	0,863	0	0,017
K2O	0	1,375	0	0,028
CaO	0	9,759	0	0,062
Ti	0	0,487	0	0,013
V	0	0,011	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,090	0	0,009
Fe	0	5,424	0	0,050
Co	0	0,000	0	0,009
Ni	0	0,000	0	0,002
Cu	0	0,061	0	0,003
Zn	0	0,034	0	0,002
As	0	0,003	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,006	0	0,001
Sr	0	0,043	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,016	0	0,001
Nb	0	0,001	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02574-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:04:33

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,004
Ba	0	0,029	0	0,015
La	0	0,000	0	0,032
Ce	0	0,000	0	0,027
Hf	0	0,001	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,004	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,002
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,006



02575-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:06:42

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	1,917
Al2O3	0	3,780	0	0,357
SiO2	0	21,759	0	0,447
P2O5	0	0,470	0	0,059
S	0	1,545	0	0,049
Cl	0	0,803	0	0,016
K2O	0	1,444	0	0,028
CaO	0	9,355	0	0,060
Ti	0	0,540	0	0,013
V	0	0,007	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,089	0	0,009
Fe	0	5,146	0	0,048
Co	0	0,000	0	0,009
Ni	0	0,007	0	0,004
Cu	0	0,104	0	0,006
Zn	0	0,047	0	0,004
As	0	0,005	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,009	0	0,002
Sr	0	0,049	0	0,002
Y	0	0,001	0	0,002
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,002
Mo	0	0,000	0	0,002



02575-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:06:42

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,003
Cd	0	0,000	0	0,004
Sn	0	0,000	0	0,014
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,000	0	0,022
La	0	0,000	0	0,035
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,003
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,003
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,007	0	0,004
Bi	0	0,000	0	0,005
Th	0	0,000	0	0,005
U	0	0,000	0	0,010



02576-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:08:22

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,019
Al2O3	0	3,998	0	0,364
SiO2	0	21,930	0	0,448
P2O5	0	0,460	0	0,059
S	0	1,574	0	0,049
Cl	0	0,850	0	0,017
K2O	0	1,490	0	0,028
CaO	0	9,326	0	0,060
Ti	0	0,539	0	0,013
V	0	0,009	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,091	0	0,009
Fe	0	5,198	0	0,048
Co	0	0,000	0	0,009
Ni	0	0,005	0	0,004
Cu	0	0,102	0	0,005
Zn	0	0,046	0	0,003
As	0	0,005	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,009	0	0,001
Sr	0	0,046	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,002
Mo	0	0,000	0	0,002



02576-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:08:22

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,003
Cd	0	0,000	0	0,004
Sn	0	0,000	0	0,014
Sb	0	0,000	0	0,008
Ba	0	0,000	0	0,021
La	0	0,000	0	0,049
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,003
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,006	0	0,004
Bi	0	0,000	0	0,005
Th	0	0,000	0	0,005
U	0	0,000	0	0,010



02577-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:10:26

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,131
Al2O3	0	3,915	0	0,369
SiO2	0	24,360	0	0,470
P2O5	0	0,407	0	0,057
S	0	1,396	0	0,047
Cl	0	0,822	0	0,017
K2O	0	1,461	0	0,028
CaO	0	7,566	0	0,054
Ti	0	0,544	0	0,013
V	0	0,007	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,081	0	0,008
Fe	0	5,081	0	0,047
Co	0	0,000	0	0,008
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,048	0	0,003
Zn	0	0,021	0	0,002
As	0	0,002	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,007	0	0,001
Sr	0	0,044	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02577-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:10:26

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,018
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,000	0	0,015
La	0	0,000	0	0,033
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,004	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,007



02578-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:11:53

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	0,000	0	2,149
Al2O3	0	4,246	0	0,378
SiO2	0	24,224	0	0,470
P2O5	0	0,412	0	0,059
S	0	1,389	0	0,048
Cl	0	0,810	0	0,017
K2O	0	1,459	0	0,028
CaO	0	7,530	0	0,054
Ti	0	0,541	0	0,013
V	0	0,007	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,081	0	0,008
Fe	0	5,082	0	0,047
Co	0	0,000	0	0,008
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,047	0	0,003
Zn	0	0,021	0	0,002
As	0	0,002	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,007	0	0,001
Sr	0	0,043	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02578-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:11:53

