



Servicio Nacional de Geología y Minería
Subdirección de Minería
Departamento de Depósitos de Relaves
Santa Lucía 360; piso 2; Santiago de Chile
leandro.herrera@sernageomin.cl

Geoquímica de Superficie de Depósitos de Relaves de Chile (25/06/2018)

Introducción

El Sernageomin, a través del entonces “Departamento” y actual Oficina de Depósitos de Relaves de la Subdirección Nacional de Minería generó, publicó y actualiza este estudio en desarrollo como parte del **Programa de Caracterización Geoquímica de Depósitos de Relaves** de Chile. La información fuente se obtiene de muestras tomadas por profesionales del Departamento, durante dos años. Los resultados corresponden a muestras de superficie de cubetas, muros y sedimentos pendiente abajo de los depósitos. Los datos se entregan en formato de Excel® versión 97-2003 y se encuentran en el sitio web del SERNAGEOMIN: <http://www.sernageomin.cl/datos-publicos-deposito-de-relaves/> bajo el título “Datos de Geoquímica de Depósitos de Relaves de Chile (2018)”

A la fecha de esta entrega, 25 de Junio de 2018, hay 1.543 muestras analizadas, que corresponden a 538 depósitos de relaves, de un total de 644 depósitos que se visitaron y que figuran entre los 740 Depósitos catastrados en el Catastro Nacional de Depósitos de Relaves (generado también por esta Oficina y disponible en el sitio web antes indicado, bajo el título “Catastro de Depósitos de Relaves en Chile (actualización 27-03-2018)”.

La Oficina de Depósitos de Relaves y el Departamento de Laboratorio continúan trabajando para completar, a fines de 2020, los datos de análisis geoquímico de los depósitos visitados.

Durante 2017 se inició el estudio geoquímico de sondajes en profundidad de algunos depósitos de relaves, que requieren mayor caracterización (sea por compuestos de connotación ambiental o por valor económico). Este estudio continúa durante 2018 y por el futuro predecible.

En estos 1.543 registros de muestras, hay 914 registros de muestras de cubetas; 359 registros de muestras de muros; 262 registros de muestras de sedimentos pendiente abajo del depósito; 4 muestras de depósitos de relaves filtrado; 1 registro de relaves en pasta; y 3 registros de muestras de pulpa¹ de Planta de Flotación.

¹ Las muestras de pulpas corresponden, simplemente, a aquellos casos en que no es posible acceder al depósito durante la visita y se toma la muestra en la cabeza de la canaleta de relaves.

Se debe tener en cuenta que la minería se ha desarrollado durante toda la historia del país, de modo que existen relaves muy antiguos, no sujetos a normas del Estado cuyas localización y composición no son, por lo tanto, conocidos ni han sido catastrados aún; en varios casos, estos antiguos depósitos constituyen evidencia de *aquello que no se debió hacer* (por ejemplo, usar ríos naturales para llevar relaves hasta la costa, usando el borde costero como sitio de disposición final de residuos masivos, y generando efectos imprevistos sobre la biota marina y submarina). Hoy, en cambio, los depósitos deben cumplir requisitos legales ambientales, además de aquellos específicos de la minería, especificados en el Decreto Supremo 248 del Ministerio de Minería (2007)². Es posible, por lo tanto, que el número de depósitos catastrados siga cambiando a medida que la Oficina sigue buscándolos y la población ayuda con su información para descubrir más antigüedades.

Elementos y compuestos medidos por el programa

La caracterización geoquímica de las muestras cuantifica la concentración de 56 elementos y especies de cada muestra. Las mediciones son:

- 12 Elementos mayores, formadores de los minerales que forman la roca, expresados como óxidos: silicio (SiO₂), aluminio (Al₂O₃), titanio (TiO₂), hierro (Fe₂O₃), calcio (CaO), magnesio (MgO), manganeso (MnO), sodio (Na₂O), potasio (K₂O), fósforo (P₂O₅), azufre (SO₃) y compuestos perdidos por calcinación (PPC, como carbonatos, por ejemplo).
- Contenido porcentual de azufre (S).
- 30 elementos comunes en trazas (por debajo de 1%): cobre (Cu), vanadio (V), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), zinc (Zn), rubidio (Rb), estroncio (Sr), circonio (Zr) niobio (Nb), bario (Ba), plomo (Pb), cesio (Cs), hafnio (Hf), tantalio (Ta), arsénico (As), escandio (Sc), itrio (Y), molibdeno (Mo), antimonio (Sb), estaño (Sn), torio (Th), plata (Ag), cadmio (Cd), bismuto (Bi), wolframio (W), uranio (U), oro (Au), y mercurio (Hg).
- 14 tierras raras elementales³: Lantano (La), cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb), y lutecio (Lu).
- Se agrega además el total de elementos mayores, por simple suma.

Los métodos de análisis están descritos en el Laboratorio del Sernageomin.⁴

² DS 248/2007: www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/reglamentos_seguridad_minera/DS248_Reglamento_DepositosRelave.pdf

³ El Prometio (Pm) es un tierra rara, pero no se logrado aislar en la naturaleza (es sintético).

⁴ Ver métodos en : http://intranet.sernageomin.cl/laboratorio/?drawer=Laboratorio*4_Unidad%20de%20Laboratorio%20Qu%C3%ADmico%20y%20Medio%20Ambiente

Relaves de la minería según metal beneficiado

En Chile, la minería metálica generadora de relaves ha sido, principalmente, la minería de cobre y de oro. En menor escala, se encuentra la minería del hierro y del zinc. En general, otros metales se han extraído como productos secundarios (molibdeno, por ejemplo), de modo que se encuentran depósitos de relaves cuyos orígenes son variados, según el metal beneficiado. En los datos clasificados se encuentran formas de minería principalmente de Cobre, (Cobre; Cobre-Oro; Cobre-Molibdeno; Cobre-Oro-Plata; Cobre-Plata-Oro y; Cobre-Oro-Fierro) y de Oro (Oro; Oro-Cobre; Oro-Cobre-Plata; Oro-Plata y; Oro-Zinc). Además, existen registros de otras formas de minería (Hierro; Zinc y; Zinc-Cobre). Existen, más aún, algunos registros en que se desconoce el origen del relave, marcados con S/I (abreviación de sin información). Finalmente, hay depósitos de minería de carbonatos (cemento).

Impacto económico de los depósitos de relaves

Los datos entregados pueden ser base de información económica inicial para la posible recuperación de elementos de valor en los depósitos de relaves, idea revisada por diversos actores, en particular la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), mediante los proyectos:

- “Identificación, cuantificación y extracción (bio) tecnológica de minerales/elementos de valor contenidos en depósitos de relaves, código 16PTECME-66524” e
- “Investigación y Desarrollo para la Recuperación de Elementos de Valor Desde Relaves”, código 16PTECME-66627”.

Los elementos que pueden aportar valor económico, van desde el cobre hasta algunas de las Tierras Raras (Rare Earth Element) que tuvieron gran valoración de mercado hace algún tiempo⁵, pero que en 2016 experimentaron importantes bajas, según los estudios más especializados⁶. Otros elementos son, naturalmente, cobalto, oro, plata, tungsteno, molibdeno, etc. En general, los elementos que figuran en la entrega de datos pueden ser tanto fuente de valor económico, como contaminantes. Los metales por ejemplo pueden ser valiosos si se les extrae en forma purificada, y pueden ser contaminantes si se les abandona en un estado que pueda ingresar a los diversos ciclos de la naturaleza. A partir de esta observación se puede postular que la extracción de todos los valores metálicos de un relave, previo a su depositación, que sería una operación ventajosa tanto por los valores de venta de los elementos purificados como por la reducción de costos de

⁵ Ver Ch. McLeod; *Investing in Today's Critical Metals*; Investing in Today's Critical Metals; en línea <http://investingnews.com>

⁶ Ver When Will Rare Earth Prices Recover? En línea http://investingnews.com/daily/resource-investing/critical-metals-investing/rare-earth-investing/jon-hykawy-rare-earth/?nameplate_category=Rare%20Earth%20Investing

Planes de Cierre, al asegurar que se dispone de material efectivamente inocuo. Si se extraen todos los valores metálicos o si se extrae toda la capacidad de producción de ácido, se dispondría de un relave inocuo, cuyo plan de cierre se vería simplificado y sus costos reducidos de manera importante. Chile no cuenta aún con las especificaciones de relaves inocuos ni con normas que regulen posibles reutilizaciones de relaves en, por ejemplo, materiales de construcción..