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,003	0	0,018
Sb	0	0,000	0	0,004
Ba	0	0,000	0	0,015
La	0	0,000	0	0,034
Ce	0	0,000	0	0,027
Hf	0	0,000	0	0,004
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,005	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,007



02579-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:13:29

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	2,482	0	2,092
Al2O3	0	4,335	0	0,377
SiO2	0	23,841	0	0,467
P2O5	0	0,502	0	0,060
S	0	1,477	0	0,047
Cl	0	0,686	0	0,017
K2O	0	1,637	0	0,029
CaO	0	8,510	0	0,057
Ti	0	0,537	0	0,013
V	0	0,009	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,096	0	0,009
Fe	0	4,766	0	0,046
Co	0	0,000	0	0,008
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,045	0	0,003
Zn	0	0,032	0	0,002
As	0	0,006	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,007	0	0,001
Sr	0	0,045	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,016	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02579-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:13:29

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,005	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,042	0	0,016
La	0	0,000	0	0,024
Ce	0	0,000	0	0,027
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,001
W	0	0,000	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,008	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,002
Th	0	0,001	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02580-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:14:47

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,361	0	2,172
Al2O3	0	3,882	0	0,371
SiO2	0	23,714	0	0,467
P2O5	0	0,495	0	0,060
S	0	1,498	0	0,048
Cl	0	0,676	0	0,017
K2O	0	1,635	0	0,029
CaO	0	8,574	0	0,058
Ti	0	0,548	0	0,013
V	0	0,009	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,099	0	0,009
Fe	0	4,804	0	0,047
Co	0	0,000	0	0,008
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,044	0	0,002
Zn	0	0,032	0	0,002
As	0	0,006	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,007	0	0,001
Sr	0	0,045	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,015	0	0,001
Nb	0	0,001	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02580-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:14:47

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,022
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,035	0	0,015
La	0	0,000	0	0,023
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,001	0	0,001
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,008	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,002
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,006



02581-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:16:22

ElapsedTime: 49

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,793	0	2,003
Al2O3	0	3,389	0	0,357
SiO2	0	20,586	0	0,439
P2O5	0	0,520	0	0,061
S	0	1,990	0	0,054
Cl	0	1,063	0	0,020
K2O	0	1,290	0	0,027
CaO	0	9,539	0	0,061
Ti	0	0,475	0	0,013
V	0	0,013	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,095	0	0,009
Fe	0	7,975	0	0,060
Co	0	0,000	0	0,011
Ni	0	0,003	0	0,003
Cu	0	0,177	0	0,007
Zn	0	0,102	0	0,004
As	0	0,004	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,007	0	0,001
Sr	0	0,041	0	0,002
Y	0	0,001	0	0,001
Zr	0	0,016	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,002
Mo	0	0,001	0	0,001



02581-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:16:22

ElapsedTime: 49

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,015
Sb	0	0,000	0	0,005
Ba	0	0,024	0	0,018
La	0	0,000	0	0,024
Hf	0	0,000	0	0,006
Ta	0	0,001	0	0,003
W	0	0,000	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,003
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,008	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,004
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,009



02582-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:17:58

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,355	0	2,144
Al2O3	0	3,392	0	0,366
SiO2	0	20,436	0	0,440
P2O5	0	0,482	0	0,063
S	0	1,987	0	0,055
Cl	0	1,075	0	0,020
K2O	0	1,261	0	0,027
CaO	0	9,494	0	0,061
Ti	0	0,462	0	0,013
V	0	0,005	0	0,006
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,094	0	0,009
Fe	0	7,956	0	0,060
Co	0	0,000	0	0,011
Ni	0	0,004	0	0,003
Cu	0	0,178	0	0,007
Zn	0	0,103	0	0,004
As	0	0,004	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,006	0	0,001
Sr	0	0,041	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,016	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,000	0	0,001



02582-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:17:58

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,001
Pd	0	0,000	0	0,002
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,015
Sb	0	0,000	0	0,005
Ba	0	0,000	0	0,022
La	0	0,000	0	0,025
Ce	0	0,000	0	0,029
Hf	0	0,000	0	0,006
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,002	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,003
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,007	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,004
Th	0	0,000	0	0,004
U	0	0,000	0	0,009