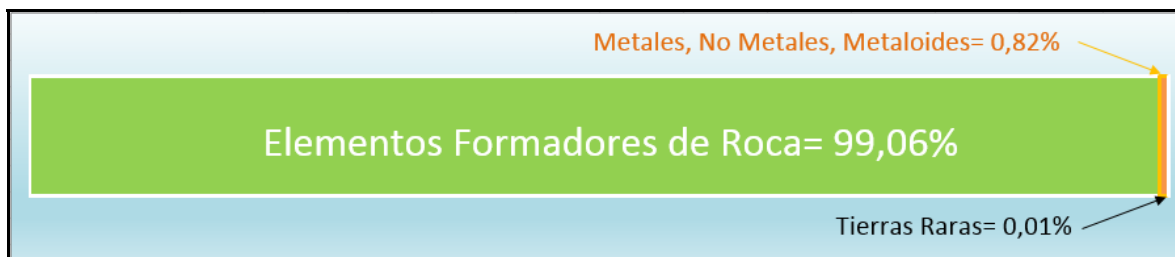
Impacto ambiental de los depósitos de relaves

En los datos entregados, al promediar la suma de los elementos mayores formadores de los minerales que constituyen las rocas, estos dan cuenta de más que un 99% de la masa total de las muestras de los relaves depositados. Como los elementos mayores son inocuos en términos ambientales, sólo el resto de los elementos analizados, es decir del orden de 10%, podrían generar una concentración objetable, desde el punto de vista de los ecosistemas y la salud humana.

De este 1% que no es roca inocua, se puede contabilizar 0,82% al sumar los promedios de los metales, metaloides y no metales informados. Similarmente, al sumar los promedios de las tierras raras, estas totalizan 0,01% de las muestras de relave depositado. Se llega, entonces, a que todos los elementos y compuestos medidos dan cuenta de un 99,8% de la masa contenida en las muestras.

Esto indica, naturalmente, que el resto de los elementos del sistema periódico (que no se miden) tiene una participación másica en las muestras de los relaves del orden del 0,2% que, aunque menor, pudiese ser importante medirlas en un futuro cercano, en tanto la humanidad requiera elementos valiosos que no estén aquí cuantificados.

La figura muestra la preponderancia de los compuestos formadores de roca, por sobre todos los otros elementos medidos.



Si bien los "contaminantes" en agua corresponden a una larga lista, los principales compuestos de connotación ambiental (CCA) relacionados con sólidos de la actividad minera en Chile -a la fecha- han sido el cobre, el cromo, el níquel, el cinc, el plomo, el arsénico, el cadmio y el mercurio. Dado que la composición de los depósitos contiene CCA, se debe vigilar que éstos no se transfieran a la fase líquida (por lixiviación, solubilización y reacciones químicas), para evitar la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas.

Los datos entregados corresponden a muestras de relaves contenidos en cubetas (o pastas, o filtrados o pulpas), además de muros y de sedimentos pendiente abajo del muro. Los datos de sedimentos pendiente abajo son especialmente útiles porque pueden reflejar que los relaves hayan sido correctamente depositados, de acuerdo al reglamento vigente. En general, los datos de sedimentos arrojan concentraciones menores que las cubetas y los muros, mostrando así que los contenidos del depósito están correctamente aislados del ambiente. El análisis caso a caso puede conformar o rechazar hipótesis de desborde de relaves desde algún depósito.

Tamaño de los depósitos de relaves

Es también importante destacar la escala de los depósitos de relaves, que recorre desde los muy modestos depósitos de la Pequeña y Mediana Minería (el más pequeño en el catastro es de 375 toneladas y pertenece a V. Alday; Planta Las Breas; Depósito de Relaves denominado también Las Breas) hasta la Gran Minería (el más grande en Chile es el depósito Talabre, perteneciente a CODELCO, en la Comuna de Calama, Región de Antofagasta, de 2.100 millones de toneladas). El tamaño es imprescindible al ponderar los impactos, sean estos económicos o ambientales, porque los datos geoquímicos entregan concentraciones (en gramos por tonelada, g/t), que al ser multiplicadas por la masa de un depósito arrojan la masa (tonelaje) total del elemento considerado, reflejando la importancia real, cuantitativa, de cada elemento o compuesto de cada depósito de relaves.

En cuanto a la escala, naturalmente, los depósitos activos siguen aumentando su contenido de relaves, mientras que aquellos no activos o abandonados tienen una cantidad ya fija. En estos datos hay resultados de 235 depósitos activos; 1.232 depósitos inactivos, y 76 depósitos abandonados. En el análisis del Catastro hay detalles de estas relaciones porcentuales (ver sitio web del Servicio, seguir la línea al "Análisis del Catastro de Depósitos de Relave de Chile (2018)"

Conclusiones

El trabajo desarrollado por el Departamento de Depósitos de Relaves, en su Programa de Caracterización de Depósitos de Relaves de Chile, ha tomado muestras de 654 depósitos de relaves visitados para toma de muestras por el mismo departamento, en el país. Producto de este trabajo, se han actualizado los valores de elementos y compuestos medidos por el Programa, cubriendo 538 depósitos, mientras que las mediciones faltantes se entregarán en sucesivas actualizaciones, a la vez que se aumentará la profundidad de la toma de las muestras de los depósitos de mayor importancia ambiental o económica.

De la misma forma, una breve comparación entre muestras de cubeta y de sedimentos aguas abajo de cada depósito, en general, muestra que la concentración de elementos contaminantes, disminuye ostensiblemente, de tal forma que se ratifica la importancia de la depositación segura, de acuerdo a las normas, reglamentos y leyes, ya que los relaves deben permanecer contenidos y

aislados de los ecosistemas para proteger la salud de las personas y del medio ambiente. El Programa seguirá entregando herramientas valiosas para una mejor comprensión del problema y de la fenomenología asociada a los depósitos de relaves; este aporte busca una participación más informada de todos los actores implicados, que -en la práctica- son todos los ciudadanos, dada la importancia de la actividad minera para Chile. Este programa continuará en el tiempo, entregando la mejor información posible.

Alcances

El Departamento de Depósitos de Relaves publica estos datos en forma preliminar, ya que corresponden a un programa en desarrollo al momento de esta publicación. Específicamente, los valores de azufre total, As y Pb están siendo revisados y re-analizados.

Los datos se han identificado como provisionales y están sujetos a revisión, siguiendo el espíritu de las normas del USGS, respecto de la entrega pública de datos, contenidas en la sección 500.24 del USGS Manual⁷.

Agradecimientos

El Programa de Caracterización Geoquímica de Depósitos de Relaves cuenta con el apoyo del Sernageomin. El programa se basó sobre datos del ya citado Catastro Nacional de Depósitos de Relaves. La exhaustiva y ardua tarea de visitas a terreno para colección de muestras fue realizada por los profesionales de este Departamento: Mariano Gajardo; Roberto Fernández; Sebastian Urbano; Gullibert Novoa, Cristóbal Carrasco y Osvaldo Ramírez. En el análisis de datos trabajó Leandro Herrera, y todos los integrantes del equipo participaron en la revisión y discusión de resultados. Esta investigación no hubiera sido posible sin el entusiasta y excelente aporte de Eugenia Fonseca y Juan Bustamante, del Departamento de Laboratorio del servicio, donde se cuantificó cada uno de estos datos. Este trabajo -de alcance nacional pero de nivel e impacto mundial- ha caracterizado todos los depósitos del país, y las Direcciones Regionales del Sernageomin jugaron un rol crítico, mediante el aporte de infraestructura y apoyo de conductores, sin quienes este excelente trabajo hubiese sido inalcanzable.

María Francisca Falcón Hernández
Jefa del Departamento de Depósitos de Relaves

⁷ Ver: <https://www2.usgs.gov/usgs-manual/500/500-24.html> [Visitado el 6 de diciembre de 2016].

Subdirección Nacional de Minería
Servicio Nacional de Geología y Minería

Estructura del Catastro Geoquímico de Depósitos de Relaves (Versión 25/06/2018).

Tipos de datos

Los datos son de dos clases: aquellos que identifican la muestra y aquellos que contienen los valores de concentración de especies en las muestras. Aquellos que especifican concentraciones de las especies medidas son, en su gran mayoría, numéricos. Hay dos excepciones:

- Una celda en blanco refleja que esa concentración o dato no fue medida.
- Una celda con el carácter "<" (menor que) indica que el número a continuación es la resolución instrumental del método usado para medir dicha concentración (Nota: fracción decimal con ","). Se sabe, así, que el valor de la especie es menor que la capacidad de detección del instrumento, que es distinto a saber que una especie esté ausente (es decir, de concentración cero).