02583-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:19:44

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,695	0	2,063
Al2O3	0	3,557	0	0,356
SiO2	0	22,026	0	0,449
P2O5	0	0,474	0	0,059
S	0	1,592	0	0,049
Cl	0	0,984	0	0,018
K2O	0	1,330	0	0,027
CaO	0	8,019	0	0,056
Ti	0	0,477	0	0,013
V	0	0,013	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,076	0	0,008
Fe	0	5,642	0	0,050
Co	0	0,000	0	0,009
Ni	0	0,002	0	0,002
Cu	0	0,068	0	0,003
Zn	0	0,048	0	0,002
As	0	0,003	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,005	0	0,001
Sr	0	0,043	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,018	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02583-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:19:44

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,007	0	0,021
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,000	0	0,016
La	0	0,000	0	0,024
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,001
W	0	0,001	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,004	0	0,003
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007



02584-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:21:38

ElapsedTime: 50

Field Info			
Operator	Superviso	Name	
ID		Field1	
Field2			

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
MgO	0	1,824	0	1,990
Al2O3	0	3,839	0	0,359
SiO2	0	22,064	0	0,448
P2O5	0	0,485	0	0,059
S	0	1,614	0	0,049
Cl	0	0,989	0	0,018
K2O	0	1,346	0	0,027
CaO	0	8,085	0	0,056
Ti	0	0,477	0	0,013
V	0	0,014	0	0,005
Cr	0	0,000	0	0,004
Mn	0	0,077	0	0,009
Fe	0	5,671	0	0,050
Co	0	0,000	0	0,009
Ni	0	0,001	0	0,002
Cu	0	0,065	0	0,003
Zn	0	0,051	0	0,003
As	0	0,002	0	0,001
Se	0	0,000	0	0,001
Rb	0	0,005	0	0,001
Sr	0	0,042	0	0,002
Y	0	0,002	0	0,001
Zr	0	0,017	0	0,001
Nb	0	0,000	0	0,001
Mo	0	0,001	0	0,001



02584-GeoChem.pdz

AssayTime: 01-01-2006 12:21:38

ElapsedTime: 50

Element Name	Min	%	Max	+/- [*3]
Rh	0	0,000	0	0,002
Pd	0	0,000	0	0,003
Ag	0	0,000	0	0,002
Cd	0	0,000	0	0,003
Sn	0	0,000	0	0,020
Sb	0	0,000	0	0,006
Ba	0	0,030	0	0,016
La	0	0,000	0	0,033
Ce	0	0,000	0	0,027
Hf	0	0,000	0	0,005
Ta	0	0,000	0	0,002
W	0	0,000	0	0,002
Pt	0	0,000	0	0,002
Au	0	0,000	0	0,002
Hg	0	0,000	0	0,001
Tl	0	0,000	0	0,001
Pb	0	0,006	0	0,002
Bi	0	0,000	0	0,003
Th	0	0,000	0	0,003
U	0	0,000	0	0,007

Anexo C. Análisis XRF normalizado

Los resultados de las muestras se encuentran numerados según la identificación de la Tabla N°1 “ID XRF”, con fines de mayor representatividad y comprensión, tales resultados fueron promediados y normalizados en las Tablas a continuación.

Muestra.	R1(1)		Id. XRF.	2559-2560
Elemento	%2559	%2560	Promedio	Normalizado
Al₂O₃	2.580	2.880	2.730	4.927
SiO₂	15.850	16.790	16.320	29.453
P₂O₅	0.460	0.405	0.433	0.781
S	0.600	0.600	0.600	1.083
Cl	0.700	0.090	0.395	0.713
K₂O	1.320	1.473	1.397	2.520
CaO	18.870	17.796	18.333	33.086
Ti	0.180	0.183	0.182	0.328
Mn	0.680	0.707	0.694	1.252
Fe	9.220	19.095	14.158	25.550
Ni	0.020	0.000	0.010	0.018
Cu	0.110	0.092	0.101	0.182
Zn	0.001	0.010	0.006	0.010
As	0.000	0.001	0.001	0.001
Rb	0.004	0.050	0.027	0.049
Sr	0.004	0.004	0.004	0.007
Y	0.004	0.004	0.004	0.007
Zr	0.004	0.006	0.005	0.009
Mo	0.000	0.001	0.001	0.001
Hf	0.002	0.000	0.001	0.002
Ba	0.000	0.025	0.013	0.023
Total	50.609	60.212	55.411	100.000

Muestra. R1(2)		Id. XRF. 2561-2562		
Elemento	%2561	%2562	Promedio	Normalizado
MgO	1.631	0.000	0.816	1.573
Al₂O₃	3.720	3.753	3.737	7.206
SiO₂	23.977	23.621	23.799	45.897
P₂O₅	0.385	0.435	0.410	0.791
S	1.523	1.569	1.546	2.981
Cl	0.182	0.168	0.175	0.337
K₂O	2.132	2.140	2.136	4.119
CaO	9.772	9.809	9.791	18.881
Ti	0.278	0.306	0.292	0.563
Mn	0.256	0.251	0.254	0.489
Fe	8.755	8.763	8.759	16.892
Ni	0.004	0.002	0.003	0.006
Cu	0.047	0.045	0.046	0.089
Zn	0.002	0.002	0.002	0.004
As	0.002	0.002	0.002	0.004
Rb	0.006	0.006	0.006	0.012
Sr	0.004	0.005	0.005	0.009
Y	0.002	0.002	0.002	0.004
Zr	0.010	0.010	0.010	0.019
Mo	0.001	0.000	0.001	0.001
Ag	0.000	0.001	0.001	0.001
La	0.023	0.000	0.012	0.022
Ba	0.047	0.058	0.053	0.101
Total	52.759	50.948	51.854	100.000

Muestra. R2(1)		Id. XRF. 2563-2564		
Elemento	%2563	%2564	Promedio	Normalizado
Al₂O₃	2.656	3.219	2.938	5.363
SiO₂	24.333	24.350	24.342	44.442
P₂O₅	0.085	0.224	0.155	0.282
S	0.706	0.818	0.762	1.391
Cl	0.090	0.134	0.112	0.204
K₂O	1.692	1.714	1.703	3.109
CaO	1.683	1.714	1.699	3.101
Ti	0.235	0.237	0.236	0.431
Mn	0.095	0.087	0.091	0.166
Fe	19.290	19.351	19.321	35.274
Ni	0.009	0.013	0.011	0.020
Cu	2.720	2.660	2.690	4.911
Zn	0.004	0.004	0.004	0.007
Rb	0.011	0.011	0.011	0.020
Sr	0.022	0.023	0.023	0.041
Y	0.003	0.002	0.003	0.005
Zr	0.014	0.015	0.015	0.026
Nb	0.000	0.002	0.001	0.002
Mo	0.002	0.003	0.003	0.005
Ag	0.001	0.000	0.001	0.001
Pb	0.011	0.012	0.012	0.021
Bi	0.013	0.011	0.012	0.022
Ba	0.652	0.612	0.632	1.154
W	0.000	0.001	0.001	0.001
Total	54.327	55.217	54.772	100.000

Muestra. R2(2)		Id. XRF. 2565-2566		
Elemento	%2565	%2566	Promedio	Normalizado
Al₂O₃	3.724	3.767	3.746	7.813
SiO₂	31.340	31.682	31.511	65.735
P₂O₅	0.321	0.306	0.314	0.654
S	0.681	0.670	0.676	1.409
Cl	0.161	0.167	0.164	0.342
K₂O	2.738	2.731	2.735	5.704
CaO	3.275	3.209	3.242	6.763
Ti	0.217	0.218	0.218	0.454
Mn	0.022	0.028	0.025	0.052
Fe	4.742	4.726	4.734	9.876
Cu	0.297	0.294	0.296	0.616
Zn	0.003	0.004	0.004	0.007
As	0.001	0.001	0.001	0.002
Rb	0.011	0.011	0.011	0.023
Sr	0.011	0.011	0.011	0.023
Y	0.004	0.004	0.004	0.008
Zr	0.011	0.010	0.011	0.022
Mo	0.001	0.002	0.002	0.003
Sn	0.002	0.000	0.001	0.002
Hf	0.005	0.007	0.006	0.013
Pb	0.012	0.012	0.012	0.025
Ba	0.211	0.223	0.217	0.453
Total	47.790	48.083	47.937	100.000