Los datos caracterizados por texto (por ejemplo, el nombre de un dueño) se han reducido a los caracteres ASCII (acrónimo inglés de American Standard Code for Information Interchange – Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información); es decir, se han reemplazado las "Ñ" por "N" y se han eliminado todas las tildes de las vocales acentuadas. Esta es una presentación incómoda para hispanoparlantes, pero imprescindible para evitar confusiones en la utilización internacional de los datos, ya que hay otros idiomas que poseen una diversidad de símbolos menor que el español.

Estructura de los registros (líneas) de Datos Geoquímicos

Cada registro corresponde a una muestra y genera una línea de datos.

Los primeros 4 registros, contienen detalles de identificación de los datos. El quinto registro contiene un encabezado con los rótulos de cada dato (columna), especificados en la definición de datos, en la tabla de más abajo en este documento.

Desde el sexto registro (hasta el 1.544) comienzan los datos, organizados de acuerdo con la estructura definida más abajo.

Los registros están ordenados según Región de Chile donde se encuentra el depósito, y subsecuentemente: "Estado de actividad" (activo o no); empresa minera; y finalmente, origen de la muestra (Cubeta, Muro o Sedimento). Las personas interesadas pueden ordenar como le parezca mejor para los propósitos del análisis que realicen.

El primer campo del registro es un número de identificación, el IDQ (Identificador de Datos Geoquímicos), que correlaciona los registros y su única utilidad es la identificación con los

sistemas de datos de la Oficina de Depósitos de Relaves (si el usuario necesita detalles de un registro, por ejemplo, puede citar este número).

El segundo campo es el nombre de la Empresa que opera el depósito de relave del registro al momento de publicarse el estudio.

El tercer campo es el nombre de la Faena que aloja el Depósito.

El cuarto campo es el nombre que recibe el depósito.

El quinto campo especifica tipo de minería (cobre, oro, etc.) del que proviene el relave (ver: Relaves de la minería según metal beneficiado).

El sexto campo registra el dato de la masa de relaves en la cubeta, en toneladas, a la fecha actual, o en su defecto, el dato más cercano a la fecha actual. En Chile se utiliza el volumen de un depósito de relaves como característica de tamaño, de modo que este dato de masa se ha obtenido desde el volumen (especificado en el ya citado Catastro Nacional) y multiplicando por una densidad media comúnmente aceptada para relaves, de 1,4 toneladas por metro cúbico. En este campo solo tiene sentido especificar la masa en la **cubeta**, de modo que si el registro de datos es de muro o sedimentos, en lugar de un número, aparece el texto "No Aplica".

El séptimo campo describe el Estado (ya citado en el tercer párrafo de este acápite), activo o no; el Estado puede ser uno de tres valores: "activo", "inactivo" o "abandonado".

El octavo campo registra el material de la muestra. Su valor puede ser cubeta, pasta, filtrado, pulpa, muro, o sedimentos.

Enseguida se especifica la región del país (9° campo), la comuna (10° campo), las coordenadas Norte (11° campo) y Este (12° campo), del *datum* WGS84.

Luego, se encuentran -a partir de la columna 13- los valores de las especies geoquímicas (elementos y compuestos) para cada registro.

El resumen de estructura y significado de todos los datos se describe en la Tabla a continuación.

Estructura de los campos de los datos de Geoquímica de Relaves

Cada registro contiene 68 campos (o datos), alojados en una estructura de columnas:

Col	Nombre	Descripción
A	IDQ	Número identificador de cada registro.
B	Empresa	Empresa registrada para el depósito.
C	Faena	Nombre de la Faena que aloja el Depósitos
D	Depósito	Nombre registrado del depósito.
E	Recurso	Tipo de minería que origina el depósito. Válido para cubeta y muro solamente (para SEDIMENTO aparece el texto "No Aplica")
F	Masa (t)	Tonelaje (máximo) de relaves del depósito Válido para Cubeta, Pasta o Pulpa. "No Aplica" en caso de muros o sedimentos.
G	Estado	Activo, Inactivo o Abandonado.
H	Origen	La muestra puede se der Cubeta, Pasta, Filtrado, Pulpa, Muro o Sedimento (pendiente abajo del muro del depósito).
I	Región	De acuerdo con la clasificación regional del país.
J	Comuna	Identificación de la comuna donde está el depósito.
K	Coord. N	Coordenadas NORTE UTM, en metros, <i>datum</i> WGS84.
L	Coord. E	Coordenadas ESTE UTM, en metros, <i>datum</i> WGS84.
M	Cu	Concentración de cobre en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
N	V	Concentración de vanadio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
O	Cr	Concentración de cromo en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
P	Co	Concentración de cobalto en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
Q	Ni	Concentración de níquel en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
R	Zn	Concentración de zinc en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
S	Rb	Concentración de rubidio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
T	Sr	Concentración de estroncio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
U	Y	Concentración de itrio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
V	Zr	Concentración de circonio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
W	Nb	Concentración de niobio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
X	Ba	Concentración de bario en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).

Y	Pb	Concentración de plomo en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
Z	Sc	Concentración de escandio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AA	Cs	Concentración de cesio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AB	Hf	Concentración de hafnio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AC	Ta	Concentración de tantalio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AD	Th	Concentración de torio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AE	U	Concentración de uranio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AF	As	Concentración de arsénico en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AG	Mo	Concentración de molibdeno en el sólido, (g/t).
AH	Sb	Concentración de antimonio en el sólido, (g/t).
AI	Sn	Concentración de estaño en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AJ	Ag	Concentración de plata en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AK	Cd	Concentración de cadmio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AL	Bi	Concentración de bismuto en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
AM	W	Concentración de wolframio en el sólido, (g/t).
AN	S (%)	Porcentaje de azufre en la muestra, elementos mayores
AO	SiO ₂ (%)	Porcentaje de silicio, como óxido en la muestra, elementos mayores.
AP	Al ₂ O ₃ (%)	Porcentaje de aluminio, como óxido en la muestra.
AQ	TiO ₂ (%)	Porcentaje de titanio, como óxido en la muestra, elementos mayores.
AR	Fe ₂ O ₃ (%)	Porcentaje de hierro, como óxido en la muestra, elementos mayores.
AS	CaO (%)	Porcentaje de calcio, como óxido en la muestra, elementos mayores.
AT	MgO (%)	Porcentaje de magnesio, como óxido en la muestra.
AU	MnO (%)	Porcentaje de manganeso, como óxido en la muestra.
AV	Na ₂ O (%)	Porcentaje de sodio, como óxido en la muestra, elementos mayores.
AW	K ₂ O (%)	Porcentaje de potasio, como óxido en la muestra.
AX	P ₂ O ₅ (%)	Porcentaje de fósforo, como óxido en la muestra.

AY	PPC (%)	Porcentaje de Pérdida por calcinación (p.e. carbonatos).
AZ	SO ₃ (%)	Porcentaje de sulfato, como óxido en la muestra.
BA	SUMA %	Suma de los elementos mayores, (minerales formadores de roca).
BB	La	Concentración de lantano en el sólido (g/t).
BC	Ce	Concentración de cerio en el sólido (g/t).
BD	Pr	Concentración de praseodimio en el sólido (g/t), tierras raras.
BE	Nd	Concentración de neodimio en el sólido, (g/t), tierras raras.
BF	Sm	Concentración de samario en el sólido, (g/t), tierras raras.
BG	Eu	Concentración de europio en el sólido, (g/t), tierras raras.
BH	Gd	Concentración de gadolinio en el sólido (g/t), tierras raras.
BI	Tb	Concentración de terbio en el sólido (g/t), tierras raras.
BJ	Dy	Concentración de disprosio en el sólido (g/t), tierras raras.
BK	Ho	Concentración de holmio en el sólido (g/t), tierras raras.
BL	Er	Concentración de erbio en el sólido (g/t), tierras raras.
BM	Tm	Concentración de tulio en el sólido (g/t), tierras raras.
BN	Yb	Concentración de iterbio en el sólido (g/t), tierras raras.
BO	Lu	Concentración de lutecio en el sólido (g/t), tierras raras.
BP	Au	Concentración de oro en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).
BQ	Hg	Concentración de mercurio en el sólido, en gramo por tonelada (g/t).

Santiago de Chile, 25 de Junio de 2018