Muestra. R3(1)		Id. XRF. 2567-2568		
Elemento	%2567	%2568	Promedio	Normalizado
MgO	2.608	2.083	2.346	4.645
Al₂O₃	4.299	4.323	4.311	8.538
SiO₂	24.908	25.231	25.070	49.648
P₂O₅	0.167	0.277	0.222	0.440
S	0.276	0.358	0.317	0.628
Cl	0.059	0.102	0.081	0.159
K₂O	2.010	2.025	2.018	3.995
CaO	2.554	2.597	2.576	5.101
Ti	0.404	0.416	0.410	0.812
V	0.010	0.010	0.010	0.020
Mn	0.048	0.046	0.047	0.093
Fe	12.993	13.044	13.019	25.782
Ni	0.005	0.006	0.006	0.011
Cu	0.033	0.033	0.033	0.065
Zn	0.002	0.002	0.002	0.004
Rb	0.010	0.011	0.011	0.021
Sr	0.006	0.006	0.006	0.012
Y	0.001	0.001	0.001	0.002
Zr	0.004	0.004	0.004	0.008
Mo	0.001	0.000	0.001	0.001
Au	0.000	0.001	0.001	0.001
Pb	0.012	0.003	0.008	0.015
Total	50.410	50.579	50.495	100.000

Muestra. R3(2)		Id. XRF. 2569-2570		
Elemento	%2569	%2570	Promedio	Normalizado
MgO	0.000	1.482	0.741	1.421
Al₂O₃	3.231	3.431	3.331	6.387
SiO₂	25.702	25.830	25.766	49.403
P₂O₅	0.256	0.262	0.259	0.497
S	0.335	0.335	0.335	0.642
Cl	0.109	0.108	0.109	0.208
K₂O	2.840	2.851	2.846	5.456
CaO	1.515	1.496	1.506	2.887
Ti	0.332	0.330	0.331	0.635
V	0.013	0.014	0.014	0.026
Mn	0.060	0.055	0.058	0.110
Fe	16.757	16.817	16.787	32.187
Ni	0.006	0.007	0.007	0.012
Cu	0.033	0.032	0.033	0.062
Zn	0.004	0.004	0.004	0.008
Rb	0.014	0.013	0.014	0.026
Sr	0.001	0.001	0.001	0.002
Y	0.001	0.001	0.001	0.002
Zr	0.004	0.004	0.004	0.008
Mo	0.000	0.002	0.001	0.002
Hf	0.000	0.001	0.001	0.001
Ta	0.002	0.000	0.001	0.002
W	0.000	0.001	0.001	0.001
Au	0.000	0.001	0.001	0.001
Pb	0.005	0.005	0.005	0.010
Bi	0.003	0.004	0.004	0.007
Total	51.223	53.087	52.155	100.000

Muestra. R3(3)		Id. XRF. 2571-2572		
Elemento	%2571	%2572	Promedio	Normalizado
MgO	1.352	0.000	0.676	2.688
Al₂O₃	3.381	2.156	2.769	6.462
SiO₂	27.266	27.477	27.372	50.369
P₂O₅	0.420	0.386	0.403	0.647
S	1.398	1.405	1.402	1.644
Cl	0.109	0.086	0.098	0.206
K₂O	1.495	1.491	1.493	4.123
CaO	3.953	3.985	3.969	5.169
Ti	0.391	0.389	0.390	0.684
V	0.016	0.010	0.013	0.028
Mn	0.057	0.059	0.058	0.106
Fe	11.994	12.012	12.003	27.331
Ni	0.001	0.002	0.002	0.008
Cu	0.319	0.303	0.311	0.333
Zn	0.028	0.027	0.028	0.030
As	0.005	0.007	0.006	0.000
Rb	0.007	0.006	0.007	0.019
Sr	0.027	0.026	0.027	0.027
Y	0.001	0.001	0.001	0.002
Zr	0.015	0.014	0.015	0.018
Mo	0.001	0.002	0.002	0.003
Ba	0.031	0.040	0.036	0.030
Hg	0.008	0.000	0.004	0.008
Pb	0.049	0.044	0.047	0.047
Total	52.324	49.928	52.707	100.000

Muestra. M1		Id. XRF. 2573-2574		
Elemento	%2573	%2574	Promedio	Normalizado
Al₂O₃	3.843	3.658	3.751	8.084
SiO₂	22.052	22.104	22.078	47.586
P₂O₅	0.500	0.481	0.491	1.057
S	1.859	1.854	1.857	4.001
Cl	0.890	0.863	0.877	1.889
K₂O	1.365	1.375	1.370	2.953
CaO	9.768	9.759	9.764	21.044
Ti	0.493	0.487	0.490	1.056
V	0.009	0.011	0.010	0.022
Mn	0.086	0.090	0.088	0.190
Fe	5.417	5.424	5.421	11.683
Ni	0.002	0.000	0.001	0.002
Cu	0.063	0.061	0.062	0.134
Zn	0.034	0.034	0.034	0.073
As	0.003	0.003	0.003	0.006
Rb	0.006	0.006	0.006	0.013
Sr	0.043	0.043	0.043	0.093
Y	0.002	0.002	0.002	0.004
Zr	0.016	0.016	0.016	0.034
Nb	0.000	0.001	0.001	0.001
Mo	0.001	0.001	0.001	0.002
Ba	0.028	0.029	0.029	0.061
Hf	0.000	0.001	0.001	0.001
Pb	0.005	0.004	0.005	0.010
Total	46.485	46.307	46.396	100.000

Muestra. M2		Id. XRF. 2575-2576		
Elemento	%2575	%2576	Promedio	Normalizado
Al₂O₃	3.780	3.998	3.889	8.558
SiO₂	21.759	21.930	21.845	48.072
P₂O₅	0.470	0.460	0.465	1.023
S	1.545	1.574	1.560	3.432
Cl	0.803	0.850	0.827	1.819
K₂O	1.444	1.490	1.467	3.228
CaO	9.355	9.326	9.341	20.555
Ti	0.540	0.539	0.540	1.187
V	0.007	0.009	0.008	0.018
Mn	0.089	0.091	0.090	0.198
Fe	5.146	5.198	5.172	11.382
Ni	0.007	0.005	0.006	0.013
Cu	0.104	0.102	0.103	0.227
Zn	0.047	0.046	0.047	0.102
As	0.005	0.005	0.005	0.011
Rb	0.009	0.009	0.009	0.020
Sr	0.049	0.046	0.048	0.105
Y	0.001	0.002	0.002	0.003
Zr	0.015	0.015	0.015	0.033
Pb	0.007	0.006	0.007	0.014
Total	45.182	45.701	45.442	100.000

Muestra. M3		Id. XRF 2577-2578		
Elemento	%2577	%2578	Promedio	Normalizado
Al₂O₃	3.915	4.246	4.081	8.898
SiO₂	24.360	24.224	24.292	52.973
P₂O₅	0.407	0.412	0.410	0.893
S	1.396	1.389	1.393	3.037
Cl	0.822	0.810	0.816	1.779
K₂O	1.461	1.459	1.460	3.184
CaO	7.566	7.530	7.548	16.460
Ti	0.544	0.541	0.543	1.183
V	0.007	0.007	0.007	0.015
Mn	0.081	0.081	0.081	0.177
Fe	5.081	5.082	5.082	11.081
Ni	0.002	0.002	0.002	0.004
Cu	0.048	0.047	0.048	0.104
Zn	0.021	0.021	0.021	0.046
As	0.002	0.002	0.002	0.004
Rb	0.007	0.007	0.007	0.015
Sr	0.044	0.043	0.044	0.095
Y	0.002	0.002	0.002	0.004
Zr	0.015	0.015	0.015	0.033
Mo	0.001	0.001	0.001	0.002
Sn	0.000	0.003	0.002	0.003
Pb	0.004	0.005	0.005	0.010
Total	45.786	45.929	45.858	100.000

Muestra. M4		Id. XRF 2579-2580		
Elemento	%2579	%2580	Promedio	Normalizado
MgO	2.482	1.361	1.922	3.979
Al₂O₃	4.335	3.881	4.108	8.506
SiO₂	23.841	23.714	23.778	49.235
P₂O₅	0.502	0.495	0.499	1.032
S	1.477	1.498	1.488	3.080
Cl	0.686	0.676	0.681	1.410
K₂O	1.637	1.635	1.636	3.388
CaO	8.510	8.574	8.542	17.687
Ti	0.537	0.548	0.543	1.123
V	0.009	0.009	0.009	0.019
Mn	0.096	0.099	0.098	0.202
Fe	4.766	4.804	4.785	9.908
Ni	0.002	0.002	0.002	0.004
Cu	0.045	0.044	0.045	0.092
Zn	0.032	0.032	0.032	0.066
As	0.006	0.006	0.006	0.012
Rb	0.007	0.007	0.007	0.014
Sr	0.045	0.045	0.045	0.093
Y	0.002	0.002	0.002	0.004
Zr	0.016	0.015	0.016	0.032
Nb	0.000	0.001	0.001	0.001
Mo	0.001	0.006	0.004	0.007
Sn	0.005	0.000	0.003	0.005
Ba	0.042	0.035	0.039	0.080
W	0.000	0.001	0.001	0.001
Pb	0.008	0.008	0.008	0.017
Th	0.001	0.000	0.001	0.001
Total	49.090	47.498	48.294	100.000

Muestra. M5		Id. XRF 2581-2582		
Elemento	%2581	%2582	Promedio	Normalizado
MgO	1.793	1.355	1.574	3.230
Al₂O₃	3.389	3.392	3.391	6.957
SiO₂	20.586	20.436	20.511	42.085
P₂O₅	0.520	0.482	0.501	1.028
S	1.990	1.987	1.989	4.080
Cl	1.063	1.075	1.069	2.193
K₂O	1.290	1.261	1.276	2.617
CaO	9.539	9.494	9.517	19.526
Ti	0.475	0.462	0.469	0.961
V	0.013	0.005	0.009	0.018
Mn	0.095	0.094	0.095	0.194
Fe	7.975	7.956	7.966	16.344
Ni	0.003	0.004	0.004	0.007
Cu	0.177	0.178	0.178	0.364
Zn	0.102	0.103	0.103	0.210
As	0.004	0.004	0.004	0.008
Rb	0.007	0.006	0.007	0.013
Sr	0.041	0.041	0.041	0.084
Y	0.001	0.002	0.002	0.003
Zr	0.016	0.016	0.016	0.033
Mo	0.001	0.000	0.001	0.001
W	0.000	0.002	0.001	0.002
Ba	0.024	0.000	0.012	0.025
Ta	0.001	0.000	0.001	0.001
Pb	0.008	0.007	0.008	0.015
Total	49.113	48.362	48.738	100.000

Muestra. M6		Id. XRF 2583-2584		
Elemento	%2583	%2584	Promedio	Normalizado
MgO	1.695	1.824	1.760	3.792
Al₂O₃	3.557	3.839	3.698	7.970
SiO₂	22.026	22.064	22.045	47.513
P₂O₅	0.474	0.485	0.480	1.033
S	1.592	1.614	1.603	3.455
Cl	0.984	0.989	0.987	2.126
K₂O	1.330	1.346	1.338	2.884
CaO	8.019	8.085	8.052	17.354
Ti	0.477	0.477	0.477	1.028
V	0.013	0.014	0.014	0.029
Mn	0.076	0.077	0.077	0.165
Fe	5.642	5.671	5.657	12.191
Ni	0.002	0.001	0.002	0.003
Cu	0.068	0.065	0.067	0.143
Zn	0.048	0.051	0.050	0.107
As	0.004	0.002	0.003	0.006
Rb	0.005	0.005	0.005	0.011
Sr	0.043	0.042	0.043	0.092
Y	0.002	0.002	0.002	0.004
Zr	0.018	0.017	0.018	0.038
Mo	0.001	0.001	0.001	0.002
Ba	0.000	0.030	0.015	0.032
Sn	0.007	0.000	0.004	0.008
W	0.001	0.000	0.001	0.001
Pb	0.004	0.006	0.005	0.011
Total	46.088	46.707	46.398	100.000